21/20-73_V2

Valide du **11 mars 2021**

au **31 janvier 2024**

Sur le procédé

V-SYS sur-toiture tuiles

Titulaire : **Société SYSTOVI**

Internet : systovi.com

Descripteur :

avec modules :

PAww-xxx-Nyz (xxx de 230 à 330 Wc) de SYSTOVI

POww-xxx-Nyz (xxx de 230 à 330 Wc) de SYSTOVI

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois avec liteaux, constituée de tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief (DTU 40.21).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire en surimposition de la toiture.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 230 Wc et 270 Wc pour les modules en 54 cellules et 250 Wc à 330 Wc pour les modules en 60 cellules, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" ou "paysage".

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

Famille de produit/Procédé : Module photovoltaïque rigide en surimposition couverture petits éléments

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

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

AVANT-PROPOS

Les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction des éléments d'appréciation sur la façon de concevoir et de construire des ouvrages au moyen de produits ou procédés de construction dont la constitution ou l'emploi ne relèvent pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.
Au terme d'une évaluation collective, l'avis technique de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés relativement aux exigences réglementaires et d'usage auxquelles l'ouvrage à construire doit normalement satisfaire.

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Nouvel Avis Technique	David LE BELLAC	Franc RAFFALLI
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/20-73_V1. Édition corrigée : suppression du mot "sous-traitant" à l'alinéa Étanchéité à l'eau du § 1.2.2.2.2.	David LE BELLAC	Franc RAFFALLI

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Définition succincte 5
1.1.1. Description succincte 5
1.1.2. Identification 5
1.2. AVIS 5
1.2.1. Domaine d'emploi accepté 5
1.2.2. Appréciation sur le procédé 5
1.2.3. Prescriptions Techniques 7
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 8
2. Dossier Technique 10
2.1. Données commerciales 10
2.1.1. Coordonnées 10
2.2. Description 10
2.3. Domaine d'emploi 10
2.4. Éléments constitutifs 11
2.4.1. Modules photovoltaïques 11
2.4.2. Système de montage 13
2.5. Autres éléments 14
2.5.1. Cales bois biseautées 14
2.5.2. Planches 14
2.5.3. Visserie 14
2.5.4. Bande d'étanchéité basse (tuile à emboîtement ou à glissement) 14
2.5.5. Écran souple de sous-toiture 15
2.5.6. Câbles de mise à la terre 15
2.6. Conditionnement, étiquetage, stockage 15
2.6.1. Modules photovoltaïques 15
2.6.2. Éléments du système de montage 15
2.6.3. Kits 3 kWc 15
2.7. Caractéristiques dimensionnelles 15
2.8. Caractéristiques électriques 16
2.8.1. Conformité à la norme NF EN 61215 16
2.8.2. Sécurité électrique 16
2.8.3. Performances électriques 16
2.9. Fabrication et contrôles 17
2.9.1. Cadre des modules 17
2.9.2. Modules photovoltaïques 17
2.9.3. Composants de la structure support 17
2.10. Mise en œuvre 18
2.10.1. Généralités 18
2.10.2. Compétences des installateurs 18
2.10.3. Sécurité des intervenants 18
2.10.4. Spécifications électriques 18
2.10.5. Mise en œuvre en toiture 19
2.11. Formation 21
2.12. Assistance technique 21
2.13. Utilisation, entretien et réparation 21

2.13.1. Généralités 21
2.13.2. Maintenance du champ photovoltaïque 21
2.13.3. Maintenance électrique 22
2.13.4. Remplacement d'un module 22
2.14. Résultats expérimentaux 22
2.15. Références 22
2.15.1. Données Environnementales et sanitaires 22
2.15.2. Autres références 22
2.16. Annexes du Dossier Technique 23
3. Annexes graphiques 25

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 1er octobre 2020, le procédé V-SYS sur-toiture tuiles, présenté par la Société SYSTOVI. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois avec liteaux, constituée de tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief (DTU 40.21).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire en surimposition de la toiture.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 230 Wc et 270 Wc pour les modules en 54 cellules et 250 Wc à 330 Wc pour les modules en 60 cellules, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" ou "paysage".

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

1.1.2. Identification

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

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

1.2. 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.

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi identique à celui proposé au § 2.3.

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Conformité normative des modules

La conformité des modules photovoltaïques cadrés à la norme NF EN 61215:2005 permet de déterminer leurs caractéristiques électriques et thermiques et de s'assurer de leur aptitude à supporter une exposition prolongée aux climats généraux d'air libre, définis dans la norme CEI 60721-2-1.

1.2.2.2. Aptitude à l'emploi

1.2.2.2.1. Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

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

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

  Les modules photovoltaïques cadrés sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730:2007, jusqu'à une tension maximum de 1000 V DC.

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

  Les connecteurs électriques utilisés, ayant un indice de protection IP 67, sont des connecteurs avec système de verrouillage permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

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

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

L'utilisation de connecteurs auto-dénudant pour un raccordement en peigne des masses métalliques (*cadre des modules et rails*) permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

Puissance crête des modules utilisés

Les modules 60 cellules utilisés ont une puissance crête, validée par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730, comprise entre 250 Wc et 330 Wc par pas de 5 Wc.

Les modules 54 cellules utilisés ont une puissance crête, validée par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730, comprise entre 230 Wc et 270 Wc par pas de 5 Wc

1.2.2.2.2. Fonction couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul (*selon les règles NV65 modifiées*) au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales (*au sens des NV65 modifiées*), pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
  - 730 Pa sous charge de vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*),
  - 730 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
- que la toiture d'implantation présente les caractéristiques suivantes :
  - entraxe maximum entre chevrons de 500 mm,
  - entraxe entre liteaux ne dépassant pas 500 mm,
  - épaisseur minimale des liteaux de 25 mm.

Sécurité en cas de séisme

La réglementation ne vise pas l'implantation des modules photovoltaïques en surimposé, conformément à 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".

Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique et les retours d'expérience sur ce procédé permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

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

Risque de condensation

Le procédé n'aggrave pas les risques de condensation par rapport aux couvertures traditionnelles en tuiles (*cf. DTU 40.21*).

Ventilation de la toiture

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque telle que décrite dans le Dossier Technique et dans la notice de pose ne vient pas perturber la ventilation naturelle de la toiture qui doit être conforme aux DTU 40.21.

Sécurité au feu

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

Sécurité des intervenants

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

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

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

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

Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace des modules est assurée, le procédé étant mis en œuvre en surimposition de la toiture existante.

1.2.2.2.3. Données environnementales et sanitaires

Aspects environnementaux

Le procédé V-SYS sur-toiture tuiles ne dispose d'aucune déclaration environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

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

1.2.2.3. Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication ainsi que le retour d'expérience permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque et de la couverture 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 (*cf. 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.

1.2.2.4. 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.

1.2.2.5. Approvisionnement des composants

Le titulaire assure la traçabilité jusqu'au chantier de l'ensemble des composants du procédé en commercialisant un système complet. L'approvisionnement des composants via un seul fournisseur permet de s'assurer d'une maîtrise des risques notamment électriques, suffisante pour éviter la fourniture de composants incompatibles.

1.2.2.6. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par la société SYSTOVI *(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 professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques)* 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.

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Prescriptions communes

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

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

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

Chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales (*au sens des NV65 modifiées*), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

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

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

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

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

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

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

L'installateur recommandera de réaliser l'entretien et la maintenance en s'inspirant de la norme NF EN 62446-2:2020.

1.2.3.2. Prescriptions techniques particulières

1.2.3.2.1. Livraison

Le système de traçabilité du titulaire permet de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés et ce grâce au numéro de série du module. La fiche de suivi du module archivée chez le titulaire et un fichier d'archivage informatiques donnent accès aux dates et heures de production, au détail du produit fabriqué, à la valeur de puissance associée aux modules et aux équipes ayant procédé à la fabrication. Le système de traçabilité du titulaire permet de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés, des éléments suivants :

- dénomination commerciale du procédé photovoltaïque,
- référence de l'Avis Technique,
- date de mise en œuvre de l'installation,
- nom du maître d'ouvrage,
- adresse ou coordonnées GPS du site de l'installation,
- nom de l'entreprise d'installation,
- nature de bâtiment : résidentiel individuel/collectif, industriel, agricole, tertiaire,
- référence et numéros de série des modules photovoltaïques.

La notice de montage et la notice de câblage électrique, le plan de prévention concernant les risques liés aux travaux en hauteur et sous haute tension doivent être fournis avec le procédé.

L'installateur doit prévoir :

- La vérification visuelle que les emballages des modules photovoltaïques sont intacts à réception sur site.
- La vérification visuelle que les modules photovoltaïques sont intacts au déballage.
- La vérification de la conformité des kits avec le système de montage aux bons de commandes.
- À la réception des fournitures, un autocontrôle du choix des fixations.

1.2.3.2.2. Installation électrique

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

1.2.3.2.3. Mise en œuvre

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 1.2.2.2.2 "Stabilité" doivent être respectées.

Le montage doit impérativement être réalisé au-dessus d'un écran souple de sous-toiture : si cet écran souple n'est pas présent sur la toiture, il est obligatoire d'en ajouter un. Dans ce cas, cet écran souple de sous-toiture doit être de classement T_{R3} et sous certification conforme au Dossier Technique (cf. § 2.5.5 : *: sous certification « QB 25 » avec un classement W1 avant et après vieillissement selon la norme NF EN 13859-1*). Il doit être mis en œuvre conformément aux dispositions définies dans le DTU 40.29 et complétées par les indications du Dossier Technique (cf. § 2.10.5.1).

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 SYSTOVI.

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

1.2.3.2.4. Assistance technique

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

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 1.2.1) est appréciée favorablement.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

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

- une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales (*au sens des NV65 modifiées*), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé,
- une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque et de la présence ou non d'un écran de sous-toiture.

Avant toute implantation, une attention particulière doit être apportée à la vérification que l'entraxe entre chevrons est au maximum de 500 mm.

Comme tous les procédés de couverture, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués ni dans les liteaux, ni dans le voligeage support, mais dans la structure porteuse.

Il n'y a pas d'autre calcul spécifique que de vérifier la tenue aux sollicitations climatiques neige et vent (cf. § 2.3) pour la conception et la mise en œuvre du procédé, dans la mesure où le respect des dispositions technologiques du Dossier Technique suffit.

Dans les zones de toiture avec accumulation de neige au sens des NV 65 modifiées, il faut être attentif à ce que la charge de neige ne dépasse pas la charge admissible du procédé.

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

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaire :

SYSTOVI
14 avenue Syrma
FR – 44470 CARQUEFOU
Tél. : +33 (0)2 40 92 44 20
Email : m.benabdelkarim@systovi.com
Internet : www.systovi.com

2.2. Description

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois avec liteaux, constituée de tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief (DTU 40.21).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire en surimposition de la toiture.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 230 Wc et 270 Wc pour les modules en 54 cellules et 250 Wc à 330 Wc pour les modules en 60 cellules, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" ou "paysage".

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

2.3. Domaine d'emploi

- Utilisation en France métropolitaine :
  - sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m,
  - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie *(au sens de l'annexe B3 du DTU 40.36)*, sans agression chimique ou biologique.
- Mise en œuvre :
  - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant, ne présentant aucune pénétration (*cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit…*) sur la surface d'implantation des modules photovoltaïques,
  - sur toitures isolées ou au-dessus de combles perdus,
  - exclusivement sur charpente bois (*chevrons avec liteaux*) en surimposition de couvertures en tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief (DTU 40.21) exclusivement constituées des modèles de tuile définis dans le Tableau 2,

    Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions du DTU 40.21 *(notamment pour la pente, la longueur de rampant projetée horizontalement et la présence ou non d'un écran de sous-toiture).*
  - au-dessus d'un écran souple de sous-toiture : si cet écran souple n'est pas présent sur la toiture, il est obligatoire d'en ajouter un. Dans ce cas, celui-ci doit être de classement T_{R3},
  - uniquement par température extérieure positive.
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
  - un entraxe entre chevrons maximum de 500 mm,
  - une épaisseur minimale des liteaux de 25 mm,
  - une largeur minimale des chevrons de 40 mm
  - un entraxe entre liteaux *(ou le pureau des éléments de couverture)* maximum de 500 mm,
  - une seule pente, imposée par la toiture, comprise entre 30% (17°) et 60% (31°).

- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode "portrait" ou "paysage",
  - sur 2 lignes de modules au maximum,
  - uniquement dans des configurations d'installation photovoltaïque de forme rectangulaire *(sans angle rentrant)*,
  - en partie courante de toiture et ce, sans jamais aller jusqu'aux rives latérales de la toiture,
  - en limitant à 1 m maximum la distance entre la partie supérieur du champ photovoltaïque et le faîtage,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas 730 Pa,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (*selon les règles NV 65 modifiées*) n'excédant pas 730 Pa.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

2.4. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "V-SYS sur-toiture tuiles" est l'association d'un module photovoltaïque cadré (cf. Figure 1, Figure 2, Figure 3 et Figure 4) et d'un système de montage spécifique (voir Figure 8) lui permettant une mise en œuvre en surimposition de la toiture.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société SYSTOVI.

2.4.1. Modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques *(*cf. Figure 1, Figure 2, Figure 3 et Figure 4*)*, dont la dénomination est PAww-xxx-Nyz ou POww-xxx-Nyz, sont fabriqués par la société SYSTOVI. La dénomination commerciale se décline en fonction de la puissance crête du module (*"xxx" allant de 230 à 240 Wc pour les modules 54 cellules polycristallines, de 250 à 270 Wc pour les modules 54 cellules monocristallines, de 250 à 270 Wc pour les modules 60 cellules polycristallines et de 300 à 330 Wc pour les modules 60 cellules monocristallines, par pas successifs de 5 Wc*).

Les modules PAww-xxx-Nyz se différencient des modules POww-xxx-Nyz par l'absence de joints sur les cadres et du câble de mise à la terre qui sera posé par l'installateur (cf. Figure 1 et Figure 2). Ces modules se déclinent en plusieurs versions (laminé 54 ou 60 cellules, cellules monocristallines ou polycristallines…) identifiées par le code ww.

L'indice N correspond à l'orientation « neutre » car ces modules peuvent se monter indifféremment en portrait ou paysage et le code yz est lié à la couleur des cellules et du cadre.

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

2.4.1.1. Film polymère

- Composition : à base de PET (Polyéthylène téréphtalate),
- Épaisseur : (0,35 ± 0,05) mm.

2.4.1.2. Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées possèdent les caractéristiques suivantes :

Technologie des cellules	Mono cristalline et Mono cristalline PERC	Poly cristalline
Dimensions	156,7 ± 0,5 mm x 156,7 ± 0,5 mm	156,7 ± 0,5 mm x 156,7 ± 0,5 mm

Au nombre de 54 ou 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 9 ou 10 cellules selon la configuration du laminé (cf. Figure 5) :

- distance minimale entre cellules horizontalement : (3 -0,5/0) mm,
- distance minimale entre cellules verticalement : (2,5 -0,5/0) mm,
- distance minimale au bord horizontalement : (16 0/+1) mm,
- distance minimale au bord verticalement : (26,5 0/+1) mm.

2.4.1.3. Intercalaire encapsulant

Résine à base d'EVA (Ethyl Vinyl Acétate) de 0,46 mm ± 0,03 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.4.1.4. Vitrage

- Nature : verre extra clair imprimé et trempé selon la norme EN 12150,
- Épaisseur : (3,2 ± 0,2) mm,
- Dimensions 54 cellules : (1 485 ± 0,5 x 983 ± 0,5) mm,
- Dimensions 60 cellules : (1 643 ± 0,5 x 983 ± 0,5) mm.

2.4.1.5. Constituants électriques

2.4.1.5.1. Boîte de connexion

Une boîte de connexion du fabricant Ningbo GZX PV Technology, de dénomination commerciale "PV GZX 156K" est collée au silicone (*Dow Corning PV-804 ou Huitian HT906Z*) en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors tout suivantes : (95 x 98 x 20) mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (qui protègent chacune une série de 18 ou 20 cellules) et permet le raccordement aux câbles qui réalisent la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Indice de protection (connecté) : IP67,
- Tension assignée : 1 000 V DC entre polarités,
- Courant maximal admissible (intensité assignée) : 13 A,
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
- Certificat TÜV SÜD n° B 88393 018 selon la norme IEC 62790:2014.

2.4.1.5.2. Câbles électriques

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

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 90 °C,
- Tension assignée : 1 000 V,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 40 A,
- Double isolation,
- Certificat TÜV N° R50343327 testé selon la norme NF EN 50618:2014.

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

2.4.1.5.3. Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque Ningbo GZX et de type PVGZX0601-1, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection (connecté) : IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1 000 V,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 30 A,
- Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
- Résistance de contact : 0,5 mΩ,
- Certificat TÜV SÜD N° 15103128 003 selon IEC 62852:2014.

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

2.4.1.5.4. Liaison équipotentielle des cadres des modules

Chaque module photovoltaïque est équipé d'un câble jaune/vert de liaison équipotentielle des masses de section 6 mm^2 et de longueur 0,5 m. Ces câbles sont équipés d'un côté d'une cosse en laiton étamé 6,35 mm et de l'autre côté d'un connecteur de dérivation auto-dénudant AMP Electro-Tap de la société TE Connectivity (*voir Figure 16*). Le câble de mise à la terre est vissé dans un trou du cadre latéral du module (*prévu à cet effet*) par une vis à tête cylindrique bombée de diamètre 4,2 mm et de longueur 32 mm en acier inoxydable A2.

Le câble de terre est posé soit en usine sur les modules POww-xxx-Nyz, soit par l'installateur sur les modules PAww-xxx-Nyz.

Les câbles de terre des modules sont reliés au câble principal de terre par le connecteur de dérivation auto-dénudant qui une fois serré réalise la liaison équipotentielle. Ainsi, en démontant un module, la liaison équipotentielle des autres modules n'est pas rompue (*voir Figure 15*).

2.4.1.6. Cadre du module photovoltaïque

Ce cadre est composé de 4 profils (*voir Figure 6*) en aluminium EN AW-6063 T5 anodisés noir (*épaisseur 15 µm*).

La liaison mécanique entre profils est assurée par 4 équerres de liaison en aluminium.

