

Sur le procédé

SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises

Titulaire : Société **CETIH CARQUEFOU**

Internet : systovi.com

Descripteur :

avec modules :

PAww-xxx-Nyz (xxx de 300 à 330 Wc) de SYSTOVI

POww-xxx-Nyz (xxx de 300 à 330 Wc) de SYSTOVI

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle ou complète, sur charpentes bois avec liteaux, constituée d'ardoises clouées ou crochetées (*DTU 40.11 ou 40.13*).

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 300 et 330 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en modes "portrait" et "paysage".

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

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

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° 21/19-65_V1. Il s'agit d'une mise à jour éditoriale pour la modification de la dénomination commerciale qui passe de "Systo On Top" à "V-SYS sur-toiture ardoises".	David LE BELLAC	Franc RAFFALLI
V3	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/19-65_V2. Cette révision tient compte de l'ajout de modules photovoltaïques avec cellules de (158,75 x 158,75) mm et du retrait des modules 54 cellules et polycristallins.	David LE BELLAC	Franc RAFFALLI
V4	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/19-65_V3. Par décision du Groupe Spécialisé n° 21, ce procédé n'ayant pas fait l'objet de modifications de nature à mettre en cause l'appréciation dont il a fait l'objet, la validité de cet Avis Technique est prolongée jusqu'au 31 octobre 2023. La dénomination commerciale passe de V-SYS sur-toiture ardoises à SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises. Le nom du titulaire passe de SYSTOVI à CETIH CARQUEFOU.	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 produit.....	5
1.2.3.	Prescriptions Techniques	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	8
2.	Dossier Technique.....	9
2.1.	Données commerciales	9
2.1.1.	Coordonnées	9
2.2.	Présentation	9
2.3.	Domaine d'emploi	9
2.4.	Éléments constitutifs	10
2.4.1.	Module photovoltaïque	10
2.4.2.	Système de montage	11
2.5.	Autres éléments.....	13
2.5.1.	Cales en bois	13
2.5.2.	Visserie.....	13
2.5.3.	Câbles de liaison équipotentielle des masses.....	13
2.6.	Conditionnement, étiquetage, stockage	13
2.6.1.	Modules photovoltaïques	13
2.6.2.	Éléments du système de montage	13
2.6.3.	Kits 3 kWc.....	13
2.7.	Caractéristiques dimensionnelles.....	13
2.8.	Caractéristiques électriques.....	14
2.8.1.	Conformité à la norme NF EN 61215	14
2.8.2.	Sécurité électrique.....	14
2.8.3.	Performances électriques	14
2.9.	Fabrication et contrôles.....	15
2.9.1.	Cadre des modules	15
2.9.2.	Modules photovoltaïques	15
2.9.3.	Composants de la structure support.....	15
2.10.	Mise en œuvre.....	15
2.10.1.	Généralités	15
2.10.2.	Compétences des installateurs	15
2.10.3.	Sécurité des intervenants	16
2.10.4.	Spécifications électriques.....	16
2.10.5.	Mise en œuvre en toiture.....	16
2.11.	Formation	18
2.12.	Assistance technique	18
2.13.	Utilisation, entretien et réparation	19
2.13.1.	Généralités	19
2.13.2.	Maintenance du champ photovoltaïque.....	19
2.13.3.	Maintenance électrique.....	19

2.13.4.	Remplacement d'un module	19
2.14.	Résultats expérimentaux.....	19
2.15.	Références	19
2.15.1.	Données Environnementales et sanitaires	19
2.15.2.	Autres références	20
2.16.	Annexes du Dossier Technique.....	21
3.	Annexes graphiques	22

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 20 janvier 2021, le procédé SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises, 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 ou complète, sur charpentes bois avec liteaux, constituée d'ardoises clouées ou crochetées (DTU 40.11 ou 40.13).

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 300 et 330 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en modes "portrait" et "paysage".

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 produit

1.2.2.1. Conformité normative des modules

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

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/A1:2012/A11:2014, jusqu'à une tension maximum de 1 000 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 300 Wc et 330 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 15 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.

Risques de condensation

Le procédé n'aggrave pas les risques de condensation par rapport aux couvertures traditionnelles en ardoises (*cf. DTU 40.11 et 40.13*).

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 40.11 ou 40.13.

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 modules solaires thermiques et photovoltaïques ».

Attention, le procédé "SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises" 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 SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises 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 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. Tableau 1) et moyennant un entretien conforme aux indications portées 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. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par SYSTOVI selon le § 1.2.3.2.3 (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 charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations et de la toiture afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

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 devra 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 62446-1:2017.

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.

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.

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.

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.

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

Le Groupe Spécialisé 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 ce guide.

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaire :

Société CETIH CARQUEFOU

14 avenue Syrma

FR – 44470 CARQUEFOU CEDEX

Tél. : +33 (0)2 40 92 44 20

Email : m.benabdelkarim@systovi.com

Internet : www.systovi.com

2.2. Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle ou complète, sur charpentes bois avec liteaux, constituée d'ardoises clouées ou crochetées (DTU 40.11 ou 40.13).

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 300 et 330 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en modes "portrait" et "paysage".

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,
 - exclusivement sur charpente bois (*chevrons avec liteaux*) au-dessus d'ardoises uniquement en pose à "pureau entier".
 - Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU 40.11 ou 40.13 (*notamment pour la pente, la longueur de rampant*).
 - uniquement par température extérieure positive.
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
 - un entraxe maximum entre chevrons de 500 mm,
 - une épaisseur minimale des liteaux de 15 mm,
 - une largeur minimale des chevrons de 40 mm,
 - un entraxe maximum entre liteaux de 500 mm,
 - une seule pente, imposée par la toiture, comprise entre 45 % et 200 % (24 ° et 63 °).
- 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 toiture complète ou en toiture partielle,
 - 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 "SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises" 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 (cf. 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. Module photovoltaïque

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 se décline également en fonction de la puissance crête du module ("*xxx*" allant de 300 à 330 Wc, 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 liaison équipotentielle des masses qui sera posé par l'installateur (cf. Figure 1 et Figure 2). Ces modules se déclinent en plusieurs versions (*cellules de taille 156,75 x 156,75 mm ou 158,75 x 158,75 mm*) 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 : $0,35 \pm 0,05$ 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	
Dimensions	156,75 $\pm$ 0,5 mm x 156,75 $\pm$ 0,5 mm	158,75 $\pm$ 0,5 mm x 158,75 $\pm$ 0,5 mm

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

- distance minimale entre cellules : $2,5_{0+0,5}$ mm,
- distance minimale au bord horizontalement : 16_{0+1} mm pour les modules en cellules 156,75 x 156,75 et $15,5_{0+1}$ mm pour les modules 158,75 x 158,75 mm,
- distance minimale au bord verticalement : $26,5_{0+1}$ mm pour les modules en cellules 156,75 x 156,75 et $24,5_{0+1}$ mm pour les modules 158,75 x 158,75 mm.

2.4.1.3. Intercalaire encapsulant

Résine à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage. Épaisseur : $0,46 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$.

2.4.1.4. Vitrage

- Nature : verre extra clair imprimé et trempé selon la norme EN 12150,
- Épaisseur : $(3,2 \pm 0,2)$ mm,
- Dimensions cellules 156,75 x 156,75 mm : $(1\ 643 \pm 0,5 \times 983 \pm 0,5)$ mm,
- Dimensions cellules 158,75 x 158,75 mm : $(1\ 659 \pm 0,5 \times 996 \pm 0,5)$ mm.

2.4.1.5. Constituants électriques

2.4.1.5.1. Boîte de connexion

Une boîte de connexion IP67 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 et possède les caractéristiques suivantes :

- Dimensions hors tout de la boîte de jonction : $(95 \times 98 \times 20)$ mm
- Classe II de sécurité électrique,
- Indice de protection : IP67,
- Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités,
- Courant maximal admissible (*intensité assignée*) : 13 A,
- Certificat TÜV SÜD n° B 88393 018 selon la norme IEC 62790:2014,
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.

Trois diodes bypass sont implantées dans chaque boîte de connexion des modules. Chacune de ces diodes protègent une série de 20 cellules.

2.4.1.5.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques PV1-F1 de 1 m chacun dont la section est de 4 mm² du fabricant Ningbo GZX. 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,
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 40 A.
- Tension assignée : 1 000 V,
- 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, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque Ningbo GZX et de type PV-GZX0601-1, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1 000 V,
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 30 A,
- Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
- Résistance de contact : 0,5 mΩ,
- Certificat TÜV SÜD N° B 088393 0019 Rev. 01 selon la norme IEC 62852:2014.

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

2.4.1.5.4. Connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Chaque module photovoltaïque doit être équipé d'un câble de liaison équipotentielle des masses (jaune/vert) de section 6 mm² et de longueur 500 mm. 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 (*cf. Figure 16*). Le câble de liaison équipotentielle des masses 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 liaison équipotentielle des masses est posé soit en usine sur les modules POWw-xxx-Nyz, soit par l'installateur sur les modules PAww-xxx-Nyz.

Les câbles liaison équipotentielle des masses 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 (*cf. Figure 15*).

2.4.1.6. Cadre du module photovoltaïque

Ce cadre est composé de 4 profils (*cf. Figure 6*) en aluminium EN AW-6063 T5 anodisés noir (*épaisseur 15 µm ou 20 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 étanche entre deux modules (*cf. Figure 7*).

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

$$I_I = 0,990 \text{ cm}^4 \quad I_{II} = 1,733 \text{ cm}^4$$

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

$$I_I = 1,374 \text{ cm}^4 \quad I_{II} = 1,611 \text{ cm}^4$$

L'anodisation est réalisée sous le label QUALANOD.

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 :

- Crochet de fixation des traverses,
- Traverse,
- Rail simple,
- Rail intermédiaire.

2.4.2.1.1. Crochet de fixation des traverses

Se référer à la Figure 9 : crochets pour couvertures en ardoises : ils sont en acier inoxydable 1.4307 d'épaisseur 6 mm. Ces crochets sont fixés aux chevrons par deux vis à bois Ø5.

Quantités :

- installation sur 1 ligne : 1 paire de crochets par module + 1 paire supplémentaire,
- installation sur 2 lignes : 1 quadruplet de crochets 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 crochets par des vis en acier inoxydable A2 de diamètre 8 mm et de longueur 25 mm (cf. Figure 10 et Figure 11). Il existe huit longueurs de traverses correspondant aux montages "portrait" ou "paysage", une ou deux lignes avec des modules en cellules 156,75 x 156,75 mm ou 158,75 x 158,75 mm. Les moments quadratiques de la traverse suivant les axes principaux sont :

$$I_I = 1,493 \text{ cm}^4 \quad I_{II} = 10,938 \text{ cm}^4$$

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 de crochets.

2.4.2.1.3. Rail simple ou intermédiaire

Ces profilés d'épaisseur 1,5 mm, en aluminium EN AW-6063 T5 anodisé noir (*épaisseur 15 µm ou 20 µm*), 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 : 1,018 m, 1,681 m, 2,037 m et 3,363 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 (cf. Figure 14).

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.
 $I_I = 9,935 \text{ cm}^4 \quad I_{II} = 37,294 \text{ cm}^4$
- rails intermédiaires : ils sont posés en partie intermédiaire dans le cas des installations sur 2 rangées.
 $I_I = 43,468 \text{ cm}^4 \quad I_{II} = 116,985 \text{ cm}^4$

2.4.2.1.4. Accessoires

Bouchons de rail

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

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 (cf. 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 crochets ardoise et est collée sur chantier sur chaque crochet, sur la partie en contact avec la traverse.

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 crochets.
- 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 liaison équipotentielle des masses sur les rails.

2.4.2.3. Composition des kits en toiture

Le logiciel de calepinage Systotoit permet de configurer chaque kit en fonction de la toiture.

