Annulé le : 17/03/2017

Avis Technique 21/13-38*V1

Edition intégrant un modificatif

Annule et remplace l'Avis Technique 21/13-38

Module photovoltaïque verre/polymère mis en œuvre en toiture

Procédé photovoltaïque
Photovoltaic panel
Photovoltaikpanel

KOVERRAIL - YINGLI

Titulaire : Société KOGYS
382 impasse des Tamaris
FR – 82000 MONTAUBAN

Tél. : 05 63 91 20 14
Fax : 05 63 91 20 15
E-mail : contact@kogys.com
Internet : www.kogys.com

Distributeur : K2 Systems GmbH
Riedwiesenstr. 13-17
DE – 71229 LEONBERG
Allemagne

Bureau en France :
K2 Systems SARL
19 Avenue du Pré de Challes
FR – 74940 ANNECY LE VIEUX

Tél. : 04 50 51 22 53
Fax : 04 50 51 16 41
E-mail : info@k2-systems.fr
Internet : www.k2-systems.fr

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

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 29 juillet 2015

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

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 2015

Avis Technique non valide

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 20 juin 2013, la demande d'Avis Technique relative au procédé photovoltaïque " KOVERRAIL - YINGLI ", présentée par la société KOGYS. Le 23 octobre 2014, a été examiné le modificatif portant sur l'élargissement du domaine d'emploi sur les aspects de sécurité en cas de séisme. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne. Il annule et remplace l'Avis Technique 21/13-38.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

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

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 240 Wc et 270 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "paysage".

1.2 Identification

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

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

2. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

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

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 Conformité normative des modules

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

2.22 Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES pour ce procédé.

Il est rappelé que les FDES n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

2.23 Aptitude à l'emploi

2.231 Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

  Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

  Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante de - 40 °C à + 120 °C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

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

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

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

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

  L'utilisation de connecteurs de type SOLFIL de MECATRACTION pour la liaison des cadres des modules, de cosses faston avec rondelles bi-métal pour la liaison des ossatures secondaires et de raccords à griffes de type RG de MECATRACTION pour la liaison principale permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

Puissance crête des modules utilisés

Les modules "YLxxxP-29b" sont de puissance crête comprise entre 240 Wc et 260 Wc par pas de 5 Wc. Les modules "YLyyyC-30b" sont de puissance crête comprise entre 250 Wc et 270 Wc par pas de 5 Wc.

2.232 Fonction Couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
  - 1 600 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*) et en respectant les limitations données dans le *Tableau 3*,
  - 1 200 Pa sous charge de vent normale (*selon les règles NV65 modifiées*) et en respectant les limitations données dans le *Tableau 3*,
- 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 2,20 m ou moins conformément au *Tableau 3*,
- d'une mise en œuvre du procédé respectant les dispositions suivantes :
  - ossature secondaire (*rail aluminium*) tous les 1,00 m maximum, sur 4 appuis minimum et avec un porte-à-faux du rail par rapport à l'axe de la rehausse supérieure ne dépassant pas 230 mm en sablière et 430 mm en faîtage,
  - longueurs de rampants de toiture de 40 m maximum équivalent à une longueur projetée maximale de 39,9 m. La longueur de rampant doit de plus être inférieure aux longueurs de rampant maximum définies dans les DTU et les documents de référence concernés lorsque des éléments de couverture sont associés aux modules photovoltaïques.

Annulé le : 17/03/2017

- d'informer le charpentier que le procédé génère une surcharge due aux continuités d'appuis, que cette surcharge est au plus de 14 % ; par contre, les descentes de charges parallèlement à la toiture sont, par l'intermédiaire des rehausses, réparties uniformément sur toutes les pannes ; par conséquent, les efforts parallèles à la toiture sont répartis de façon uniforme sur toutes les pannes et ne se concentrent pas sur une seule ou quelques pannes. Ces descentes de charges verticales et horizontales sont données par la société KOGYS ou la société K2 Systems sur le devis remis au Maître d'Ouvrage ou sur la notice de pose. La valeur de cette descente de charges est de 22 kg/m².

Sécurité en cas de séisme

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

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

Complexité de toiture

Le traitement des éventuelles pénétrations de toiture (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit…*) en stricte conformité avec le DTU 40.35 à l'aide des mêmes plaques d'acier nervurées que celles utilisées par le procédé, sous réserve d'une interruption du champ photovoltaïque et du respect d'un éloignement à la pénétration de 300 mm minimum et de 500 mm minimum dans le cas de pénétrations nécessitant la possibilité d'accès pour l'entretien (*type cheminée*), 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 profil de plaque nervurée du faîtage à l'égout*) permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

Le fait que la société Kogys ou K2 Systems fournisse systématiquement aux installateurs les préconisations et plans de principe des tôleries de raccordement à la toiture existante, ainsi que le recours toujours possible à leur assistance technique permettent de préjuger favorablement de la conception de ces pièces et de l'étanchéité de l'ensemble de l'installation photovoltaïque.

Risques de condensation

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

Sécurité au feu

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

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

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

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

Sécurité des usagers

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

Sécurité des intervenants

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

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

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

2.24 Durabilité - Entretien

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

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

2.25 Fabrication et contrôle

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

2.26 Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par la société Kogys *(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 Kogys ou K2 Systems lors de leur premier chantier permet d'assurer une bonne réalisation des installations.

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

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

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

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

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

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

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

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

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Livraison

La notice de montage incluant des plans de principe et des informations et des cotes spécifiques à chaque chantier pour la pose doivent être fournies avec le procédé.

2.322 Conception

- **Condensation**

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

- **Charpente**

  La mise en œuvre est prévue pour être exécutée sur des structures porteuses :

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

Annulé le : 17/03/2017

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

De plus, le charpentier doit être informé que le procédé génère une surcharge due aux continuités d'appuis, que cette surcharge est au plus de 14 % ; par contre, les descentes de charges parallèlement à la toiture sont, par l'intermédiaire des rehausses, réparties uniformément sur toutes les pannes ; par conséquent, les efforts parallèles à la toiture sont répartis de façon uniforme sur toutes les pannes et ne se concentrent pas sur une seule ou quelques pannes. Ces descentes de charges verticales et horizontales sont données par la société KOGYS ou la société K2 Systems sur le devis remis au Maître d'Ouvrage ou sur la notice de pose. La valeur de cette descente de charges est de 22 kg/m².

2.323 Installation électrique

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

2.324 Mise en œuvre

Les installations doivent toujours être reliées à l'égout et au faîtage de la toiture (*même si l'installation photovoltaïque ne va pas du faîtage à l'égout, les bacs de sous-face du procédé sont eux, obligatoirement mis en place du faîtage à l'égout*).

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

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au *§ 2.232* "Stabilité" et "Sécurité en cas de séisme" doivent être respectées.

Il est également nécessaire de noter que :

- la mise en œuvre requiert un strict respect des plans de réalisation du chantier (*positionnement et entraxe de chaque pièce, densité de fixation, etc.*), fournis par la société Kogys ou la société K2 Systems,
- dans le cas des toitures chaudes avec isolation sur pannes par feutre tendu bénéficiant d'un Avis Technique, il est indispensable de se reporter à l'Avis Technique du feutre tendu utilisé pour en connaître le domaine d'emploi et les conditions de mise en œuvre.

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

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 Kogys ou la société K2 Systems est tenue d'apporter son assistance technique à toute entreprise installant le procédé qui en fera la demande.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

Jusqu'au 30 juin 2016.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Vice-président

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Cet Avis Technique est une version consolidée de l'Avis Technique 21/13-38. Il intègre, dans sa partie « Avis », une modification du § 2.1 « Domaine d'emploi accepté » et du § 2.232 « Sécurité en cas de séisme » en raison de l'évolution de la jurisprudence du Groupe Spécialisé n° 21 sur les aspects de sécurité en cas de séisme.

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

La spécificité du procédé impose que les installations photovoltaïques soient toujours et obligatoirement reliées à l'égout et au faîtage de la toiture (*même si l'installation photovoltaïque ne va pas du faîtage à l'égout, les bacs de sous-face du procédé sont eux, obligatoirement mis en place du faîtage à l'égout*).

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine :

- chaque mise en œuvre requiert :
  - une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé,
  - une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
  - une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture existante.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fait que :

- les plaques nervurées constituent le plan d'étanchéité du procédé et qu'elles font partie de la fourniture du procédé,
- les toitures froides isolées ne sont pas couvertes par le domaine d'emploi du présent Avis Technique,
- les rehausses de blocage intermédiaires permettent la création de plusieurs lignes de points fixes pour l'ossature secondaire le long du rampant de toiture (*en plus de la ligne de points fixes créée en bas de rampant par les rehausses de blocage basses*).

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

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

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21

Annulé le : 17/03/2017

Dossier Technique
établi par le demandeur

A. Description

1. Description générale

1.1 Présentation

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

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 240 Wc et 270 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "paysage".

Sa dénomination commerciale est "KoverRail - Yingli".

1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation en France européenne :
  - sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m,
  - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie.
- Mise en œuvre :
  - sur des bâtiments ne dépassant pas 20 m de hauteur (*réduit à 12,30 m de hauteur en zone de vent 4 site exposé*), ni 40 m de largeur et sans limitation de longueur,
  - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant,
  - autour d'éventuelles pénétrations de toiture (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit…*) à condition que :
    - □ le champ photovoltaïque soit interrompu en respectant une distance des modules à la pénétration de 300 mm minimum et de 500 mm minimum dans le cas de pénétrations nécessitant la possibilité d'accès pour l'entretien (*type cheminée*),
    - □ les pénétrations soient traitées en stricte conformité avec le DTU 40.35 à l'aide des mêmes plaques d'acier nervurées que celles utilisées pour le procédé,
  - exclusivement sur charpente dont les pannes disposent des caractéristiques minimales suivantes :
    - □ pannes métalliques :
      - o largeur de l'appui : 50 mm minimum,
      - o épaisseur de l'appui : entre 1,5 mm et 12 mm,
    - □ pannes bois :
      - o largeur de l'appui : 70 mm minimum,
      - o hauteur de l'appui : 80 mm minimum,
  - en remplacement de plaques profilées en fibres-ciment ou de plaques nervurées en acier ou aluminium.

    Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU et documents concernés : notamment les DTU 40.35, 40.36 et 40.37 (*notamment pour la pente et la longueur de rampant*),
  - en toiture partielle du faitage à l'égout (*même si l'installation photovoltaïque ne va pas du faîtage à l'égout, les bacs de sous-face du procédé sont eux, obligatoirement mis en place du faîtage à l'égout*) en association avec des éléments de couverture (*plaques profilées en fibres-ciment ou plaques nervurées en acier ou aluminium*) ou en toiture complète, entièrement photovoltaïque ou avec les bacs de sous-face *(voir le Tableau 2)*,
  - applicable, en respectant les dispositions du *§ 8.54* ou *§ 8.55*, pour des toitures froides ventilées non isolées ou pour des toitures chaudes avec isolation sur pannes par feutre tendu bénéficiant d'un Avis Technique. Dans ce dernier cas, il est indispensable de se reporter à l'Avis Technique du feutre tendu utilisé pour en connaître le domaine d'emploi et les conditions de mise en œuvre.

    Dans le cas d'une installation en toiture partielle (*en association avec des éléments de couverture en plaques profilées en fibres-ciment ou plaques nervurées en acier ou aluminium*), l'emploi du procédé se fait exclusivement dans le cadre d'une toiture froide ventilée non isolée (voir le *§ 8.53*).
- La toiture d'implantation doit présenter :
  - un entraxe entre pannes maximum de 2,20 m ou moins conformément au *Tableau 3*,
  - des versants dont la pente, imposée par la toiture, est comprise (voir *le Tableau 2*) :
    - □ entre 10 % et 50 % (*environ 6° et 27°*) dans le cas d'une toiture partielle en association avec des plaques nervurées en acier ou aluminium,
    - □ entre 21 % et 50 % (*environ 12° et 27°*) dans le cas d'une toiture partielle en association avec des plaques profilées en fibres-ciment,
    - □ entre 7 % et 50 % (*environ 4° et 27°)* dans le cas d'une toiture complète *(photovoltaïque ou avec bacs de sous-face)*.

      La pente minimale peut être ramenée à 5 % (*environ 3°*) dans le cas de bacs de sous-face ayant une longueur égale à la longueur de rampant de la toiture et sans pénétration de toiture.

    Quoi qu'il en soit, la valeur de la pente minimale donnée ci-dessus doit être comparée à celle donnée dans les DTU 40.35, 40.36 ou 40.37 au regard des éléments de couverture constituant la toiture. Il convient alors de retenir la valeur de pente la plus grande.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode "paysage",
  - avec une ossature secondaire (*rail aluminium*) tous les 1,00 m maximum, sur 4 appuis minimum (*pour chaque ligne de rails assemblés sur toute la hauteur du champ photovoltaïque*) et avec un porte-à-faux du rail par rapport à l'axe de la rehausse supérieure ne dépassant pas 230 mm en sablière et 430 mm en faîtage,
  - sur des longueurs de rampants de toiture de 40 m maximum équivalent à une longueur projetée maximale de 39,9 m. La longueur de rampant doit de plus être inférieure aux longueurs de rampant maximum définies dans les DTU et les documents de références concernés lorsque des éléments de couvertures sont associés aux modules photovoltaïques,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas 1 600 Pa et en respectant les limitations données dans le *Tableau 3*,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas 1 200 Pa et en respectant les limitations données dans le *Tableau 3*.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le *Tableau 1* précise les atmosphères extérieures permises.

2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "KoverRail - Yingli" *(voir la Figure 1)* est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique (*ayant fait l'objet d'un dépôt de brevet*) 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 KOGYS ou la société K2 Systems.

2.1 Module photovoltaïque

Les modules photovoltaïques (voir la *Figure 2*) peuvent être fournis par la société KOGYS ou K2 SYSTEMS ou approvisionnés par l'installateur directement auprès de la société YINGLI.

Ils sont fabriqués par la société YINGLI et peuvent être de deux natures différentes. Leurs dénominations commerciales "YLxxxP-29b" ou "YLyyyC-30b" se déclinent en fonction :

- de la puissance crête :
  - "xxx" pouvant être égal à 240, 245, 250, 255 ou 260 Wc,
  - "yyy" pouvant être égal à 250, 255, 260, 265 ou 270 Wc,
- de la technologie des cellules :
  - "P-29b" pour polycristalline,
  - "C-30b" pour monocristalline.

2.11 Film polymère

- Composition (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques)* : à base de PET *(Polyéthylène téréphtalate*) entouré d'un film de fluorure de polyvinylidène et d'un film de polyéthylène,

Annulé le : 17/03/2017

- Épaisseur : (0,300 ± 30) mm,
- Tension diélectrique maximum admissible : 1 000 V.

2.12 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées sont fabriquées par la société YINGLI Solar en Chine.

- Dénomination commerciale : YGE pour les modules "YLxxxP-29b" ou PANDA 265 SERIES pour les modules "YLyyyC-30b",
- Épaisseur : (180 ± 30) µm pour les cellules YGE ou (180 ± 40) µm pour les cellules PANDA 265 SERIES,
- Dimensions : (156 ± 0,5) mm x (156 ± 0,5) mm.

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

- distance minimale entre cellules parallèlement au grand côté : (2 ± 0,5) mm,
- distance minimale entre cellules parallèlement au petit côté : (2,5 - 0,5 + 1,5) mm,
- distance minimale par rapport au bord du petit côté vers la boîte de connexion : (38 ± 1) mm,
- distance minimale par rapport au bord du petit côté opposé à la boîte de connexion : (31 ± 1) mm,
- distance minimale par rapport au bord des grands côtés : (19,5 ± 1) mm.

2.13 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*) entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé.

2.14 Intercalaire encapsulant

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

2.15 Vitrage

- Nature: verre (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*) imprimé trempé conforme à la norme EN 12150 ,
- Épaisseur : (3,2 ± 0,2) mm,
- Dimensions : (1 644 ± 1) x (985 ± 1) mm,
- Facteur de transmission directe de l'énergie solaire : 91,6 %.

2.16 Constituants électriques

2.161 Boîte de connexion

Une boîte de connexion du fabricant Cixi Rehne Photovoltaic, de dénomination commerciale "PV-YT1208" est collée avec du mastic silicone (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*) en sous-face de chaque module. Elle présente les dimensions hors tout suivantes : (143,5 x 151 x 25) mm.

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

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Indice de protection : IP 67,
- Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités,
- Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 12,5 A,
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
- Certificat TÜV n° R50223135 selon la norme DIN V VDE V 0126-5/05.08.

2.162 Diodes bypass

Trois diodes bypass (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*) sont implantées dans chaque boîte de connexion des modules.

Chaque diode protège une série de 20 cellules.

Elles permettent de limiter les échauffements dus aux ombrages sur le module en basculant le courant sur la série de cellules suivante et évitent ainsi le phénomène de "point chaud".

2.163 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*) de 1,10 m chacun dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, sont équipés de connecteurs adaptés (*voir § 2.164*) et sont fournis par la société Cixi Renhe Photovoltaic.

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à + 120 °C,
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 32 A,
- Tension assignée : 1 000 V,
- Double isolation,
- Certificat TÜV n° R50155557 selon les spécifications 2pfg/1169/08.07.

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

2.164 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs débrochables à l'aide d'un outil de la société MULTI-CONTACT, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque Multi-Contact et de type PV-I-KST4II-UR et PV-I-KBT4II-UR, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1 000 V,
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 30 A,
- Plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
- Résistance de contact : 0,5 mΩ.