Le cadre est collé au verre sur tout son périmètre par un cordon de silicone noir de la marque Dow Corning PV-804 ou HUITIAN HT906Z et est posé en automatique au moyen d'une machine de dosage. Les modules sont stockés pendant 24 h pour permettre la polymérisation avant toute manipulation.

La conception des profilés permet d'effectuer un emboîtement entre deux modules (*voir Figure 7*).

- Le profilé avec joint est équipé d'un joint EPDM. Les moments quadratiques de ce profilé suivant les axes principaux sont :

I_I = 0,990 cm^4 I_{II} = 1,733 cm^4

- Le profilé sans joint a des moments quadratiques suivant les axes principaux de :

I_I = 1,374 cm^4 I_{II} = 1,611 cm^4

2.4.2. Système de montage

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

2.4.2.1. Composants servant à la tenue mécanique

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

- Ensemble de fixation à la charpente,
- Traverse,
- Rail simple,
- Rail intermédiaire.

2.4.2.1.1. Ensemble de fixation à la charpente

Se référer à la Figure 9 : ensemble de fixation à la charpente pour couvertures en tuiles.

Ils sont constitués :

- d'une partie platine d'épaisseur 5 mm en acier inoxydable 1.4307 et disposant d'un réglage de hauteur le long d'une tige filetée (sur toute sa longueur) M12 de longueur 15 cm, avec un serrage réalisé par écrou à embase crantée pour éviter le desserrage,
- d'une tôle emboutie en aluminium EN AW-3105 d'épaisseur 0,6 mm minimum laquée noir sur une face (peinture polyester d'épaisseur 37 µm). Cette tôle est munie de pinces vers le haut sur son bord haut et ses bords latéraux. Elle dispose, au centre de l'embouti, d'un trou de diamètre 12 mm pour le passage de la tige filetée,
- de deux rondelles de type rondelle d'étanchéité en élastomère, vulcanisée sur une rondelle de répartition en acier inoxydable A2, permettant de réaliser l'étanchéité au niveau de la traversée de la tôle par la tige filetée,
- de trois écrous à embase crantée M12 en acier inoxydable A2,
- d'un écrou frein M12 en acier inoxydable A2,
- d'une entretoise,
- d'un support de traverse en acier inoxydable 1.4307 pour la fixation des traverses d'épaisseur 6 mm.

L'ensemble comprenant la platine, l'entretoise, le premier écrou et la première rondelle joint est prémonté en usine. La hauteur obtenue par l'empilement de ces composants le long de la tige filetée permet de plaquer la rondelle sous la tôle emboutie.

Les platines sont fixés aux planches par quatre vis à bois Ø5.

La tôle emboutie est bloquée en rotation par une patte de fixation en aluminium d'épaisseur 0,65 mm laqué noir (peinture polyester d'épaisseur 37 µm) (cf. Figure 10).

Quantités :

- installation sur 1 ligne : 1 paire d'ensembles de fixation à la charpente par module + 1 paire supplémentaire,
- installation sur 2 lignes : 1 quadruplet d'ensembles de fixation à la charpente par colonne de modules + 1 quadruplet supplémentaire.

2.4.2.1.2. Traverses

Ces éléments, en tôle pliée d'acier galvanisé ou inoxydable d'épaisseur 2 mm, sont fixés sur les supports de traverses par des vis en acier inoxydable A2 de diamètre 8 mm et de longueur 25 mm (*cf. Figure 11*). Il existe six longueurs de traverses correspondant aux montages "portrait" ou "paysage", une ou deux lignes avec des modules 54 ou 60 cellules. Les moments quadratiques de la traverse suivant les axes principaux sont :

I_I = 1,493 cm^4 I_{II} = 10,938 cm^4

Matière :

- soit : S250GD+Z350,
- soit : acier inoxydable inox 1.4162.

Les traverses sont installées dans le sens de la pente de couverture et liaisonnent chaque paire ou chaque quadruplet d'ensembles de fixation à la charpente.

2.4.2.1.3. Rail simple ou intermédiaire

Ces profilés d'épaisseur 1,5 mm, en aluminium EN AW-6063 T5 anodisé noir, constituent la structure support sur laquelle viennent s'appuyer les modules (*cf. Figure 12*).

Ils sont mis en œuvre perpendiculairement à la pente de la couverture.

Ces rails existent en différentes longueurs : 1,005 m, 1,508 m, 1,666 m et 2,011 m. Ces quatre longueurs permettent de couvrir toutes les configurations possibles en portrait et en paysage sans recoupe des rails. Ils peuvent être reliés par une éclisse (voir *figure 12*).

Chaque rail est fixé sur les différentes traverses par des vis Ø8 en acier inoxydable A2.

Il existe 2 types de rails :

- rails simples : ils sont mis en œuvre en haut et en bas de l'installation.

I_I = 9,935 cm^4 I_{II} = 37,294 cm^4

- rails intermédiaires : ils sont posés en partie intermédiaire dans le cas des installations sur 2 rangées.

I_I = 43,468 cm^4 I_{II} = 116,985 cm^4

2.4.2.1.4. Accessoires

Bouchons de rail

Les bouchons de rail, réalisés en acier galvanisé laqué ont pour but de fermer les rails (*rail simple ou rail intermédiaire*). Ils servent également à empêcher les modules de glisser dans les rails (*voir Figure 13*). La laque est une poudre polyester HR d'épaisseur 100 µm.

Éclisse

L'éclisse a pour but de relier deux rails ensemble. Elle est réalisée en aluminium EN AW-6063 T5 brut et sa paroi est d'épaisseur 1,5 mm. Il existe une éclisse pour le rail simple et une pour le rail intermédiaire (*voir Figure 14*). Du fait des longueurs de rails adaptées aux dimensions des modules, les éclisses sont toujours positionnées au niveau d'une jonction de modules.

Mousse de disconnexion galvanique

Une mousse auto-adhésive en PVC (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de formuler des Avis Techniques*), de dimensions (3 x 80 x 38) mm, est fournie avec les ensembles de fixation à la charpente et est collée sur chantier sur chaque support de traverses, sur la partie en contact avec la traverse.

Mousse d'étanchéité supérieure

Une mousse auto-adhésive et imputrescible (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de formuler des Avis Techniques*), en polyuréthane imprégnée d'acrylate, est collée sur chantier sur la partie haute de la tôle emboutie (voir Figure 21).

2.4.2.2. Visserie

- Vis à tête bombée en acier inoxydable A2 de diamètre 8 mm et de longueur 25 mm pour fixer les traverses sur les supports de traverses.
- Vis à tête rectangulaire de diamètre 8 mm et de longueur 25 mm en acier inoxydable A2 pour fixer les rails sur les traverses.
- Vis TGS de diamètre 4,5 mm et de longueur 35 mm en acier inoxydable A2 avec rondelle EPDM laquée noire RAL9005 pour la fixation des bouchons de rail.
- Vis de diamètre 4,2 mm et de longueur 16 mm à tête fraisée en acier inoxydable A2 pour fixer les rails aux éclisses et pour fixer les câbles de mise à la terre sur les rails.

2.5. Autres éléments

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

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

2.5.1. Cales bois biseautées

Les cales sont en bois résineux (*classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et classement visuel ST II suivant la norme NF B 52-001-1*) avec une humidité inférieure à 20%. Elles sont biseautées de manière à conserver une pente supérieure à 5% (3°) au niveau du passage de la bande d'étanchéité basse (cf. § 2.10.5.3.3) sur les tuiles. Cette pente peut également être réalisée avec un lattage incliné.

2.5.2. Planches

Les planches sont en bois résineux (*classe d'emploi 2 suivant le fascicule de documentation FD P20-651 et classement visuel ST II suivant la norme NF B 52-001-1*) avec une humidité inférieure à 20%. Leur largeur est supérieure ou égale à 150 mm et leur épaisseur est identique à celle des liteaux sans descendre en dessous de 25 mm.

2.5.3. Visserie

Vis à bois à tête fraisée pour fixer des cales ou des planches sur les chevrons, en acier zingué, de diamètre minimum 5 mm et de longueur minimum 60 mm, ayant une résistance caractéristique Pk ≥ 200 daN pour un ancrage minimum de 40 mm dans le bois.

Vis à bois à tête fraisée pour fixer les ensembles de fixation à la charpente sur les planches, en acier zingué, de diamètre minimum 5 mm et de longueur minimum 30 mm ayant une résistance caractéristique Pk ≥ 150 daN pour un ancrage minimum de 25 mm dans le bois.

2.5.4. Bande d'étanchéité basse (tuile à emboîtement ou à glissement)

Les bandes d'étanchéité basses sont constituées de bande en plomb ou de bande flexible bitumineuse bénéficiant d'un Avis Technique pour cet usage. Leurs dimensions sont choisies de façon à respecter les recouvrements nécessaires avec la tôle emboutie et les différents éléments de couverture (cf. §2.10.5.3.4).

2.5.5. Écran souple de sous-toiture

Dans le cas où l'écran souple de sous-toiture doit être rajouté, il doit être de classement T_{R3} et sous certification « QB 25 » avec un classement W1 avant et après vieillissement selon la norme NF EN 13859-1.

2.5.6. Câbles de mise à la terre

De section 6 mm² minimum pour l'interconnexion avec les rails et les modules, et de 16 mm² minimum pour la liaison à la prise de terre du bâtiment. Il est nécessaire d'utiliser des câbles isolés vert et jaune conformes aux recommandations des normes NF C 15-100 et aux guides UTE C 15-712.

2.6. Conditionnement, étiquetage, stockage

2.6.1. Modules photovoltaïques

Les modules cadrés sont conditionnés au maximum par 18 sur une palette. Des cales en plastique spécialement développées pour le cadre des modules PAww-xxx-Nyz et POww-xxx-Nyz empêchent les modules de se toucher. 4 cornières en acier bloquent le premier module sur la palette et empêchent ainsi tout glissement de l'ensemble des modules sur la palette. L'ensemble est filmé.

Chaque module est identifié par un étiquetage conforme à la norme NF EN 50380.

De plus, à la demande du client, un relevé des « flash test » de tous les modules peut être fourni avec le bon de livraison.

Les palettes doivent être stockées à l'abri de la pluie.

2.6.2. Éléments du système de montage

Les ensembles traverses + rails sont conditionnés en bottes filmées.

Les palettes sont constituées en fonction des éléments nécessaires à chaque chantier. Chacune de ces palettes présente la liste des pièces contenues, le numéro de la commande client et la fiche de contrôle qualité.

Le stockage sur chantier s'effectue à l'abri de la pluie.

2.6.3. Kits 3 kWc

Pour les kits 3 kWc, la palette contient un nombre différent de modules en fonction des puissances crêtes, par exemple 12 modules "POww250Nyz" ou 10 modules "POww300Nyz". Elle contient également une boîte d'accessoires contenant la quincaillerie et un onduleur (*option*). Ces éléments sont posés sur la palette des modules et le tout est filmé.

2.7. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques		
-	**Module 54 cellules**	**Module 60 cellules**
Dimensions hors tout (mm)	1 521 x 1 019 x 25	1 679 x 1 019 x 25
Dimensions du module sans cadre (mm)	1 485 x 983 x 4,5	1 643 x 983 x 4,5
Surface hors-tout (m²)	1,55	1,71
Masse (kg)	15,2	16,7
Masse spécifique (kg/m²)	9,79	9,74

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

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques des champs photovoltaïques				
-	**Modules 54 cellules**		**Modules 60 cellules**	
Configuration	Portrait	Paysage	Portrait	Paysage
Largeur du champ (mm)	1 004 x N	1 506 x N	1 004 x N	1 664 x N
Hauteur de champ (mm)	1 Ligne : 1 525 2 Lignes : 3 048	1 Ligne : 1 023 2 Lignes : 2 044	1 Ligne : 1 683 2 Lignes : 3 364	1 Ligne : 1 023 2 Lignes : 2 044
Poids au m² de l'installation (kg/m²)	13			

Avec :

N : le nombre de modules par ligne.

2.8. Caractéristiques électriques

2.8.1. Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "PAww-xxx-N-yz" et "POww-xxx-N-yz" (*"xxx" allant de 230 à 240 Wc pour les modules 54 cellules polycristallines, de 250 à 270 Wc pour les modules 54 cellules monocristallines, de 250 à 270 Wc pour les modules 60 cellules polycristallines et de 300 à 330 Wc pour les modules 60 cellules monocristallines, par pas successifs de 5 Wc*) été certifiés conformes à la norme NF EN 61215:2005.

2.8.2. Sécurité électrique

Les modules cadrés "PO28-xxx-N-xx" et "PO49-xxx-N-xx" été certifiés conformes à la classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730:2007, jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC.

2.8.3. Performances électriques

Les puissances électriques des modules, validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730, vont de 230 Wc à 330 Wc par pas de 5 Wc.

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

Modules 54 cellules monocristallines "PAww-xxx-Nyz" et "POww-xxx-Nyz"					
P_{mpp} (W)	250	255	260	265	270
U_{co} (V)	34,93	34,78	35,53	35,69	35,75
U_{mpp} (V)	28,08	27,91	28,42	28,68	28,78
I_{cc} (A)	9,53	9,64	9,80	9,82	9,97
I_{mpp} (A)	8,94	9,15	9,24	9,28	9,41
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,42		-0,41		
αT (U_{co}) [%/K]	-0,32				
αT (I_{cc}) [%/K]	0,043		0,047		
Courant inverse maximum (A)	18				

Modules 54 cellules polycristallines "PAww-xxx-Nyz" et "POww-xxx-Nyz"			
P_{mpp} (W)	230	235	240
U_{co} (V)	34,13	34,40	34,40
U_{mpp} (V)	27,97	28,29	28,87
I_{cc} (A)	8,76	8,90	8,90
I_{mpp} (A)	8,24	8,37	8,37
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,41		
αT (U_{co}) [%/K]	-0,31		
αT (I_{cc}) [%/K]	0,057		
Courant inverse maximum (A)	18		

Modules 60 cellules monocristallines "PAww-xxx-Nyz" et "POww-xxx-Nyz"							
P_{mpp} (W)	300	305	310	315	320	325	330
U_{co} (V)	39,72	39,72	39,72	40,10	40,16	40,18	40,18
U_{mpp} (V)	31,98	32,42	32,99	33,39	33,83	34,26	34,68
I_{cc} (A)	9,97	9,97	9,97	10,02	10,06	10,1	10,1
I_{mpp} (A)	9,41	9,41	9,41	9,44	9,46	9,49	9,51
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,41						
αT (U_{co}) [%/K]	-0,32						
αT (I_{cc}) [%/K]	0,047						
Courant inverse maximum (A)	18						

Modules 60 cellules polycristallines "PAww-xxx-Nyz" et "POww-xxx-Nyz"					
P_{mpp} (W)	250	255	260	265	270
U_{co} (V)	37,80	37,92	38,10	38,22	38,22
U_{mpp} (V)	31,12	31,24	31,47	31,59	32,08
I_{cc} (A)	8,73	8,76	8,85	8,90	8,90
I_{mpp} (A)	8,21	8,24	8,31	8,37	8,37
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,41				
αT (U_{co}) [%/K]	-0,31				
αT (I_{cc}) [%/K]	0,057				
Courant inverse maximum (A)	18				

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.

2.9. Fabrication et contrôles

2.9.1. Cadre des modules

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

Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués sur le premier et le dernier cadre de la série.

2.9.2. Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques, des modules factices, et leur assemblage avec le cadre sont effectués sur le site de la société SYSTOVI à Carquefou (44), certifié ISO 9001.

Les contrôles aux différentes étapes du processus de fabrication de chaque module sont :

- Contrôle visuel et de la continuité électrique des chaines de cellules.
- Contrôle visuel de l'espace entre les chaines de cellules.
- Contrôle de la soudure des chaines de cellule sur la bande d'interconnexion.
- Contrôle visuel et contrôle de la continuité électrique de la matrice de cellules avant passage au four de lamination.

Les contrôles suivants sont effectués sur 100 % des modules cadrés finalisés :

- Flash test : la tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de +/-1 %. Ces mesures sont consignées sur registre informatique.
- Contrôle par électroluminescence (EL) des laminés avant cadrage.
- Contrôle de l'isolation électrique.
- Test d'étanchéité sur la boîte de connexion.
- Contrôle à l'infrarouge sur 1 module tous les 10 modules et systématiquement sur tout module dont une des cellules cassées a été réparée.
- Contrôle dimensionnel par gabarit.
- Un contrôle visuel à 100% des modules est effectué avant emballage.

2.9.3. Composants de la structure support

Les pièces de la structure support (rails, éclisses, traverses et ensembles de fixation à la charpente) sont réalisées selon les plans de la société SYSTOVI par quatre entreprises dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques. À chaque production, la première pièce et la dernière sont contrôlées sur toutes les cotes fonctionnelles.

2.10. Mise en œuvre

2.10.1. Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et sa notice de câblage électrique.

Avant chaque projet, une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque, la présence ou non d'un écran de sous-toiture, et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé et des charges ponctuelles reprises par la charpente au niveau des ensembles de fixation à la charpente.

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au *§ 2.3*.

Elle doit impérativement être réalisée au-dessus d'un écran de sous-toiture (cf. § 2.10.5.1).

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

L'installation doit être réalisée par température extérieure positive.

2.10.2. Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été formés par la société SYSTOVI (cf. *§ 2.11*).

Les compétences requises sont de 2 types :

- Compétences en couverture complétées par une qualification et/ou certification professionnelles pour la pose des procédés photovoltaïques : mise en œuvre en toiture.
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou certification professionnelle pour la pose des procédés : habilitation "B1T" pour le raccordement des modules, habilitation "B2T" pour le branchement aux onduleurs.

2.10.3. Sécurité des intervenants

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

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison.

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

2.10.4. Spécifications électriques

2.10.4.1. Généralités

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

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. *§.2.10.2*).

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 1000 V *(liée à la classe II de sécurité électrique)*.

2.10.4.2. Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 15.

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.