Les kits peuvent s'étendre comme suit :

- Une ligne « portrait » : de 2 à 12 colonnes,
- Deux lignes « portrait » : de 2 à 12 colonnes,
- Une ligne « paysage » : de 2 à 8 colonnes,
- Deux lignes « paysage » : de 2 à 8 colonnes.

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 en bois

Les cales, placées entre les crochets et les chevrons, 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 40 mm et leur hauteur est identique à celle des liteaux sans descendre en dessous de 15 mm.

2.5.2. Visserie

Vis à bois à tête fraisée pour fixer des cales sur les chevrons, ou des crochets sur les chevrons en acier zingué bichromaté $\geq 8 \mu\text{m}$, de diamètre minimum 5 mm et de longueur minimum 60 mm, ayant une résistance caractéristique $P_k \geq 200 \text{ daN}$ pour un ancrage minimum de 40 mm dans le bois.

2.5.3. Câbles de liaison équipotentielle des masses

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 "PAww250Nyz" ou 10 modules "PAww300Nyz". 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 60 cellules 156,75 x 156,75 mm	Module 60 cellules 158,75 x 158,75 mm
Dimensions hors tout (mm)	1 679 x 1 019 x 25	1 695,5 x 1 032,5 x 25
Dimensions du module sans cadre (mm)	1 643 x 983 x 4,5	1 659 x 996 x 4,5
Surface hors tout (m ²)	1,71	1,75
Masse (kg)	19	19,5
Masse spécifique (kg/m ²)	11,1	11,1

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

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques (N le nombre de modules par ligne)				
-	Modules 60 cellules 156,75 x 156,75 mm		Modules 60 cellules 158,75 x 158,75 mm	
Configuration	Portrait	Paysage	Portrait	Paysage
Largeur du champ (mm)	1 004 x N	1 664 x N	1 017 x N	1 680 x N
Longueur du champ dans le sens du rampant (mm)	1 Ligne : 1 683 2 Lignes : 3 364	1 Ligne : 1 023 2 Lignes : 2 044	1 Ligne : 1 699,5 2 Lignes : 3 397	1 Ligne : 1 036,5 2 Lignes : 2 071

2.8. Caractéristiques électriques

2.8.1. Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "PAww-xxx-Nyz" et "POww-xxx-Nyz" ("xxx" allant de 300 à 330 Wc, par pas successifs de 5 Wc) ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

2.8.2. Sécurité électrique

Les modules cadrés "PAww-xxx-Nyz" et "POww-xxx-Nyz" ont été certifiés conformes à la classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730, 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 300 Wc à 330 Wc par pas de 5 Wc.

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

Modules 60 cellules 156,75 x 156,75 mm 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 158,75 x 158,75 mm monocristallines "PAww-xxx-Nyz" et "POww-xxx-Nyz"							
P_{mpp} (W)	300	305	310	315	320	325	330
U_{co} (V)	39,60	39,96	40,44	40,56	40,98	41,16	41,43
U_{mpp} (V)	31,92	32,26	32,72	32,83	33,29	33,52	33,86
I_{cc} (A)	10,01	10,04	10,07	10,08	10,14	10,17	10,22
I_{mpp} (A)	9,44	9,48	9,55	9,56	9,64	9,67	9,72
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,39						
αT (U_{co}) [%/K]	-0,30						
αT (I_{cc}) [%/K]	0,06						
Courant inverse maximum (A)	15						

Avec :

P_{mpp} : Puissance au point de Puissance Maximum.

U_{co} : Tension en circuit ouvert.

U_{mpp} : Tension nominale au point de Puissance Maximum.

I_{cc} : Courant de court-circuit.

I_{mpp} : Courant nominal au point de Puissance Maximum.

αT (P_{mpp}) : Coefficient de température pour la Puissance Maximum.

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

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

2.9. Fabrication et contrôles

2.9.1. Cadre des modules

Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés 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).

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

- Contrôle visuel et de la continuité électrique des chaînes de cellules.
- Contrôle visuel de l'espace entre les chaînes de cellules.
- Contrôle de la soudure des chaînes 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 ± 3 %. 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 crochets*) 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 barre et la dernière issue de la filière sont contrôlées sur toutes les côtes 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, de contrôler que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé et des charges ponctuelles reprise par la charpente au niveau des crochets.

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

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 professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques : mise en œuvre en toiture.
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de 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 1 000 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 liaison équipotentielle des masses 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 câbles 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 (*cf. Figure 16*).
- les masses métalliques de chaque rail par l'intermédiaire de câbles de liaison équipotentielle des masses identiques à celui équipant les modules photovoltaïques. Le câble de liaison équipotentielle des masses est vissé dans l'alvéole du rail par une vis à tête cylindrique bombée de diamètre 4,2 mm et de longueur 32 mm en acier inoxydable A2 (*cf. 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 ardoise chatière doit être utilisée pour passer les câbles sous le plan des éléments de couverture.

En présence d'un écran de sous-toiture, le passage des câbles 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 15 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 série 40.1.

2.10.5.2. Préparation de la toiture

Il convient en premier lieu de vérifier la répartition et le calepinage des modules photovoltaïques sur la toiture et, dans le cas d'une toiture existante, de déposer les éléments de couverture existants dans la zone d'implantation du champ photovoltaïque. 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 à aménager pour l'implantation des modules photovoltaïques doit posséder les dimensions indiquées au § 2.7 en y rajoutant un rang d'éléments de couverture au minimum.

Avant de poser le système SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises, il est nécessaire de mettre en place et d'amener en toiture les câbles électriques qui permettront la connexion des séries de modules vers l'onduleur.

2.10.5.3. Pose en partie courante de toiture

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 crochet bas, 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 crochet. Dans le sens du faitage, les crochets 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 (cf. Figure 22).

Il est nécessaire de repérer l'emplacement des chevrons qui reçoivent les crochets de fixation des traverses.

2.10.5.3.2. Montage des cales

En premier lieu, il est nécessaire d'ajouter des cales sur la surface d'implantation des crochets. Ces cales, non fournies (cf. § 2.5.1), doivent être positionnées parallèlement aux chevrons entre deux liteaux (Figure 19). Il faut fixer une cale par crochet pour rattraper la hauteur des liteaux déjà présents sur la surface d'implantation du crochet. Les cales sont fixées par l'intermédiaire des fixations des crochets avec 2 vis à bois à tête fraisée (cf. § 2.5.2) par chevron.

2.10.5.3.3. Mise en place des crochets

Les crochets doivent être fixés sur les chevrons au moyen de deux vis à bois conformes au § 2.5.2. Un dispositif de type alaise (*fourni par l'installateur*) est systématiquement posé au droit de chaque crochet, fixé par clouage, conformément au DTU 40.11, avec les recouvrements appropriés (cf. Figure 20).

Les dimensions L (largeur) et l (longueur) des alaises doivent être telles que :

- Alaise inférieure :

$$L \geq 2 * L_a + e$$

$$l \geq \frac{4}{3} * l_a$$

- Alaise supérieure :

$$L \geq 2 * L_a + e$$

$$l \geq l_a$$

Où L_a et l_a sont respectivement la largeur et la longueur des ardoises considérées et e l'espacement entre ardoise.

Le recouvrement maximal permis par la position des trous de fixation du crochet est de 171 mm.

Sur chantier, un morceau de mousse (cf. § 2.4.2.1.4) doit être positionné par l'installateur sur chaque crochet, sur la partie qui vient en contact avec la traverse afin d'éviter le contact direct entre les deux.

2.10.5.3.4. Préparation des rails

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

2.10.5.3.5. Mise en place des traverses et du rail bas

Le rail simple bas est fixé sur chaque crochet 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 crochet dans le cas de l'utilisation du trou bas de la traverse pour la première ligne de crochet (cf. Figure 21). Un trou de réglage est placé à 90 mm du trou bas et permet de fixer le crochet en ce point et donc de séparer la fixation du crochet 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 permet d'assurer la rectitude du rail, ainsi, la planéité de la charpente doit être vérifiée par l'installateur conformément aux DTU.

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

2.10.5.3.6. 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.

2.10.5.3.7. 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 (cf. Figure 22). 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*).

2.10.5.3.8. 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.

2.10.5.3.9. 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 crochets de fixation des traverses sont donc situés sur un tablier de plomb, lui-même situé au-dessus des ardoises spécifiques à l'égout (*doublis, éventuel sous-doublis, ...*), posés 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 SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises, 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 SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises 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 SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises est commercialisé exclusivement par les installateurs et distributeurs partenaires.

Pour devenir installateur du procédé SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises, 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 SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises,
- 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 le 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. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (cf. § 2.10.2).

L'intervenant devra également prendre connaissance des consignes de sécurité indiquées dans la "Procédure d'intervention sur une installation photovoltaïque" (document fourni avec la notice de câblage électrique).

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) :

- Inspection visuelle : détection d'éventuels dommages.
- 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*). Interdiction d'utiliser un produit contenant un solvant ou un objet dur, ne pas injecter d'eau directement au niveau des aérations hautes et basses.
- Vérification des risques d'ombres portées (*arbres*) : élagage si besoin.
- 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 d'un module 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 déclenchant l'intersectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.
- Si l'installation présente un risque de défaut d'isolement des câbles électriques DC, il convient de prendre toutes les dispositions nécessaires (*tapis 1 000 V, gants, casque avec lunettes...*) avant intervention sur les modules et les intervenants devront disposer d'une habilitation BR.
- Le démontage sera réalisé de haut en bas et de droite à gauche en procédant dans l'ordre inverse à celui indiqué dans la notice de montage. On fera particulièrement attention à la qualité de l'isolation des connecteurs débranchés afin d'éviter tout contact avec des pièces métalliques de l'installation (*cadre, rail, abergement, ...*). Ces connecteurs doivent être protégés avec des bouchons adaptés.
- La liaison équipotentielle reste active quel que soit le module à enlever tant que le câble principal de masse reste intègre.
- Le montage du module de remplacement se fait conformément aux préconisations du présent dossier technique.
- Après avoir mesuré la tension de série de la chaîne du module concerné par le défaut pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble, on procédera à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant l'intersectionneur 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 61215:2005 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire CERTISOLIS (*rapports d'essais n° 20160945-001, 20170419-001 et 20170429-001 et certificats n°20200203_001 et VSE-20200103-001 rev1*).
- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61730-1-2:2007 et certifiés d'une classe II de sécurité électrique jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le laboratoire CERTISOLIS (*rapports d'essais n° 20160945-001, 20170419-001 et 20170429-001 et certificats n°20200203_001 et VSE-20200103-001 rev1*).
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB (*rapport n° FaCeT 18-26075498*) lors d'un essai de résistance à la pression du vent selon la norme NF EN 12179.

2.15. Références

2.15.1. Données Environnementales et sanitaires¹

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

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

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

2.15.2. Autres références

Le procédé photovoltaïque SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises est fabriquée depuis Septembre 2016.

Environ 11 800 m² ont été commercialisés en France à ce jour, soit environ 2 MW.