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

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

2.17 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules (*Figure 3*) est composé de profils en aluminium anodisé 20 µm extrudé EN AW-6063 T5 pour la fixation au système de montage.

Le cadre des modules présente deux profilés longs (*sur la longueur des modules*) et deux profilés courts (*sur la largeur des modules*) de même section.

Ces profilés présentent les moments d'inertie suivants :

- Ix = 4,335 cm^4,
- Iy = 1,345 cm^4.

Le cadre du module est percé en usine par l'extrudeur au centre des profilés longs afin de prévoir la connexion des câbles de mise à la terre.

Des bandes adhésives à base de mousse polyéthylène et colle acrylique (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques*) sont appliquées par robot entre le cadre et le verre du module.

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 distributrice et sont intégralement fournis par la société Kogys ou la société K2 Systems.

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 Bacs de sous-face ("BS")

Les bacs de sous-face (*Figure 4*), situés sous les modules, assurent l'étanchéité du procédé. Ce sont des tôles d'acier nervurées de dénomination commerciale "PML 45.333.1000 CS" de la société JORISIDE ou "COVEO 3.45" de la société BAC ACIER ou "COVERBAC 3.45.1000 TS" de la société NLMK.

Ces bacs, conformes au DTU 40.35, sont en acier galvanisé Z225, de nuance S320 GD, et prélaqués sur leur face extérieure avec 25 µm de polyuréthane ou polyester.

De type trapézoïdal, ces bacs présentent trois nervures d'entraxe 333 mm et de hauteur 45 mm. Leur largeur utile est de 1 000 mm et leur longueur peut varier de 1,50 m à 13,50 m.

Annulé le : 17/03/2017

L'épaisseur de ces bacs de sous-face suit d'abord les préconisations du fabricant puis celles de Kogys qui sont :

- 63/100ème lorsque l'entraxe entre pannes ne dépasse pas 1,80 m,
- 75/100ème lorsque l'entraxe entre pannes est compris entre 1,80 m et 2,20 m.

Dans le cas d'une installation sur une toiture froide ventilée non isolée, ces bacs de sous-face doivent être équipés en usine d'un régulateur de condensation conforme au DTU 40.35.

2.22 Rehausses

Les rehausses permettent la mise en place des profilés du système de montage des modules photovoltaïques. Elles sont composées de différents éléments selon leur emploi, pour permettre la dilatation ou le blocage des profilés.

Elles sont en tôle d'acier de 2 mm d'épaisseur S235JR + Z350.

- Rehausses inférieures (*"RHI2"*)

  La rehausse inférieure permet l'ancrage du système de montage aux pannes de la charpente (*Figure 5*).

  Elle possède, en partie inférieure, la forme de l'onde des bacs de sous-face munie de deux ailes pour permettre son appui et son support sur ceux-ci. Elle est ainsi fixée, au travers du bac de sous-face, dans la panne de la charpente par une ou deux vis VBS (voir *§ 8.573*).

  En partie supérieure, la géométrie de cette rehausse permet de recevoir la rehausse supérieure.

  Ses dimensions hors tout (*L x l x h*) sont les suivantes : (131 x 103 x 67,5) mm. Les deux trous pour le passage des vis de fixation sont usinés à un diamètre de 8 mm.

- Rehausses supérieures (*"RHS2"*)

  La rehausse supérieure (*Figure 6*) permet de supporter les ossatures secondaires 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 de l'ossature secondaire, fixée 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 plusieurs rehausses inférieures.

  Ses dimensions hors tout (*L x l x h*) sont les suivantes : (180 x 66 x 36,5) mm.

- Rehausses de blocage (*"RHB2"*)

  Cette rehausse (*Figure 7*) est utilisée en lieu et place de la rehausse supérieure pour toutes les rehausses inférieures positionnées tout en bas du rampant de toiture ou pour un nouveau point fixe d'une ligne d'ossature secondaire dans la longueur du rampant de toiture concernée.

  Elle permet de mettre en place les points fixes des colonnes d'ossature secondaire, 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-OM fixant les ossatures secondaires.

  Ses dimensions hors tout (*L x l x h*) sont les suivantes : (108 x 30 x 28) mm.

2.23 Joints

Tous les joints adhésifs sont en polyéthylène à cellules fermées. Ils sont positionnés et collés en usine (*Figure 8*).

- Joint "JOS"

  Il est positionné sous la partie centrale de la rehausse inférieure au niveau du sommet d'onde du bac de sous-face. 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 au niveau des appuis sur le bac de sous-face. 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 de l'ossature secondaire. 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 de l'ossature secondaire. Il est découpé aux dimensions (*L x l x ép.*) (180 x 75 x 3) mm.

2.24 Ossature secondaire (rails "OS50")

L'ossature secondaire constitue le support direct des modules photovoltaïques : elle est constituée de rails en alliage d'aluminium EN AW-6063 T66 (*Figure 9*).

En forme de X, ces rails permettent la mise en place des serreurs (*pièces de fixation des modules photovoltaïques*).

Ils sont positionnés sur les rehausses supérieures ou de blocage dans le sens du rampant, et sont fixés sur ces dernières par deux vis autoperceuses VOS-OM dans la gorge centrale du rail.

De longueur variable comprise entre 1,30 et 4,110 m, les dimensions hors tout du rail (*l x h*) sont les suivantes : (52 x 50) mm.

Il présente les moments d'inertie suivants :

- Iy = 8,797 cm^4,
- Iz = 13,196 cm^4.

2.25 Eclisse (*"EC50"*)

L'éclisse est en aluminium EN AW-6063 T66 *(Figure 10).*

Elle permet de relier deux ossatures secondaires entre elles et éviter les porte-à-faux.

Elle est soit fixée en aval et en amont lorsque les deux rails sont solidaires. L'éclisse est fixe.

Ou bien elle est fixée à l'ossature secondaire en amont, au départ d'une nouvelle colonne de blocage permettant ainsi une libre dilatation de l'ossature secondaire en aval. L'éclisse est mobile à une extrémité.

Ses dimensions hors tout (*L x l x h*) sont les suivantes : (280 x 72,8 x 56,6) mm.

Elle présente les moments d'inertie suivants :

- Iy = 14,545 cm^4,
- Iz = 39,024 cm^4.

2.26 Serreurs

Les serreurs sont les pièces de fixation des modules sur les ossatures secondaires.

En aluminium EN AW-6060 T66, il en existe de deux géométries différentes (*Figure 11),* 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 "SE40" 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 "OS50".

Les serreurs intermédiaires présentent une hauteur de 27 mm et une largeur de 35,1 mm.

Les serreurs d'extrémité présentent une hauteur de 43 mm et une largeur de 28 mm.

Chaque serreur est fourni avec une vis CHC, crantée sous tête ou une vis non crantée sous tête avec une rondelle crantée, à six pans creux en acier inoxydable 1.4301 de diamètre 8 mm et de longueur 45 mm associée à un écrou prisonnier fabriqué par la société K2 Systems ou la société Schäfer+Peters, qui est positionné dans la rainure des rails "OS50", avec denture partielle en acier inoxydable 1.4301, M 8 mm.

Des essais de traction de ces serreurs ont permis de déterminer leur résistance à l'arrachement Pk :

- 812 daN pour les serreurs intermédiaires,
- 510 daN pour les serreurs d'extrémité.

2.27 Visserie et éléments de fixation

- Visserie "VBS-6" et "VBS-12"

  Il s'agit de vis autoperceuses de la société ETANCO en acier cémenté zingué traité "SUPRACOAT 2C" avec tête hexagonale 6 pans.

  Elles sont utilisées pour la fixation dans les pannes métalliques :

  - du bac de sous-face,
  - des rehausses inférieures,
  - des rehausses de blocage.

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

Annulé le : 17/03/2017

Ces vis présentent les caractéristiques suivantes :

"VBS-6"	"VBS-12"
Dénomination commerciale : ZACROVIS 6 TH12 / 2C	*Dénomination commerciale :* ZACROVIS 12 TH12 / 2C
Diamètre : 6,3 mm	*Diamètre* : 6 mm
Longueur : 85 mm	*Longueur* : 105 mm
Utilisées pour les pannes métalliques de : 1,5 à 5 mm d'épaisseur	*Utilisées pour les pannes métalliques de* : 5 à 12 mm d'épaisseur
Résistance à l'arrachement Pk : 274 daN pour des aciers de nuance S320GD de 1,5 mm d'épaisseur	*Résistance à l'arrachement Pk :* 1 000 daN pour des aciers de nuance S235de 6 mm d'épaisseur
Résistance au cisaillement : 1 358 daN	*Résistance au cisaillement* : 1 095 daN
Résistance à la flexion : 358 daN	*Résistance à la flexion :* 143 daN

- Visserie "VBS-Bois"

  Il s'agit de vis autoperceuses de la société ETANCO en acier cémenté zingué traité "SUPRACOAT 2C" avec tête hexagonale 6 pans.

  Elles sont utilisées pour la fixation dans les pannes bois :

  - du bac de sous-face,
  - des rehausses inférieures,
  - des rehausses de blocage.

  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 :

"VBS-Bois"
Dénomination commerciale : ZACROVIS Bois TH12 / 2C
Diamètre : 6,5 mm
Longueur : 130 mm
Utilisées pour les pannes bois de : 70 mm de largeur et 80 mm de hauteur
Résistance à l'arrachement Pk: 568 daN dans support bois Sapin 450 kg/m^3 et 50 mm d'ancrage minimum
Résistance au cisaillement : 1 185 daN
Résistance à la flexion : 314 daN

- Visserie "VOS-OM"

  Les vis "VOS-OM" sont des vis "DRILLNOX 3 TH 8" de la société ETANCO.

  Il s'agit de vis autoperceuses bimétal en acier inoxydable austénitique A4 1.4404 de diamètre 6,3 mm avec tête à pointe forêt en acier cémenté, hexagonale 6 pans de 8 mm à collerette, et de longueur 25 mm, présentant une résistance à l'arrachement Pk de 256 daN et au cisaillement de 791 daN sur un support acier de 2 mm d'épaisseur.

  Ces vis sont utilisées pour la fixation de l'ossature secondaire (*rails "OS50"*) dans les rehausses supérieures ou de blocage et de l'éclisse.

3. Autres éléments

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

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

3.1 Abergements

3.11 Abergements latéraux

Les bavettes d'étanchéité latérales suivantes ne sont pas fournies dans le procédé. Elles doivent toutefois présenter les mêmes caractéristiques que préconisées ci-dessous.

Ces abergements (*Figure 12*) sont en tôles d'acier S275 d'épaisseur 0,75 mm : ils présentent une galvanisation Z225 sur les deux faces et un pré-laquage polyuréthane, catégorie VI selon la norme XP P 34-301, de 35 µm sur leur face externe et de 12 µm sur leur face interne.

- Bavettes d'étanchéité latérales pour plaques nervurées (*"BEL Bac"*)

  Si l'installation doit être reliée à des plaques nervurées, ces bavettes d'étanchéité permettent de finaliser l'installation sur ses périphéries droite ou gauche.

  De hauteur hors tout environ égale à 40 mm et de 3,20 m de longueur standard, leur largeur est variable en fonction de l'éloignement des ondes des plaques nervurées à couvrir, sans excéder 350 mm.

- Bavettes d'étanchéité latérales pour plaques profilées de fibres-ciment (*"BEL Fibro"*)

  Si l'installation doit être reliée à des éléments de couverture type plaques profilées de fibres-ciment, ces bavettes d'étanchéité permettent de finaliser l'installation sur ses périphéries droite ou gauche.

  De hauteur hors tout environ égale à 73 mm et de 3,20 m de longueur standard, leur largeur est variable en fonction de l'éloignement de la première onde des plaques de fibres-ciment, sans excéder 350 mm.

3.12 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 compte tenu des plaques nervurées du procédé et des éventuels grands éléments de couverture associés.

3.2 Eléments de fixation des bacs

- Cavalier de fixation

  Les cavaliers viennent en complément des rehausses pour la fixation des bacs de sous-face à la charpente.

  Conformes au DTU 40.35, ils doivent systématiquement être approvisionnés avec une rondelle d'étanchéité conforme au DTU 40.35 et quantifiés pour la fixation en suivant les dispositions données par le DTU 40.35 et son annexe K en excluant les emplacements déjà occupés par les rehausses.

  Le cavalier est associé aux mêmes vis que celles utilisées pour les rehausses (*"VBS-6" ou "VBS-12" ou "VBS-Bois"*).

- Vis de couture

  Elles doivent être conformes au DTU 40.35.

3.3 Feutre tendu

Dans le cas d'une installation sur une toiture chaude, seul le cas d'une isolation sur pannes par feutre tendu est autorisé avec ce procédé.

Il convient donc de choisir un procédé d'isolation par feutre tendu bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité.

Celui-ci doit être fourni en rouleaux de la longueur du versant plus 400 mm (*pour permettre les débords au faîtage et à l'égout*). Dans le cas où cela n'est pas possible, il faut se reporter à la notice du produit.

De plus, sa pose nécessite un grillage en treillis soudé, spécialement conçu pour cette application, en rouleaux avec des mailles de l'ordre de (120 x 120) mm et des fils de diamètre 1 à 1,6 mm.

3.4 Closoirs pour toitures chaudes

Ces pièces sont utilisées uniquement pour le traitement des toitures chaudes avec isolation sur pannes avec feutre tendu sous Avis Technique, au faîtage et à l'égout pour assurer l'étanchéité à l'air.

Conformément au DTU 40.35, elles sont en mousse de polyéthylène et doivent posséder une géométrie permettant de s'adapter au profil des bacs de sous-face.

3.5 Câbles et connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Les câbles de liaison équipotentielle des masses pour la liaison des modules et des rails de l'ossature secondaire doivent présenter des sections adaptées à leur fonction et dans tous les cas des caractéristiques conformes à la norme NF C 15-100 et au Guide UTE C 15-712-1 en vigueur.

Les modules photovoltaïques doivent être reliés par l'intermédiaire d'un câble continu, connecté aux cadres des modules grâce à un système de type SOLFIL de MECATRACTION.

Les rails de l'ossature secondaire doivent être reliés par l'intermédiaire de cosses faston avec rondelles bi-métal.

Le tout doit ensuite être relié au câble principal par l'intermédiaire de raccords à griffes type RG de MECATRACTION.

3.6 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 du Guide UTE C 15-712-1 en vigueur.

3.7 Colliers de fixation des câbles

Afin de ne pas faire circuler de câbles sur les bacs de sous-face, il est indispensable d'utiliser des colliers de fixation qui permettent de fixer les câbles (*de polarité ou de liaison équipotentielle*) aux rails de l'ossature secondaire.

Annulé le : 17/03/2017

4. Conditionnement, étiquetage, stockage

4.1 Modules photovoltaïques

Les modules sont conditionnés dans des cartons, stockés sur des chevalets 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 en face arrière 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 (v*isserie, serreurs, joints, mastic, etc.*) sont conditionnés soit dans des sachets, soit dans des cartons. Sur chaque emballage, une étiquette indique la référence du produit ainsi que le nombre. Le stockage sur chantier s'effectue dans un endroit sec et aéré à l'abri de la pluie.

Les plaques nervurées, faisant partie de la fourniture du procédé, sont livrées 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, tôles inclinées dans le sens des nervures*).

4.3 Préparation des chantiers

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

5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques	
Dimensions hors tout (mm)	1 650 x 990 x 40
Dimensions du module sans cadre (mm)	1 644 x 985
Surface hors tout (m²)	1,63
Surface d'entrée (m²)	1,51
Masse (kg)	19,1
Masse spécifique (kg/m²)	11,7

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

Les caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques sont données dans les *Tableau 4*, *Figure 13 et Figure 14*.

6. Caractéristiques électriques

6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "YLxxxP-29b" et YLyyyC-30b" ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés "YLxxxP-29b" et YLyyyC-30b" ont été certifiés conformes à la Classe A de la norme NF EN 61730, et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe II de sécurité électrique.

6.3 Performances électriques

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

Module	YL240P-29b	YL245P-29b	YL250P-29b	YL255P-29b	YL260P-29b
P_{mpp} (W)	240	245	250	255	260
U_{co} (V)	37,,5	37,8	38,4	38,7	38,9
U_{mpp} (V)	29,5	30,2	30,4	30,6	30,9
I_{cc} (A)	8,65	8,63	8,79	8,88	8,98
I_{mpp} (A)	8,14	8,11	8,24	8,32	8,41
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,45				
αT (U_{co}) [%/K]	-0,33				
αT (I_{cc}) [%/K]	0,06				
Courant inverse maximal (A)	15				

Module	YL250C-30b	YL255C-30b	YL260C-30b	YL265C-30b	YL270C-30b
P_{mpp} (W)	250	255	260	265	270
U_{co} (V)	38,1	38,3	38,6	39	39
U_{mpp} (V)	30,5	30,6	30,8	31	31,1
I_{cc} (A)	8,71	8,85	8,91	8,93	9,06
I_{mpp} (A)	8,20	8,33	8,46	8,55	8,68
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,42				
αT (U_{co}) [%/K]	-0,31				
αT (I_{cc}) [%/K]	0,04				
Courant inverse maximal (A)	15				

Avec :

P_{mpp} : Puissance au point de puissance maximum.

U_{co} : Tension en circuit ouvert.

U_{mpp} : Tension nominale au point de puissance maximum.

I_{cc} : Courant de court-circuit.