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

  Pour la connexion d'une ligne de modules à une autre, le passage des câbles s'effectue en passant sous le rail.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses :

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

  - les masses métalliques des cadres des modules photovoltaïques, par l'intermédiaire d'un câble de section 6 mm² équipé d'un côté d'une cosse vissée sur les profilés supérieurs, et de l'autre côté d'un connecteur de dérivation auto-dénudant, de type AMP Electro-Tap de la société TE connectivity (voir Figure 16),
  - les masses métalliques de chaque rail par l'intermédiaire de câbles de mise à la terre identique à celui équipant les modules photovoltaïques. Le câble de mise à la terre est vissé dans l'alvéovis du rail par une vis à tête cylindrique bombée de diamètre 4,2 mm et de longueur 32 mm en acier inoxydable A2 (voir Figure 17).

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

  Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité. Une tuile chatière qui ne sert pas à la ventilation de la couverture doit être utilisée pour passer les câbles sous le plan des éléments de couverture.

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

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

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

2.10.4.3. Cas d'une mise en œuvre de micro-onduleurs

L'utilisation de micro-onduleurs est possible et leur fixation sous le champ à l'abri des intempéries directes est décrite en Figure 18.

2.10.5. Mise en œuvre en toiture

2.10.5.1. Conditions préalables à la pose

Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier que :

- L'entraxe entre chevrons est au maximum de 500 mm,
- L'entraxe entre liteaux ne dépasse pas 500 mm,
- L'épaisseur des liteaux est supérieure ou égale à 25 mm,
- L'épaisseur des chevrons est supérieure ou égale à 40 mm,
- La largeur minimale des chevrons est de 40 mm,
- La planéité est conforme au DTU 40.21.

En cas de toiture existante, la conformité des modèles de tuiles associées au procédé doit être vérifiée au regard du Tableau 2.

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

2.10.5.2. Préparation de la toiture

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

Pour ce faire, l'installateur peut se faire aider par le logiciel SYSTOTOIT disponible sur le site "www.systovi.com" et pour les cas compliqués par le bureau d'étude de SYSTOVI.

La surface qui doit être ménagée pour l'implantation du procédé photovoltaïque doit posséder les dimensions indiquées dans le § 2.7 auxquelles il faut ajouter un rang d'éléments de couverture au minimum.

2.10.5.3. Pose en partie courante de toiture / Pose du procédé

2.10.5.3.1. Calepinage du procédé

Il est indispensable de prendre tous les repères nécessaires pour permettre le calepinage de l'installation. La référence dans le sens du rampant est le support de traverse, dont le trou oblong accueille la traverse. Le rail bas vient se placer dans le trou de la traverse situé à 90 mm du trou de fixation du support de traverse. Dans le sens du faitage, les ensembles de fixation à la charpente doivent être répartis de manière homogène, en assurant un porte-à-faux des rails inférieur ou égal à 500 mm sur les bords du champ (voir Figure 23).

2.10.5.3.2. Montage des planches

En premier lieu, il est nécessaire d'ajouter des planches sur la surface d'implantation des modules. Ces planches, non fournies (voir § 2.5.2), doivent être positionnées perpendiculairement aux chevrons. La première planche, en bas du champ photovoltaïque, doit être mise en place au niveau du bord supérieur des tuiles. L'espace de pose des ensembles de fixation à la charpente entre deux liteaux et entre deux chevrons doit être intégralement voligé. Par la suite et en fonction de la longueur de rampant de l'installation, il est nécessaire d'ajouter d'autres planches (une autre si installation une ligne, trois autres si installation deux lignes) de la même manière que la première, avec un entraxe permettant la fixation des traverses (voir Figure 19). Les planches sont fixées avec 2 vis à bois à tête fraisée (cf. § 2.5.3) par chevron.

2.10.5.3.3. Montage des cales

Ensuite, il est nécessaire d'ajouter des cales biseautées (ou un lattage incliné) sur la surface d'implantation des ensembles de fixation à la charpente. Ces cales, non fournies (voir § 2.5.1), doivent être positionnées perpendiculairement aux chevrons. Il faut fixer une cale par ensemble de fixation à la charpente de la longueur de la bande d'étanchéité de manière à affleurer la surface d'écoulement des tuiles inférieures (cf. Figure 20). Ces cales biseautées (ou lattage incliné) doivent être réalisé de telle

sorte qu'une pente résiduelle de 5% (3°) minimum soit présente et que la distance entre la latte support et la tête de tuile soit de 10 mm maximum. Les cales sont fixées sur les planches préalablement posées, avec 2 vis à bois à tête fraisée (cf. § 2.5.3).

2.10.5.3.4. Pose des ensembles de fixation à la charpente

La tuile au niveau de laquelle va se situer l'ensemble de fixation à la charpente doit être retirée. Dans le cas où cette tuile était fixée, il sera nécessaire de fixer les tuiles autour. En premier lieu, il faut faire un montage « à blanc » pour repérer la position de la platine de l'ensemble de fixation à la charpente entre la tuile supérieure et la tuile inférieure d'une part, et entre la tuile de droite et la tuile de gauche d'autre part, en positionnant la platine ainsi que la tôle emboutie (cf. Figure 20). La tôle emboutie doit passer sous la tuile supérieure d'au moins 160 mm et sous les tuiles latérales d'au moins 80 mm. La platine est ensuite vissée dans la planche au moyen de quatre vis à bois conformes au § 2.5.3. L'entretoise, un premier écrou à embase crantée, et la première rondelle joint (placée de manière que sa partie en élastomère vienne ensuite au contact de la tôle emboutie) sont prémontés en usine le long de la tige filetée. La tôle emboutie est placée le long de la tige filetée et est bloquée en rotation au moyen de la patte de fixation clouée sur un liteau ou une planche. Sont ensuite positionnés la seconde rondelle joint et un écrou à embase crantée au-dessus de la tôle emboutie (cf. Figure 9).

Une bande de plomb plissé ou structuré ou tout autre accessoire de couverture bénéficiant d'un Avis Technique pour cet usage (voir § 2.5.4), de largeur et de longueur choisies afin de respecter les recouvrements nécessaires sur et sous les éléments de couverture (tuiles inférieures et tuiles latérales) et sous la tôle emboutie, est utilisée pour réaliser l'étanchéité basse. La largeur de la bande d'étanchéité est telle que les tuiles inférieures sont recouvertes de 150 mm minimum et que la bande d'étanchéité est recouverte par la tôle emboutie de 150 mm minimum. Latéralement, la longueur de la bande d'étanchéité doit être telle qu'elle dépasse de la tôle emboutie d'au moins 50 mm de chaque côté. Des plis de retour sont réalisés sur le bord supérieur de la bande et sur ses bords gauche et droit. Il est nécessaire de couper en biseau la partie haute des tuiles inférieures afin de réaliser une remontée progressive de la bande d'étanchéité sur celles-ci et de ne pas créer un barrage pour l'eau (voir Figure 20). Dans le cas d'une bande d'étanchéité bénéficiant d'un Avis Technique, la pose de celle-ci doit se faire conformément aux dispositions définies dans l'Avis Technique la concernant.

Une fois l'ensemble de fixation à la charpente fixé et monté, il doit ensuite être définitivement réglé en hauteur de manière que l'élément support de traverse dépasse d'au moins 40 mm au-dessus du galbe des tuiles. La pièce support de traverse (cf. Figure 9) est positionnée au-dessus d'un écrou frein vissé le long de la tige filetée puis est serrée par un dernier écrou à embase crantée. Si nécessaire l'excédent en hauteur de la tige filetée doit être recoupé afin de ne pas gêner la pose de la traverse.

Un closoir en mousse auto-collante (voir § 2.4.2.1.4) est collé en partie haute de la tôle emboutie à 70 mm de la pince (cf. Figure 21).

Un morceau de mousse (voir § 2.4.2.1.4) doit être positionné sur chaque support de traverse, sur la partie qui vient en contact avec la traverse afin d'éviter le contact direct entre les deux.

2.10.5.3.5. Préparation des rails

Les bouchons de rails sont fixés sur les rails avec les vis TGS 4,5x35 (voir § 2.4.2.2) uniquement du côté gauche du rail.

2.10.5.3.6. Mise en place des traverses et du rail bas

Le rail simple bas est fixé sur chaque support de traverse par une vis à tête rectangulaire de diamètre 8 mm en acier inoxydable. La vis coulisse dans une rainure du rail, puis serre la traverse et le support de traverse dans le cas de l'utilisation du trou bas de la traverse pour la première ligne d'ensembles de fixation à la charpente (*voir Figure 22*). Un trou de réglage est placé à 90 mm du trou bas et permet de fixer le support de traverse en ce point et donc de séparer la fixation de l'ensemble de fixation à la charpente de celle du rail. Dans le cas d'installations contenant plus de deux colonnes « paysage » ou trois colonnes « portrait », les rails doivent être unis par les éclisses. L'éclissage est tenu par deux vis autoperceuses 4,2x16 en acier inoxydable A2. L'éclisse n'est fixée que dans un des deux rails afin d'assurer la dilatation du système.

Le trou oblong du support de traverse, ainsi que son réglage en hauteur permettent d'assurer une bonne rectitude du rail.

L'installateur est en charge des calages éventuels requis pour obtenir une rectitude du rail inférieure au 1/100ème. Les traverses sont ensuite fixées sur le ou les ensembles de fixation à la charpente supérieurs (installation une ou deux lignes) par des vis à tête bombée M8 en acier inoxydable.

2.10.5.3.7. Mise en place du rail haut (une ligne) ou intermédiaire (deux lignes)

Le rail haut (ou intermédiaire) est fixé sur chaque traverse par des vis à tête rectangulaire M8 en acier inoxydable. Dans un premier temps, on place le rail en position haute afin de permettre la mise en place des modules (voir Figure 23).

2.10.5.3.8. Mise en place des modules

Les modules sont montés de gauche à droite. Le premier module est mis en butée sur le bouchon de rail gauche (référence latérale) et en butée dans le rail bas (référence verticale). Les autres modules sont ensuite emboîtés au fur et à mesure du montage (voir Figure 23). La géométrie de leur cadre ainsi que la présence d'un joint à l'interface des cadres sont destinées à assurer une étanchéité entre modules (dans le cas des modules POww-xxx-Nyz).

2.10.5.3.9. Verrouillage du rail haut et montage des bouchons de rails droit

Une fois les modules en place, le rail haut est verrouillé. Pour cela, les écrous des vis à tête rectangle M8 sont desserrés et le rail est descendu jusqu'à être en butée avec les modules. Les écrous des vis à tête rectangle sont ensuite serrés, le montage est ainsi verrouillé. Les bouchons de rail droits sont alors fixés par des vis TGS 4.5x35.

2.10.5.3.10. Spécificités du montage deux lignes

Le montage d'installations à deux lignes est très similaire au montage une ligne. La ligne inférieure est montée en premier, le rail haut étant remplacé par un rail intermédiaire. La ligne supérieure est ensuite montée de la même manière, le rail intermédiaire remplaçant cette fois-ci le rail bas.

2.10.5.4. Pose aux abords des extrémités de toiture

2.10.5.4.1. À l'égout

Le montage à l'égout est interdit. Le rang d'égout doit obligatoirement être réalisé avec les éléments de couverture de la partie courante de toiture. Les ensembles de fixation à la charpente sont donc situés au-dessus d'au moins une rangée de tuile, posées conformément au DTU.

2.10.5.4.2. Aux rives

Le champ photovoltaïque ne doit en aucun cas dépasser de la couverture.

2.10.5.4.3. Au faîtage

Le champ photovoltaïque ne doit en aucun cas dépasser du faîtage. De plus, le faîtage doit être réalisé conformément au DTU applicable, avec les mêmes éléments de couverture que la partie courante de toiture.

2.11. Formation

La société SYSTOVI organise une formation obligatoire "installateur" dispensée dans ses locaux à Carquefou. Cette formation permet d'aborder les spécificités du procédé V-SYS sur-toiture tuiles, sa mise en œuvre ainsi que tous les aspects liés à la sécurité électrique.

Cette formation se décline en 2 parties :

- L'une théorique : présentation de l'entreprise SYSTOVI, visite de l'usine de production des modules photovoltaïques, sécurité des intervenants, exigences de qualité, description du procédé, …
- L'autre pratique : démonstration concrète d'une installation avec le montage du procédé V-SYS sur-toiture tuiles sur une maquette de toit.

Un tutoriel Vidéo est disponible en scannant le QR code sur la notice ou en le téléchargeant sur le site de SYSTOVI.

À l'issue de cette formation, une attestation nominative est délivrée aux participants par la société SYSTOVI.

Le procédé V-SYS sur-toiture tuiles est commercialisé exclusivement par les installateurs et distributeurs partenaires.

Pour devenir installateur du procédé V-SYS sur-toiture tuiles, il est nécessaire :

- que l'installateur soit un professionnel enregistré au Registre du Commerce et des Sociétés,
- qu'il ait des compétences électriques et en couverture complétée par une qualification et/ou une certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques,
- qu'il ait suivi la formation de SYSTOVI portant sur les spécificités du procédé V-SYS sur-toiture tuiles,
- qu'il s'engage à faire auditer ses installations par le service technique de SYSTOVI.

Un premier audit est réalisé après les trois premières installations. Si les recommandations de pose n'ont pas été respectées, la société SYSTOVI exigera une mise en conformité des installations. Un autre audit sera alors organisé. Dans les cas où les préconisations de pose ne sont toujours pas respectées, l'entreprise sera retirée de la liste des installateurs agréés par SYSTOVI.

2.12. Assistance technique

La société SYSTOVI propose une assistance technique pour un accompagnement sur chantier lors de la toute première installation.

La société assure ensuite une assistance technique téléphonique pour tous renseignements complémentaires.

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

2.13. Utilisation, entretien et réparation

2.13.1. Généralités

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

En cas d'intervention sur le procédé photovoltaïque nécessitant la dépose d'un module photovoltaïque, la procédure de déconnexion et de reconnexion électrique appliquée lors du remplacement d'un module doit être respectée (cf. § 2.13.4).

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés et habilités. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (cf. *§ 2.10.2*).

2.13.2. Maintenance du champ photovoltaïque

Dans le cadre de l'entretien de la toiture au moins une fois par an (après l'hiver ou avant l'été pour optimiser le rendement électrique, sinon selon les conditions environnementales du bâtiment d'implantation) :

- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si ceux-ci sont sales, les nettoyer au jet d'eau (haute pression et jets concentrés interdits).
- Vérification du câblage.
- Vérification visuelle des fixations : vérifier la présence et la tenue de l'ensemble de la visserie.

2.13.3. Maintenance électrique

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

2.13.4. Remplacement d'un module

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

- Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.
- Le démontage est réalisé en retirant les éléments du système de montage dans l'ordre inverse à celui indiqué dans le présent Dossier afin de pouvoir accéder aux câbles de polarité et de liaison équipotentielle à débrocher et aux pièces de fixation du module.
- Lors du démontage, une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débrochés afin d'éviter tout contact entre ceux-ci et les pièces métalliques de l'installation (cadre module, rail de fixation …). Ces connecteurs doivent être protégés avec des bouchons adaptés.
- Le montage du module de remplacement et sa connexion (électrique et liaison équipotentielle) sont réalisés conformément au présent Dossier.
- Après avoir mesuré la tension de la série de modules concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur, on procéde à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

2.14. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire CERTISOLIS.
- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe II de sécurité électrique jusqu'à une tension maximum de 1000 V DC par le laboratoire CERTISOLIS.
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent *(rapport d'essais n° 18-26075498 de septembre 2018)*.
- Le procédé a été testé au CTMNC sur le banc d'essais Moby Dick 2 (rapport d'essais n°2034020029 de septembre 2020).

2.15. Références

2.15.1. Données Environnementales et sanitaires1

Le procédé V-SYS sur-toiture tuiles ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

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

2.15.2. Autres références

Le procédé photovoltaïque V-SYS sur-toiture tuiles est fabriqué depuis Juillet 2020.

Environ 1 400 m^2 ont été commercialisés en France à ce jour, soit environ 250 kW.