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 21

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							Spéciale
			Rurale non polluée	Industrielle ou urbaine		Marine				
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Cadres modules, rails	Aluminium EN AW-6063 T5	Anodisation 15 µm	•	•	□	•	•	□	□	□
		Anodisation 20 µm	•	•	□	•	•	•	□	□
Traverses	Acier S250GD + Z350	Galvanisation	•	□	-	□	-	-	-	-
	Acier inoxydable 1.4162	-	•	•	□	•	•	□	□	□
Crochets	Acier inoxydable 1.4307 (304L)	-	•	•	□	•	•	□	□	□
Visserie	Inox A2	-	•	•	□	•	•	□	□	□

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

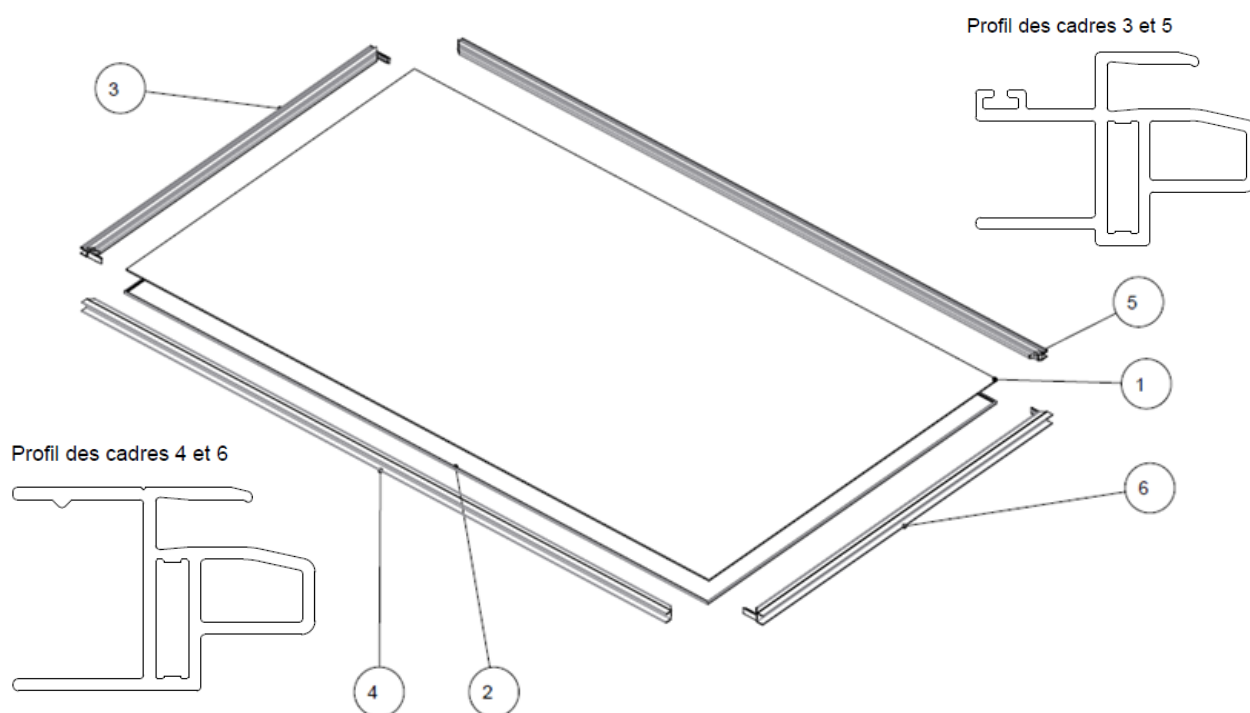
- : Matériau adapté à l'exposition
- : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.
- : Matériau non adapté à l'exposition
- * : à l'exception du front de mer

3. Annexes graphiques

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

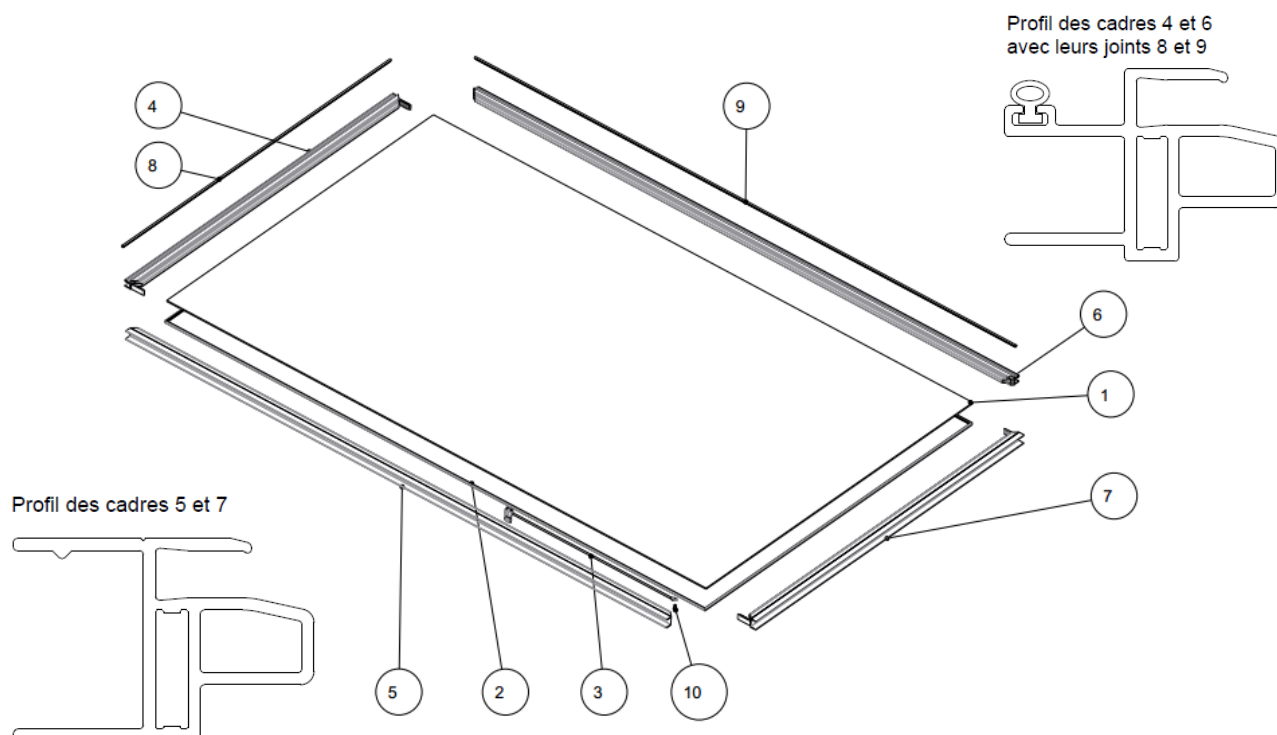
SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 – Schéma éclaté des modules photovoltaïques PAww-xxx-Nyz.....	23
Figure 2 – Schéma éclaté des modules photovoltaïques POww-xxx-Nyz	24
Figure 3 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques en cellules 156,75 x 156,75 mm	25
Figure 4 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques en cellules 158,75 x 158,75 mm	26
Figure 5 – Position des cellules photovoltaïques.....	27
Figure 6 – Cadre des modules photovoltaïques.....	27
Figure 7 – Jonction entre modules	28
Figure 8 – Schéma éclaté du procédé.....	28
Figure 9 – Crochet de fixation	29
Figure 10 – Traverses	30
Figure 11 – Profil de traverses	31
Figure 12 – Rails	31
Figure 13 – Bouchon de rail simple à gauche et intermédiaire à droite	31
Figure 14 – Raccordement des rails par éclisses	32
Figure 15 – Schéma de principe de câblage du procédé.....	33
Figure 16 – Câble de liaison équipotentielle des modules.....	34
Figure 17 – Câble de liaison équipotentielle des rails.....	34
Figure 18 – Exemple de fixation d'un micro-onduleur	35
Figure 19 – Montage des cales et des crochets.....	36
Figure 20 – Mise en œuvre des crochets.....	37
Figure 21 – Pose des traverses et du rail bas	39
Figure 22 – Pose du rail haut et des modules	40

Figure 1 – Schéma éclaté des modules photovoltaïques PAww-xxx-Nyz

NOMENCLATURE module 60 cellules 156,75 x 156,75 mm		
Repère	Désignation	Quantité
1	Laminé 60 cellules	1
2	Collage laminé/cadre (silicone)	1
3	Cadre avec joint lg 988	1
4	Cadre sans joint lg 1648	1
5	Cadre avec joint lg 1648	1
6	Cadre sans joint lg 988	1

NOMENCLATURE module 60 cellules 158,75 x 158,75 mm		
Repère	Désignation	Quantité
1	Laminé 60 cellules	1
2	Collage laminé/cadre (silicone)	1
3	Cadre avec joint lg 1001	1
4	Cadre sans joint lg 1664	1
5	Cadre avec joint lg 1664	1
6	Cadre sans joint lg 1001	1

Figure 2 – Schéma éclaté des modules photovoltaïques POWw-xxx-Nyz

NOMENCLATURE module 60 cellules 156,75 x 156,75 mm		
Repère	Désignation	Quantité
1	Laminé 60 cellules	1
2	Collage laminé/cadre (silicone)	1
3	Mise à la terre	1
4	Cadre avec joint lg 988	1
5	Cadre sans joint lg 1648	1
6	Cadre avec joint lg 1648	1
7	Cadre sans joint lg 988	1
8	Joint bi-dureté 60/90 SH lg 1000	1
9	Joint bi-dureté 60/90 SH lg 1660	1
10	Vis ST Ø4,2x9,5	1

NOMENCLATURE module 60 cellules 158,75 x 158,75 mm		
Repère	Désignation	Quantité
1	Laminé 60 cellules	1
2	Collage laminé/cadre (silicone)	1
3	Mise à la terre	1
4	Cadre avec joint lg 1001	1
5	Cadre sans joint lg 1664	1
6	Cadre avec joint lg 1664	1
7	Cadre sans joint lg 1001	1
8	Joint bi-dureté 60/90 SH lg 1013	1
9	Joint bi-dureté 60/90 SH lg 1676	1
10	Vis ST Ø4,2x9,5	1

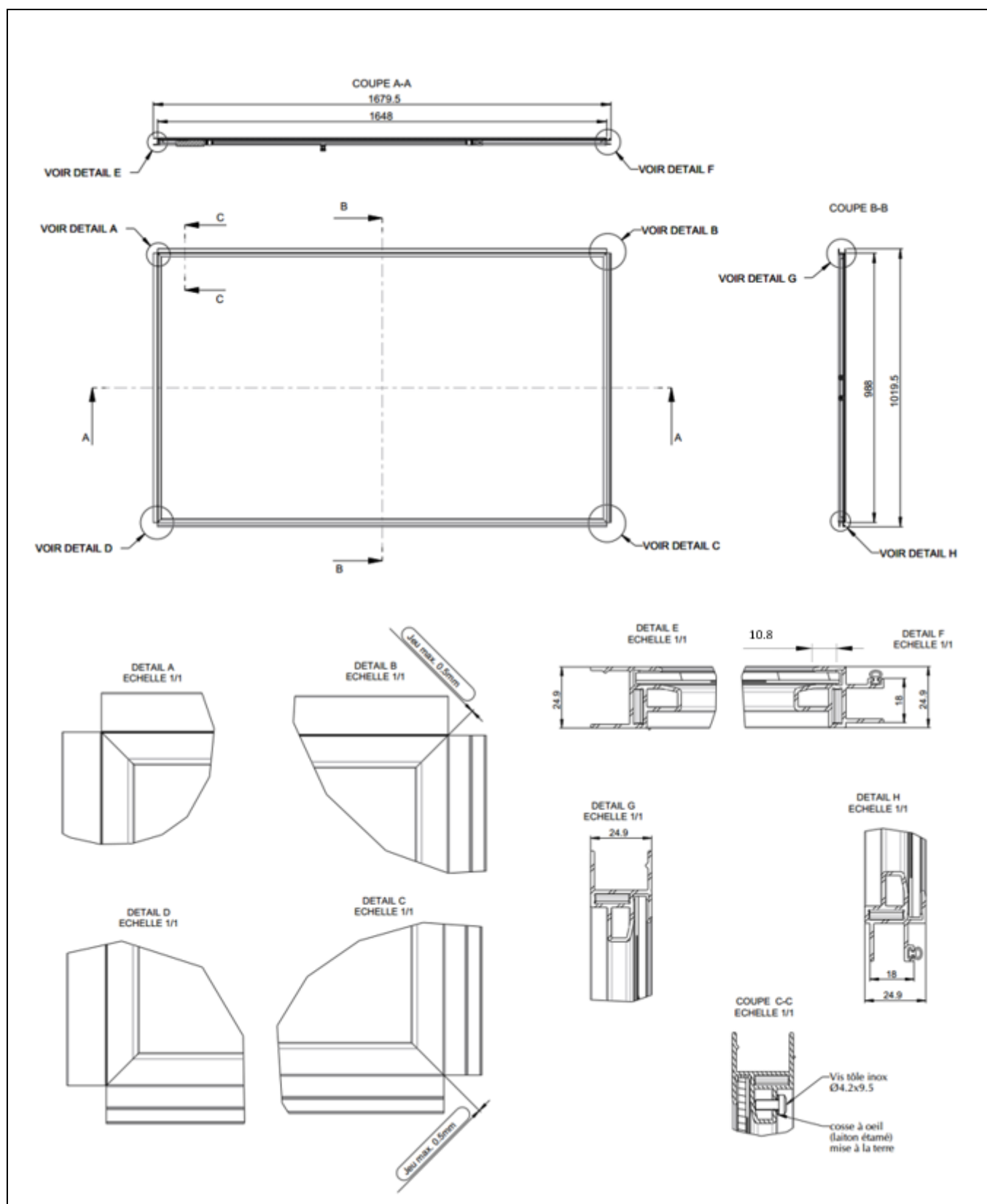
Figure 3 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques en cellules 156,75 x 156,75 mm