I_{mpp} : Courant nominal au point de puissance maximum.

αT (P_{mpp}) : Coefficient de température pour la puissance maximum.

αT (U_{co}) : Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.

αT (I_{cc}) : Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit.

7. Fabrication et contrôles

7.1 Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre est effectuée sur le site de la société YINGLI GREEN ENERGY HOLDING Co, Ltd à Baoding (*province de Hebei*) en Chine, certifié ISO 9001:2008.

Lors de la fabrication des modules photovoltaïques, la société YINGLI GREEN ENERGY HOLDING Co, Ltd effectue des contrôles qui 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,
- 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 + 3%,
- 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.

Un superviseur est présent sur chaque ligne de production.

Annulé le : 17/03/2017

7.2 Bacs de sous-face

Les bacs de sous-face sont fabriqués par les sociétés JORISIDE ou BAC ACIER ou NLMK.

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.

7.3 Ossature secondaire, éclisse et serreurs

Les rails de l'ossature secondaire, les éclisses et les serreurs sont fabriqués par la société K2 Systems à Stuttgart en Allemagne.

7.4 Rehausses

Les rehausses sont fabriquées par la société Kogys avec les tolérances dimensionnelles définies dans la *Figure 15*.

7.5 Contrôles à réception

Au sein des sociétés Kogys et K2 Systems, les contrôles suivants sont opérés à la réception des composants du système : contrôles visuels, 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 incluant des plans de principe, et des informations et des cotes spécifiques à chaque chantier pour la pose.

Le dimensionnement du procédé est effectué par la société Kogys ou la société K2 Systems grâce aux informations fournies par l'installateur à l'aide d'un logiciel de la société Kogys établissant une check-list des caractéristiques du chantier (*matériaux, dimensions, position d'implantation…*).

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

- le respect du pas de 1,00 m du bac de sous-face,
- le respect des positions des rehausses, des ossatures secondaires, de la visserie et des éléments de fixation,
- le serrage de ceux-ci,
- le positionnement et la fixation des serreurs,
- le serrage de ceux-ci.

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

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

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

De plus, le charpentier doit être informé que le procédé génère une surcharge due aux continuités d'appuis, que cette surcharge est au plus de 14 % ; par contre, les descentes de charges parallèlement à la toiture sont, par l'intermédiaire des rehausses, réparties uniformément sur toutes les pannes, et, par conséquent, les efforts parallèles à la toiture sont répartis de façon uniforme sur toutes les pannes et ne se concentrent pas sur une seule ou quelques pannes. Ces descentes de charges verticales et horizontales sont données par la société KOGYS ou la société K2 Systems sur le devis remis au Maître d'Ouvrage ou sur la notice de pose. La valeur de cette descente de charges est de 22 kg/m².

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 Kogys (cf. *§ 9*).

Les compétences requises sont de deux types :

- Compétences en couverture complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques : mise en œuvre en toiture.
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques : habilitations électriques adéquates conformément à la norme UTE C18-510.

8.3 Sécurité des intervenants

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

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

8.4 Spécifications électriques

8.41 Généralités

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

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

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

Avant le montage des modules, vérifier le bon fonctionnement électrique de chacun par une mesure de U_{co} (*tension de circuit ouvert*).

8.42 Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en *Figure 16*.

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

- Liaison intermodules et module/onduleur

  La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules *(du bas vers le haut)* avant leur fixation. Les câbles doivent être attachés en partie inférieure des ossatures secondaires par des colliers de fixation (*non fournis*).

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

  Un autocontrôle de la connexion de chaque module doit être effectué par l'installateur à l'avancement pour assurer la bonne connexion à chaque connecteur.

- 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 de connecteurs de type SOLFIL de MECATRACTION et de câbles continus pour chaque série de modules,
  - les masses métalliques des ossatures secondaires par l'intermédiaire de câbles et de cosses faston avec rondelles bi-métal.

  Le tout est relié au câble principal par l'intermédiaire de raccords à griffes de type RG de MECATRACTION.

  Par ailleurs, les ossatures secondaires éclissées au niveau du joint de dilatation doivent également être reliées à la liaison équipotentielle par un cordon avec cosses faston et rondelles bimétal.

Annulé le : 17/03/2017

- 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 17*). Les câbles doivent circuler dans des goulottes repérées et prévues à cet effet conformément aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1, "guide Promotelec" et "guide ADEME-SER" (*limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distincts…*) jusqu'au local onduleur.

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, soit 15 kg/m² (*le système KoverRail avec le module YINGLI sans le bac de sous-face*).

Chaque mise en œuvre fait l'objet d'une analyse par la société Kogys ou la société K2 Systems pour s'assurer qu'elle est comprise dans le domaine d'emploi, d'une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte des actions locales, au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

Vis-à-vis des charges de montage, les caisses ne sont pas posées sur le bac mais restent sur les fourches de l'engin de levage. Les modules sont pris un par un.

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

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

Dans le cas d'une pose sur un bâtiment existant couvert, il convient de déposer la couverture existante sur l'emprise du champ photovoltaïque.

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 aux longueurs de rampant maximum définies dans les DTU et les documents de références concernés lorsque des éléments de couvertures sont associés aux modules photovoltaïques (*cf. les DTU 40.35, 40.36 et DTU 40.37)*.

8.53 Traitement des risques de condensation

L'emploi du procédé est applicable :

- dans le cas d'une installation en toiture partielle (*en association avec des éléments de couverture en plaques profilées en fibres-ciment ou plaques nervurées en acier ou aluminium*), exclusivement dans le cadre d'une toiture froide ventilée non isolée,
- dans le cas d'une installation en toiture complète, la toiture peut être soit une toiture froide ventilée non isolée, soit une toiture chaude avec isolation sur pannes par feutre tendu bénéficiant d'un Avis Technique.

8.54 Toitures froides ventilées non isolées

Dans le cadre d'une toiture froide ventilée non isolée, l'emploi du régulateur de condensation en sous-face du bac étanche est systématique.

La toiture est ventilée, c'est-à-dire qu'une ventilation doit circuler sous les bacs de sous-face grâce à des ouvertures à l'égout et au faîtage (*à moins que le bâtiment ne soit ouvert et permette ainsi d'office une ventilation des bacs de sous-face*).

8.55 Toitures chaudes avec isolation sur pannes par feutre tendu sous Avis Technique

Pour traiter ce type de toiture, il convient de se référer à l'Avis Technique du feutre tendu pour valider l'adéquation du feutre avec le chantier concerné et respecter les consignes de mise en œuvre. Néanmoins, il convient de suivre les spécifications suivantes :

- le feutre tendu est toujours posé sur un grillage tendu (*posé sur pannes*), et ceci quel que soit l'écartement des pannes,
- il convient de respecter un débord du grillage comme du feutre tendu de 200 mm à l'égout et au faîtage, qui sont repliés proprement ensuite,
- les rouleaux de grillage, comme du feutre tendu, doivent être fixés aux pannes faîtières et sablières à l'aide de deux vis "VBS" (*"VBS-6 ou 12" ou VBS-Bois selon l'épaisseur de la panne et la nature de la panne*),
- si la longueur des rouleaux de feutre tendu est plus faible que la longueur du rampant de toiture, il convient de respecter les dispositions de l'Avis Technique pour la jonction transversale des lés (*généralement, cette jonction doit se faire au-dessus d'une panne*).

La pose des bacs de sous-face (*voir le § 8.572*) doit se faire au fur et à mesure de la pose du feutre tendu pour éviter d'endommager l'isolation et permettre de garder visible la ligne des pannes.

Dans le même temps et afin de constituer une toiture chaude, des closoirs (*non fournis*) doivent être positionnés pour empêcher toute circulation d'air sous les bacs de sous-face. Ces closoirs doivent être utilisés :

- à l'égout : un closoir "profil" doit être positionné et compressé au plus bas, entre les bacs de sous-face de l'installation et le premier élément de charpente (*panne*),
- au faîtage : un closoir "contre-profil" doit être, quant à lui, positionné entre le bac de sous-face et la bavette d'étanchéité supérieure.

8.56 Traitement des dilatations thermiques

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

Un point fixe pour chaque colonne d'ossatures secondaires 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. § 8.577*).

8.57 Pose en partie courante de toiture

8.571 Dispositions pour les bacs de sous-face

Lors de la manutention, il est nécessaire de ne pas griffer ou choquer le revêtement polyuréthane ou polyester sur la face extérieure des bacs de sous-face, pour éviter la mise à nu du métal, ni le régulateur de condensation sur la face intérieure 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 tôles 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 plaques nervurées sur le chantier, pour une petite adaptation à une géométrie non prévue de la toiture, seul l'emploi d'une cisaille à tôle ou une grignoteuse 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.

8.572 Positionnement des bacs de sous-face

Les bacs de sous-face sont toujours utilisés du faîtage à l'égout.

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

Le recouvrement longitudinal des bacs de sous-face est donné par l'emboîtement de la nervure de rive "emboîtante" sur la nervure de rive "emboitée" du bac précédent. Le bac à poser vient recouvrir le bac précédemment posé dans le sens opposé aux vents de pluie dominants.

Un recouvrement transversal entre les bacs est nécessaire : il est de 200 mm si la pente est supérieure ou égale à 15 %, et de 300 mm si la pente est inférieure à 15 %. Le recouvrement transversal doit dans tous les cas respecter le DTU 40.35 en fonction de la zone climatique et selon la pose avec ou sans complément d'étanchéité.

Sur les derniers bacs en haut de pente, il est nécessaire de relever la plage des bacs avec une pince à relever, afin d'éviter toute infiltration d'eau.

8.573 Fixation des bacs de sous-face

Les bacs de sous-face doivent être fixés aux pannes de la toiture par l'intermédiaire des rehausses inférieures et des cavaliers. Les rehausses inférieures servent non seulement à la fixation du bac de sous-face mais également à celle de l'ossature secondaire, tandis que les cavaliers ne servent qu'à la fixation des bacs de sous-face.

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

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 ossatures secondaires*),
- soit, d'une rehausse de blocage (RHB2) qui est fixée en même temps que la rehausse inférieure (*Figure 18*).

Annulé le : 17/03/2017

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

- par deux vis VBS-6 ou VBS-12 ou VBS-Bois à toutes les rives du bâtiment sur une largeur de 2 m,
- par une vis VBS-6 ou VBS-12 ou VBS-Bois sur le reste de la toiture (*Figure 19a*).

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

La position de la première colonne de rehausses est la 2ème onde du bac de sous-face par rapport au début du champ photovoltaïque.

Les rehausses de blocage sont utilisées pour supporter tout le poids d'une colonne d'ossatures secondaires (*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 d'ossatures secondaires*), et à chaque rupture de colonne tous les 8 m environ.

Leur fixation est identique à la fixation des rehausses inférieures (*Figure 18*), c'est-à-dire que le nombre de vis, 1 ou 2 vis, dépend de la zone de toiture.

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 ossatures secondaires (*nettoyage à la brosse nylon et à l'eau claire, sans détergent ou par soufflerie…*).

8.574 Pose des abergements latéraux

Les bavettes d'étanchéité latérales BEL (*non fournies*, *cf. § 3.11*) permettent de traiter les jonctions latérales entre le champ photovoltaïque et les éléments de couverture autour (*Figure 20*). Elles sont conçues de façon à avoir une marge pour absorber les tolérances de réglage ou d'alignement ou de mesures.

Chaque BEL a une longueur standard de 3,20 m. Le dernier tronçon vers le faîtage complète en longueur le rampant, sans jamais être plus court que 1,00 m.

Le recouvrement entre BEL est de 200 mm. De bas en haut, la rive basse de la BEL à poser vient recouvrir la rive haute de la BEL inférieure déjà posée. La pose d'un complément d'étanchéité est obligatoire au niveau de chaque recouvrement transversal. Il se place à 150 mm de la rive haute du bac inférieur.

Les BEL sont fixées sur toutes les pannes, par-dessus l'onde du bac, avec une VBS (*VBS-6, VBS-12 ou VBS-Bois selon les pannes*) munie d'une rondelle d'étanchéité prémontée.

Pour les plaques nervurées, la bavette d'étanchéité latérale doit être utilisée en association avec des pontets pour soutenir les ondes des plaques.

8.575 Pose des rehausses supérieures

En partie courante, la rehausse supérieure vient coulisser sur la rehausse inférieure qui lui sert de support (*Figure 19b*) : 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 de l'ossature secondaire qui y est fixée. Ce système coulissant permet la dilatation de l'ossature secondaire.

8.576 Pose de l'ossature secondaire

Se référer aux Figure 13 et Figure 14.

Les ossatures secondaires sont toujours posées parallèles aux plaques nervurées et sont situées au droit des nervures des bacs de sous-face.

Les colonnes d'ossatures secondaires sont écartées comme suit par rapport au début du champ photovoltaïque (*Figure 21*) :

- 1ère colonne sur la deuxième onde du bac de sous-face,
- 2ème colonne sur la cinquième onde (*écartement à 1,00 m de la 1ère colonne*),
- 3ème colonne sur la septième onde (*écartement à 0,67 m de la 2ème colonne*),….

Les entraxes entre les ossatures secondaires sont : 1,00 m + 0,67 m + 1,00 m + 0,67 m…

Ces ossatures secondaires sont toujours au nombre de deux par module.

D'un bord à l'autre des modules, les ossatures secondaires se répartissent sous les modules selon les écarts suivants : 0,325 + 1,00 + 0,325 m.

Les ossatures secondaires sont posées et fixées sur les rehausses supérieures ou de blocage (*Figure 22, Figure 23 et Figure 24*) avec :

- deux vis VOS-OM en rives de toiture sur une largeur de 2 m,
- une vis VOS-OM sur le reste de la toiture.

La première ossature secondaire est posée et fixée en bas de pente avec un porte-à-faux *(extrémité du rail par rapport à l'axe de la rehausse*) maximum de 230 mm par rapport à l'axe de la rehausse inférieure et au minimum à l'aplomb de l'extrémité basse de la rehausse inférieure.

Les rails de l'ossature secondaire doivent reposer sur 4 appuis minimum *(pour chaque ligne de rails assemblés par éclissage, voir ci-dessous*)

Il est nécessaire de mettre en place un point fixe tous les 2 rails (*8 modules*) maximum. Pour relier deux rails sans nouveau point fixe, on réalise un éclissage de jonction. Pour relier deux rails avec un nouveau point fixe, on réalise un éclissage de dilatation (*Figure 25 et Figure 26*).

- Eclissage de jonction entre deux ossatures secondaires

  On fait glisser l'éclisse à l'extrémité de la première ossature secondaire. La jonction se trouve au milieu de l'éclisse. On fait glisser la deuxième ossature secondaire dans l'éclisse. On fixe les deux ossatures secondaires à l'éclisse en vissant une VOS-OM dans la gorge centrale de chaque ossature secondaire.

  On fixe l'ossature secondaire sur chaque rehausse (*blocage ou supérieure*) avec deux ou une vis VOS-OM dans la gorge centrale de l'ossature secondaire selon que l'on est en rive (*sur une largeur de 2 m*) ou non.

- Eclissage de dilatation entre deux ossatures secondaires

  Une colonne d'ossature secondaire est bloquée au maximum tous les 8 modules. On recommence cette opération sur toute la longueur du versant du toit.

  On éclisse la deuxième colonne à la première en positionnant une éclisse entre les deux ossatures secondaires et on fixe l'éclisse avec une vis VOS-OM à l'ossature secondaire placée en amont pour laisser la libre dilatation de la colonne de modules en aval.

  L'espace de 20 mm entre les deux colonnes d'ossatures secondaires (*8 modules maximum*) sert à créer un joint de dilatation.

La dernière ossature secondaire au faîtage doit être coupée au minimum à 90 mm après l'axe de la dernière rehausse ou 30 mm après le module si celui-ci est en porte-à-faux. Le porte-à-faux de l'ossature secondaire ne peut dépasser 430 mm.

Procéder de façon identique pour chaque ossature secondaire de la colonne et pour chaque colonne suivante.

8.577 Pose des modules

Pour la mise en place des modules (*Figure 21*) en mode "paysage", le cadre du premier module est placé avec un porte-à-faux de 0,325 m par rapport à la première colonne d'ossatures secondaires et, dans le sens du rampant, à 40 mm au-dessus de l'extrémité basse de la première ossature secondaire.

Deux colonnes de modules sont espacées perpendiculairement à la pente de 17 mm.

Les modules sont fixés par des serreurs d'extrémité ou des serreurs intermédiaires : on insère l'écrou prisonnier dans le rail en le tournant de 90° dans le sens des aiguilles d'une montre, on place la vis V8 dans le serreur que l'on visse dans l'écrou. Les serreurs d'extrémité sont utilisés pour ne fixer qu'un seul module tandis que les serreurs intermédiaires, eux, reprennent deux modules (*Figure 27*).

Ainsi, au centre du champ photovoltaïque, seuls les serreurs intermédiaires sont utilisés tandis que les serreurs d'extrémité sont utilisés soit en périphérie du champ soit au niveau des joints de dilatation du champ photovoltaïque. 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.

La première rangée des modules est alignée sur la première rangée des bacs de sous-face, en parallèle avec l'égout.

8.58 Pose aux abords des extrémités de toiture

Les raccordements des tôles de sous-face à l'égout, aux rives et au faîtage doivent être traités conformément au DTU 40.35.