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

2.16. Annexes du Dossier Technique

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

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique 23
Tableau 2 – Liste des modèles de tuiles compatibles 24

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

Éléments du procédé concernés	**Matériau**	**Revêtement de finition sur la face exposée**	**Atmosphères extérieures**							
			Rurale non polluée	**Industrielle ou urbaine**		**Marine**				**Spéciale**
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Cadres modules, rails	Aluminium	Anodisation 15 µm	•	•	□	•	•	□	□	□
		Anodisation 20 µm	•	•	□	•	•	•	□	□
Tôle emboutie	Aluminium	Polyester 37 µm	•	•	□	•	•	□	□	□
Traverses	Acier S250GD + Z350	Galvanisation	•	□	-	□	-	-	-	-
	Acier inoxydable 1.4162	-	•	•	□	•	•	□	□	□
Support de traverse et platine	Acier inoxydable 1.4307 (304L)	-	•	•	□	•	•	□	□	□
Visserie	Inox A2	-	•	•	□	•	•	□	□	□

Les expositions atmosphériques sont définies dans les annexes des normes NF P34-301, NF P24-351, DTU 40.41

• : Matériau adapté à l'exposition

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

- : Matériau non adapté à l'exposition

* : à l'exception du front de mer

Tableau 2 – Liste des modèles de tuiles compatibles

FABRICANT	Modèle
VARDANEGA	Coppodoc
TERREAL	Double canal 12
MAZARRON CERAMICAS	Double Romane
ERLUS	E 58
ERLUS	E 58 MAX
ERLUS	E 58 RS
ERLUS	E 58 S
ERLUS	E 58 S Lotus Air
ERLUS	E 58 SL
MONIER	Galléane 12
MONIER	Gallo-romane
ISIKLAR	Granada
LA ESCANDELLA	Grand sud
TERREAL	Horizon 12
MARGON	Iberian
TERREAL	Latitude 12
EDILIANS	Mediane plus Gélis
EDILIANS	Meridionale Poudenx
EDILIANS	Omega 13 Ste Foy
MAZARRON CERAMICAS	Optima Romane
MONIER	Romane
KORAMIC	Romane 1.2
MAZARRON CERAMICAS	Romane 12,5
TERREAL	Romane Canal
TERREAL	Romane Evolution
MAZARRON CERAMICAS	Romane Mazarron
TERREAL	Romane Réno
EDILIANS	Romane Sans
TEJAS BORJA	TB-12

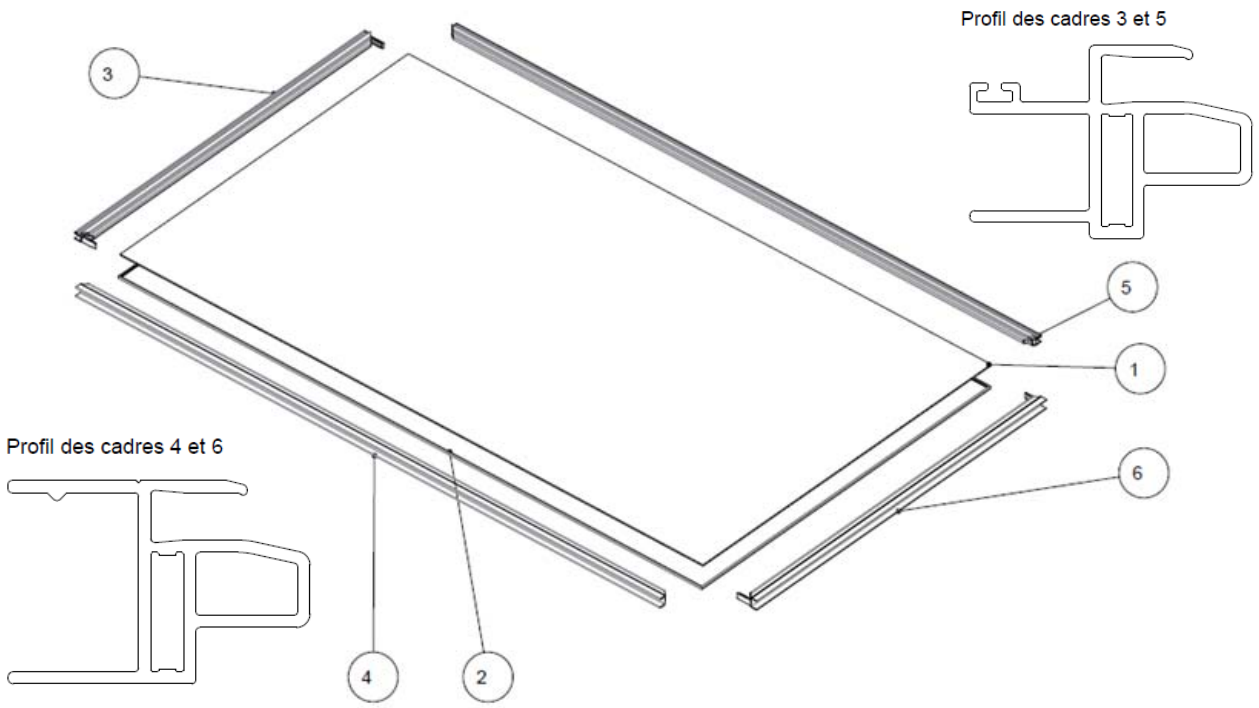
3. Annexes graphiques

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

SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 – Schéma éclaté des modules photovoltaïques PAww-xxx-Nyz (54 ou 60 cellules)....26
Figure 2 – Schéma éclaté des modules photovoltaïques POww-xxx-Nyz (54 ou 60 cellules) 27
Figure 3 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques 54 cellules 28
Figure 4 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques 60 cellules 29
Figure 5 – Position des cellules photovoltaïques....30
Figure 6 : Cadre des modules photovoltaïques 30
Figure 7 : Jonction entre modules....31
Figure 8 : Schéma éclaté du procédé 31
Figure 9 : ensemble de fixation à la charpente 32
Figure 10 : Patte de maintien de la tôle emboutie....33
Figure 11 : Traverses....34
Figure 12 : Rails....35
Figure 13 : Bouchon de rail simple à gauche et intermédiaire à droite 35
Figure 14 : Raccordement des rails par éclisses....36
Figure 15 : Schéma de principe de câblage du procédé 37
Figure 16 : Câble de liaison équipotentielle des modules 38
Figure 17 : Câble de liaison équipotentielle des rails 38
Figure 18 : Exemple de fixation d'un micro-onduleur 39
Figure 19 : Positionnement des ensembles de fixation à la charpente....40
Figure 20 : Mise en œuvre des ensembles de fixation à la charpente....41
Figure 21 : Mise en œuvre de la mousse d'étanchéité haute 44
Figure 22 : Pose des traverses et du rail bas sur tuiles....45
Figure 23 : Pose du rail haut et des modules sur tuiles....46

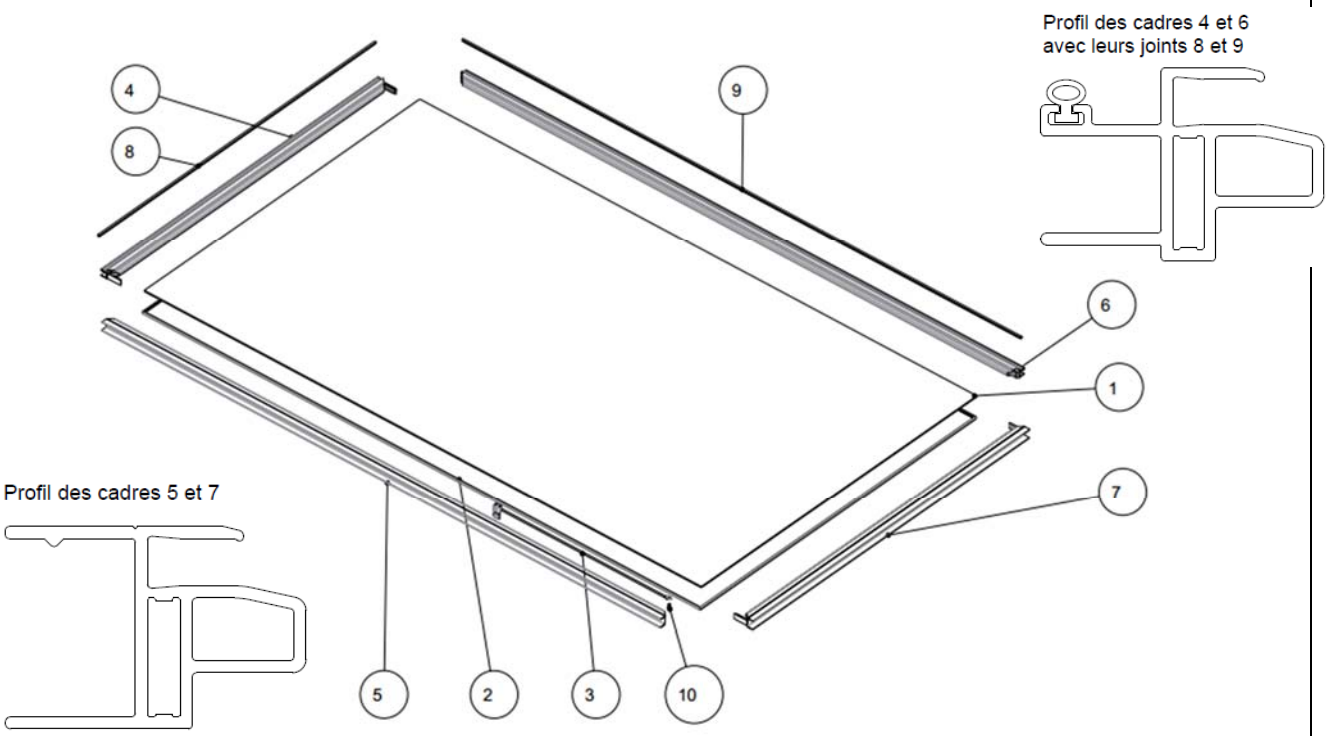
Figure 1 – Schéma éclaté des modules photovoltaïques PAww-xxx-Nyz (54 ou 60 cellules)



NOMENCLATURE					
Rep	Qté	Désignation	Matière	Poids pièce (Kg)	Référence / N° plan
1	1	LAMINE 54 CELLS		12.403 Kg	LAM54-LIGHT
2	1	COLLAGE LAMINE/CADRE	SILICONE	0.059 Kg	BS01_80G_PS_54
3	1	CADRE AVEC JOINT LG 988		0.540 Kg	CA02-54S10
4	1	CADRE SANS JOINT LG 1490	6063_T5	0.769 Kg	CA02-54S13
5	1	CADRE AVEC JOINT LG 1490	6063_T5	0.788 Kg	CA02-54S11
6	1	CADRE SANS JOINT LG 988		0.527 Kg	CA02-54S12

NOMENCLATURE					
Rep	Qté	Désignation	Matière	Poids pièce (Kg)	Référence / N° plan
1	1	LAMINE 60 CELLS		13.718 Kg	LAM60-LIGHT
2	1	COLLAGE LAMINE/CADRE	SILICONE	0.063 Kg	BS01_80G_PS_60
3	1	CADRE AVEC JOINT LG 988		0.540 Kg	CA02-54S10
4	1	CADRE SANS JOINT LG 1648	6063_T5	0.851 Kg	CA02-60S10
5	1	CADRE AVEC JOINT LG 1648	6063_T5	0.873 Kg	CA02-60S09
6	1	CADRE SANS JOINT LG 988		0.527 Kg	CA02-54S12

Figure 2 – Schéma éclaté des modules photovoltaïques POww-xxx-Nyz (54 ou 60 cellules)



NOMENCLATURE					
Rep	Qté	Désignation	Matière	Poids pièce (Kg)	Référence / N° plan
1	1	LAMINE 54 CELLS		12.403 Kg	LAM54-LIGHT
2	1	COLLAGE LAMINE/CADRE	SILICONE	0.059 Kg	BS01_80G_PS_54
3	1	MISE A LA TERRE		0.057 Kg	CPC09
4	1	CADRE AVEC JOINT LG 988		0.540 Kg	CA02-54S10
5	1	CADRE SANS JOINT LG 1490	6063_T5	0.769 Kg	CA02-54S13
6	1	CADRE AVEC JOINT LG 1490	6063_T5	0.788 Kg	CA02-54S11
7	1	CADRE SANS JOINT LG 988		0.527 Kg	CA02-54S12
8	1	JOINT BI-DURETÉ 60/90 SH Lg 1000	EPDM	0.013 Kg	CPC55
9	1	JOINT BI-DURETÉ 60/90 SH Lg 1500	EPDM	0.019 Kg	CPC56
10	1	VIS ST Ø4.2x9.5	INOX	0.002 Kg	4-2X9-5

NOMENCLATURE					
Rep	Qté	Désignation	Matière	Poids pièce (Kg)	Référence / N° plan
1	1	LAMINE 60 CELLS		13.718 Kg	LAM60-LIGHT
2	1	COLLAGE LAMINE/CADRE	SILICONE	0.063 Kg	BS01_80G_PS_60
3	1	MISE A LA TERRE		0.057 Kg	CPC09
4	1	CADRE AVEC JOINT LG 988		0.540 Kg	CA02-54S10
5	1	CADRE SANS JOINT LG 1648	6063_T5	0.851 Kg	CA02-60S10
6	1	CADRE AVEC JOINT LG 1648	6063_T5	0.873 Kg	CA02-60S09
7	1	CADRE SANS JOINT LG 988		0.527 Kg	CA02-54S12
8	1	JOINT BI-DURETÉ 60/90 SH Lg 1000	EPDM	0.013 Kg	CPC55
9	1	JOINT BI-DURETÉ 60/90 SH Lg 1660	EPDM	0.021 Kg	CPC66
10	1	VIS ST Ø4.2x9.5	INOX	0.002 Kg	4-2X9-5