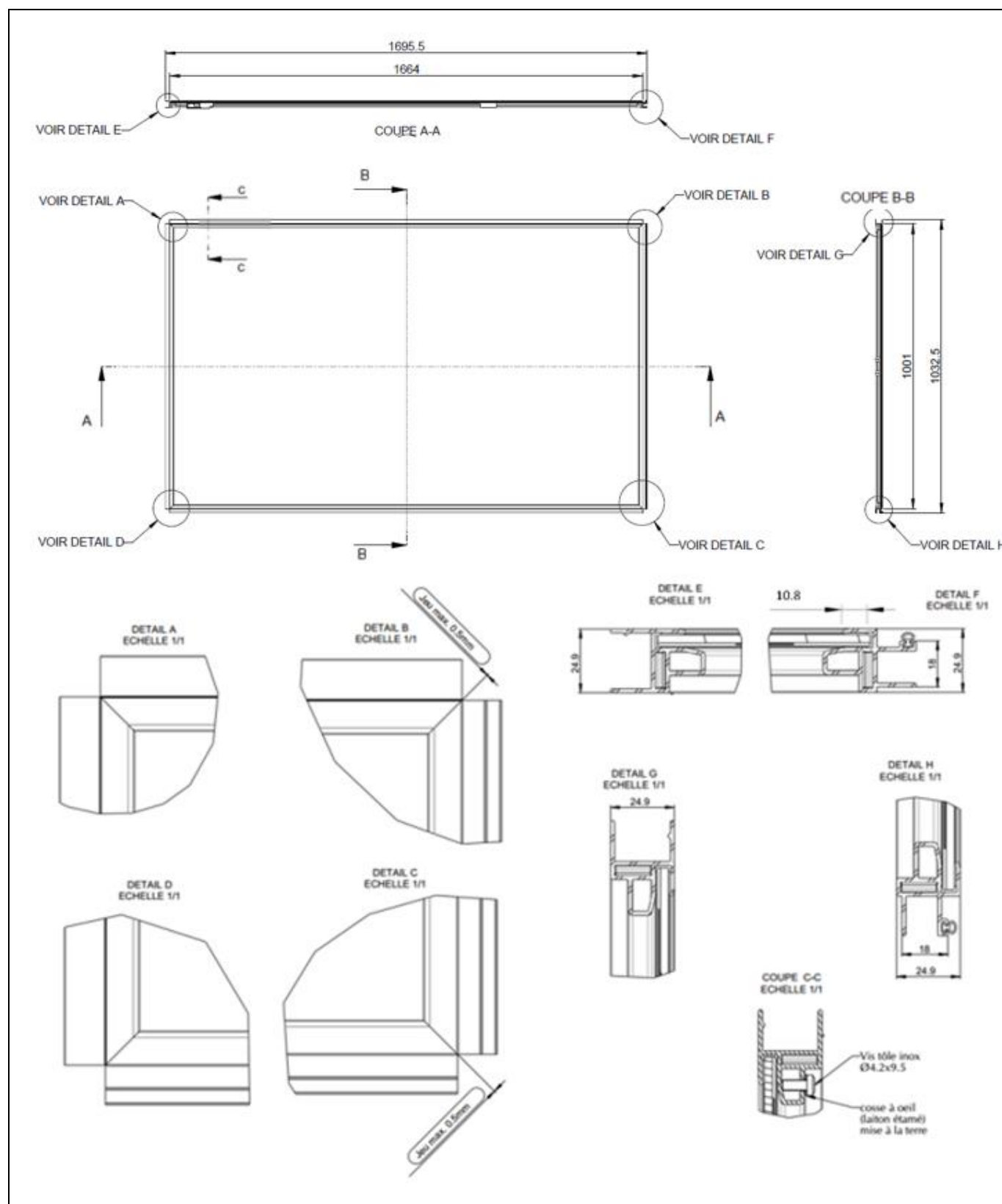
Figure 4 – Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques en cellules 158,75 x 158,75 mm