Dans le cas d'une mise en œuvre en toiture partielle en association avec des plaques nervurées ou profilées (Figure 28), la faîtière des plaques existantes vient rejoindre celle des plaques nervurées du procédé au milieu de la partie plane des bavettes d'étanchéité latérales (BEL) avec un recouvrement minimum de 200 mm. Un redécoupage du crantage de la faîtière existante avec une cisaille est exécuté sur chantier pour permettre l'emboîtement avec la BEL. La plage en extrémité haute de la BEL Fibro (*cas de plaques profilées existantes*) doit être relevée de façon à faire une aile verticale, sauf dans le cas d'un appentis dont la couverture déborde simplement en faîtage.

9. Formation

La société Kogys ou la société K2 Systems dispensent dans leurs locaux une formation théorique et pratique (*sur maquette*) sur le procédé ainsi que du dimensionnement de ses éléments.

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

Annulé le : 17/03/2017

10. Assistance technique

Chaque client reçoit systématiquement une assistance technique de la part de la société Kogys ou K2 Systems pour sa première installation photovoltaïque.

La société Kogys ou K2 Systems assure ensuite l'assistance technique des installateurs par téléphone ou sur site selon la difficulté rencontrée.

11. Utilisation, entretien et réparation

Les interventions sur le procédé doivent être réalisées dans le respect du code du travail et notamment de la réglementation sur le travail en hauteur.

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

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

11.1 Maintenance du champ photovoltaïque

Kogys 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 bac (*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.

11.2 Maintenance électrique

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

11.3 Remplacement d'un module

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

- 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 SE40 du module concerné.
- Étape 4 : afin de maintenir en place les modules adjacents, insérer des serreurs SE40 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, bac de sous-face…*).
- Étape 9 : si le module n'est pas remplacé immédiatement, utiliser les serreurs d'extrémité SE40 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 ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le TÜV à Shanghai (*rapports d'essais n°15031525.027 et 15037685.019*).
- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le TÜV à Shanghai (*rapports d'essais n°15032227.006 et 15037686.001*).
- 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 deux 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-OM ont été effectués 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.

C. Références

C.1 Données environnementales et sanitaires[1]

Le procédé KoverRail - Yingli ne fait pas l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (*FDES*).

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

C.2 Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis mars 2013.

Les premières commercialisations en France ont eu lieu en juin 2013.

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

Annulé le : 17/03/2017

Tableaux et figures du Dossier Technique

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-6063 T5	Cadre des modules photovoltaïques	Anodisé 20 microns	●	●	□	●	●	●	□	□
Acier S320 GD	Bacs de sous-face	Z225 + 25 µm Polyuréthane	●	●	□	●	□	□	□	□
Acier S320 GD	Bacs de sous-face	Z225 + 25 µm Polyester RC3 – RUV4	●	●	□	●	□	□	□	□
Acier S235JR	Rehausses	Z350	●	□	-	●	□	-	-	□
Aluminium EN AW- 6063 T66 ou 6060 T66	Ossature secondaire, éclisse, serreurs	Brut	●	●	□	●	●	□	□	□
Revêtements optionnels										
Acier S320 GD	Bacs de sous-face	Z225 + 35 µm Polyester RC4 – RUV4	●	●	□	●	●	□	□	□
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-6063 T66 ou 6060 T66	Ossature secondaire, éclisse, serreurs	Peinture polyester ou polyuréthane 35 µm mini	●	●	□	●	●	□	□	□
Aluminium EN AW-6063 T66 ou 6060 T66	Ossature secondaire, 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-OM	-	●	●	□	●	●	●	□	□

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

● *: Matériau adapté à l'exposition*

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

- : Non adapté à l'exposition

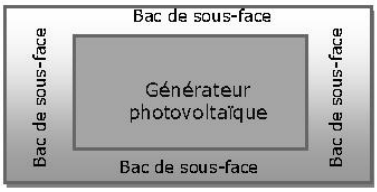
** : à l'exception du front de mer*

Annulé le : 17/03/2017

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

Cas 1 : <u>Procédé en toiture complète</u> :

Conditions	Pente minimale en %	Angle minimal en degré	Pente maximale en %	Angle maximal en degré
Bac de sous-face de longueur égale à celle du rampant. Pas de pénétration dans le bac de sous-face	5 %	3°	50 %	27°
Autre cas	7 %	4°	50 %	27°



Cas 2 : Procédé en toiture partielle avec jonction aux éléments de couverture existants :

Conditions suivant éléments existants	Pente minimale en %	Angle minimal en degré	Pente maximale en %	Angle maximal en degré
Plaque nervurée	10 %	6°	50 %	27°
Plaque profilée de fibres-ciment	21 %	12°	50 %	27°

La valeur de la pente minimale doit être comparée à celle donnée dans les DTU 40.35, 40.36 ou 40.37 au regard des éléments de couverture constituant la toiture. Il convient alors de retenir la valeur de pente la plus grande.

<u>NOTA</u> : Dans tous les cas (1 et 2), les parties de toiture se trouvant en aval ou en amont du générateur PV, seront traitées avec du bac de sous-face seul.

Annulé le : 17/03/2017

Tableau 3 –Espacement maxi des pannes

kogys Photovoltaïque	ESPACEMENT MAXI DES PANNES en mètres						
N V fév. 2009	**POSE EN PAYSAGE**						
Régions de NEIGE / **VENT** Altitude maxi en m	**zone 1** site exposé	**zone 2** site normal	**zone 2** site exposé	**zone 3** site normal	**zone 3** site exposé	**zone 4** site normal	**zone 4** site exposé
A1 200	2,20	2,20	2,10	2,10	1,80	1,60	1,60
A1 ou A2 315 **B1** 230	2,10	2,10	2,10	2,10	1,80	1,60	1,60
A1 ou A2 350 **B1** 260	2,00	2,00	2,00	2,00	1,80	1,60	1,60
A1 ou A2 500 **B1 ou B2** 410 **C1 ou C2** 320	1,90	1,90	1,90	1,90	1,80	1,60	1,60
A1 ou A2 596 **B1 ou B2** 560 **C1 ou C2** 524 **D** 320	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,60	1,60
A1 ou A2 692 **B1 ou B2** 656 **C1 ou C2** 620 **D** 524 **E** 200	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
A1 ou A2 812 **B1 ou B2** 776 **C1 ou C2** 740 **D** 644 **E** 500	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
A1 ou A2 867 **B1 ou B2** 831 **C1 ou C2** 795 **D** 700 **E** 555	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
En Rive sur 2,00m **Doubler les fixations**	**Mettre 2 Vis (VOS OM) pour fixer le Rail à chaque Réhausse** **Mettre 2 Vis (VBS) pour fixer chaque Réhausse sur les pannes**						
IMPORTANT	Hauteur du Bâtiment inférieure ou égale à 20,00 m En VENT zone 4 et site exposé = Hauteur Bâtiment limitée à 12,30 m RAILS sur quatre appuis ou plus Longueur maxi d'un RAIL = 4,110 m Porte-à-faux maxi du RAIL = 0,43 m Porte-à-faux maxi du RAIL en RIVE Sablière = 0,23 m						Indice B 27/05/13

Annulé le : 17/03/2017

Tableau 4 –Poids du système (sans le poids du module)

BAC DE SOUS-FACE EN 63/100							BAC DE SOUS-FACE EN 75/100						
COMPOSANT avec un écartement moyen de pannes de 1,50 m	**POIDS version non isolée**	**Poids version isolée feutre tendu avec grillage**				**UNITE**	**COMPOSANT avec un écartement moyen de pannes de 1,50 m**	**POIDS version non isolée**	**Poids version isolée feutre tendu avec grillage**				**UNITE**
Epaisseur isolant (mm)	0	60	80	100	120		Epaisseur isolant (mm)	0	60	80	100	120	
Bac de sous-face 63/100	6,03					kg/m²	Bac de sous-face 75/100	7,18					kg/m²
Régulateur de condensation	0,12	-	-	-	-	kg/m²	Régulateur de condensation	0,12	-	-	-	-	kg/m²
Feutre tendu + grillage	-	0,90	1,14	1,36	1,58	kg/m²	Feutre tendu + grillage	-	0,90	1,14	1,36	1,58	kg/m²
Ossature secondaire et éclisse	1,30					kg/m²	Ossature secondaire et éclisse	1,30					kg/m²
Réhausses inférieures, supérieures et de blocage	1,17					kg/m²	Réhausses inférieures, supérieures et de blocage	1,17					kg/m²
Fixations	0,15					kg/m²	Fixations	0,15					kg/m²
TOTAL	**8,77**	**9,55**	**9,75**	**10,01**	**10,23**	**kg/m²**	**TOTAL**	**9,92**	**10,70**	**10,94**	**11,16**	**11,38**	**kg/m²**