Figure 3 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques 54 cellules

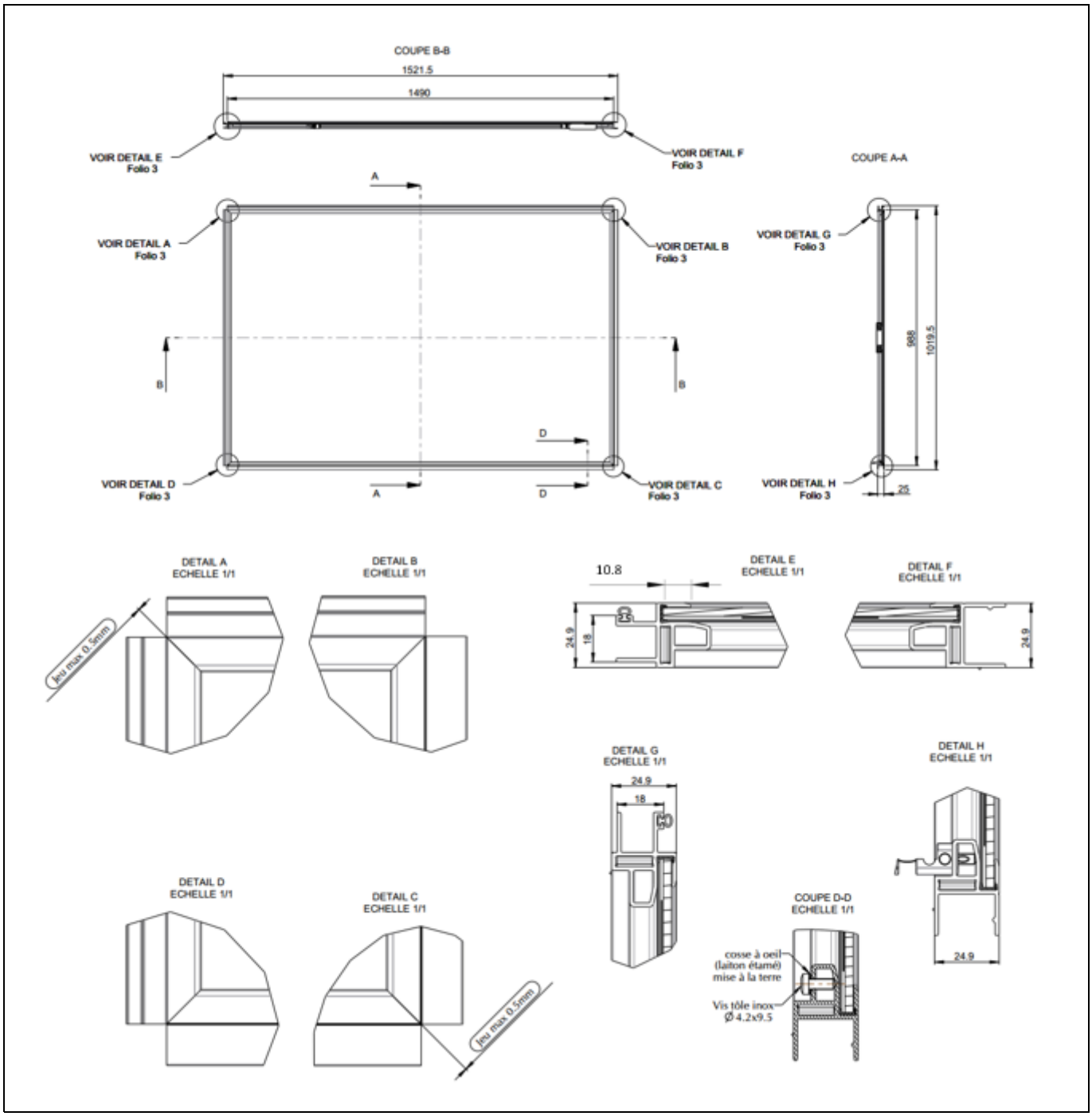


Figure 4 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques 60 cellules

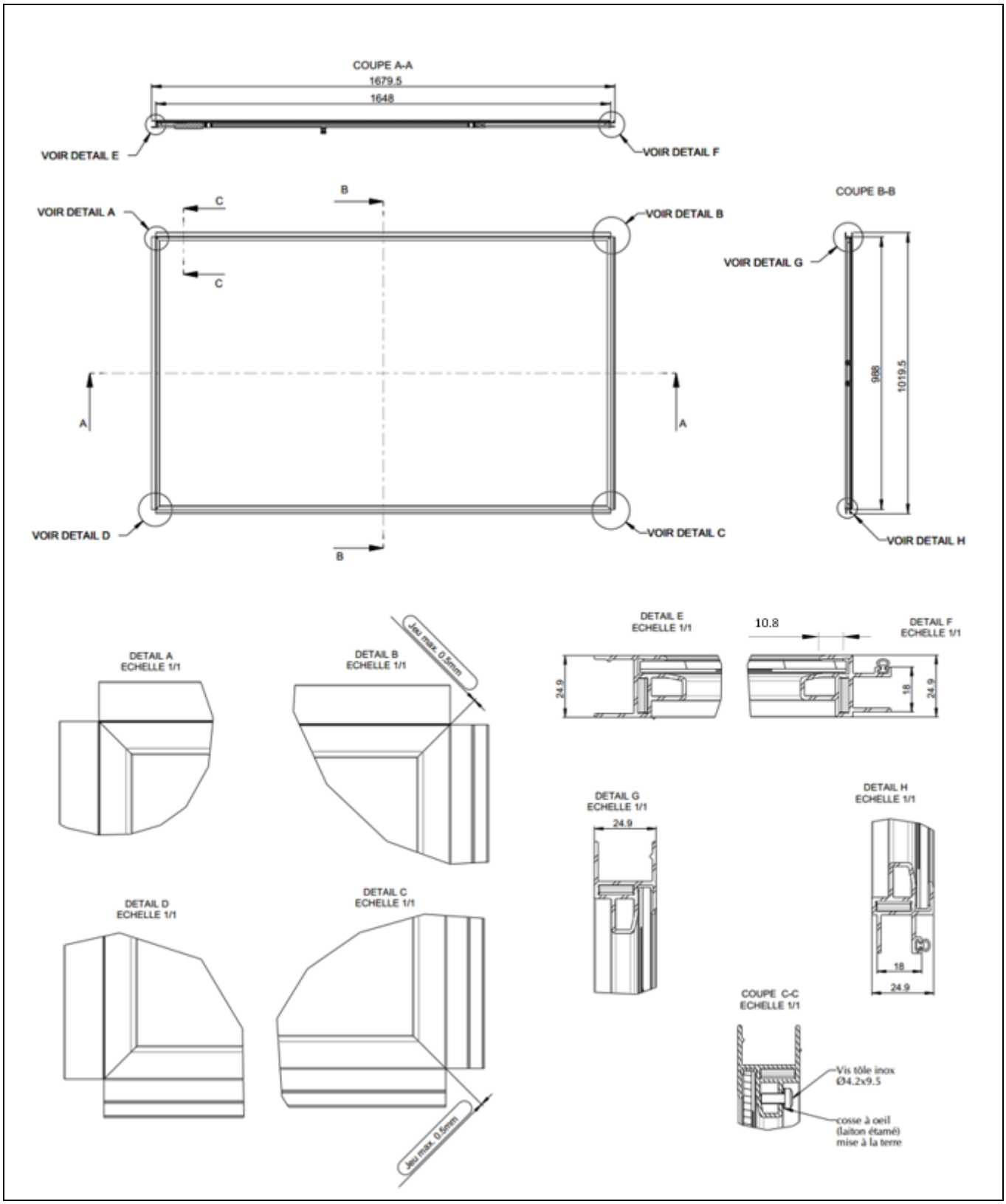
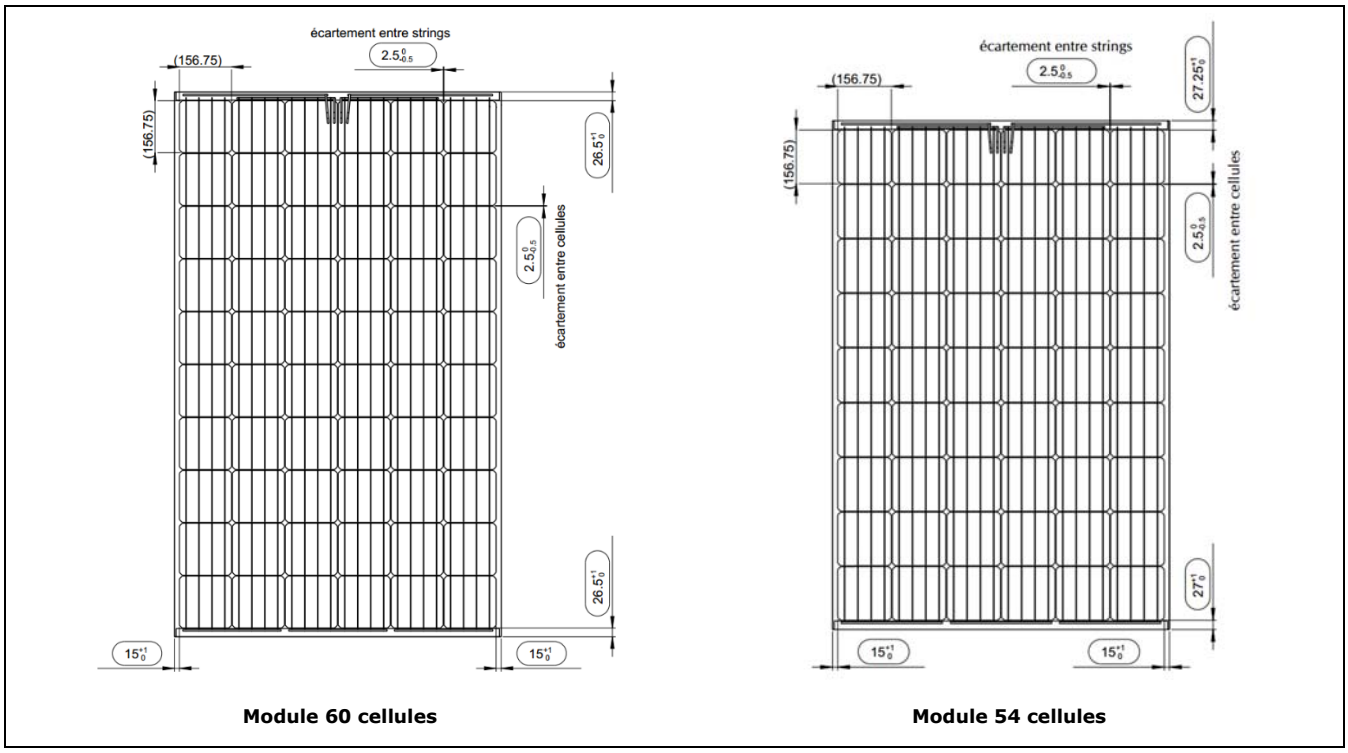
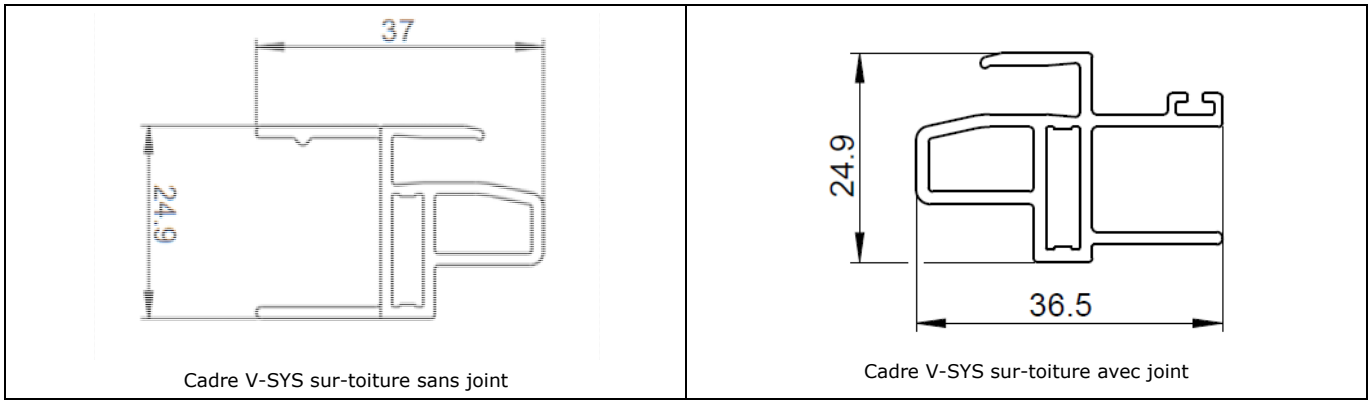


Figure 5 – Position des cellules photovoltaïques



Module 60 cellules **Module 54 cellules**

Figure 6 : Cadre des modules photovoltaïques

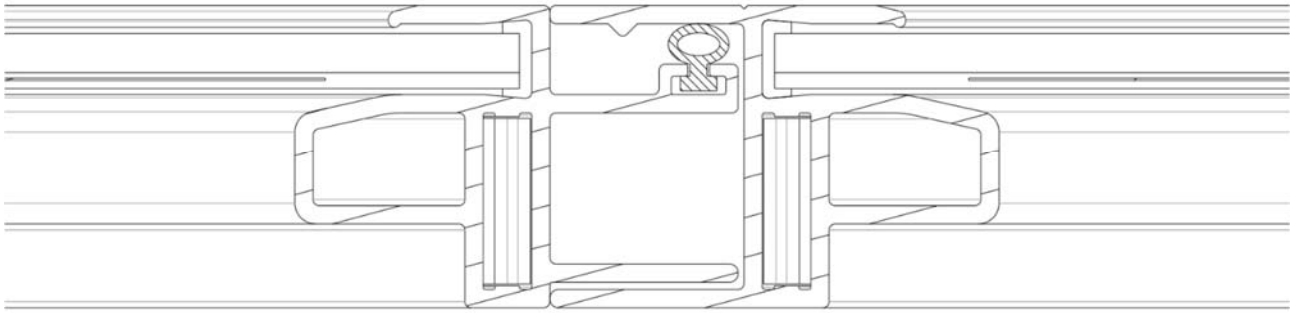


Cadre V-SYS sur-toiture sans joint

Cadre V-SYS sur-toiture avec joint

Figure 7 : Jonction entre modules

Jonction entre modules POww-xxx-Nyz



Jonction entre modules PAww-xxx-Nyz

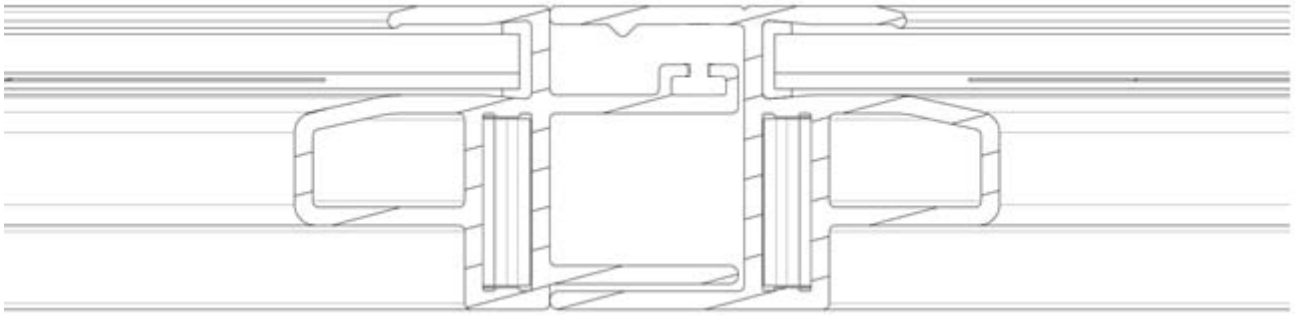
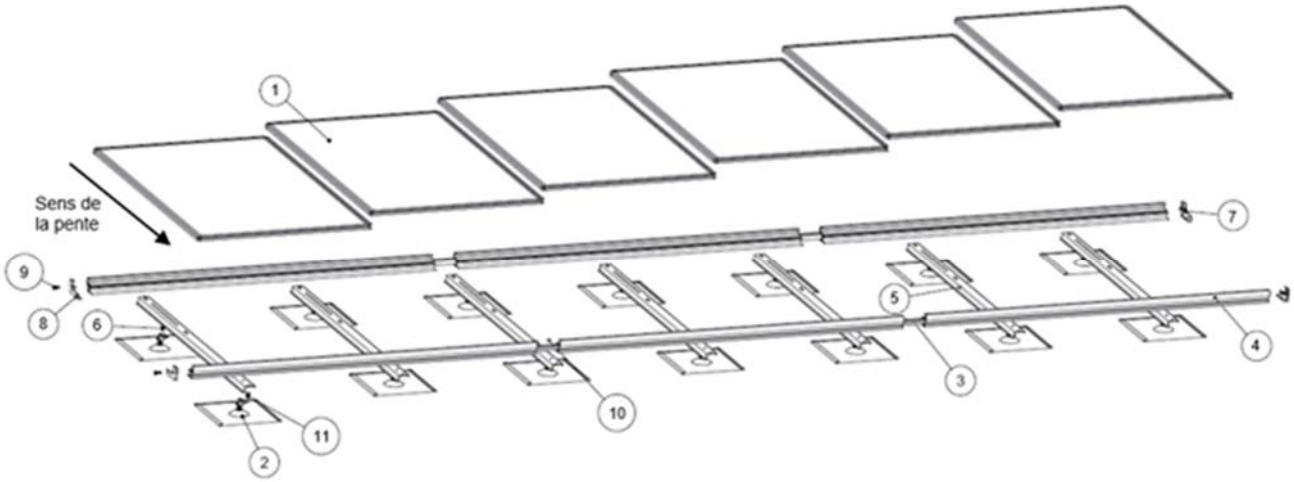
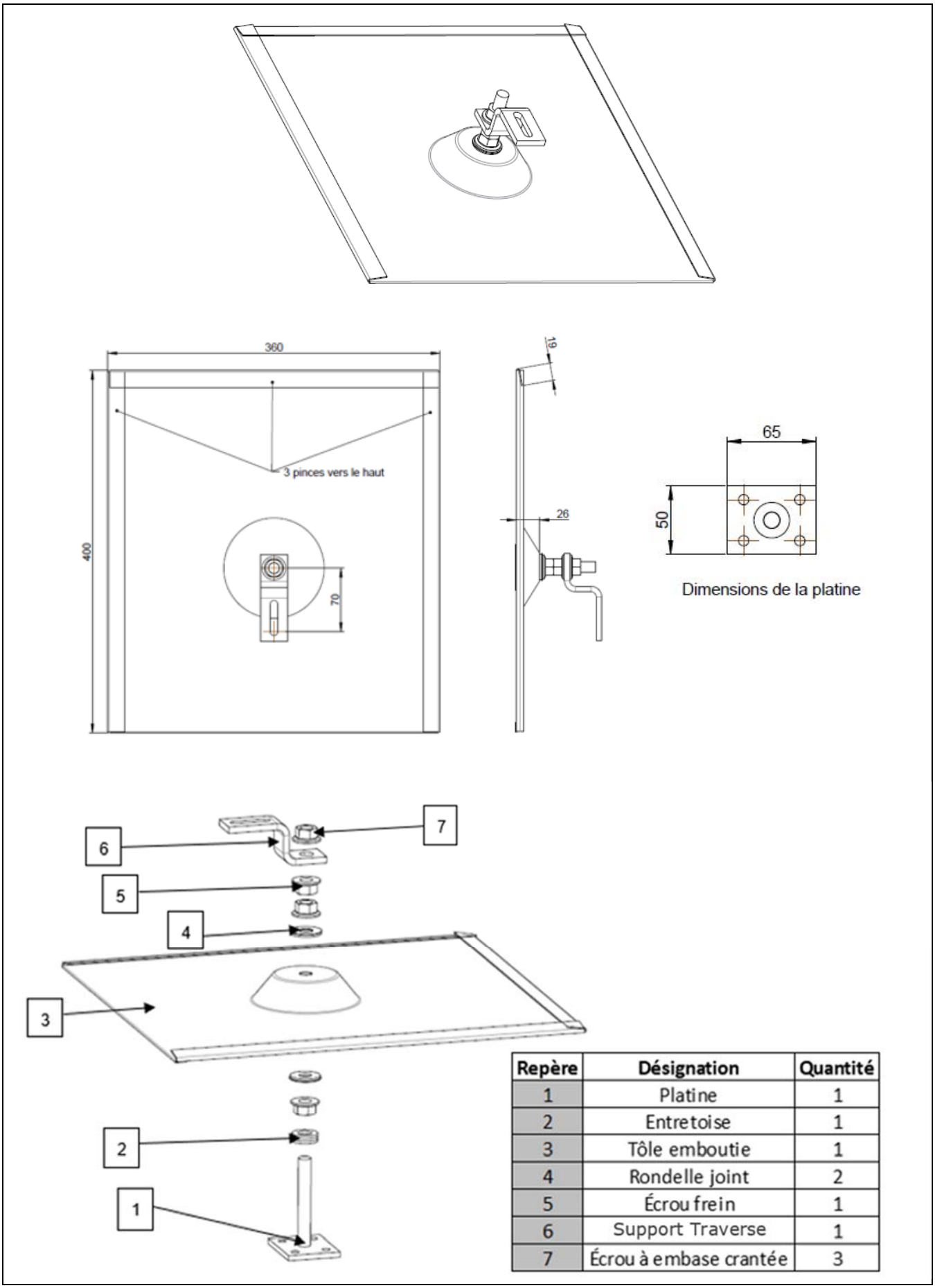


Figure 8 : Schéma éclaté du procédé



Repère	Désignation	Repère	Désignation
1	Module photovoltaïque	7	Bouchon de rail simple V1
2	Ensemble de fixation à la charpente	8	Bouchon de rail simple V2
3	Eclisse de rail	9	Vis de bouchon de rail
4	Rail simple	10	Vis de fixation éclisse/câble de terre
5	Traverse	11	Vis tête marteau
6	Vis tête H		

Figure 9 : ensemble de fixation à la charpente



Repère	Désignation	Quantité
1	Platine	1
2	Entretoise	1
3	Tôle emboutie	1
4	Rondelle joint	2
5	Écrou frein	1
6	Support Traverse	1
7	Écrou à embase crantée	3

Figure 10 : Patte de maintien de la tôle emboutie

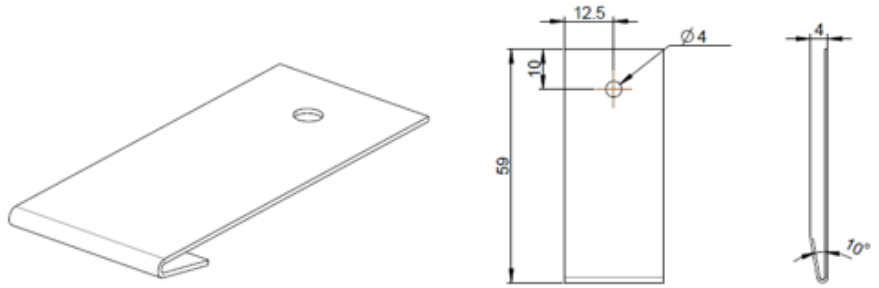
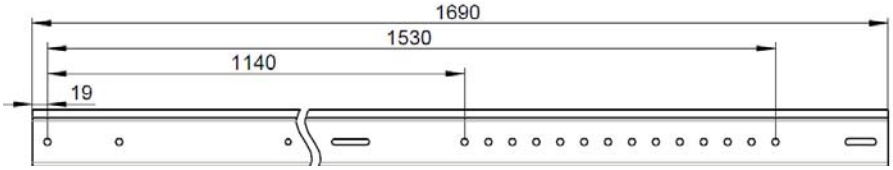
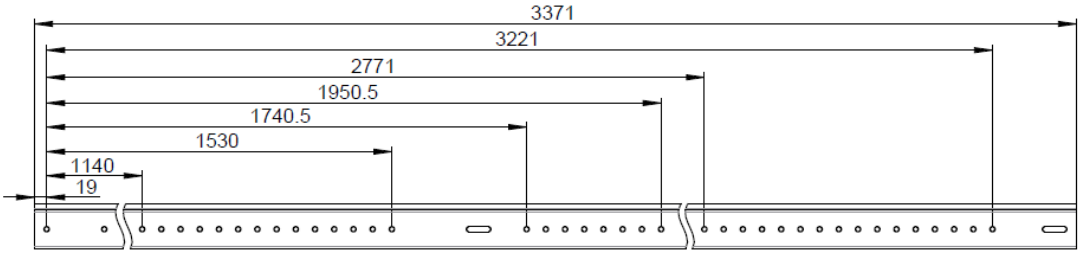


Figure 11 : Traverses

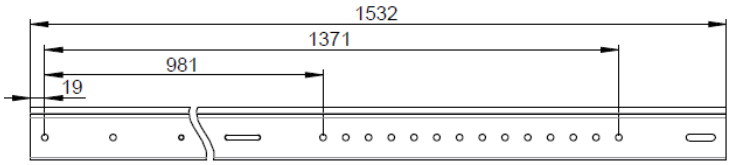
Traverse 1 ligne en configuration portrait 60 cellules