Figure 5 – Position des cellules photovoltaïques

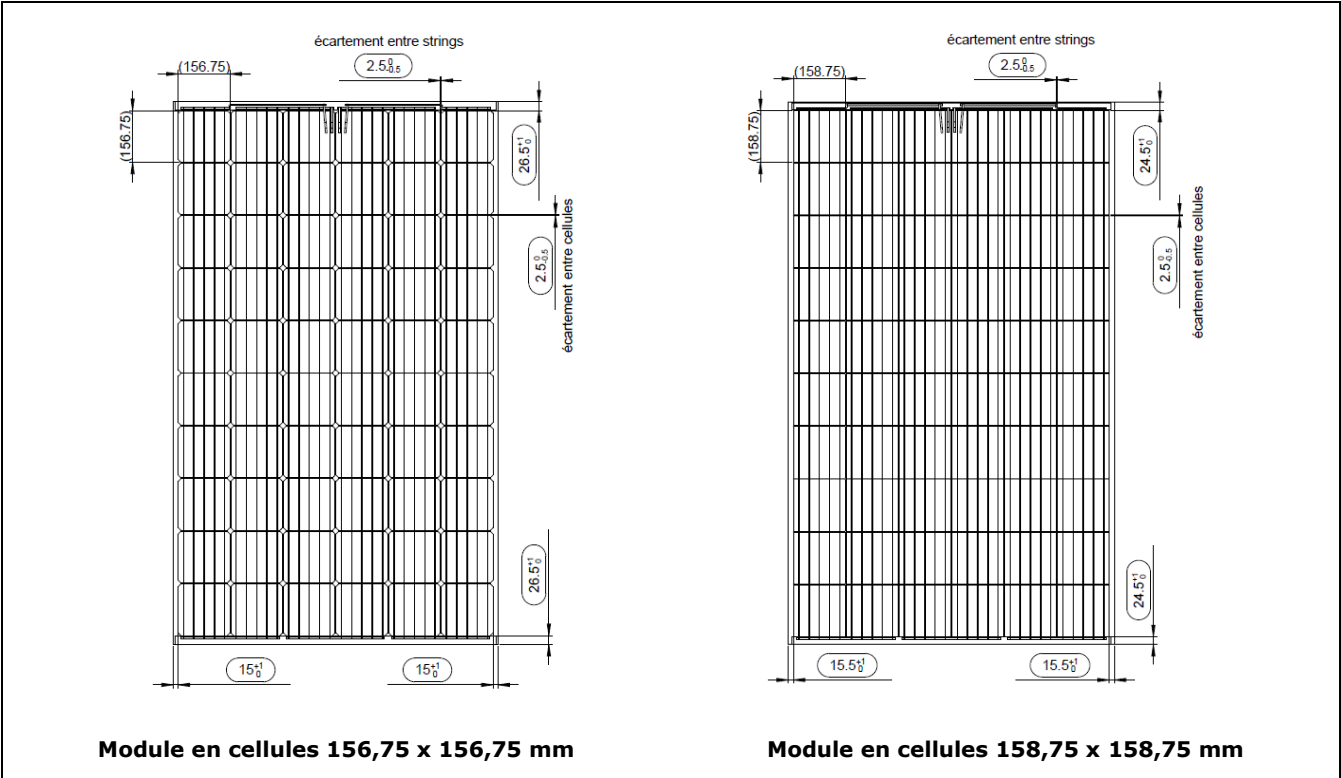


Figure 6 – Cadre des modules photovoltaïques

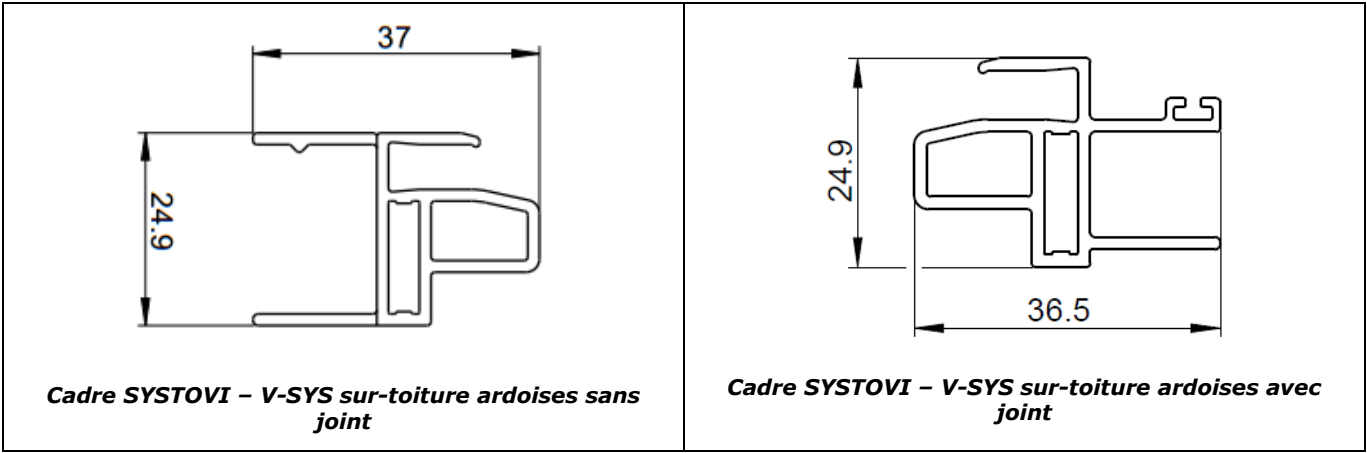


Figure 7 – Jonction entre modules

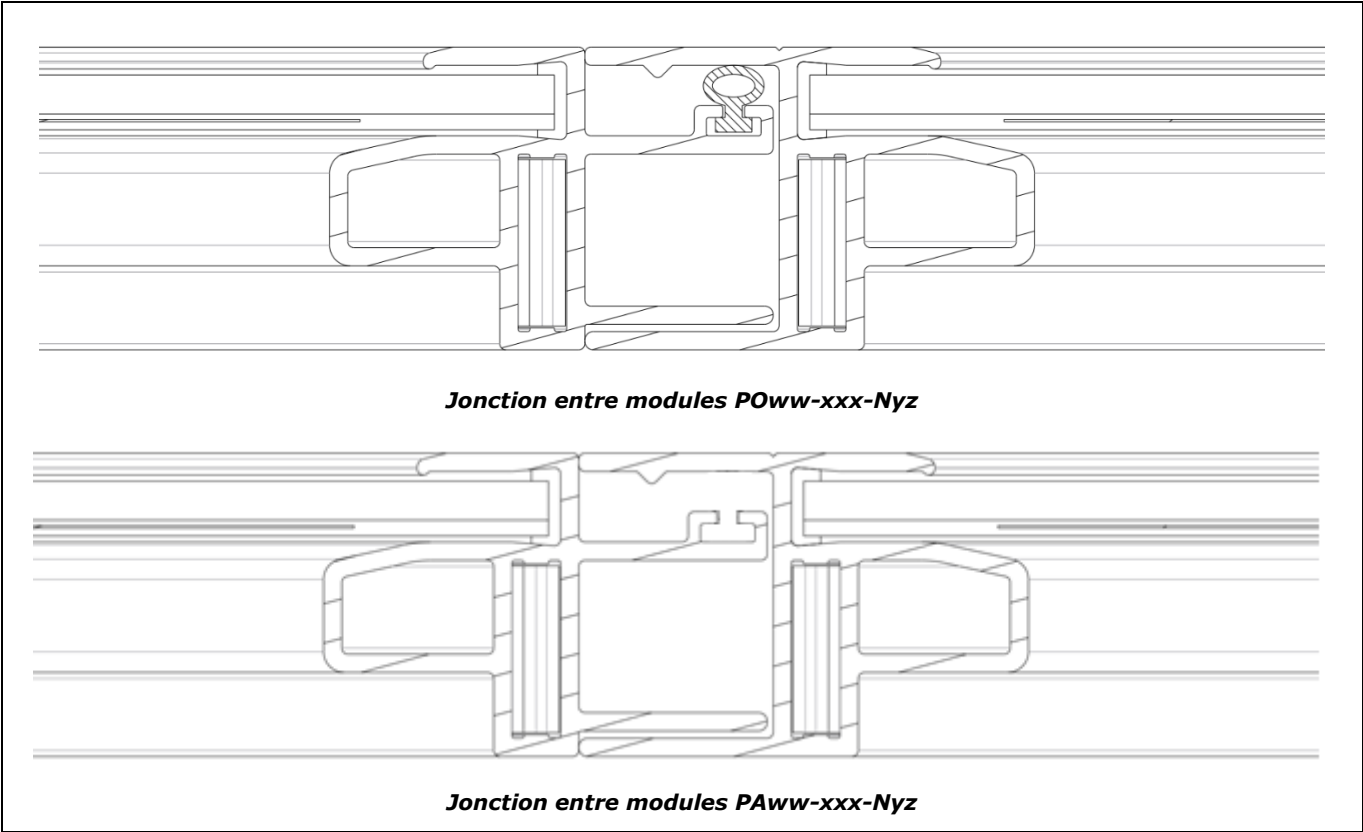


Figure 8 – Schéma éclaté du procédé

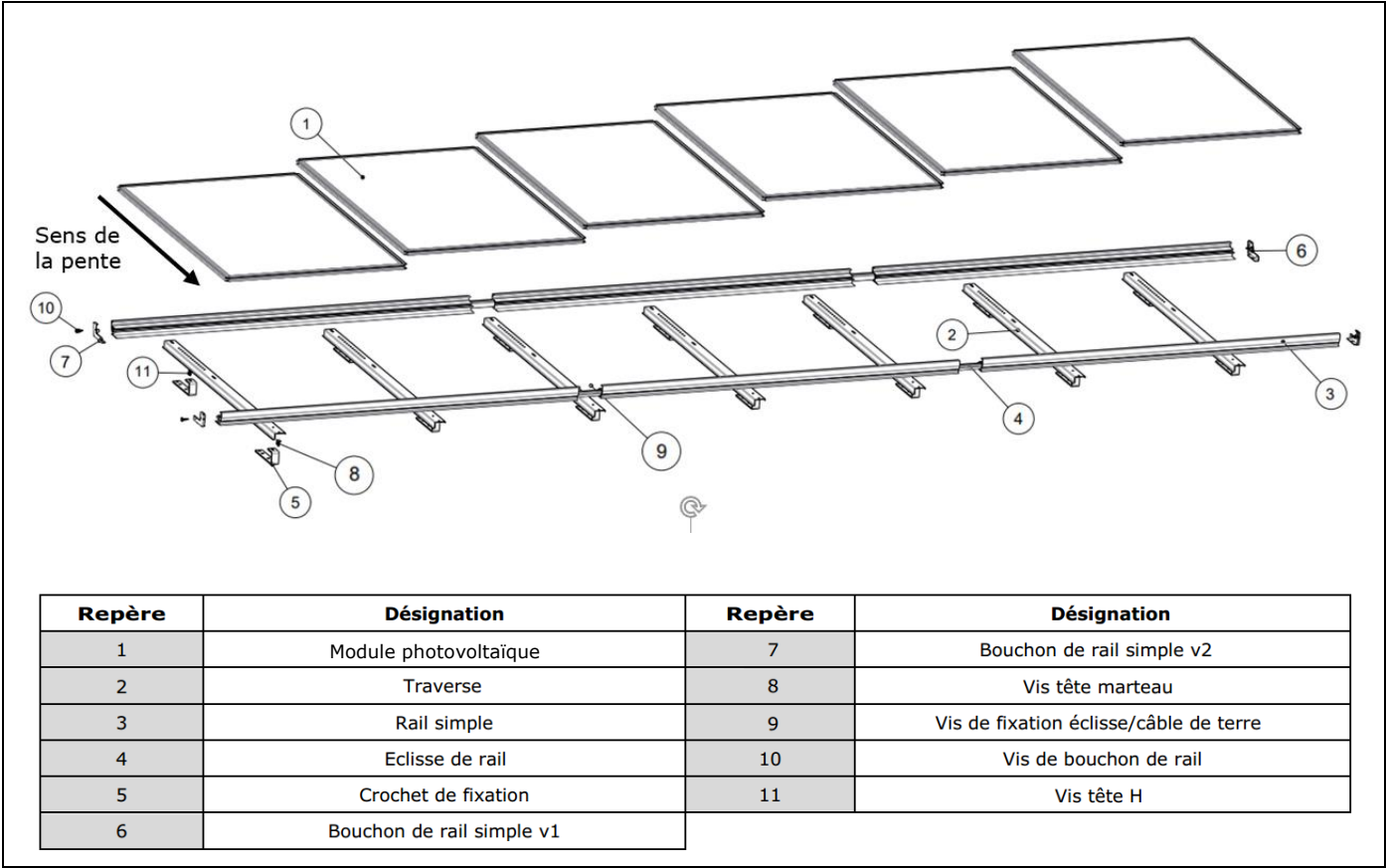


Figure 9 – Crochet de fixation

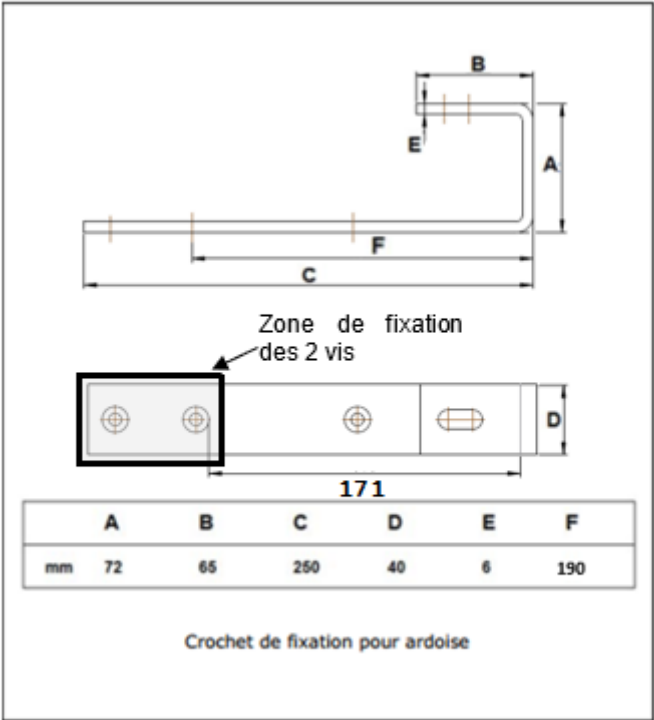
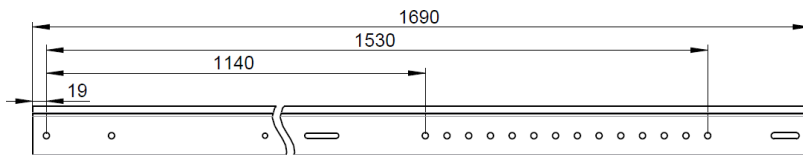
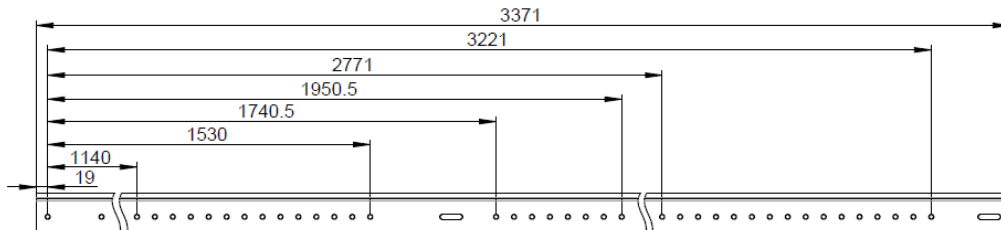


Figure 10 – Traverses

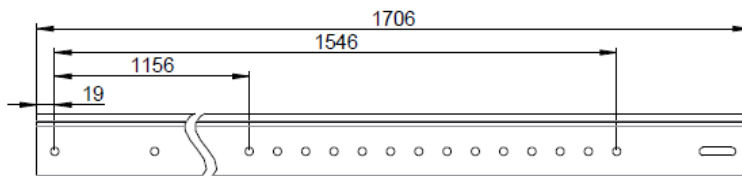
Traverse 1 ligne en configuration portrait cellules 156,75 x 156,75 mm



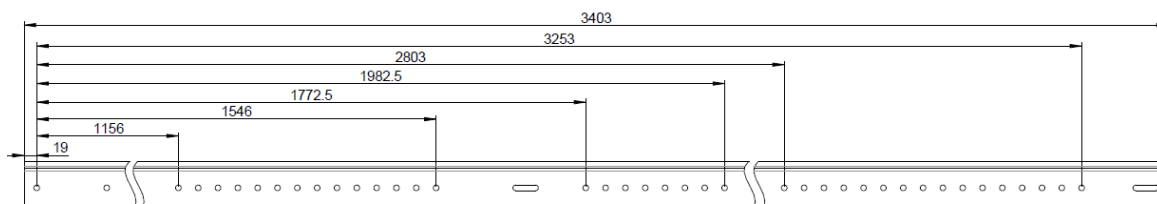
Traverse 2 lignes en configuration portrait cellules 156,75 x 156,75 mm



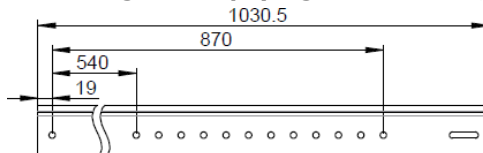
Traverse 1 ligne en configuration portrait cellules 158,75 x 158,75 mm



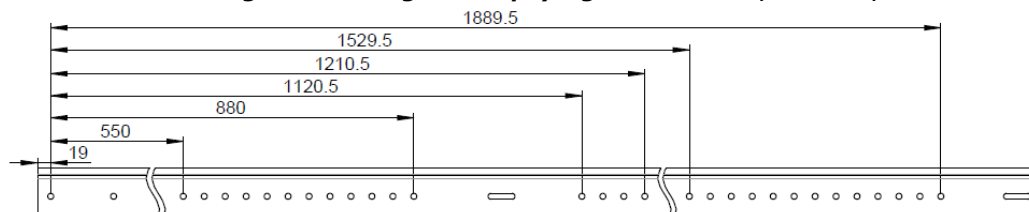
Traverse 2 lignes en configuration portrait cellules 158,75 x 158,75 mm