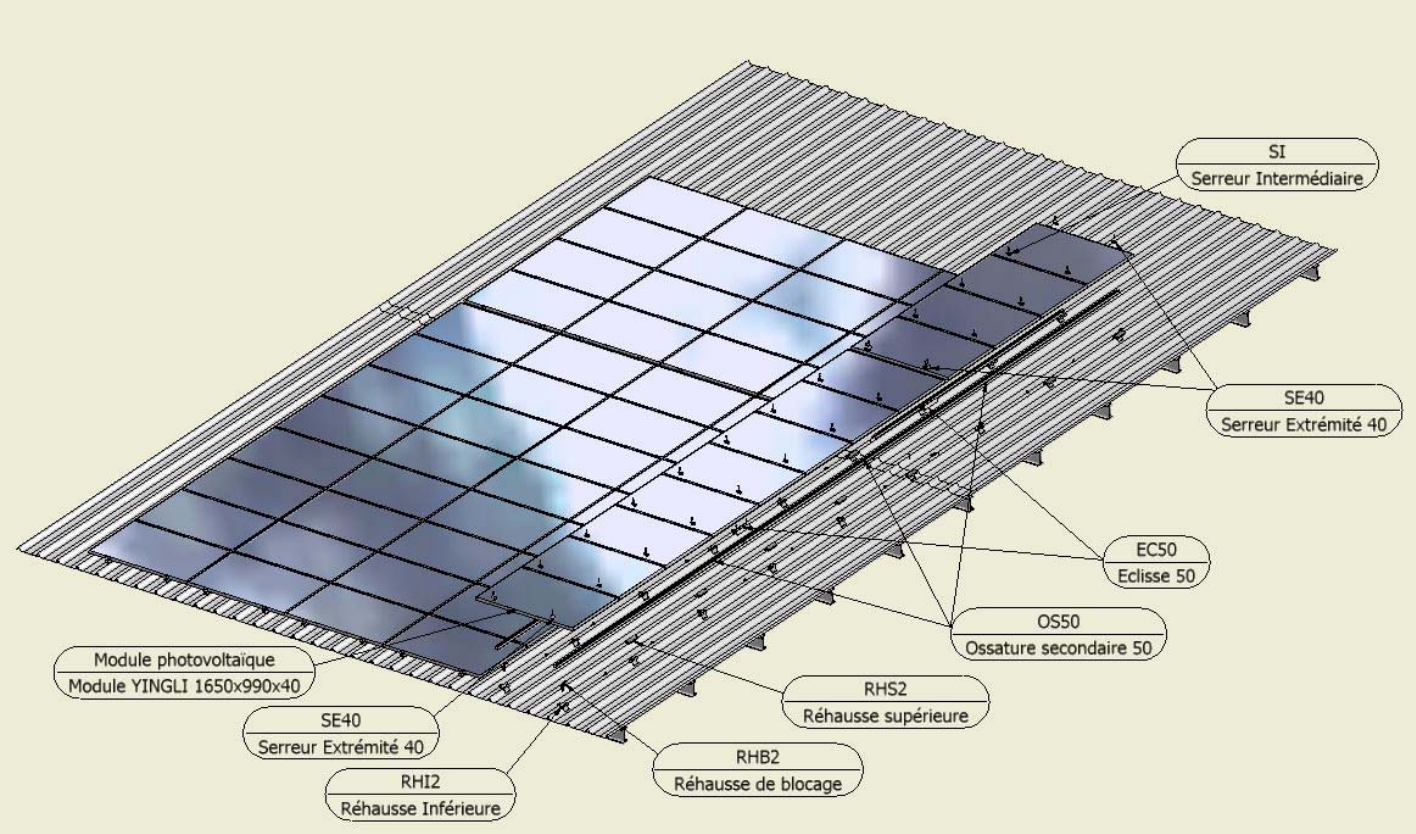


Figure 1 –Vue d'ensemble du procédé

Annulé le : 17/03/2017

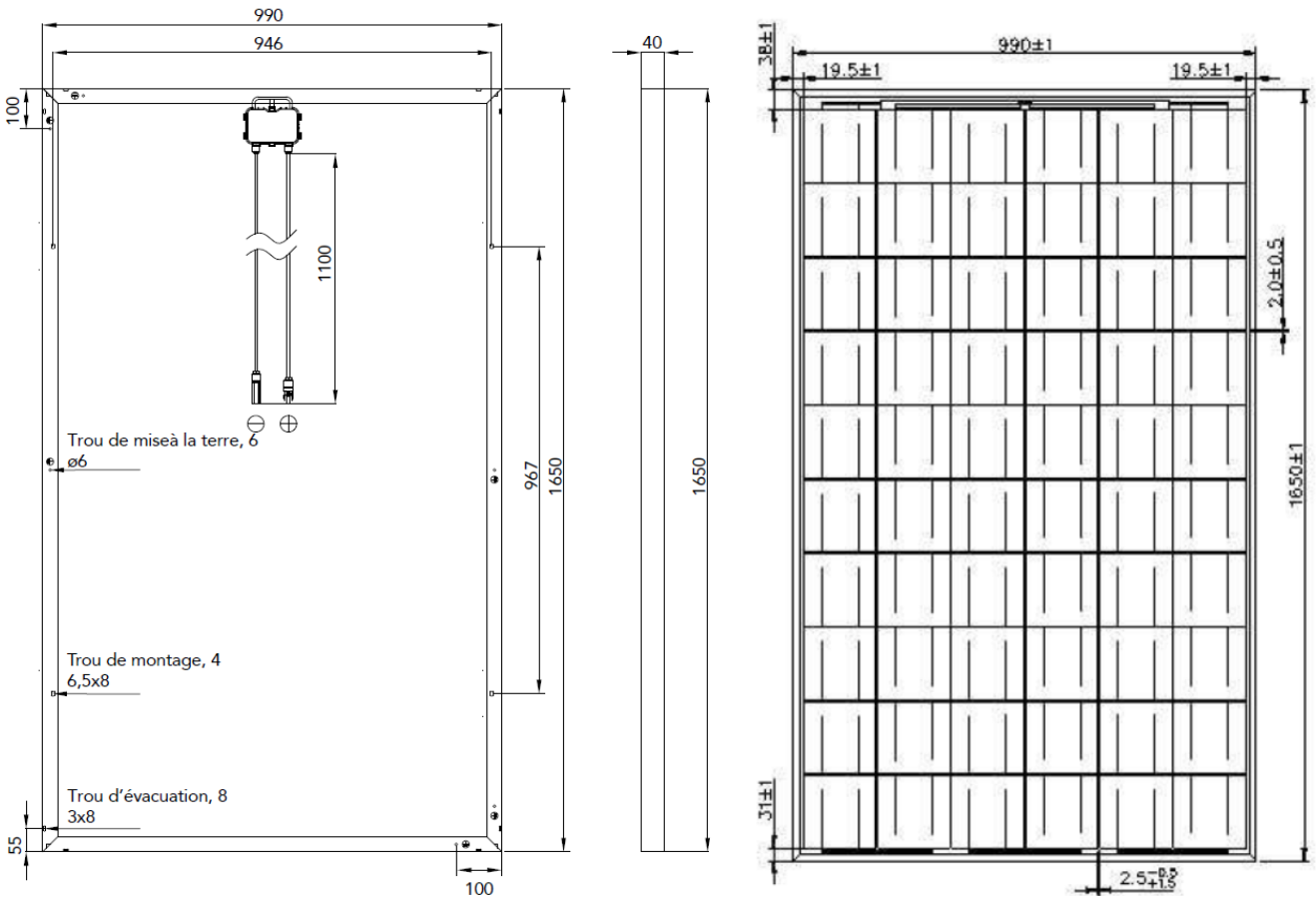


Figure 2 – Modules photovoltaïques YLxxxP-29b et YLyyyC-30b

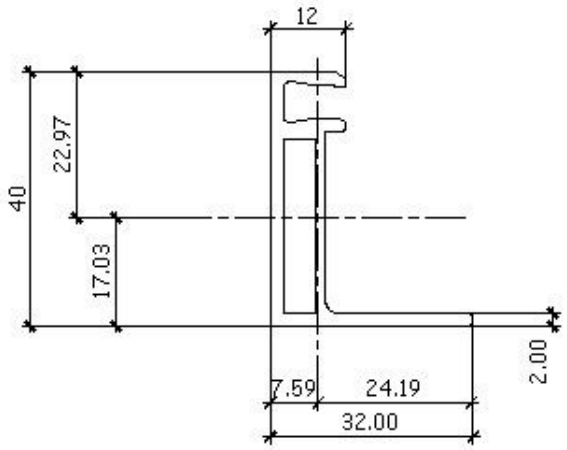


Figure 3 – Schéma du cadre des modules photovoltaïques

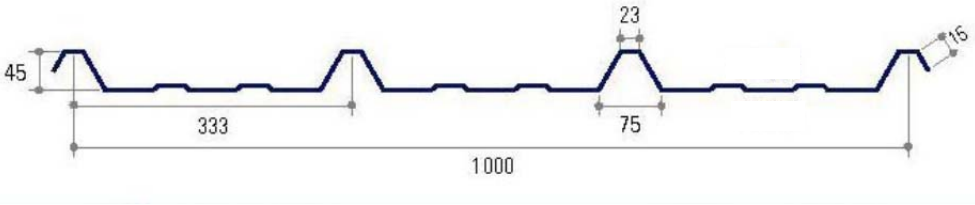


Figure 4 – Profil des bacs de sous-face

Annulé le : 17/03/2017

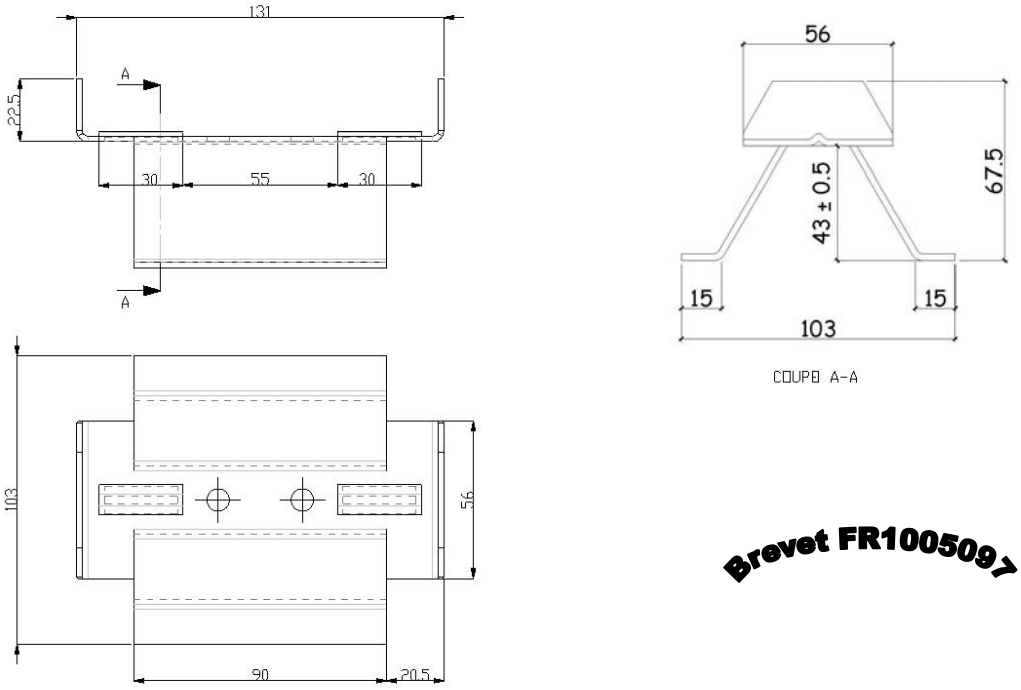


Figure 5 –Rehausse inférieure

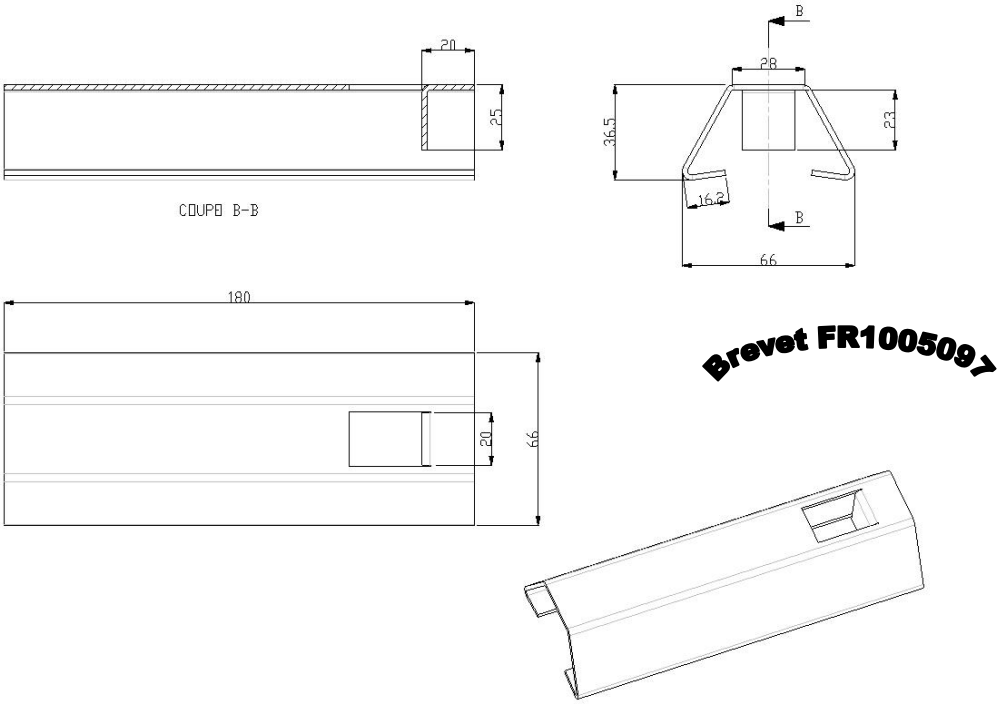
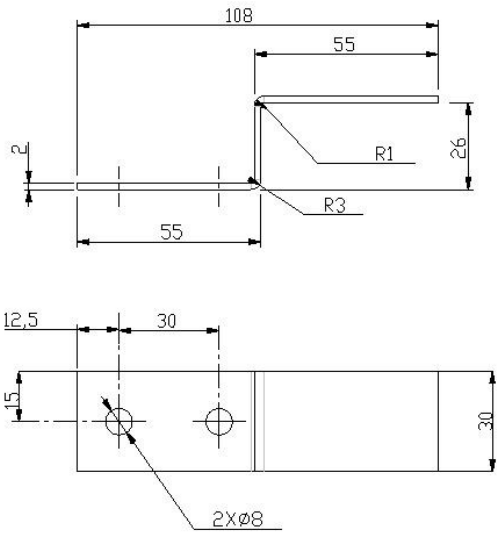


Figure 6 –Rehausse supérieure

Annulé le : 17/03/2017



Brevet FR1005097

Figure 7 –Rehausse de blocage

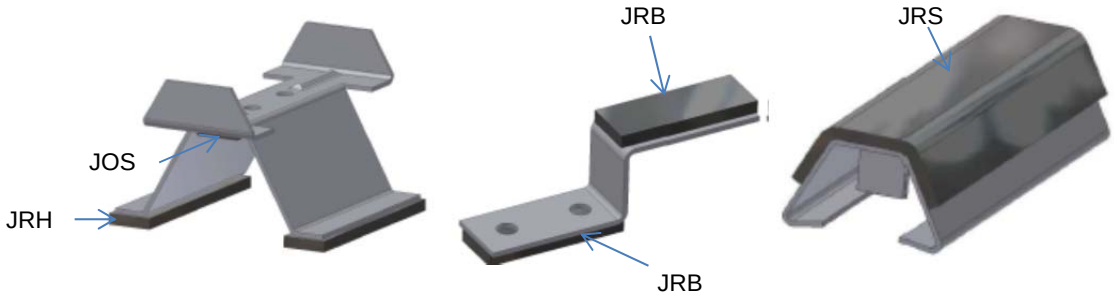


Figure 8 –Joints des rehausses

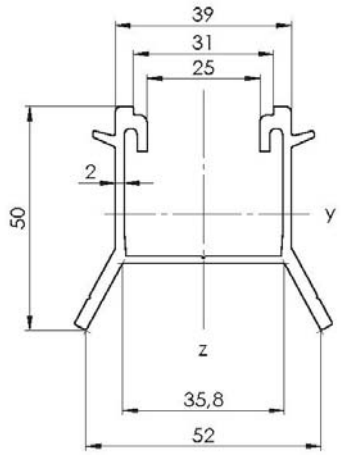


Figure 9 –Rail OS50 de l'ossature secondaire

Annulé le : 17/03/2017

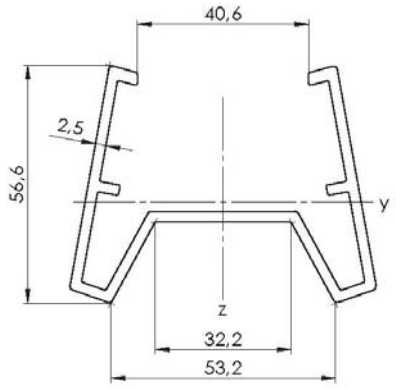


Figure 10 –Eclisse EC50

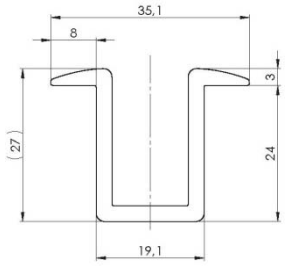
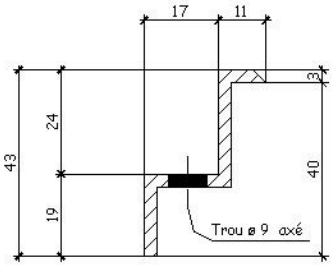
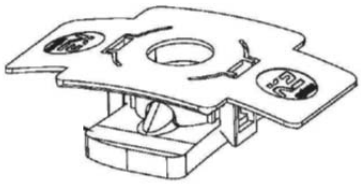
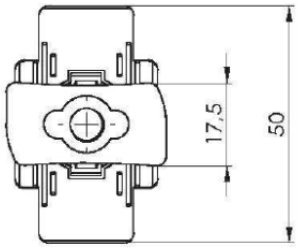
Désignation	Référence	Dessin
Serreur intermédiaire **Longueur : 65 mm** 	SI	
Serreur d'extrémité **Longueur : 65 mm** 	SE 40	
	écrou	

Figure 11–Serreurs intermédiaires et d'extrémité

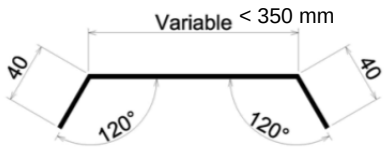
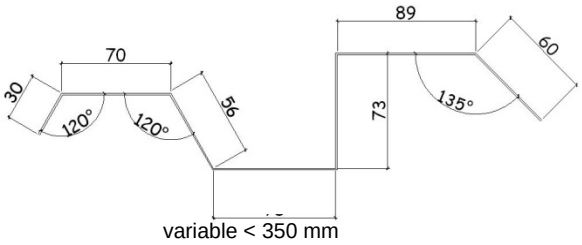
	
Bavette d'étanchéité latérale pour plaques nervurées (BEL Bac)	*Bavette d'étanchéité latérale pour plaques de fibres-ciment (BEL Fibro)*

Figure 12 –Bavettes d'étanchéité latérales pour raccord aux éléments de couverture

Annulé le : 17/03/2017

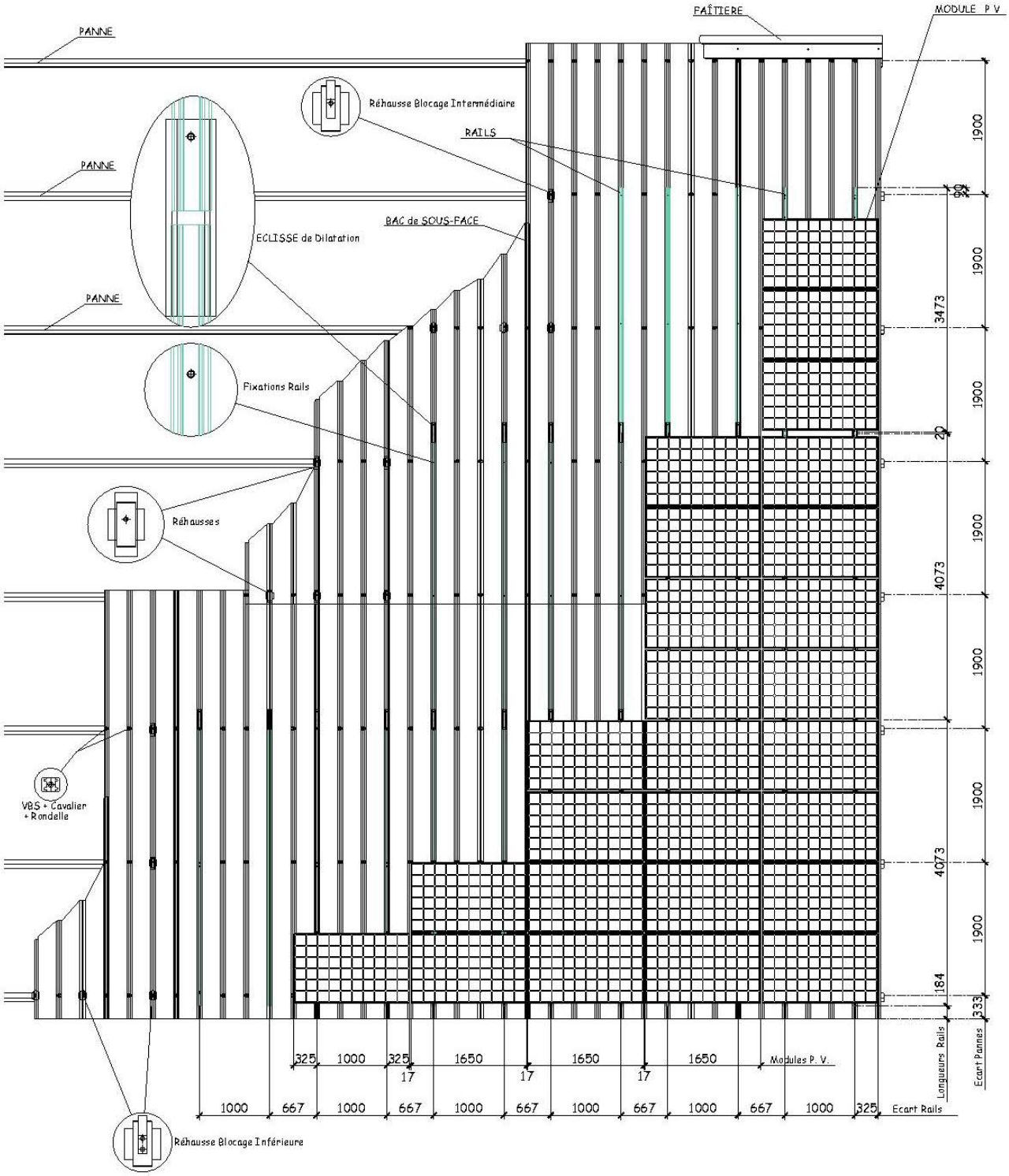
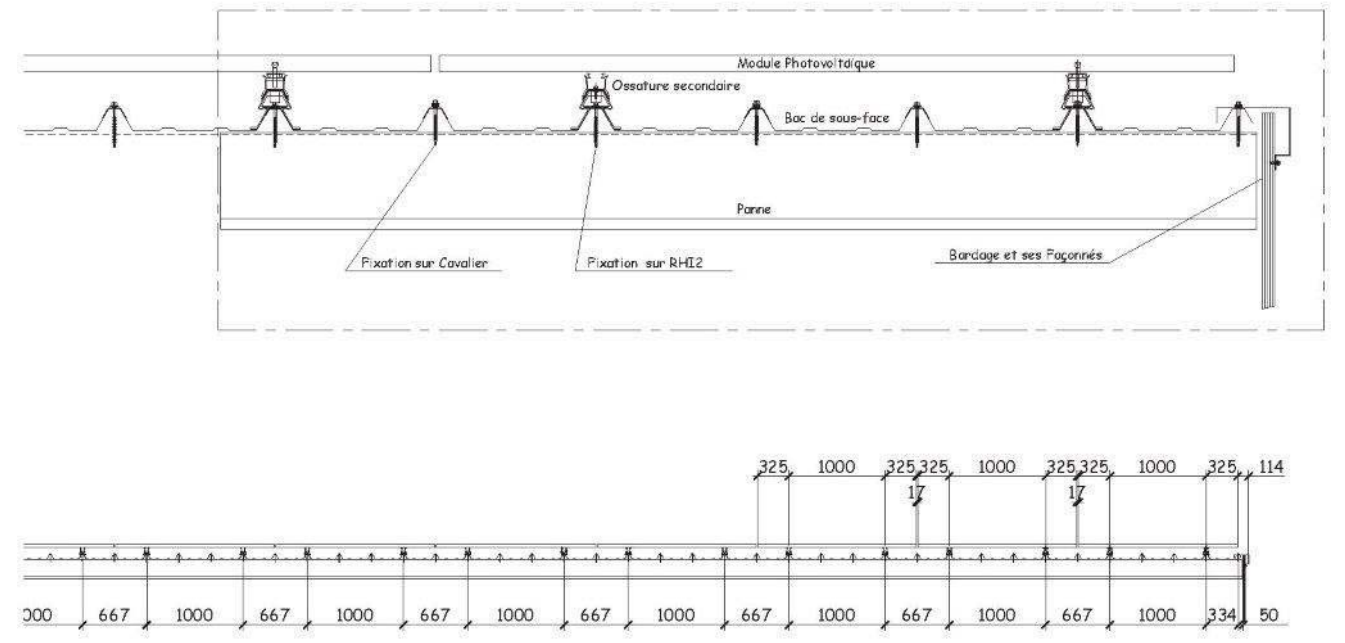