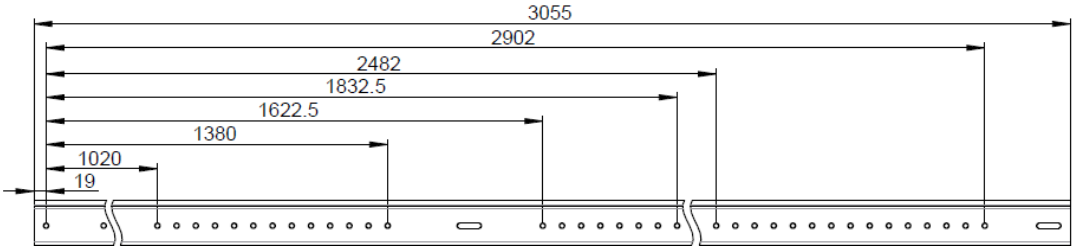
Traverse 2 lignes en configuration portrait 60 cellules



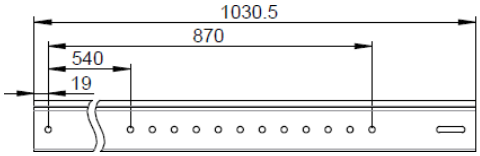
Traverse 1 ligne en configuration portrait 54 cellules



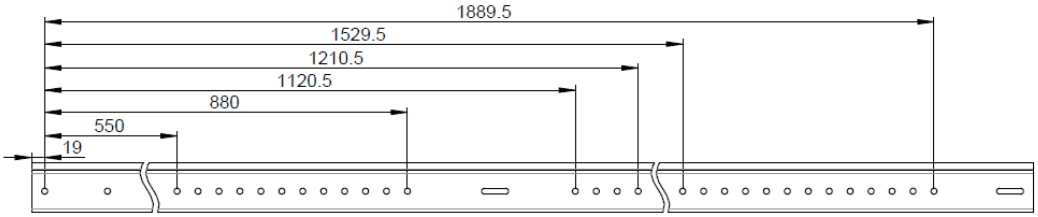
Traverse 2 lignes en configuration portrait 54 cellules