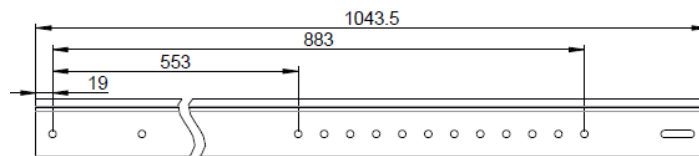
Traverse 1 ligne en configuration paysage cellules 156,75 x 156,75 mm



Traverse 2 lignes en configuration paysage cellules 156,75 x 156,75 mm



Traverse 1 ligne en configuration paysage cellules 158,75 x 158,75 mm



Traverse 2 lignes en configuration paysage cellules 158,75 x 158,75 mm

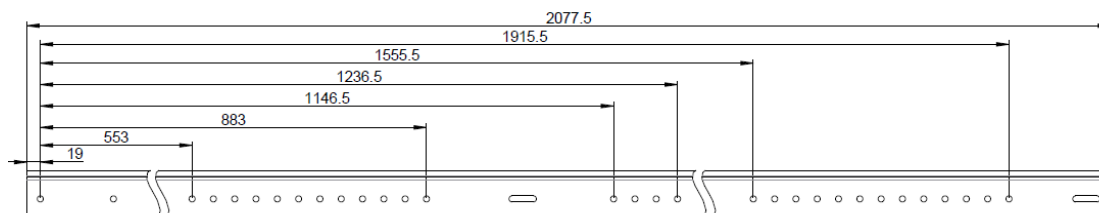


Figure 11 – Profil de traverses

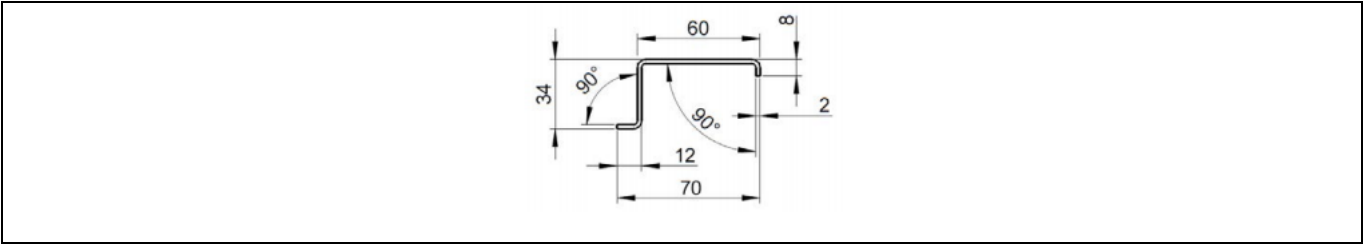


Figure 12 – Rails

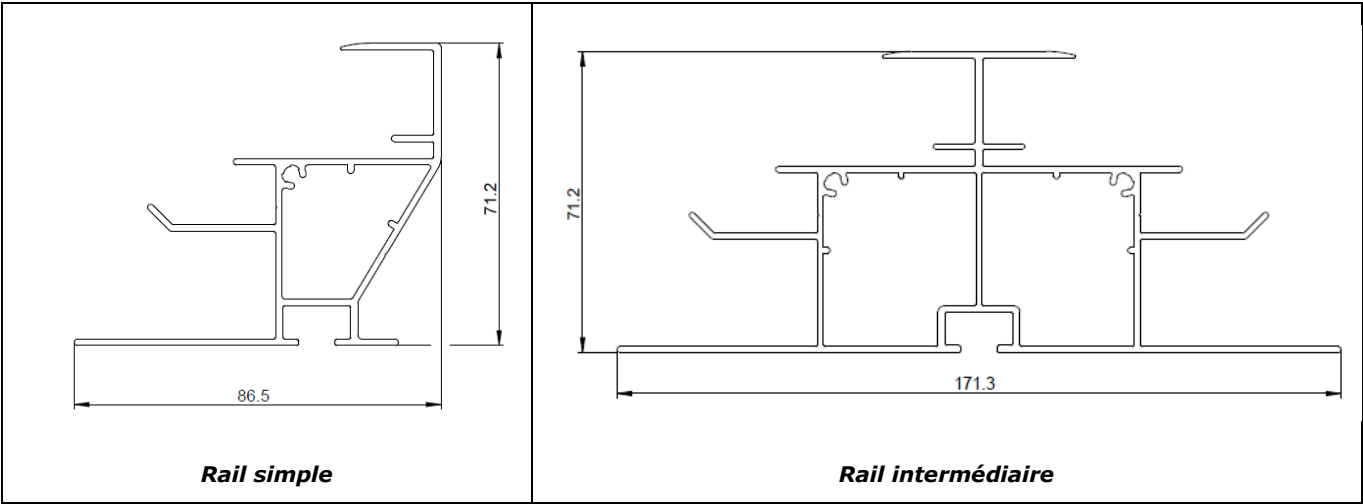


Figure 13 – Bouchon de rail simple à gauche et intermédiaire à droite

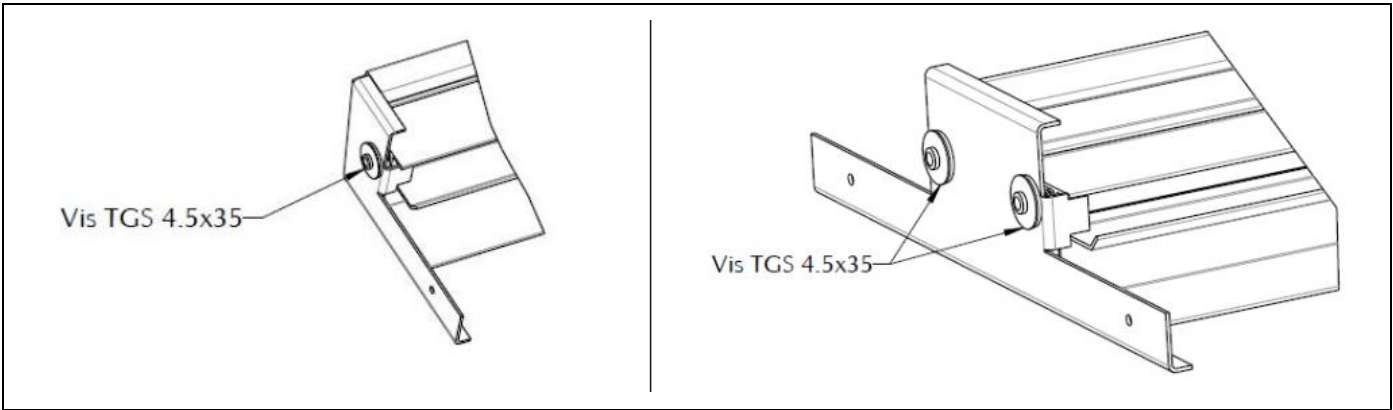