Figure 13 – Vue d'ensemble du procédé avec les entraxes entre éléments

Annulé le : 17/03/2017



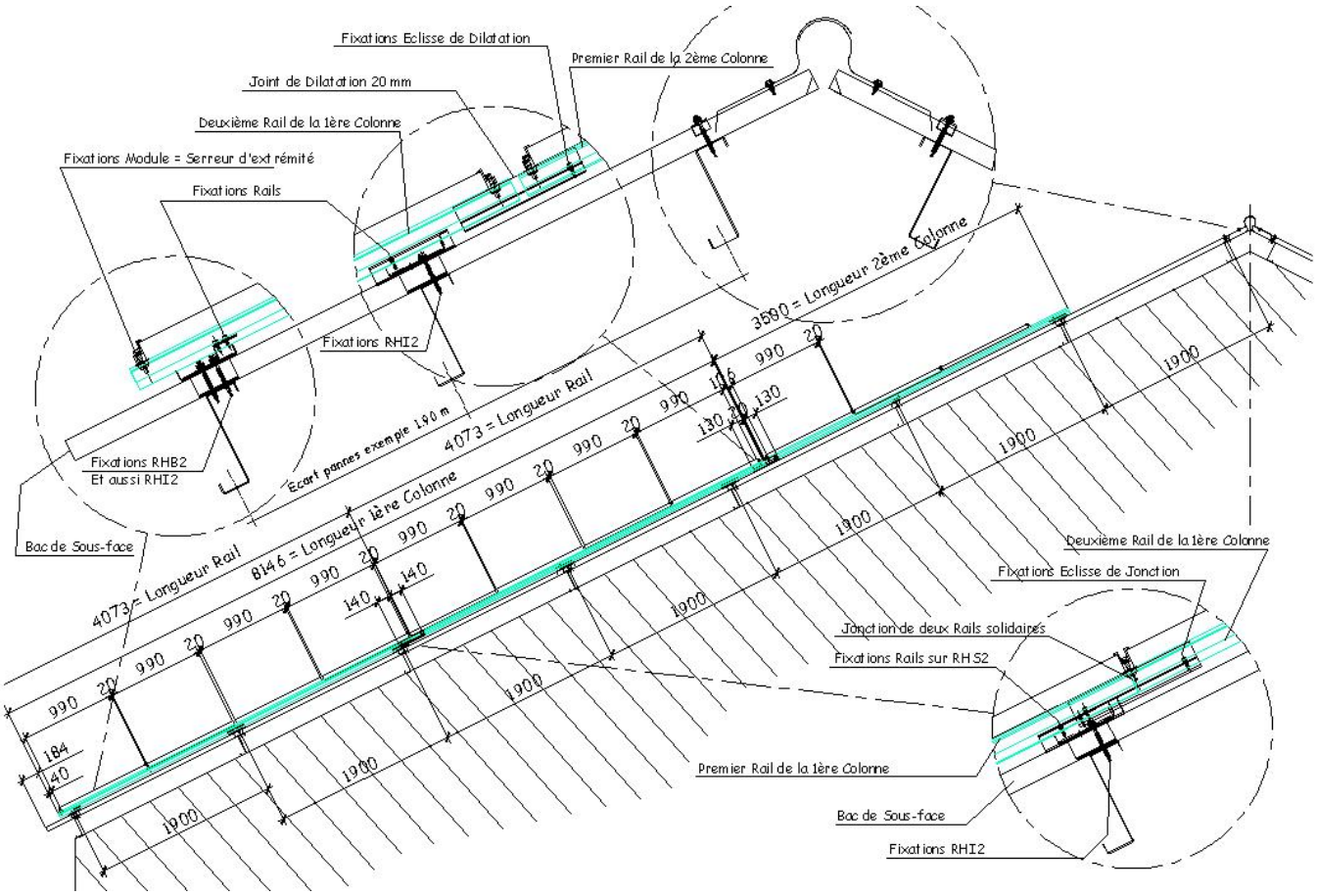
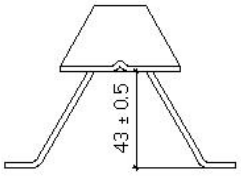


Figure 14 – Coupes verticale et horizontale sur le procédé avec les entraxes entre éléments

Réhausse Inférieure



Hauteur Réhausse = 43 mm
avec ± 0.5 mm

Hauteur Onde Bac = 45 mm
avec + 0 et - 1 mm

Défauts extrêmes =
43+0.5 sur 45-1
ou 43-0.5 sur 45

Conclusion : Quand la Réhausse pose sur le bac il reste, en bas 0.5 mm mini à 2.5 mm maxi.

Bac de sous-face

Mise en place

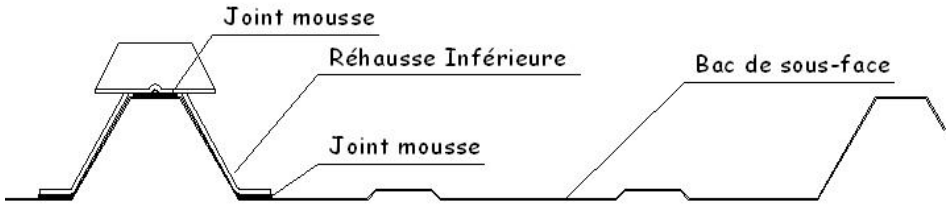


Figure 15 – Illustration des tolérances dimensionnelles entre la rehausse inférieure et la hauteur de nervure du bac de sous-face

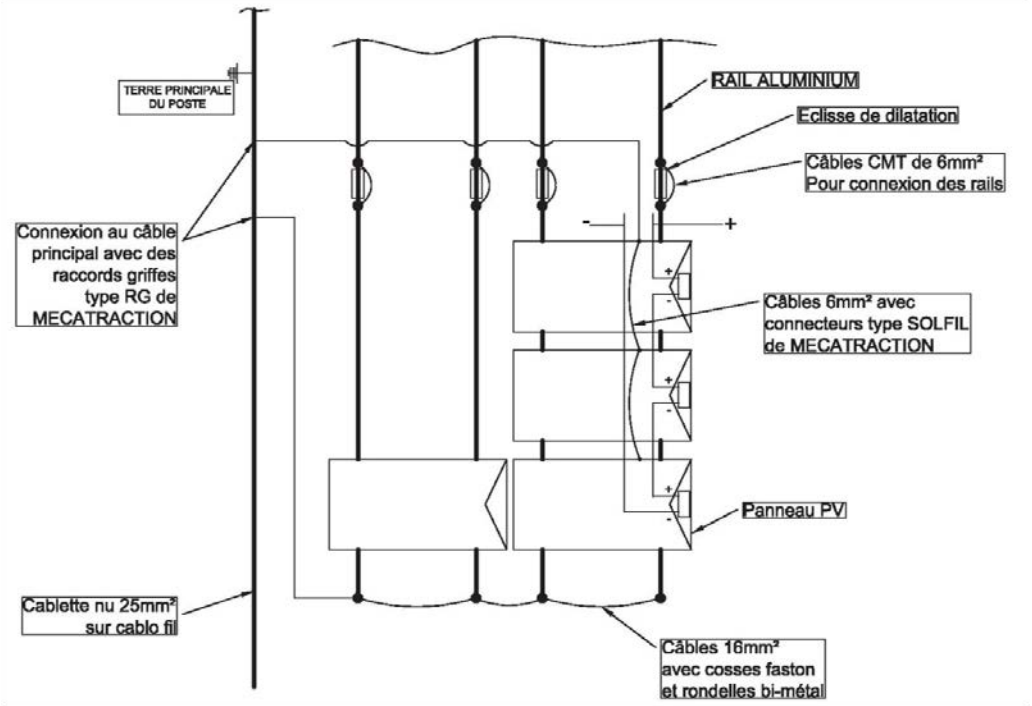


Figure 16 – Schéma de principe de la mise à la terre du procédé

Annulé le : 17/03/2017

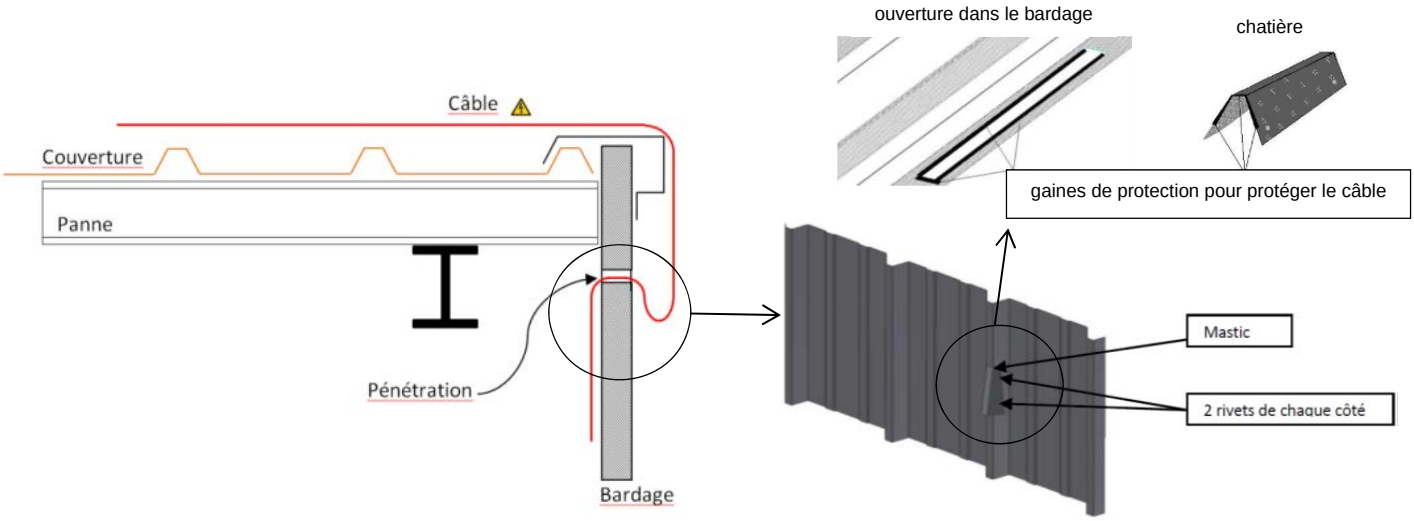


Figure 17 – Exemple de passage des câbles à l'intérieur du bâtiment (nota : les fixations ne sont pas représentées)

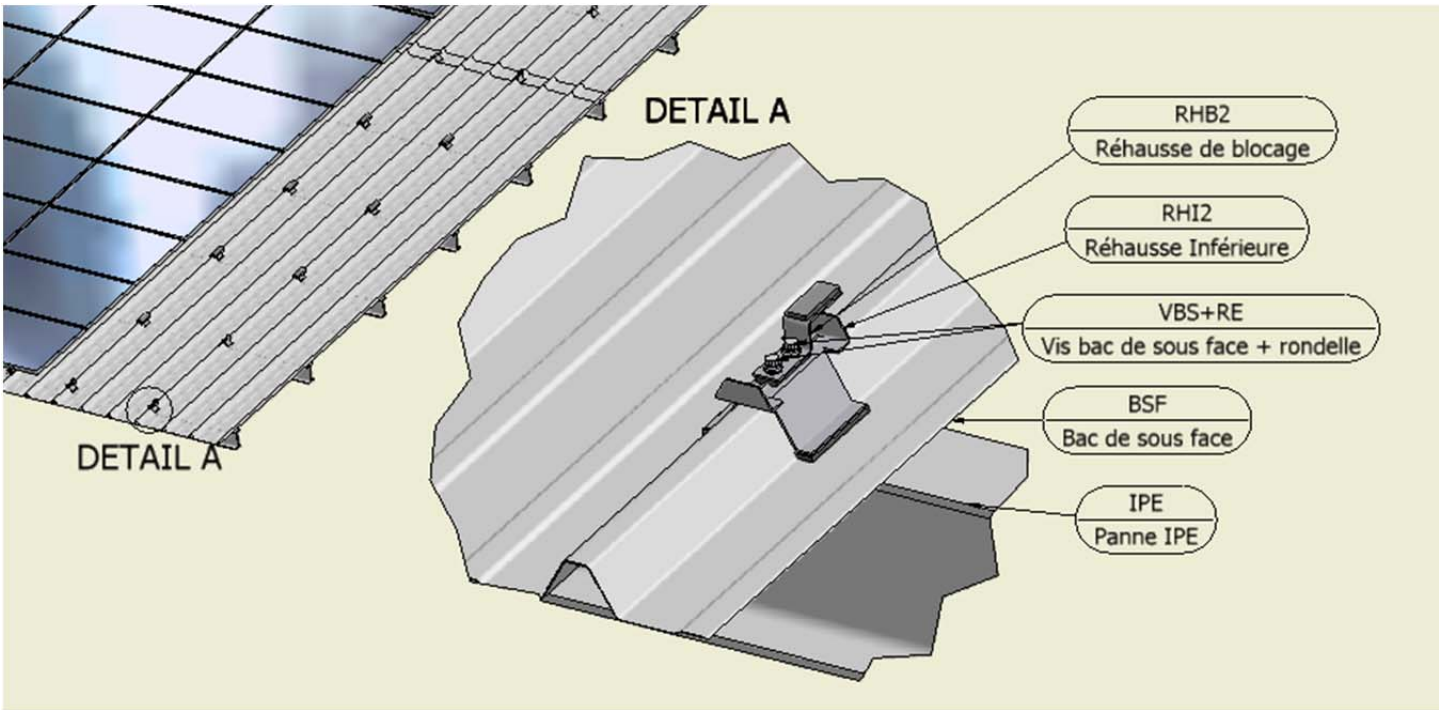
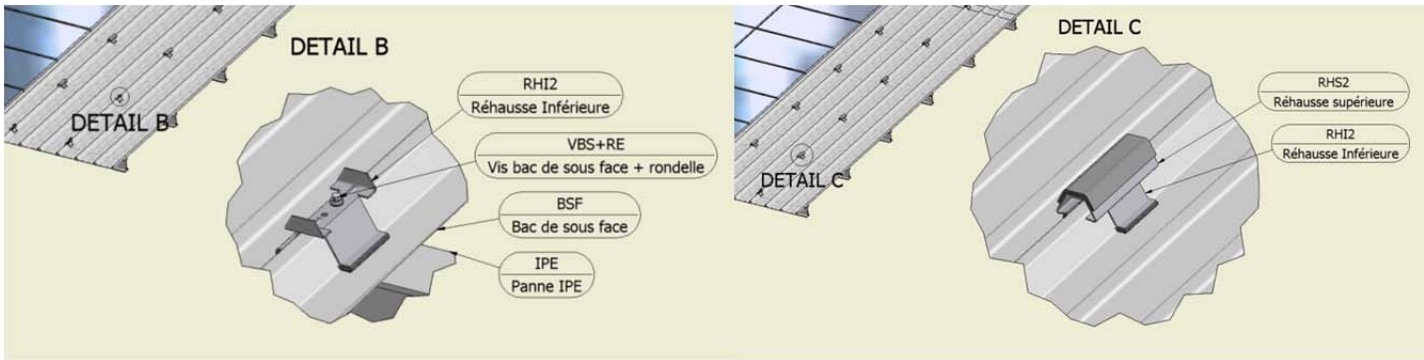


Figure 18 - Illustration de la fixation des bacs de sous-face à l'aide des rehausses inférieures avec la rehausse de blocage



(a) ***(b)***

Figure 19 – Illustration de l'utilisation de la rehausse inférieure (a) et de la rehausse supérieure (b)

Annulé le : 17/03/2017

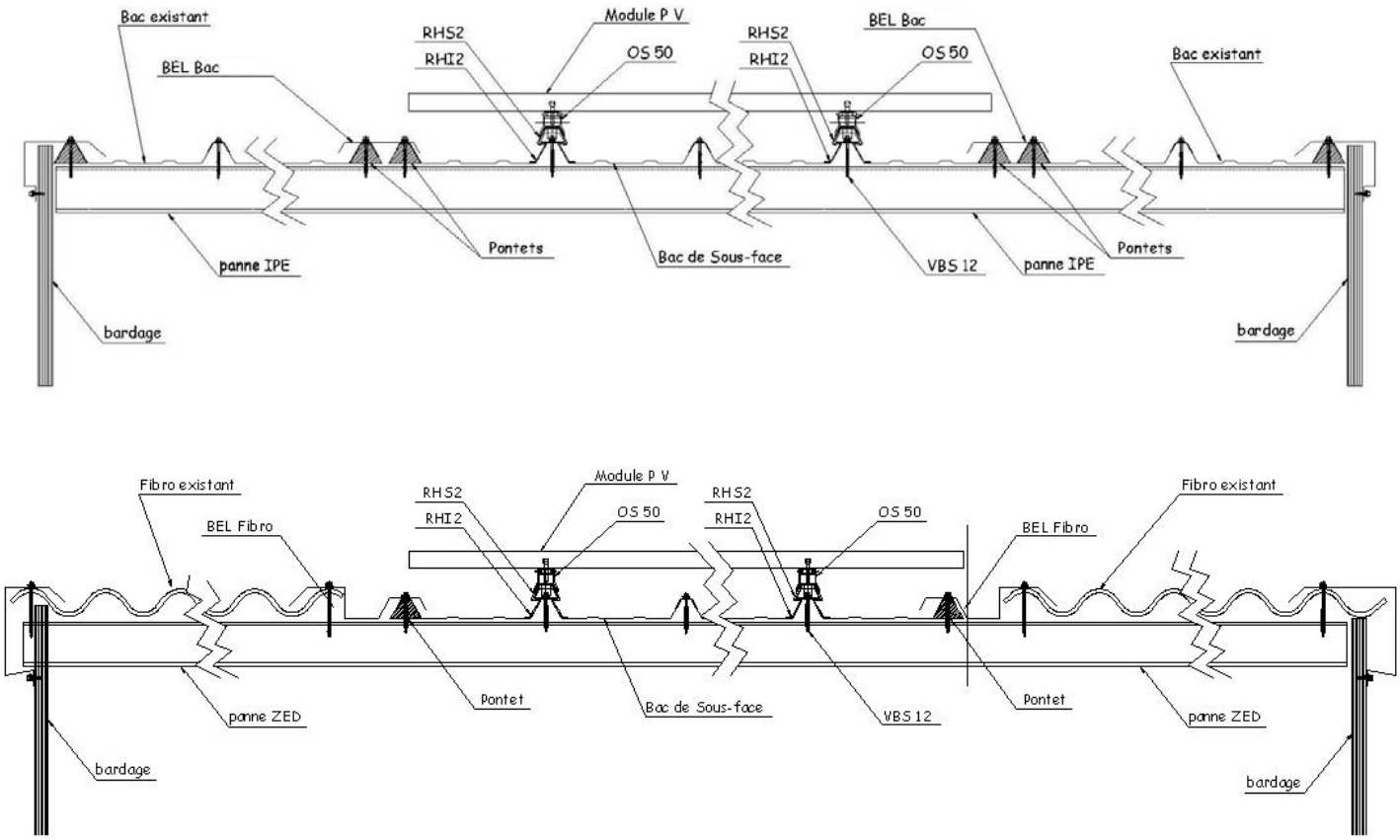


Figure 20 – Illustration du traitement des parties latérales du champ photovoltaïque