Traverse 1 ligne en configuration paysage 54 et 60 cellules



Traverse 2 lignes en configuration paysage 54 et 60 cellules



Profil des traverses

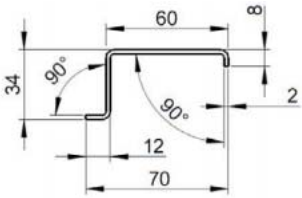


Figure 12 : Rails

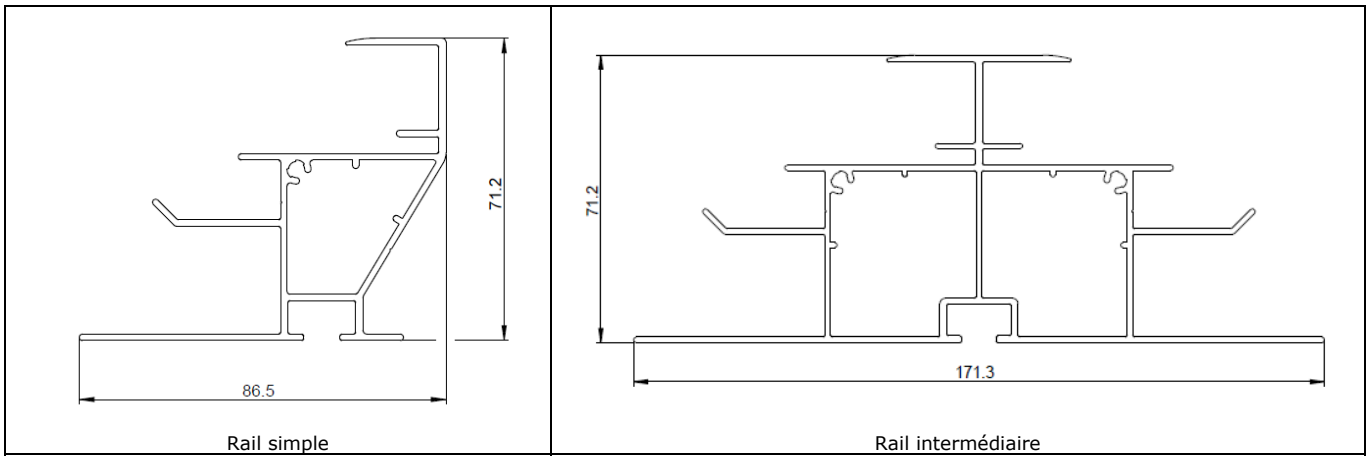


Figure 13 : Bouchon de rail simple à gauche et intermédiaire à droite

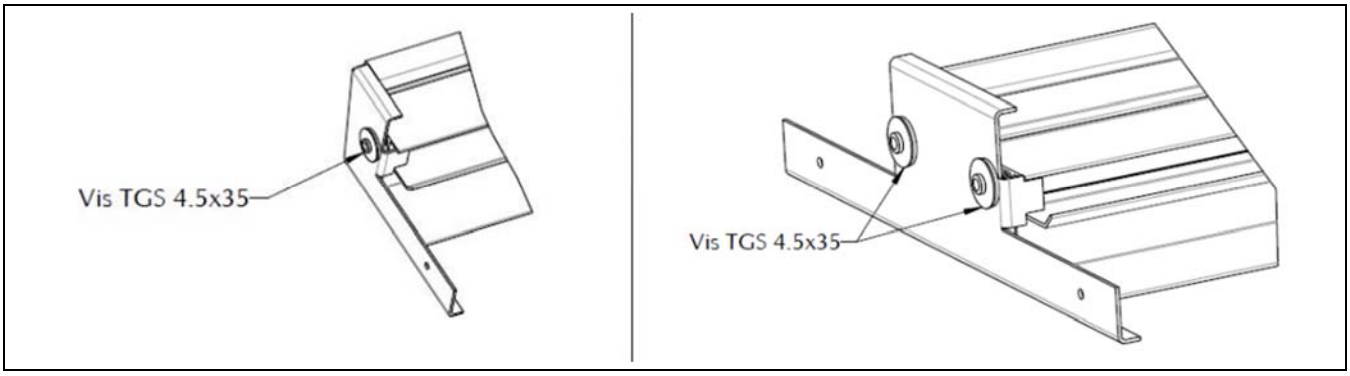


Figure 14 : Raccordement des rails par éclisses

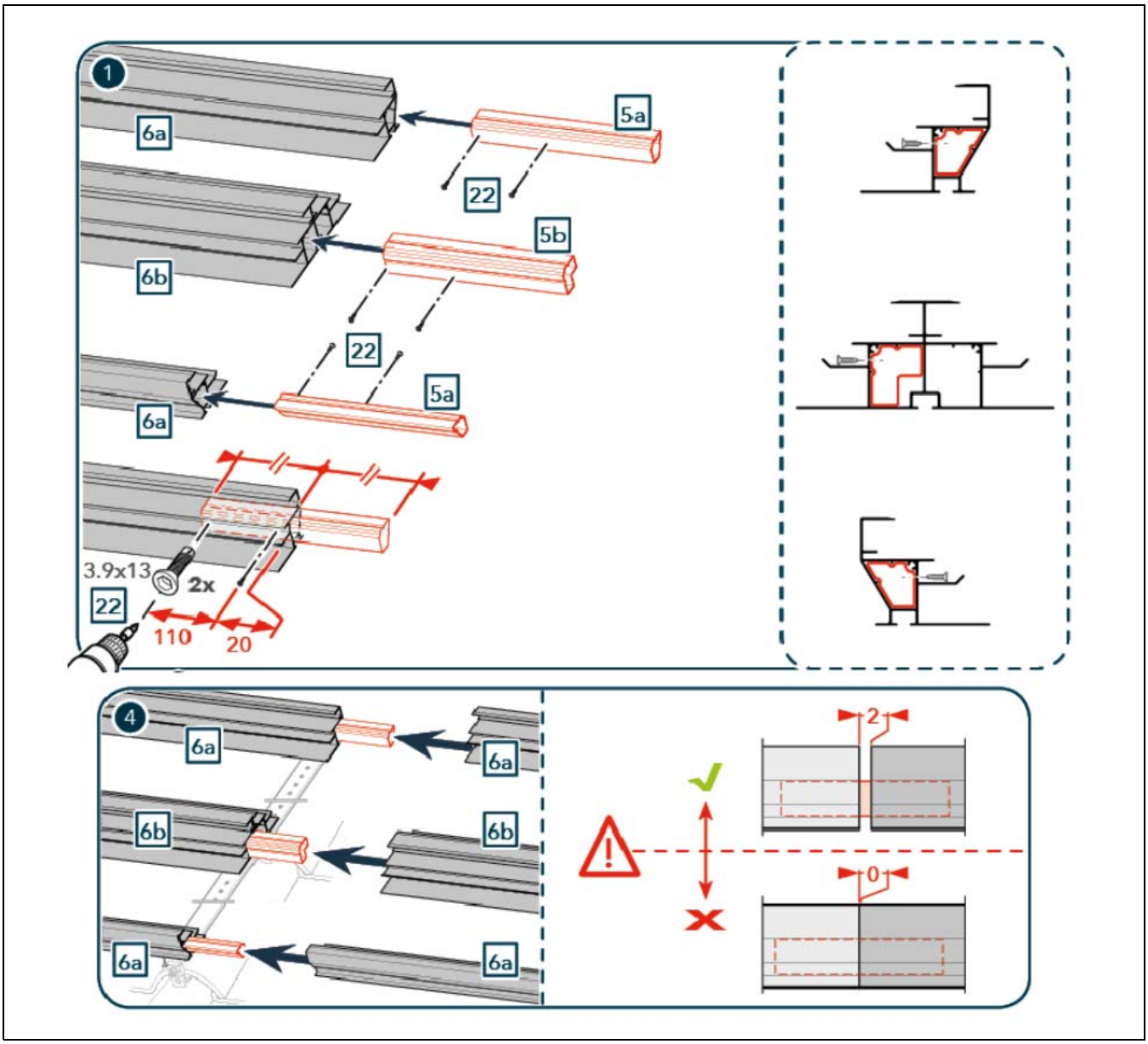


Figure 15 : Schéma de principe de câblage du procédé

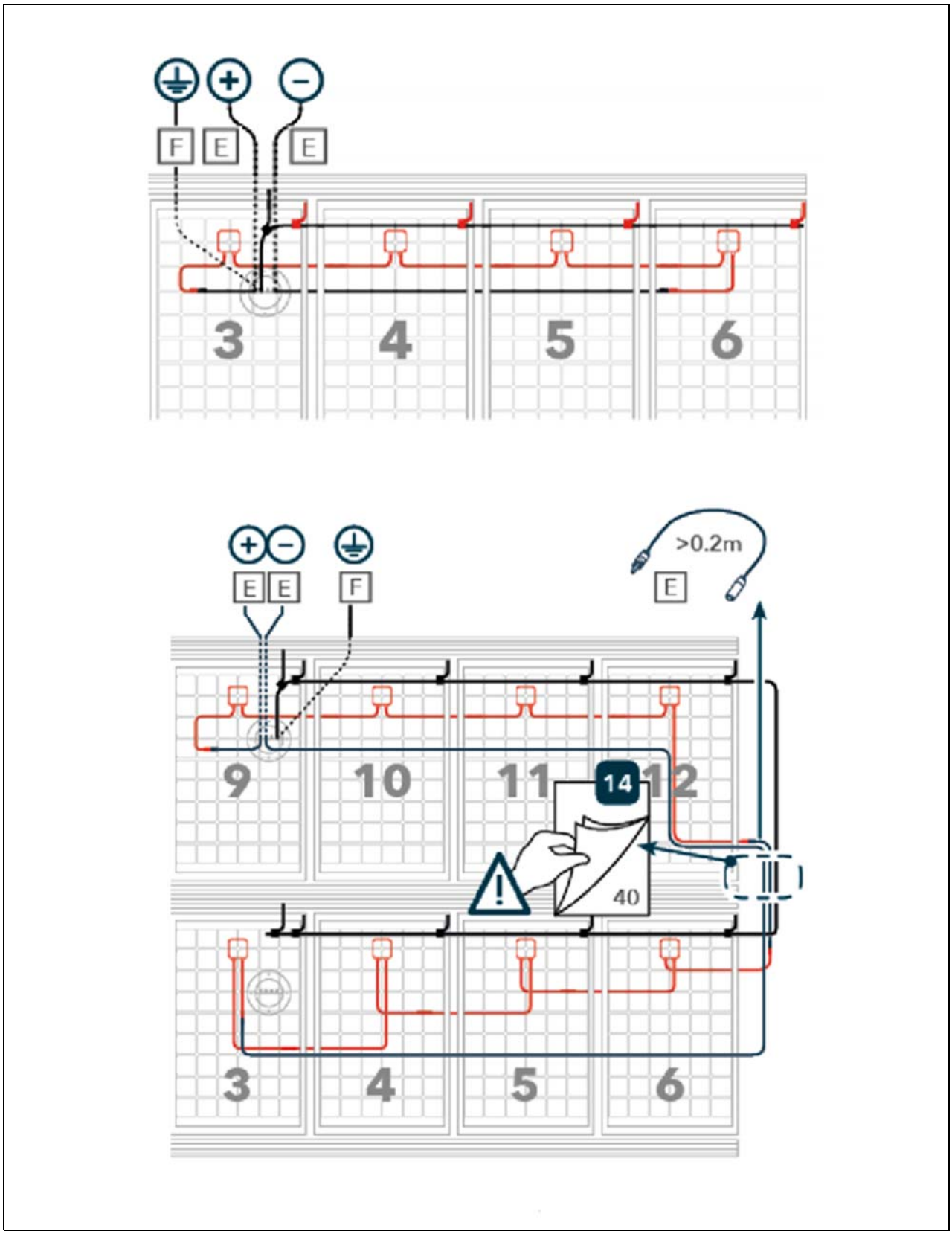


Figure 16 : Câble de liaison équipotentielle des modules

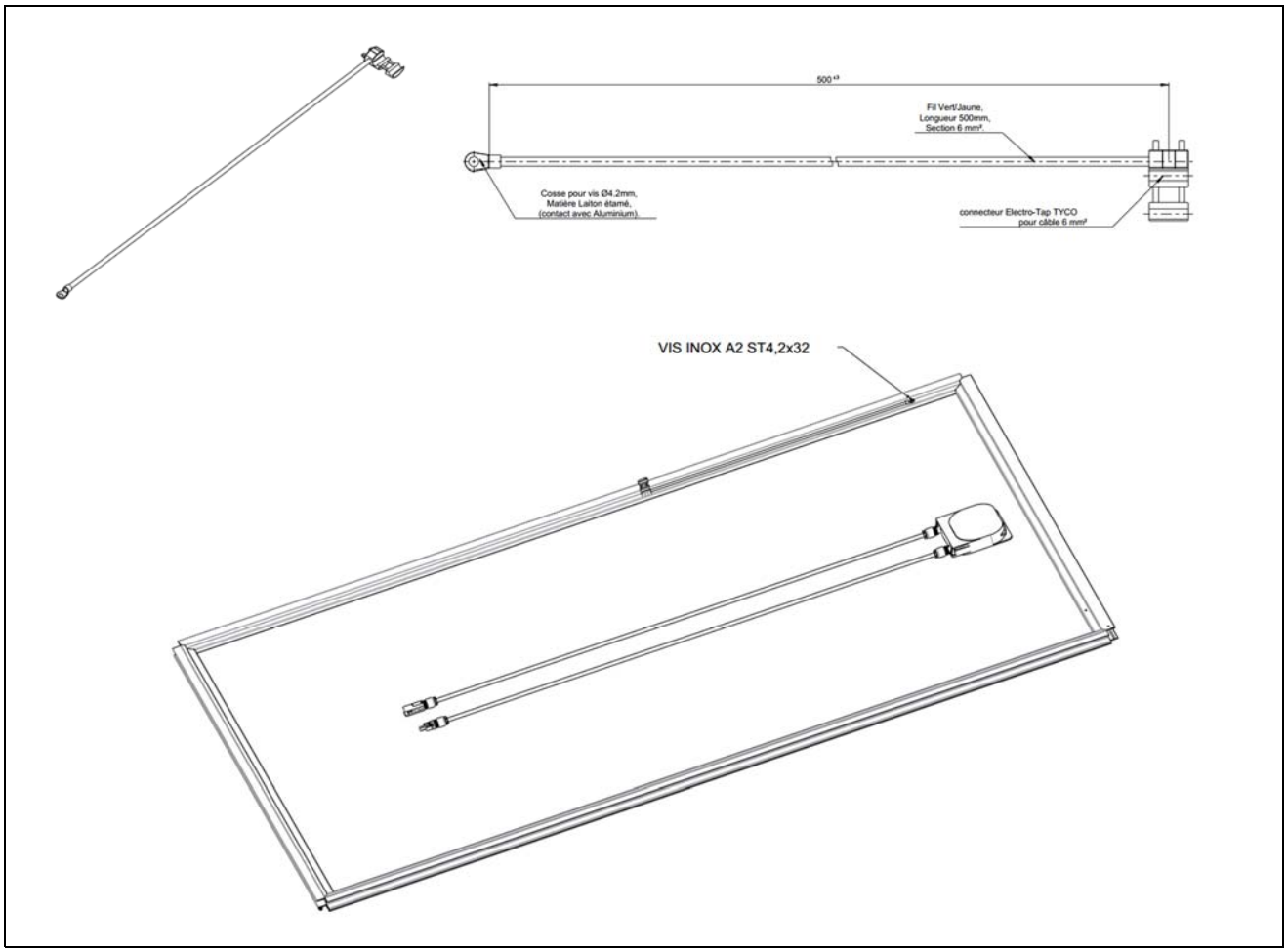


Figure 17 : Câble de liaison équipotentielle des rails

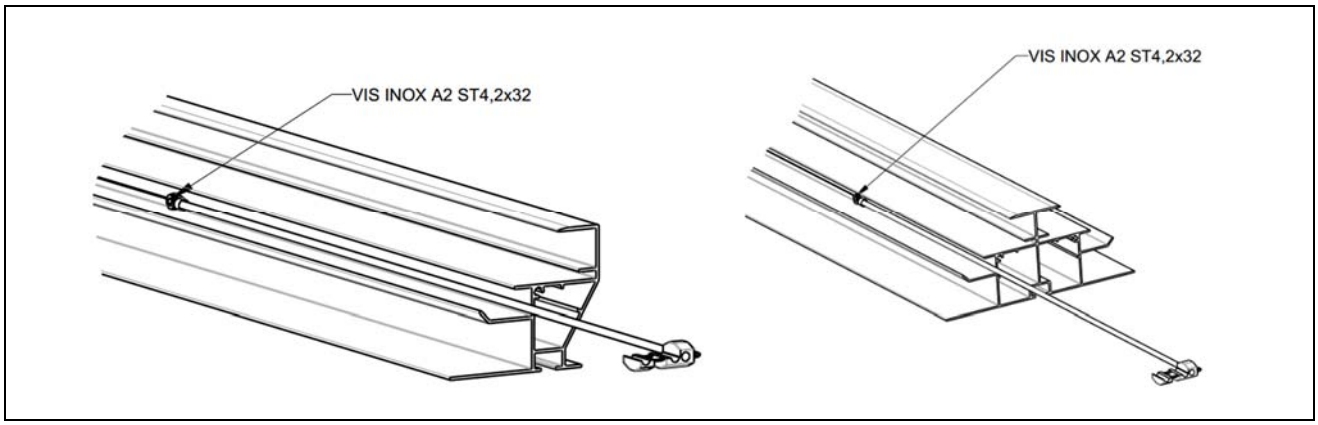


Figure 18 : Exemple de fixation d'un micro-onduleur

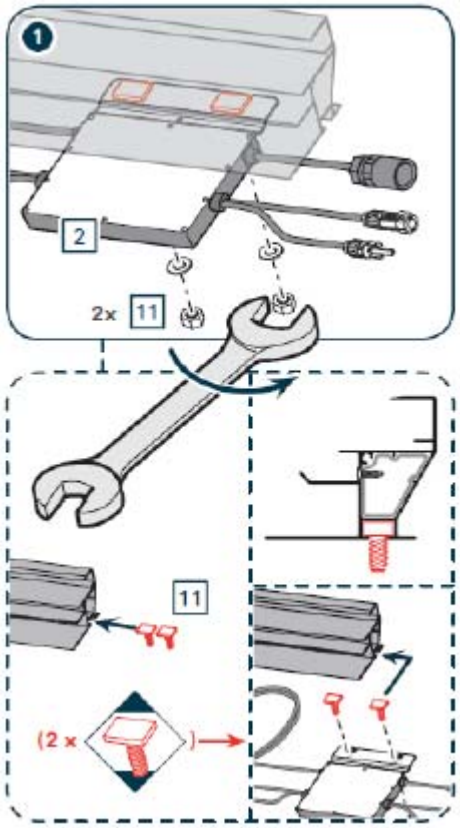
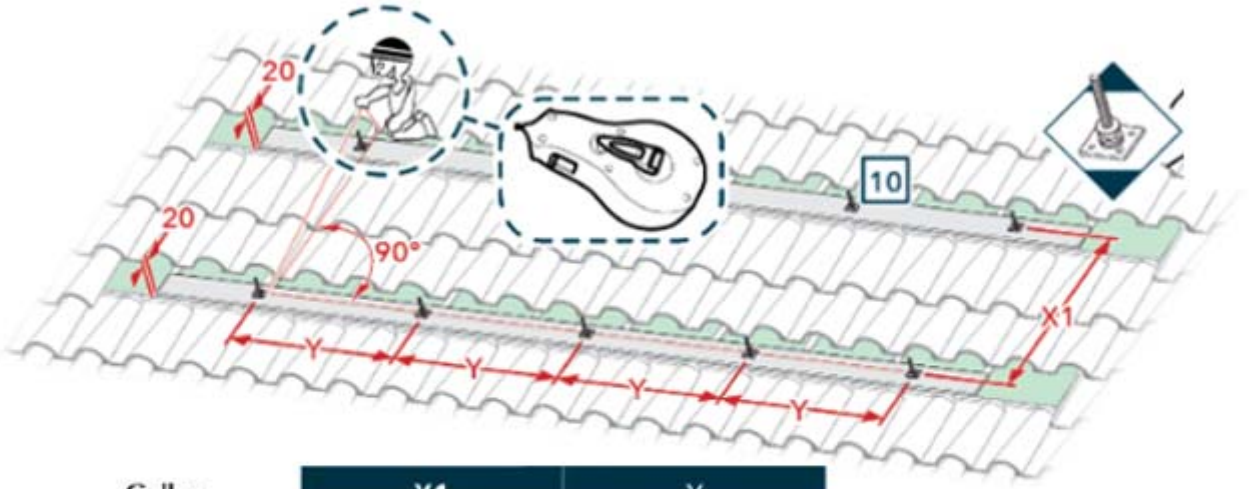
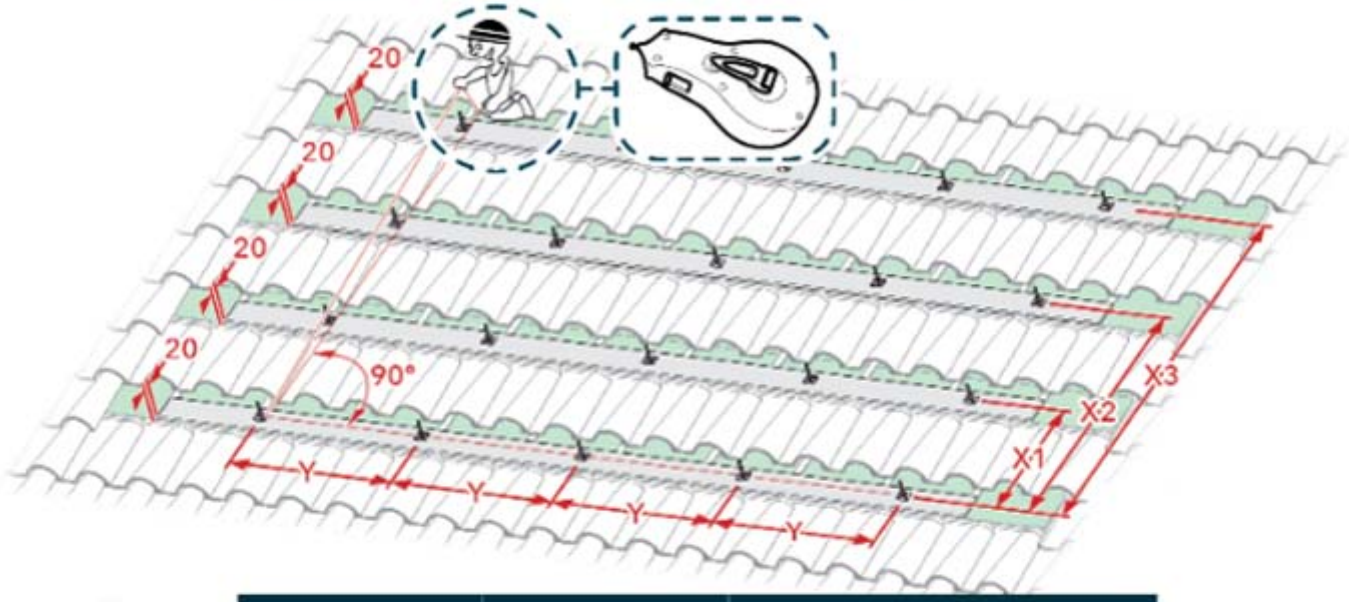


Figure 19 : Positionnement des ensembles de fixation à la charpente



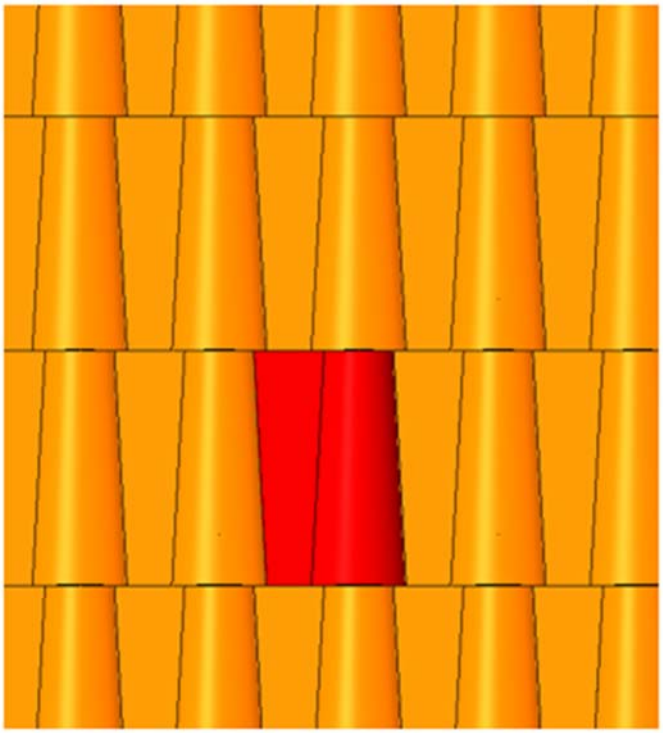
Cells :		X1	Y
54 60		980 ≤ X1 ≤ 1370 1140 ≤ X1 ≤ 1530	Y ≤ 1250
54 60		560 ≤ X1 ≤ 890	Y ≤ 1250



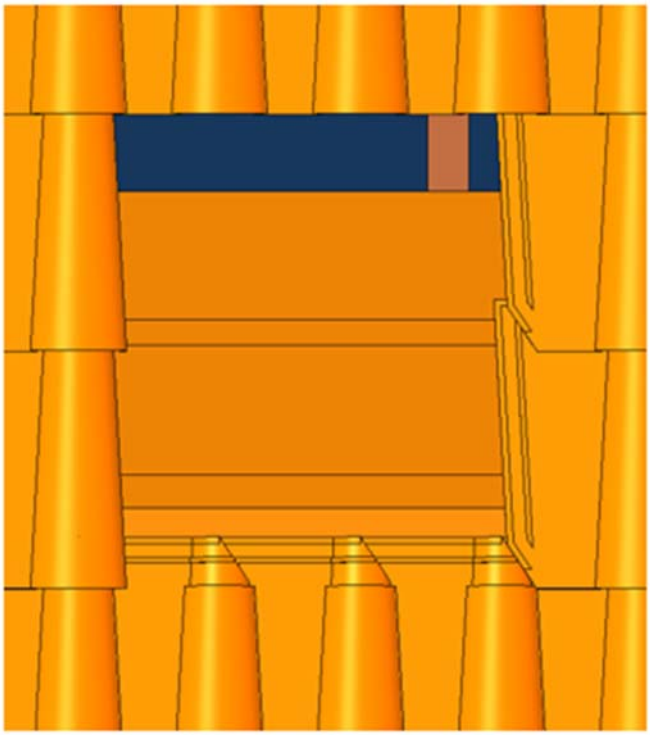
Cells :		X1	X2	X3	Y
54 60		990 ≤ X1 ≤ 1380 1140 ≤ X1 ≤ 1530	1620 ≤ X2 ≤ 1830 1740 ≤ X2 ≤ 1950	2480 ≤ X3 ≤ 2900 2771 ≤ X3 ≤ 3221	Y ≤ 1250
54 60		550 ≤ X1 ≤ 890	1120 ≤ X2 ≤ 1210	1530 ≤ X3 ≤ 1900	Y ≤ 1250

Figure 20 : Mise en œuvre des ensembles de fixation à la charpente

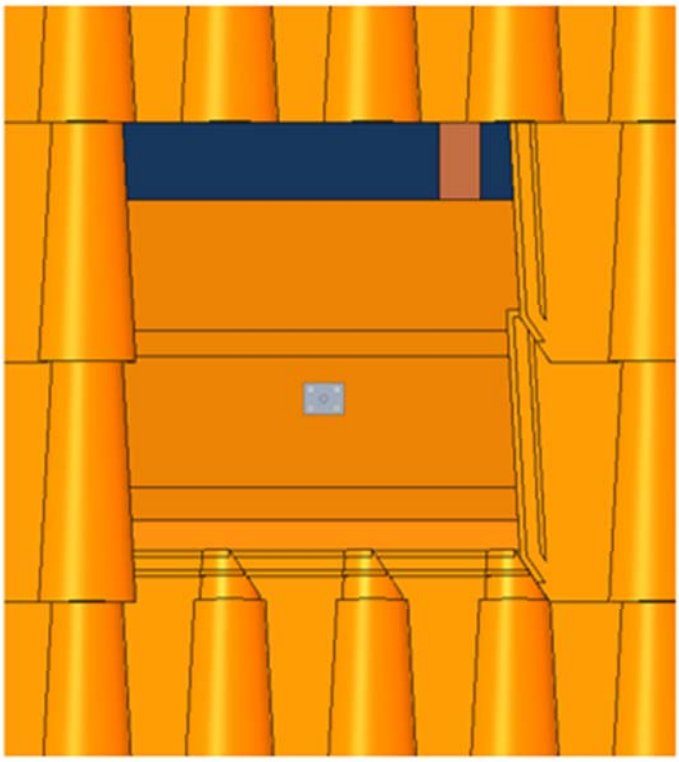
(1 / 3)



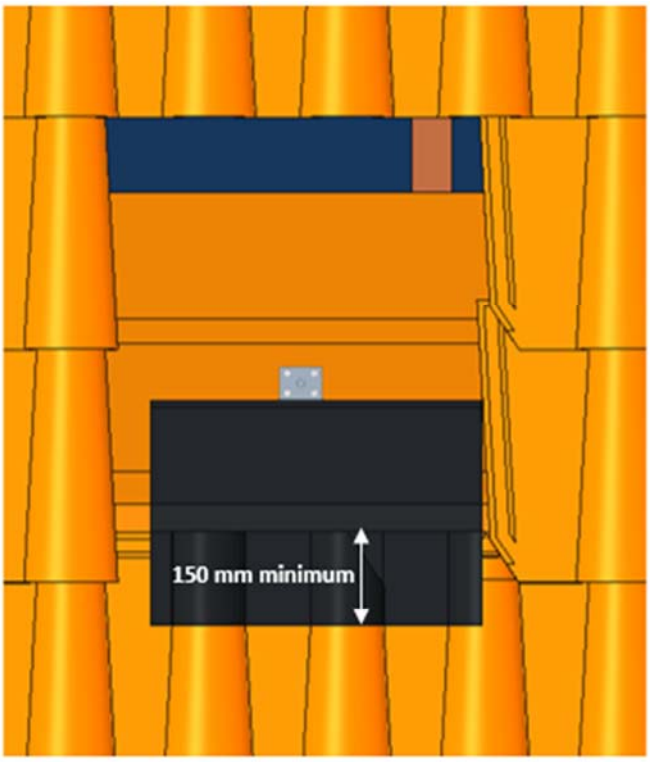
1 – Identification de la tuile à retirer (en rouge)



2 – Pose du voligeage support et de cale biseautée (ou lattage incliné)



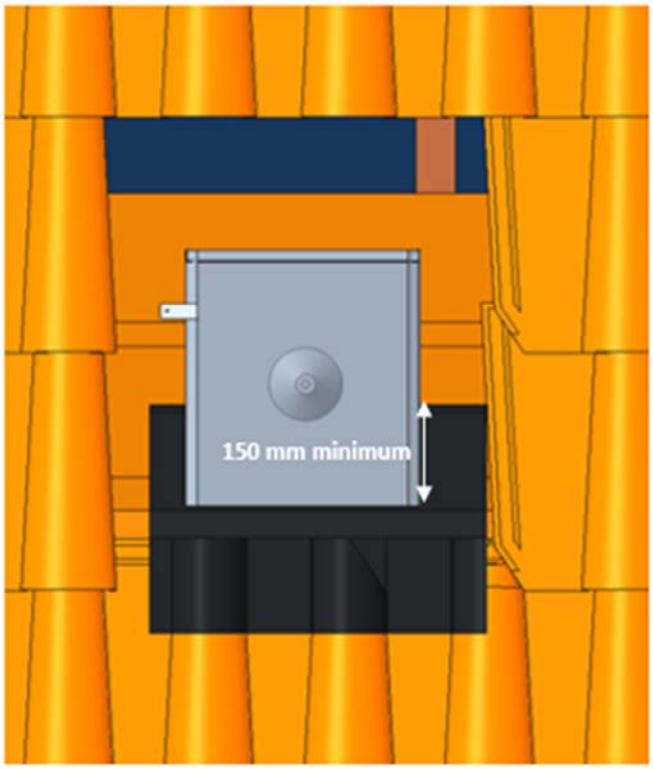
3 – Pose de la platine



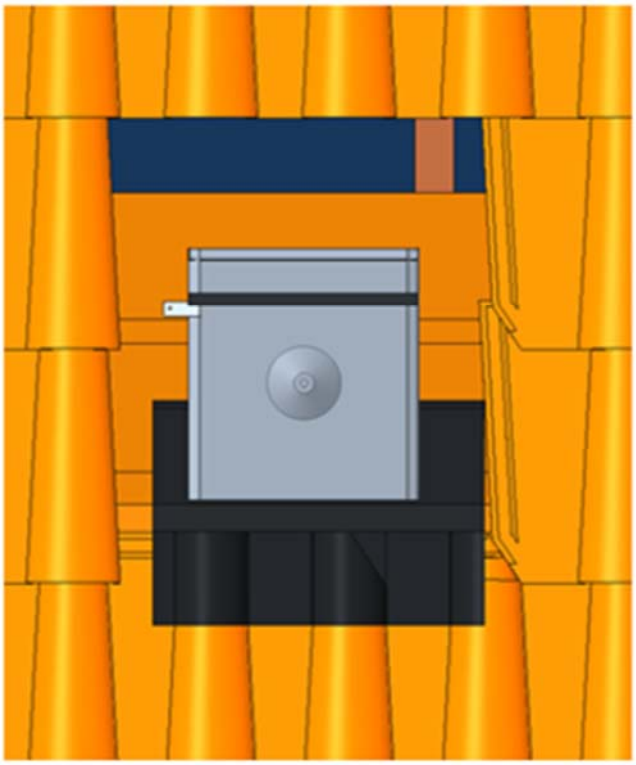
4 – Pose de la bande d'étanchéité

Figure 20 : Mise en œuvre des ensembles de fixation à la charpente

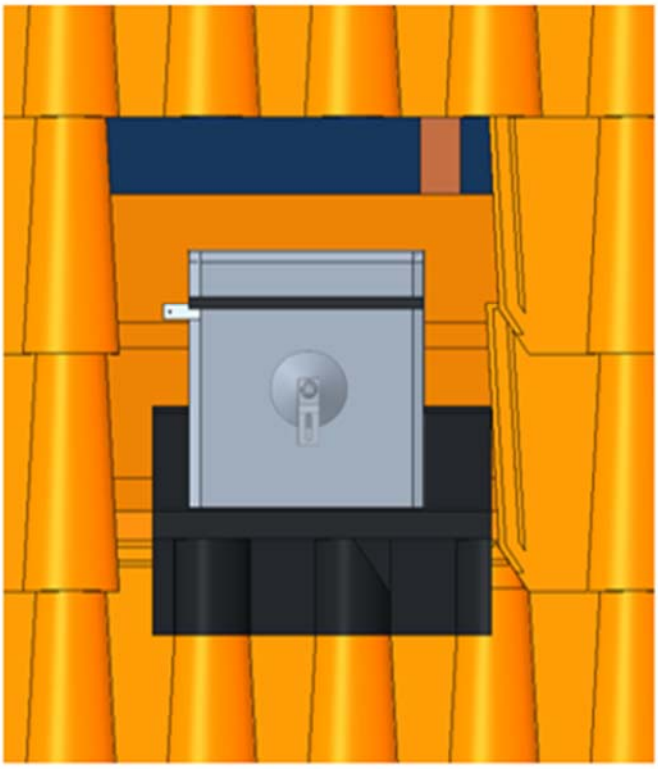
(2 / 3)