Figure 14 – Raccordement des rails par éclisses

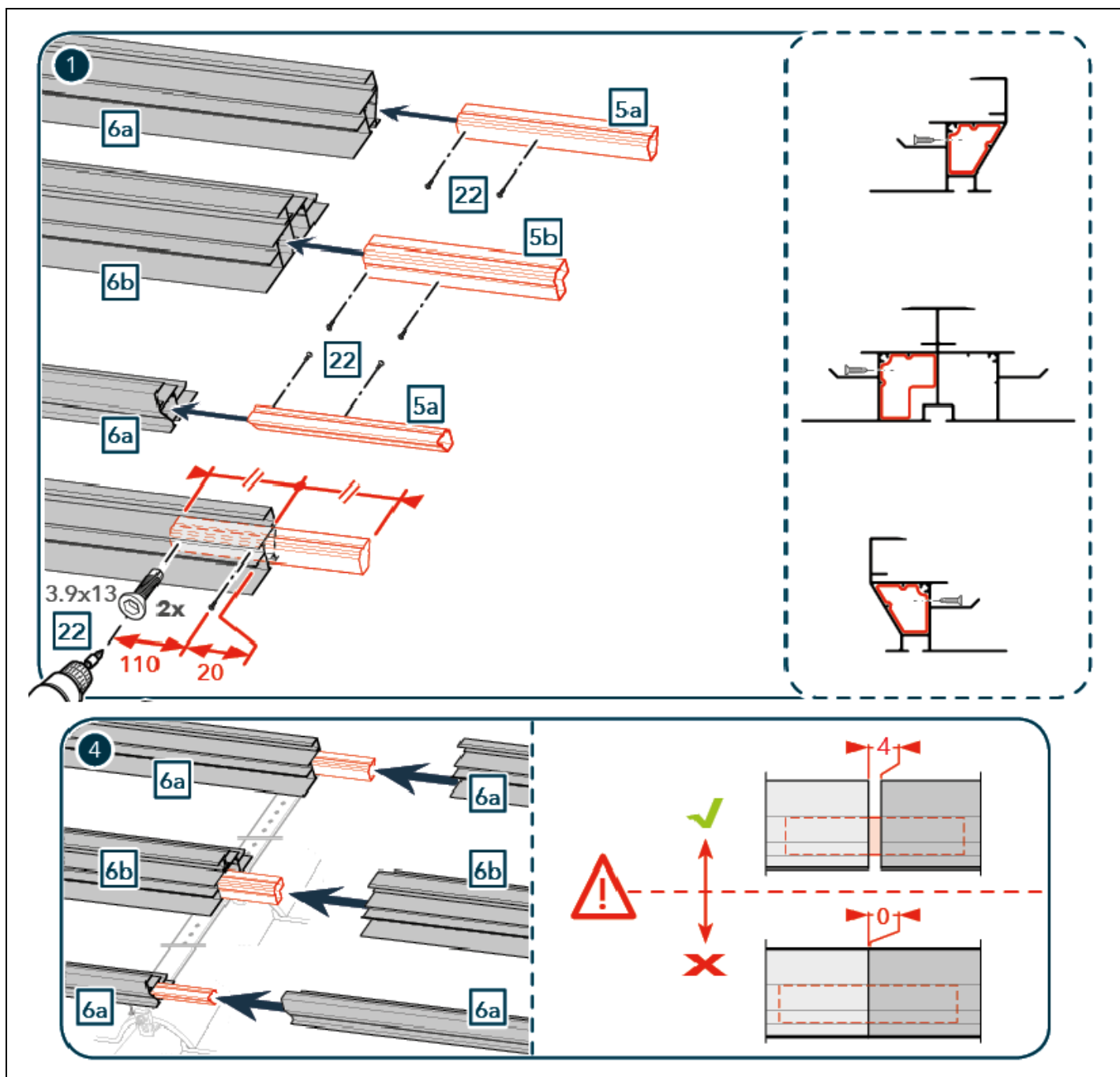


Figure 15 – Schéma de principe de câblage du procédé

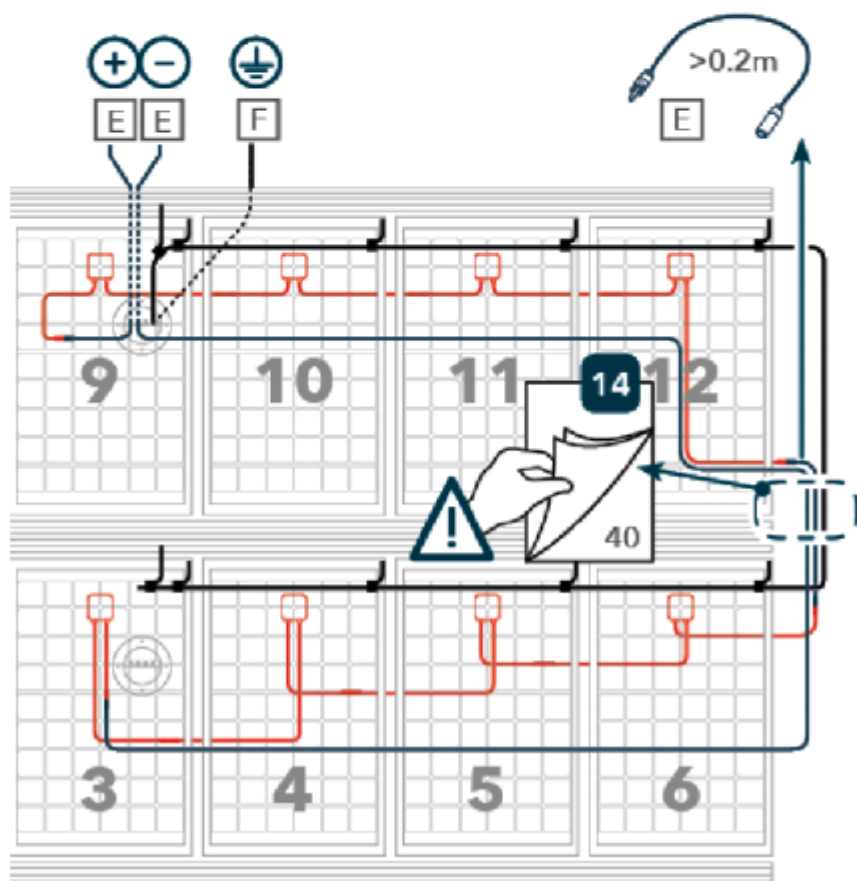
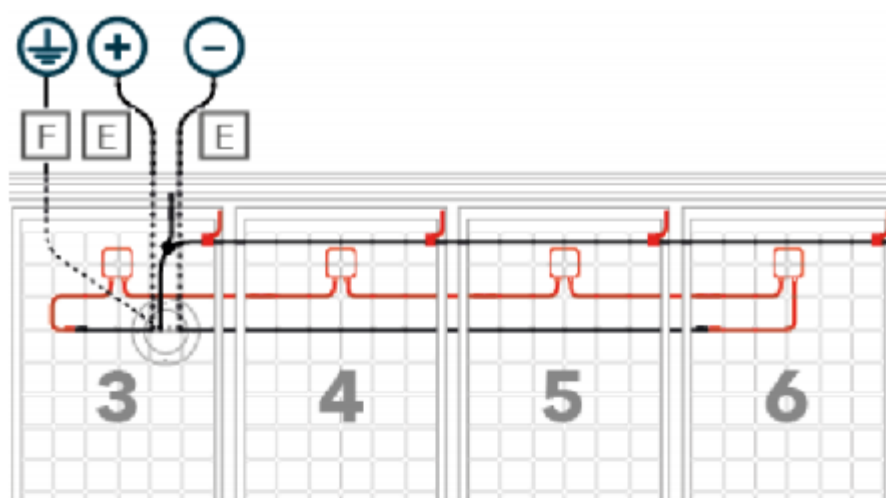


Figure 16 – Câble de liaison équipotentielle des modules

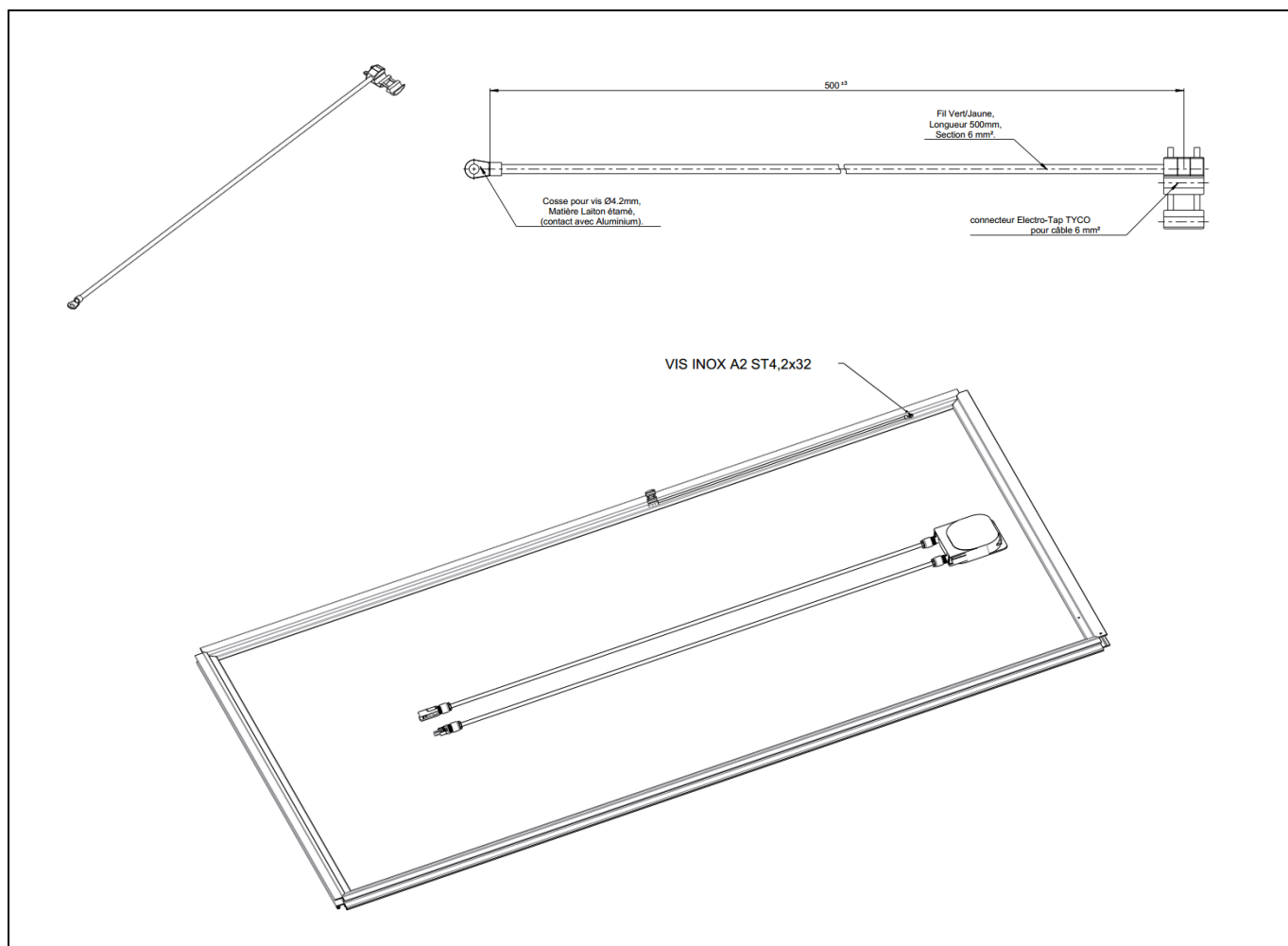


Figure 17 – Câble de liaison équipotentielle des rails

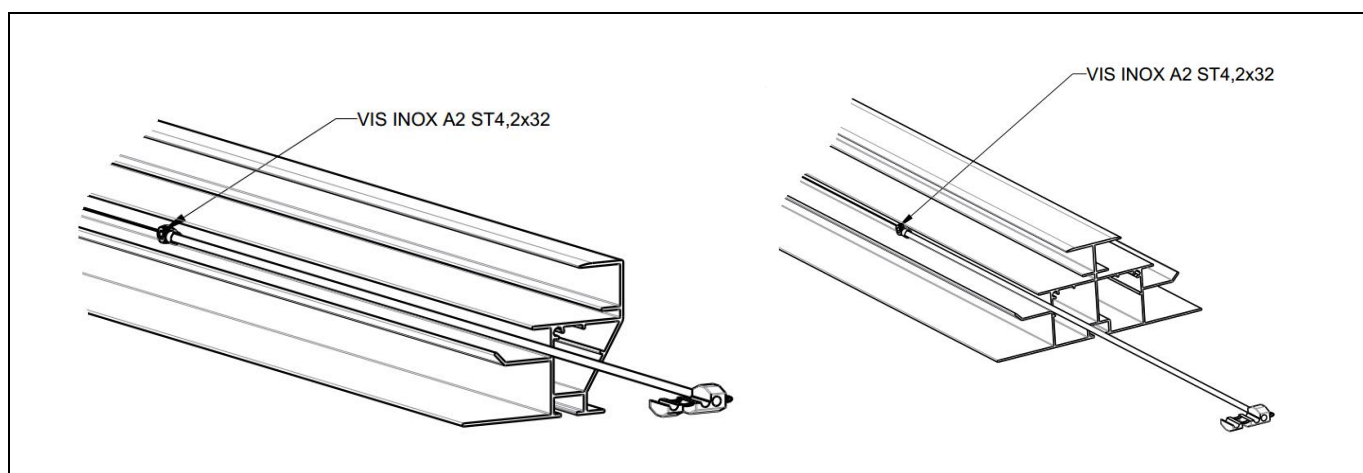


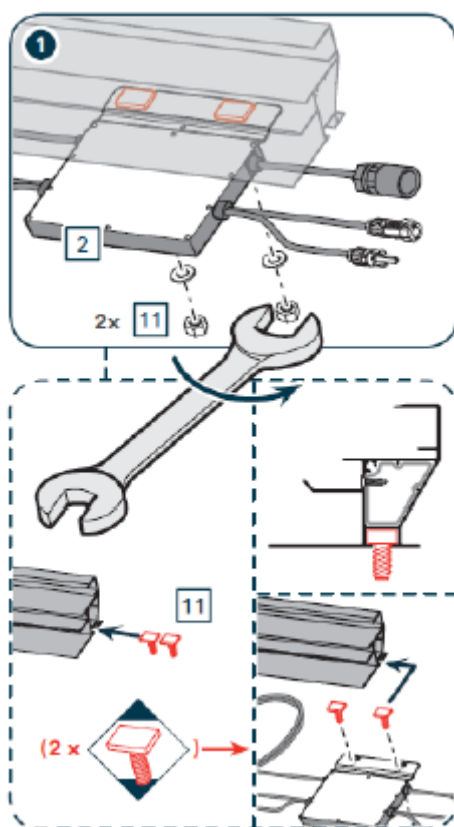
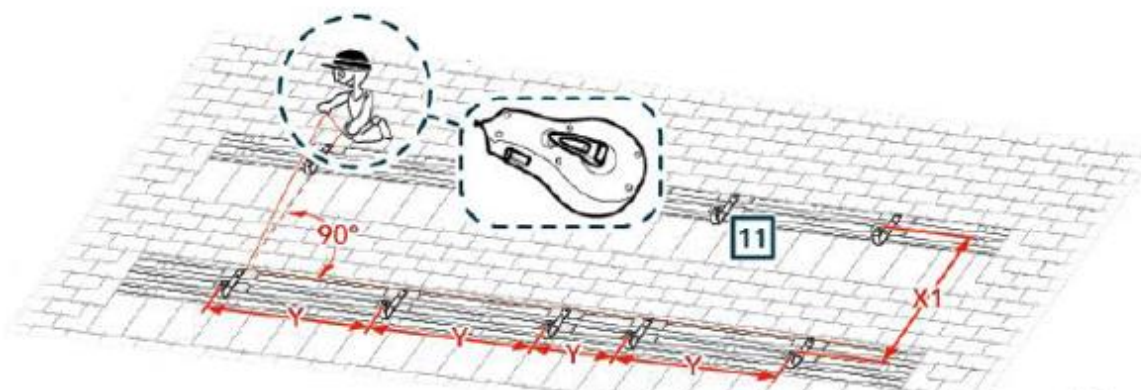
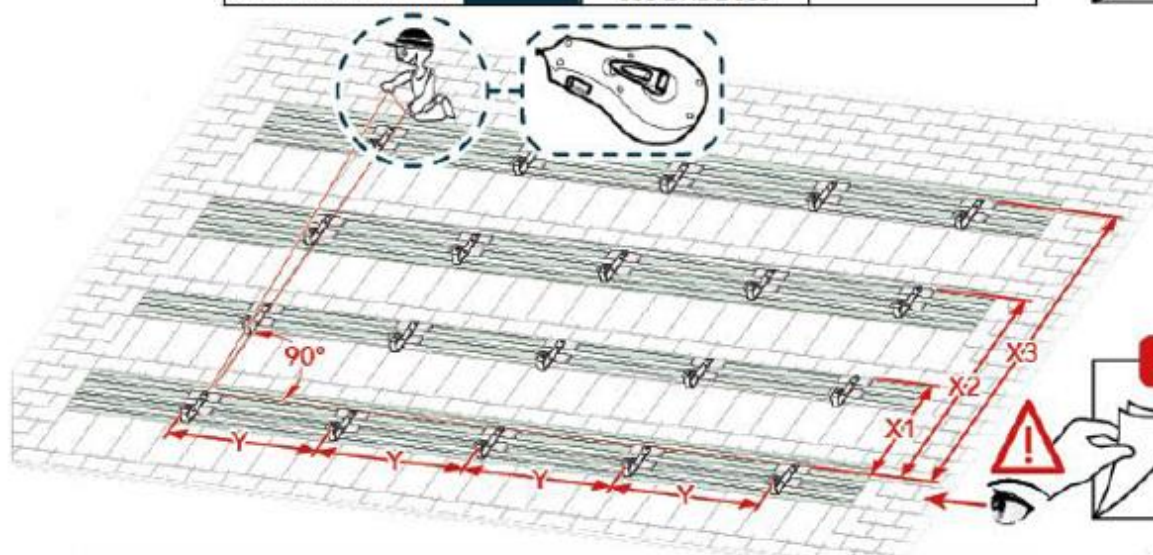
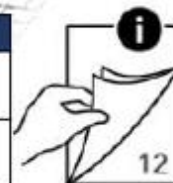
Figure 18 – Exemple de fixation d'un micro-onduleur