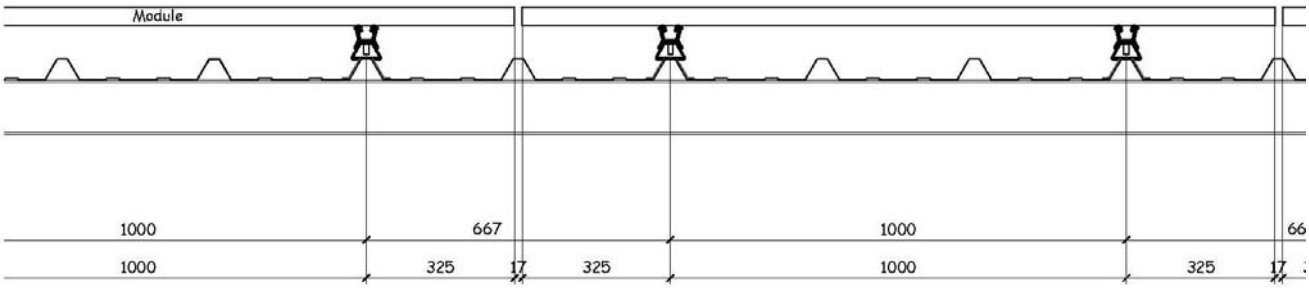


Figure 21 – Principe de répétition pour le calepinage des rails de l'ossature secondaire

Annulé le : 17/03/2017

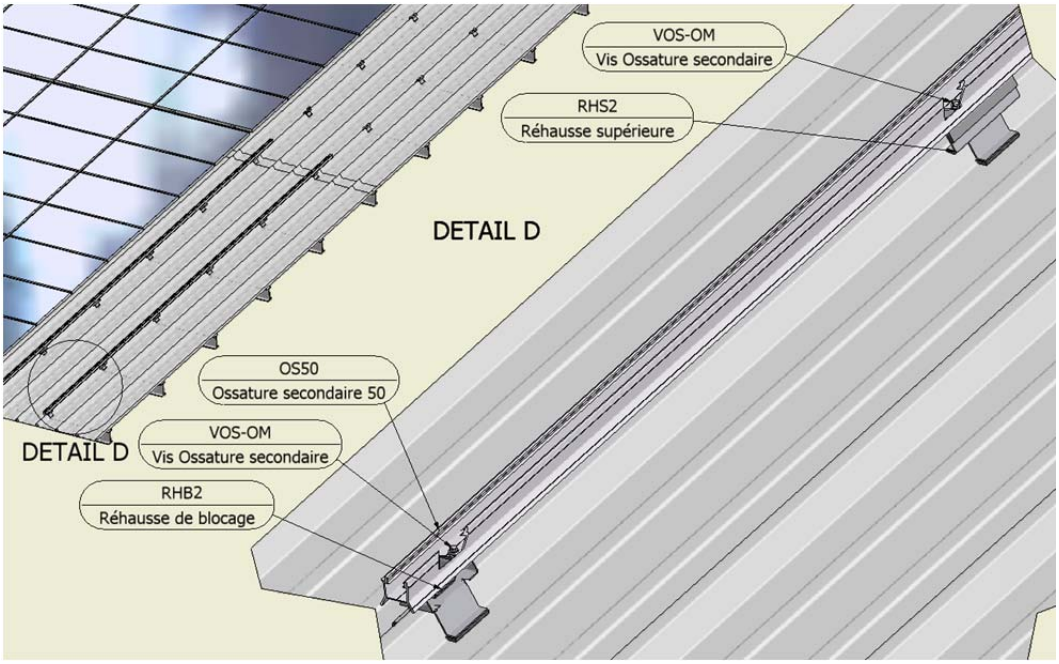
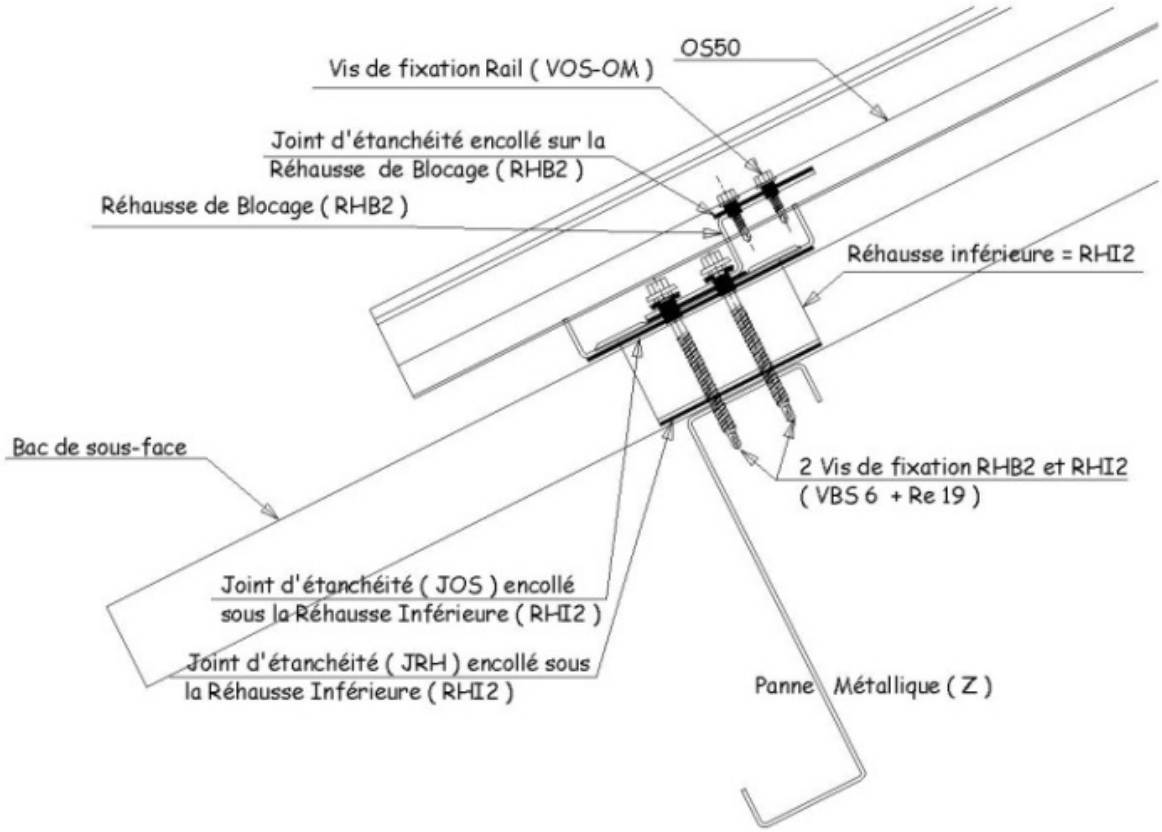
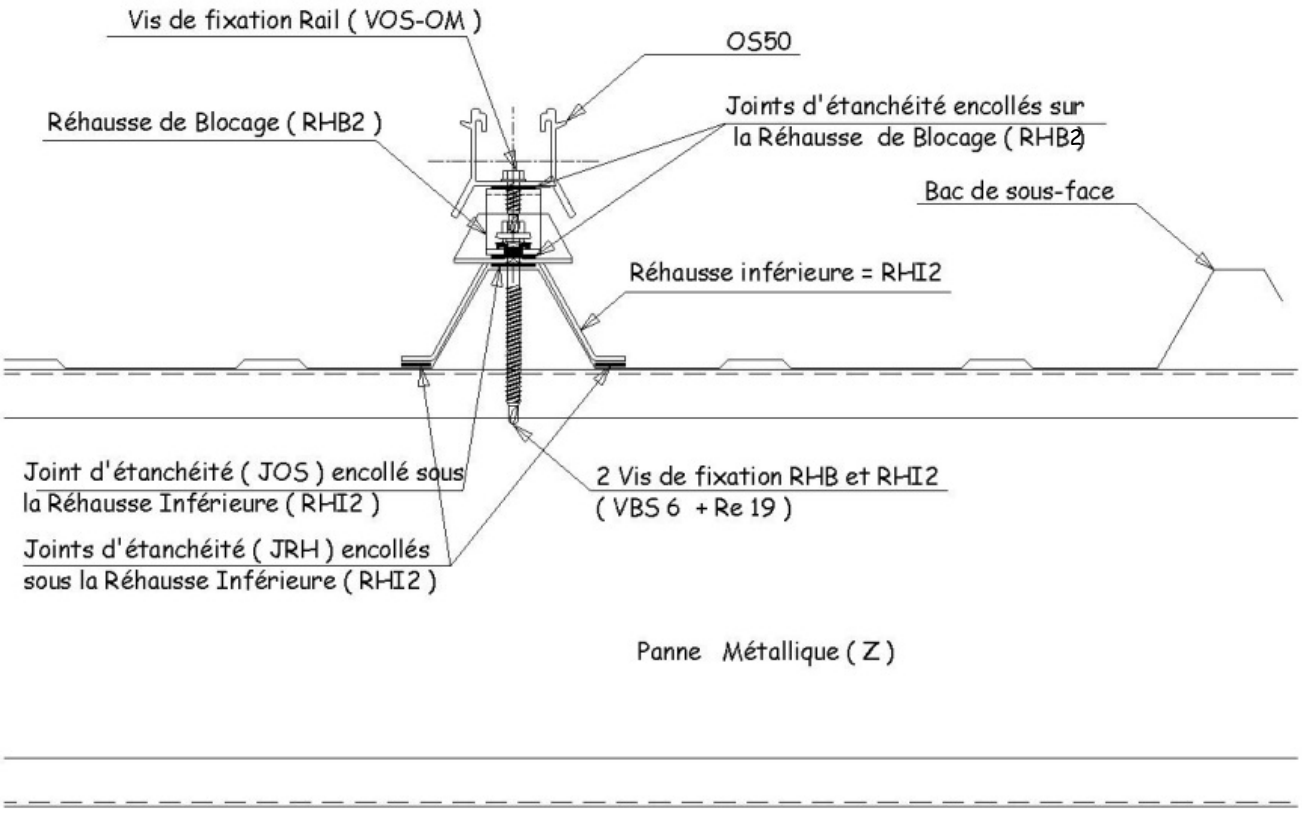


Figure 22 - Illustration de la fixation de l'ossature secondaire sur la rehausse de blocage ou la rehausse supérieure

Annulé le : 17/03/2017

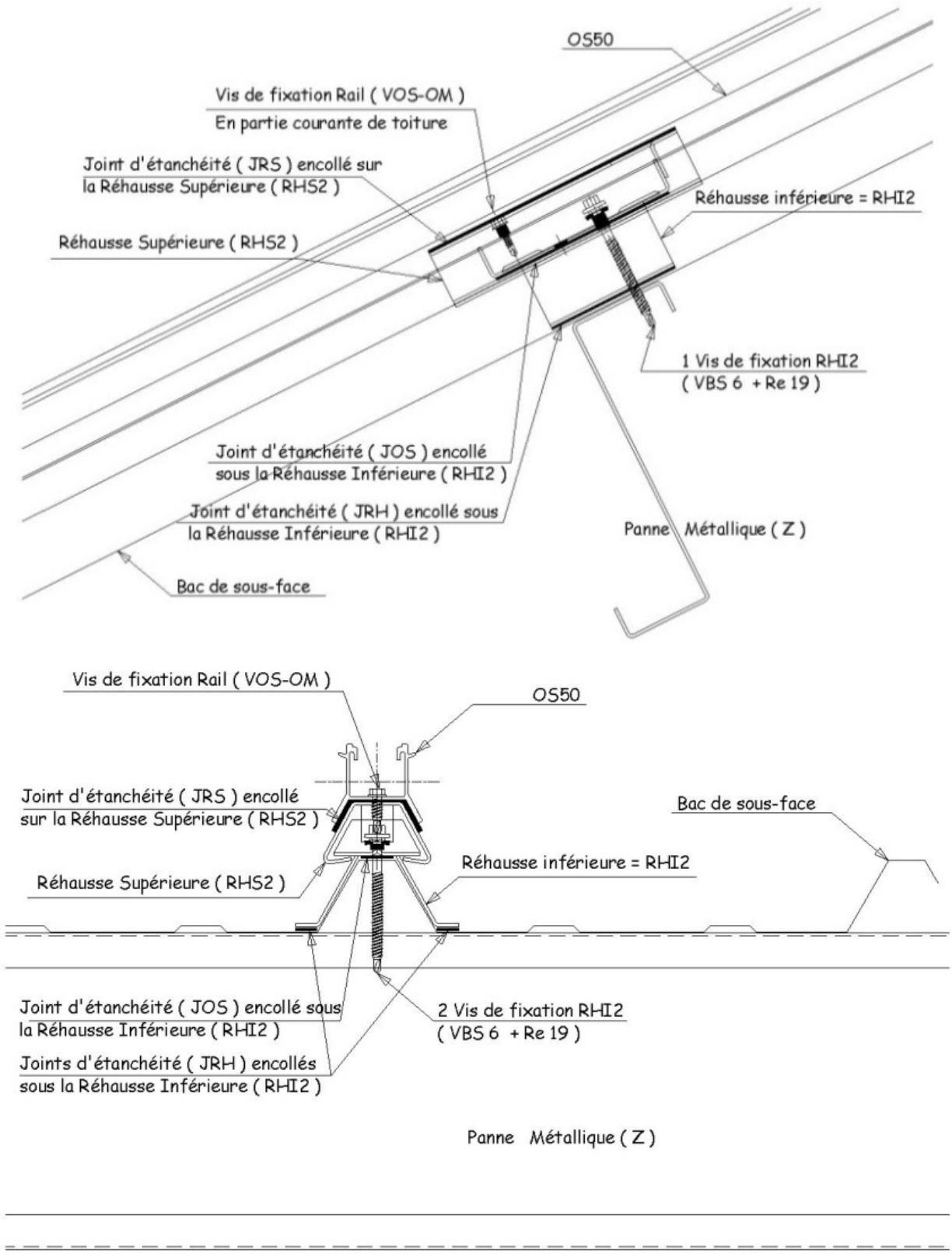




Exemple en rive sur une largeur de 2 m avec une rehausse de blocage

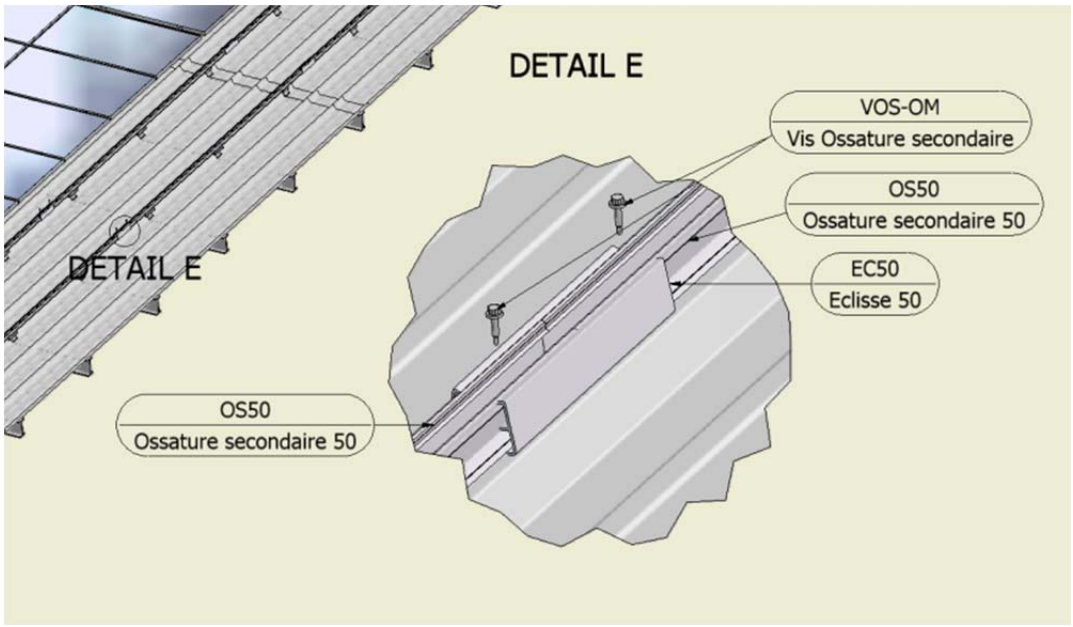
Figure 23 - Fixation de l'ossature secondaire sur la rehausse de blocage