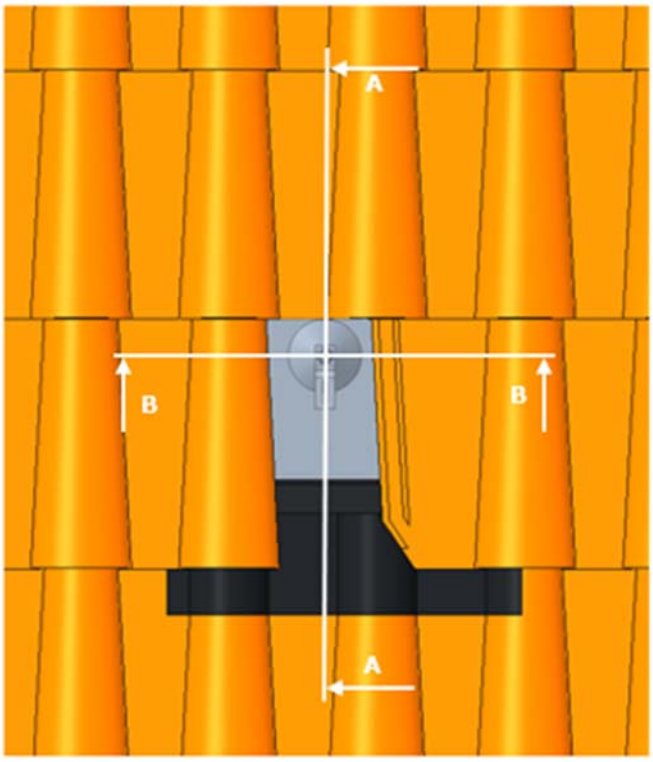
5 – Mise en place et bridage de la tôle emboutie



6 – Pose de la mousse en partie haute de la tôle emboutie



7 – Montage de tous les éléments le long de la tige filetée



8 – Remise en place des tuiles périphériques en vérifiant les recouvrements latéraux

Figure 20 : Mise en œuvre des ensembles de fixation à la charpente

(3/3)

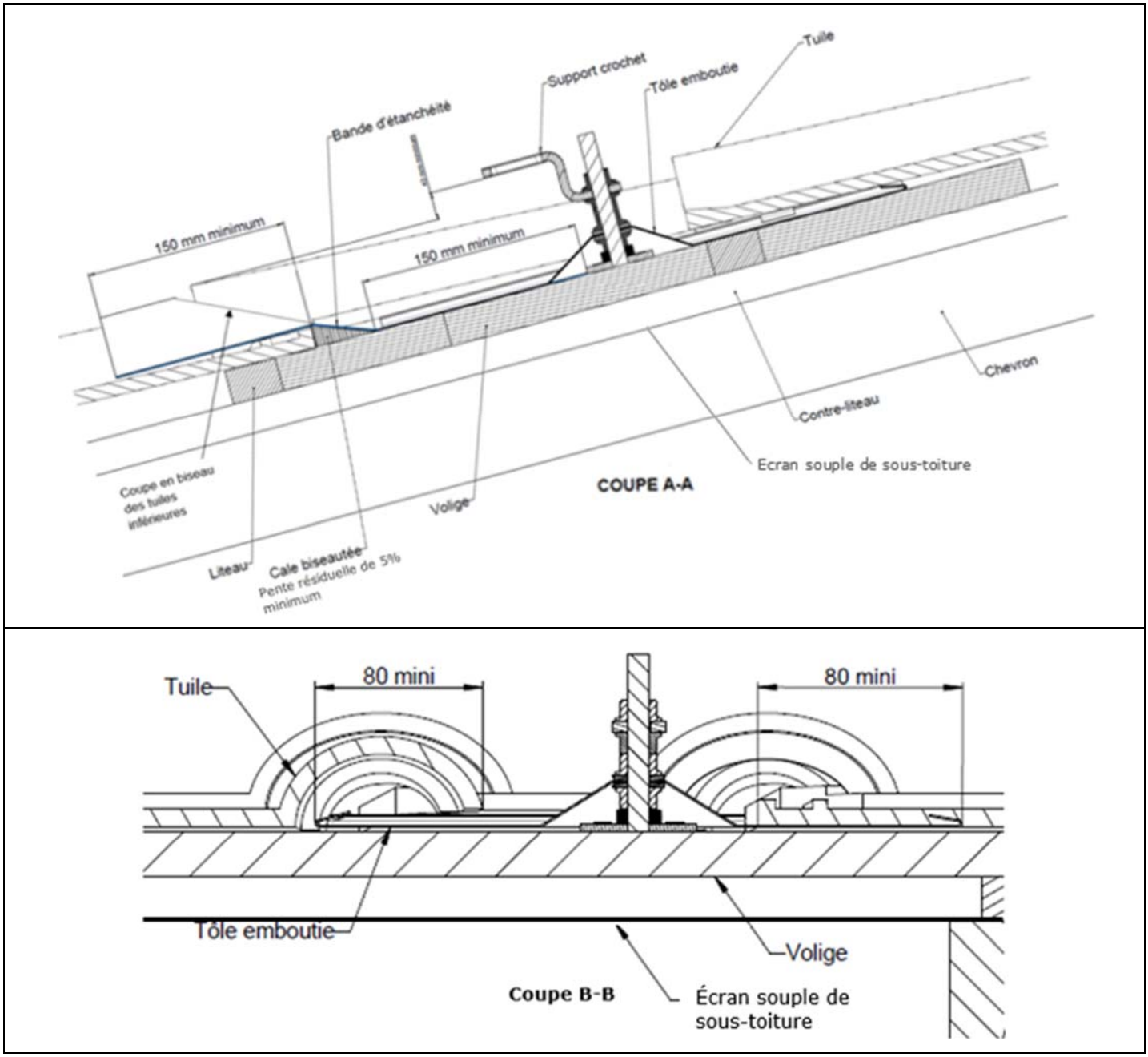


Figure 21 : Mise en œuvre de la mousse d'étanchéité haute

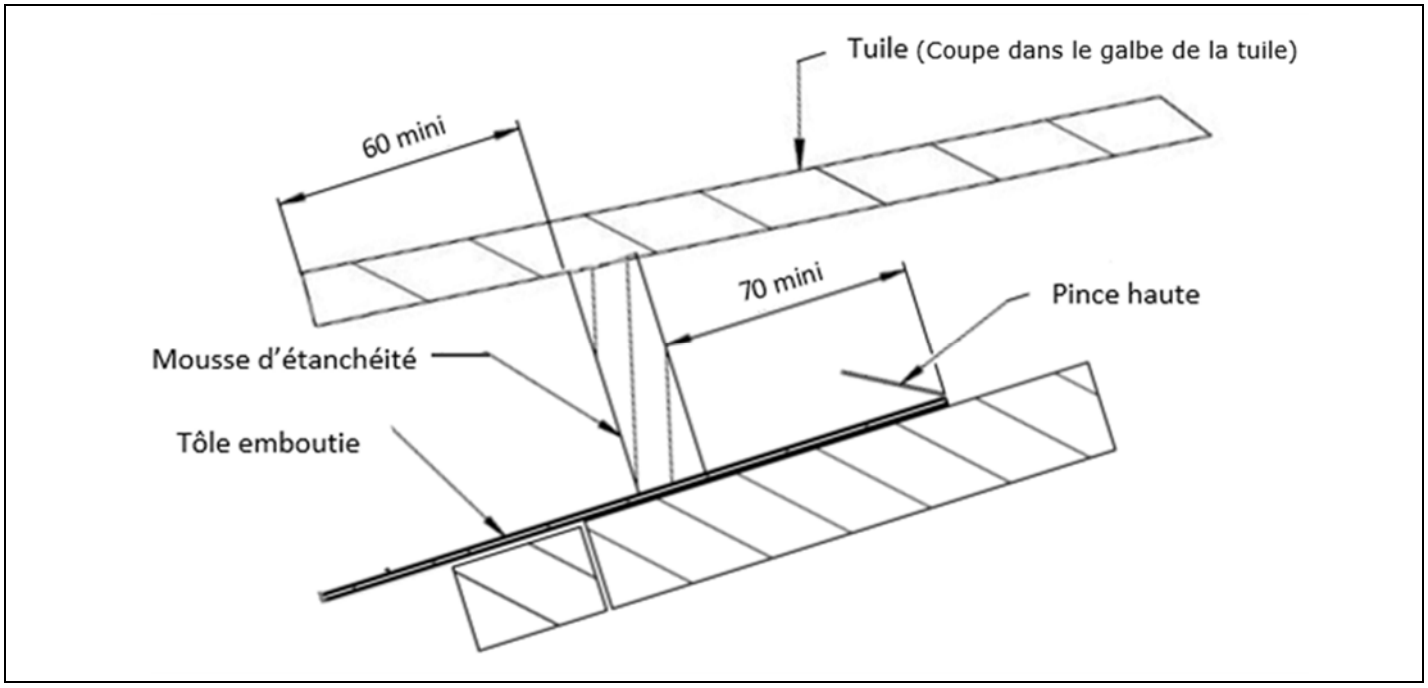


Figure 22 : Pose des traverses et du rail bas sur tuiles

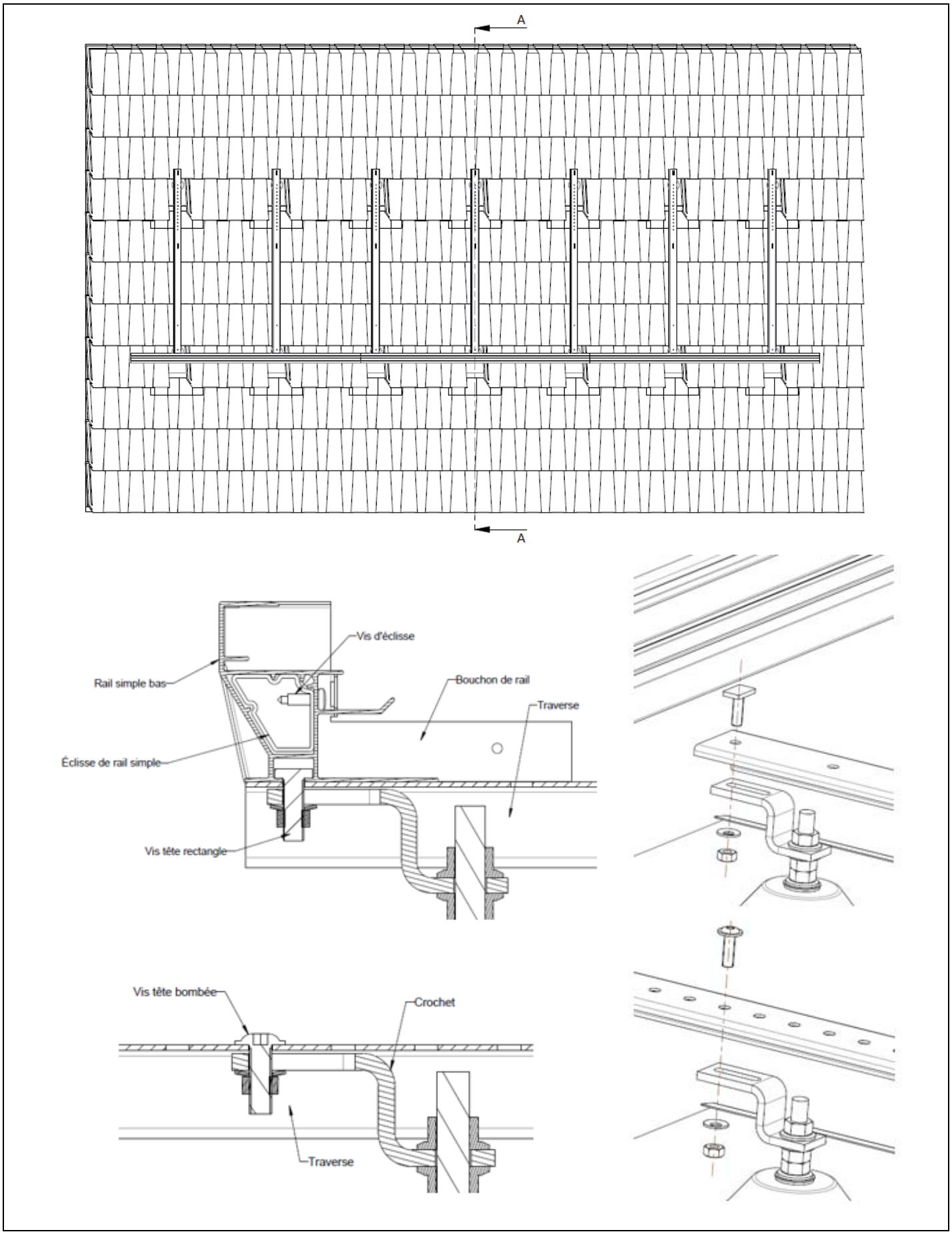
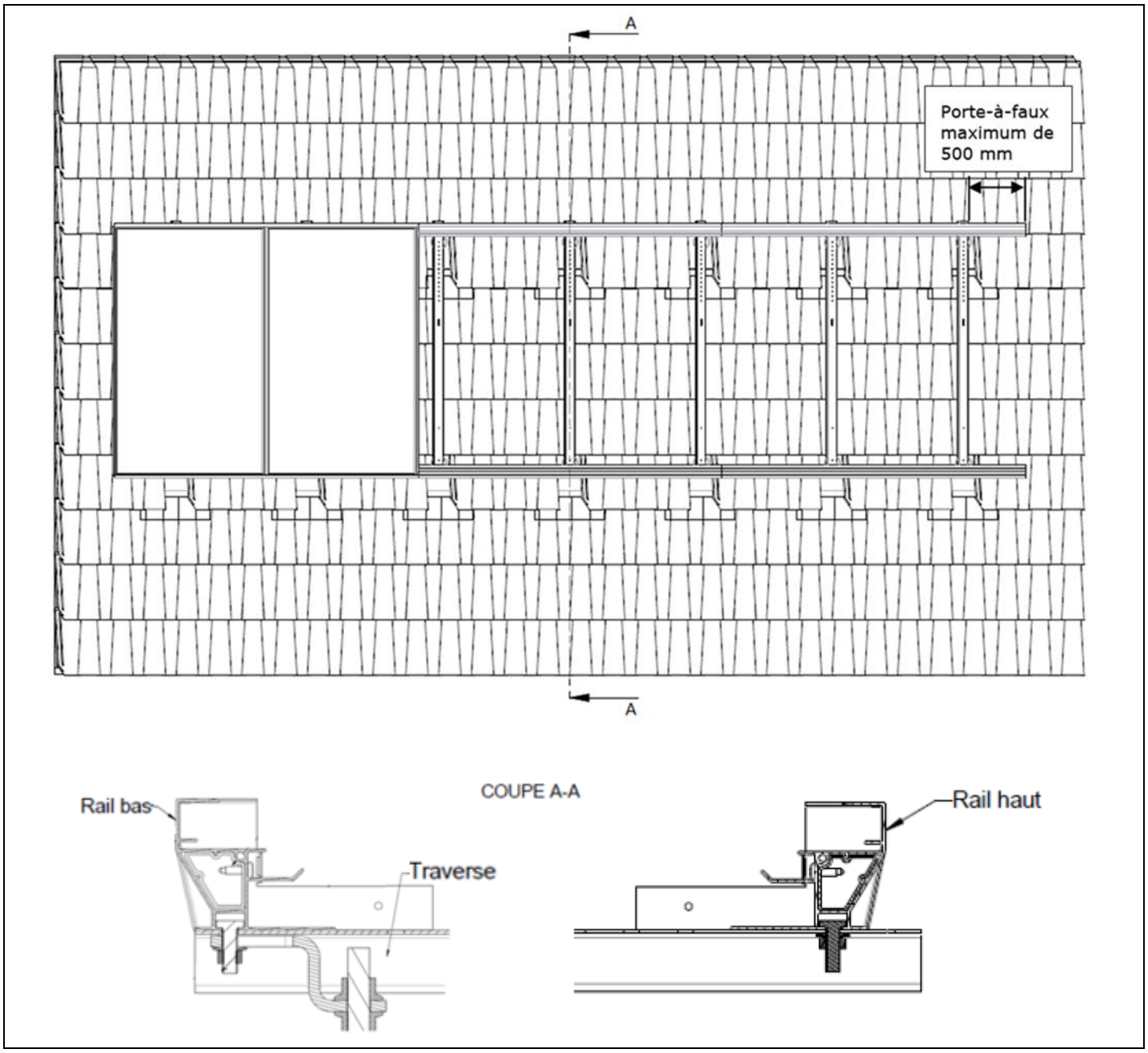



Figure 23 : Pose du rail haut et des modules sur tuiles