Annulé le : 17/03/2017



Exemple au centre de la toiture et sans rehausse de blocage

Figure 24 - Fixation de l'ossature secondaire sur la rehausse supérieure



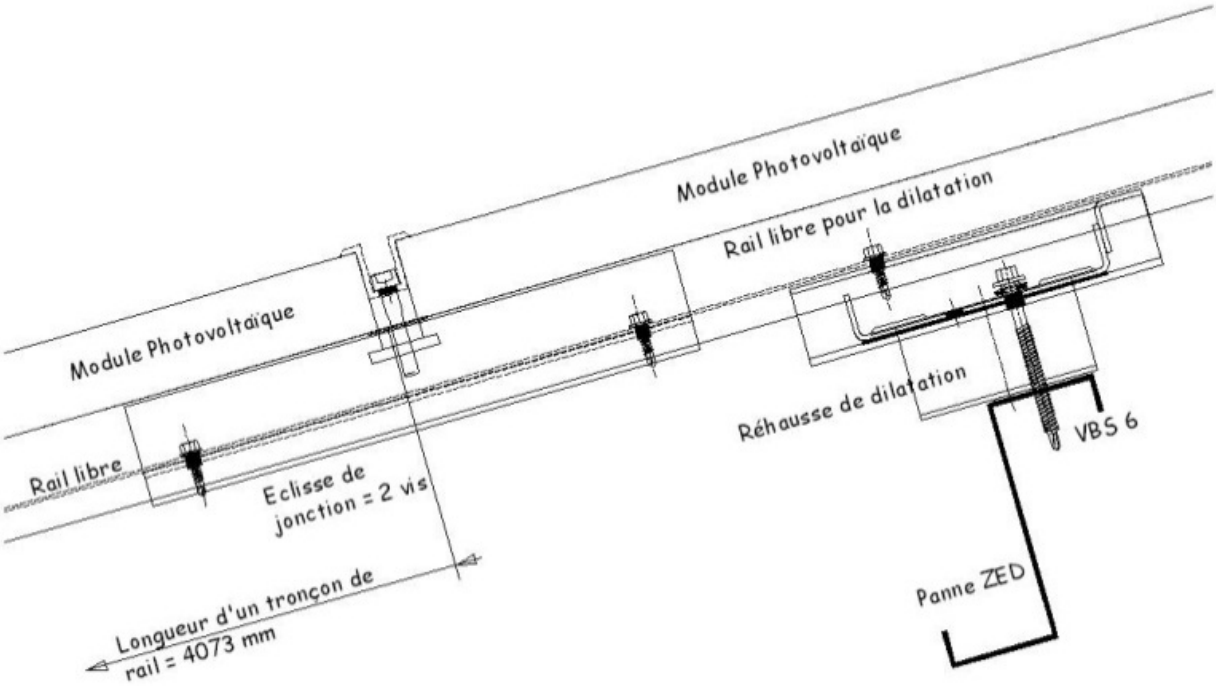
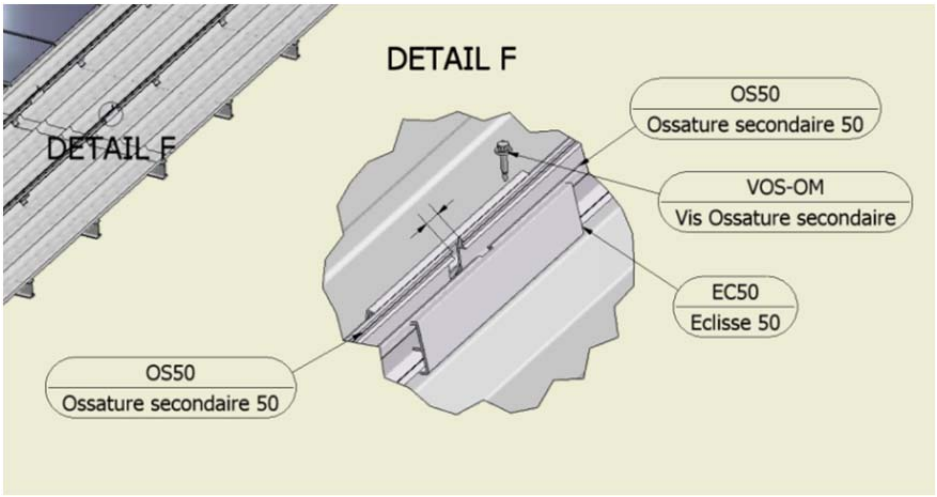
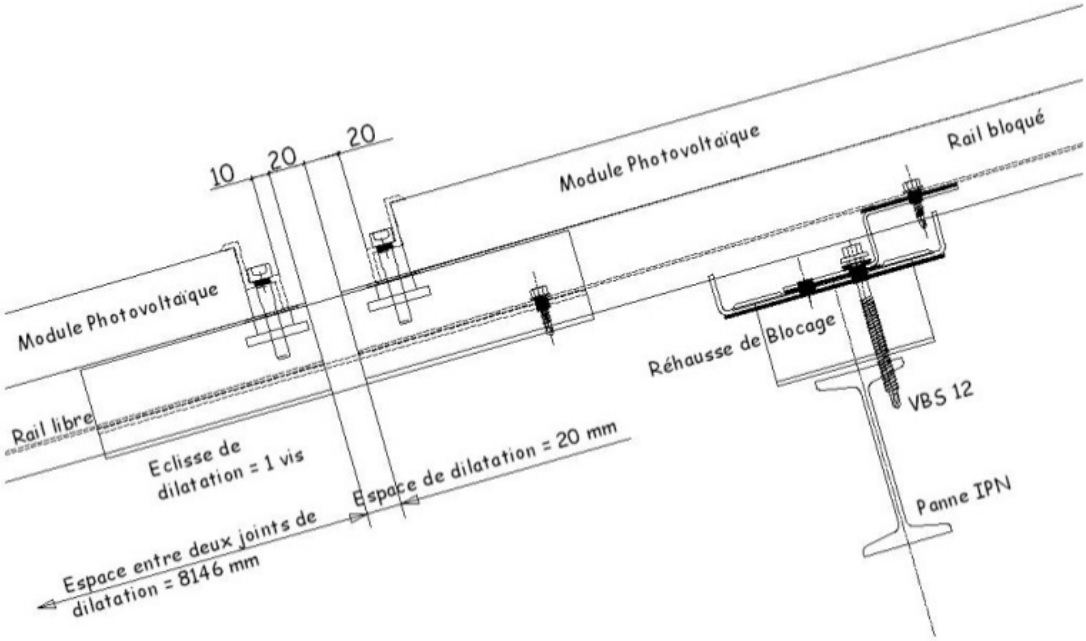
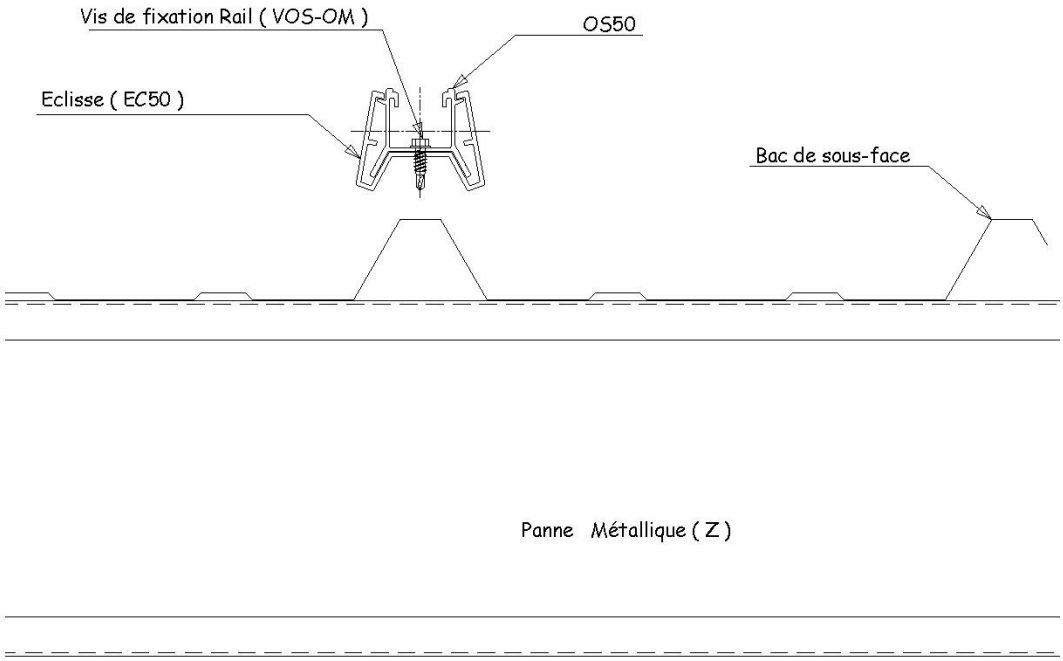


Figure 25 – Eclissage des ossatures secondaires à la jonction de 2 OS50

Annulé le : 17/03/2017







vue en section au niveau d'une vis d'éclissage

Figure 26 – Eclissage des ossatures secondaires au joint de dilatation

Annulé le : 17/03/2017

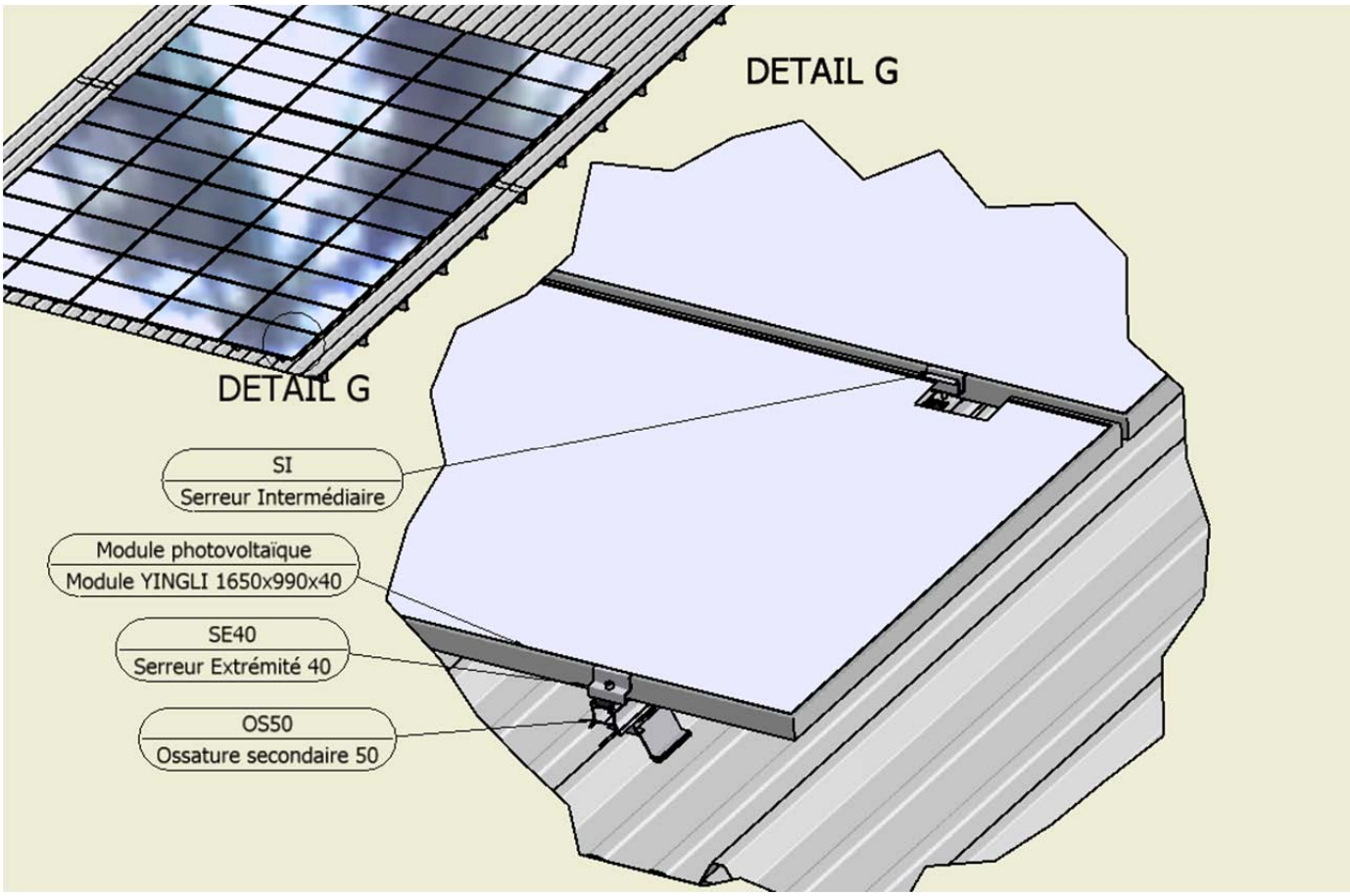


Figure 27 – Mise en place des modules avec les serreurs intermédiaires ou d'extrémité

Annulé le : 17/03/2017

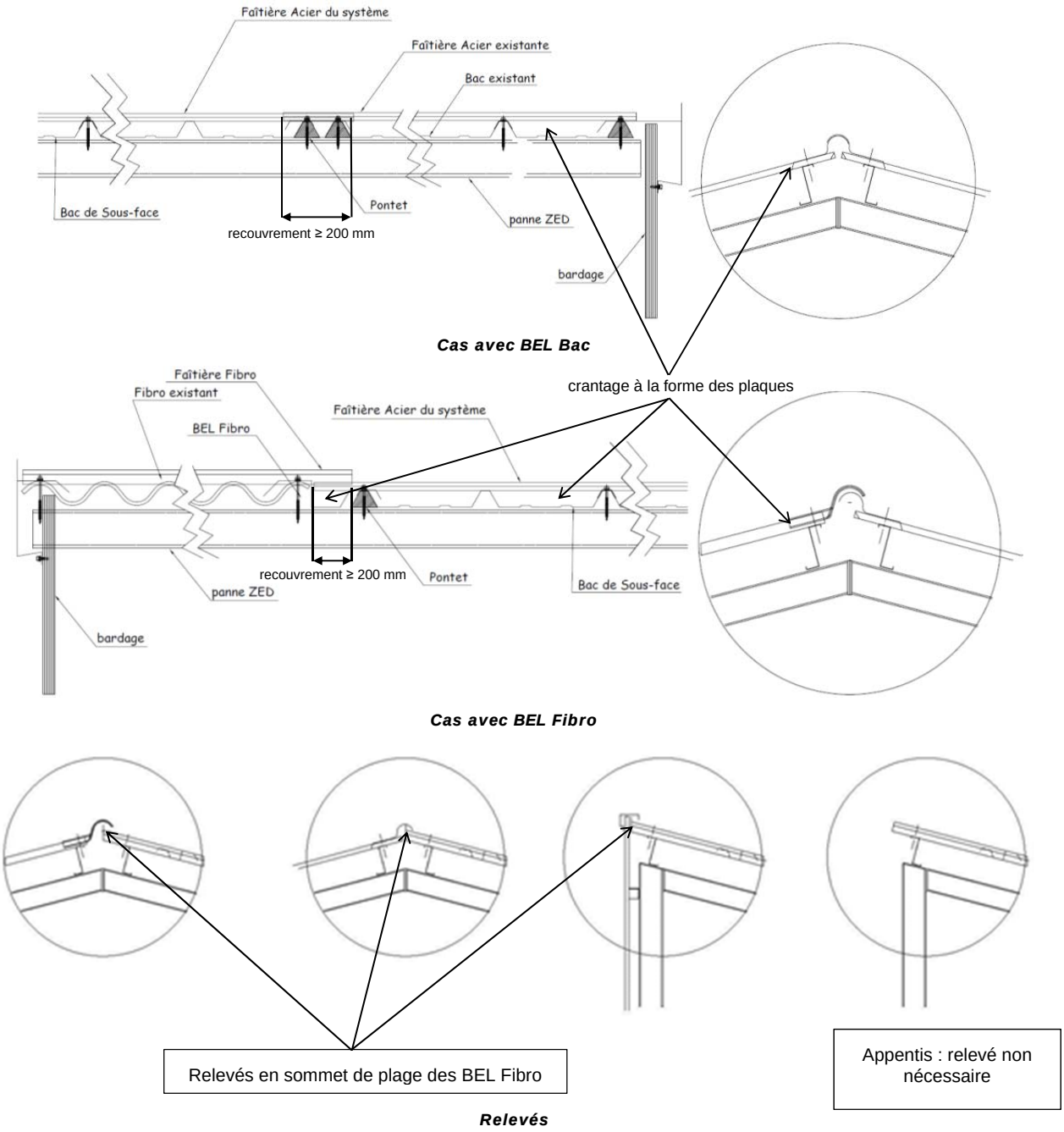


Figure 28 – Mise en œuvre au faîtage en toiture partielle