Figure 19 – Montage des cales et des crochets



Cells		X1	Y
156.75 x 156.75 mm		$1140 \leq X1 \leq 1530$	$Y \leq 1250$
158.75 x 158.75 mm		$1156 \leq X1 \leq 1546$	$Y \leq 1250$
156.75 x 156.75 mm		$540 \leq X1 \leq 870$	$Y \leq 1250$
158.75 x 158.75 mm		$553 \leq X1 \leq 883$	$Y \leq 1250$



Cells		X1	X2	X3	Y
156.75 x 156.75 mm		$1140 \leq X1 \leq 1530$	$1740 \leq X1 \leq 1950$	$2771 \leq X1 \leq 3221$	$Y \leq 1250$
158.75 x 158.75 mm		$1156 \leq X1 \leq 1546$	$1772 \leq X1 \leq 1982$	$2803 \leq X1 \leq 3253$	$Y \leq 1250$
156.75 x 156.75 mm		$540 \leq X1 \leq 870$	$1120 \leq X1 \leq 1210$	$1529 \leq X1 \leq 1889$	$Y \leq 1250$
158.75 x 158.75 mm		$553 \leq X1 \leq 883$	$1146 \leq X1 \leq 1236$	$1555 \leq X1 \leq 1915$	$Y \leq 1250$

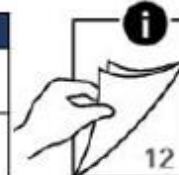


Figure 20 – Mise en œuvre des crochets

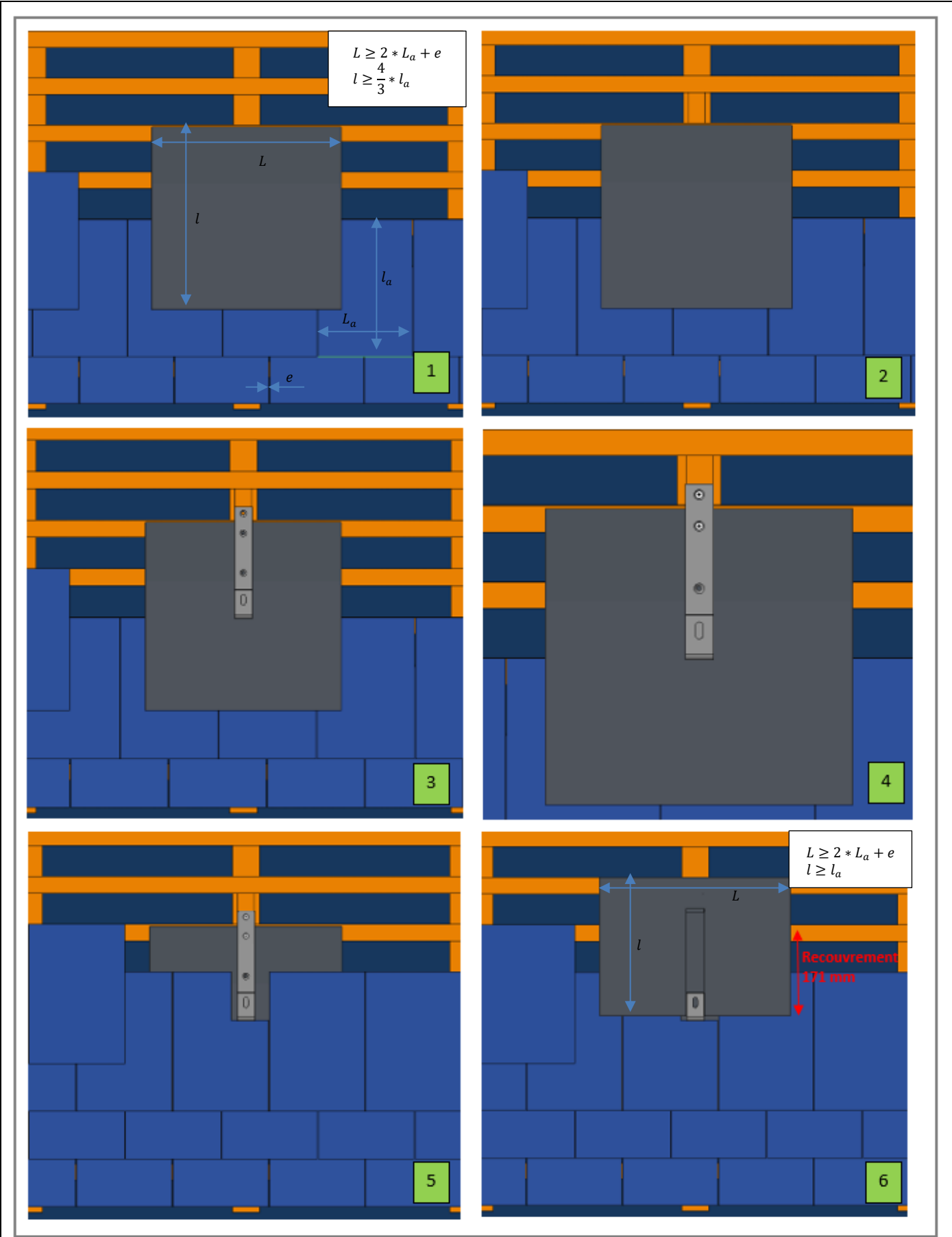
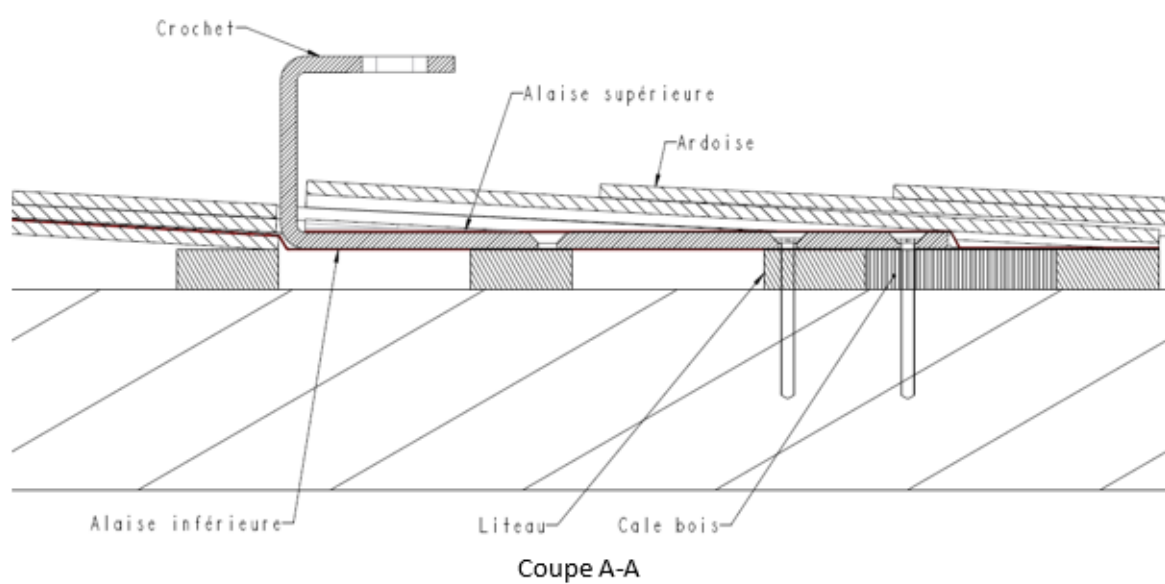
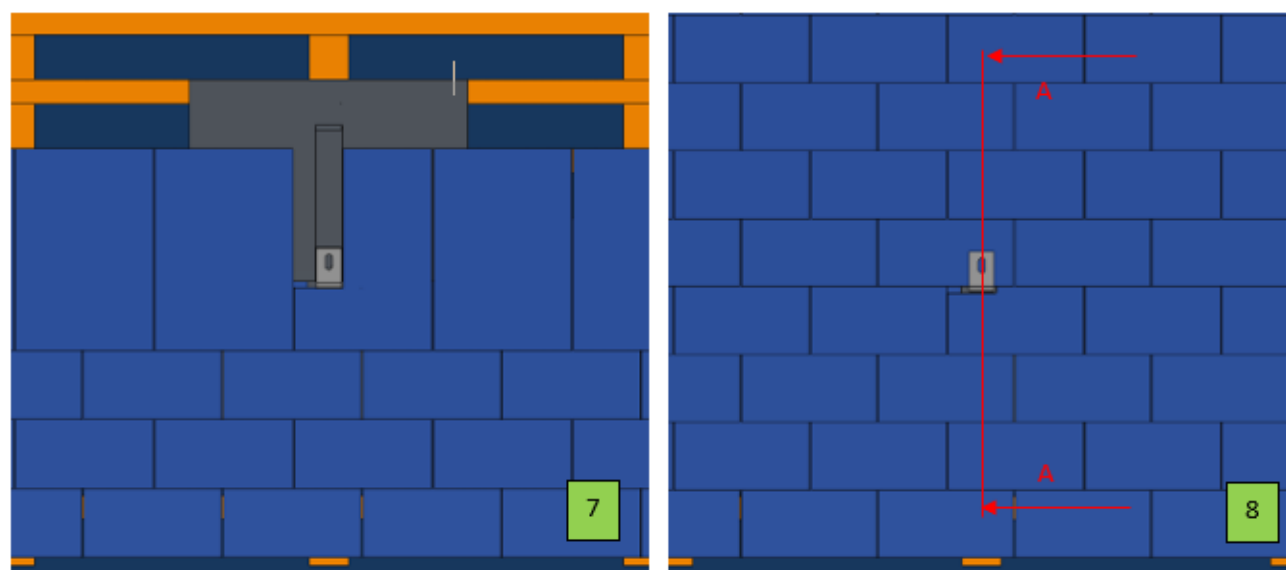


Figure 20 (suite) - Mise en œuvre des crochets

Les ardoises sont crochetées ou clouées

Figure 21 – Pose des traverses et du rail bas

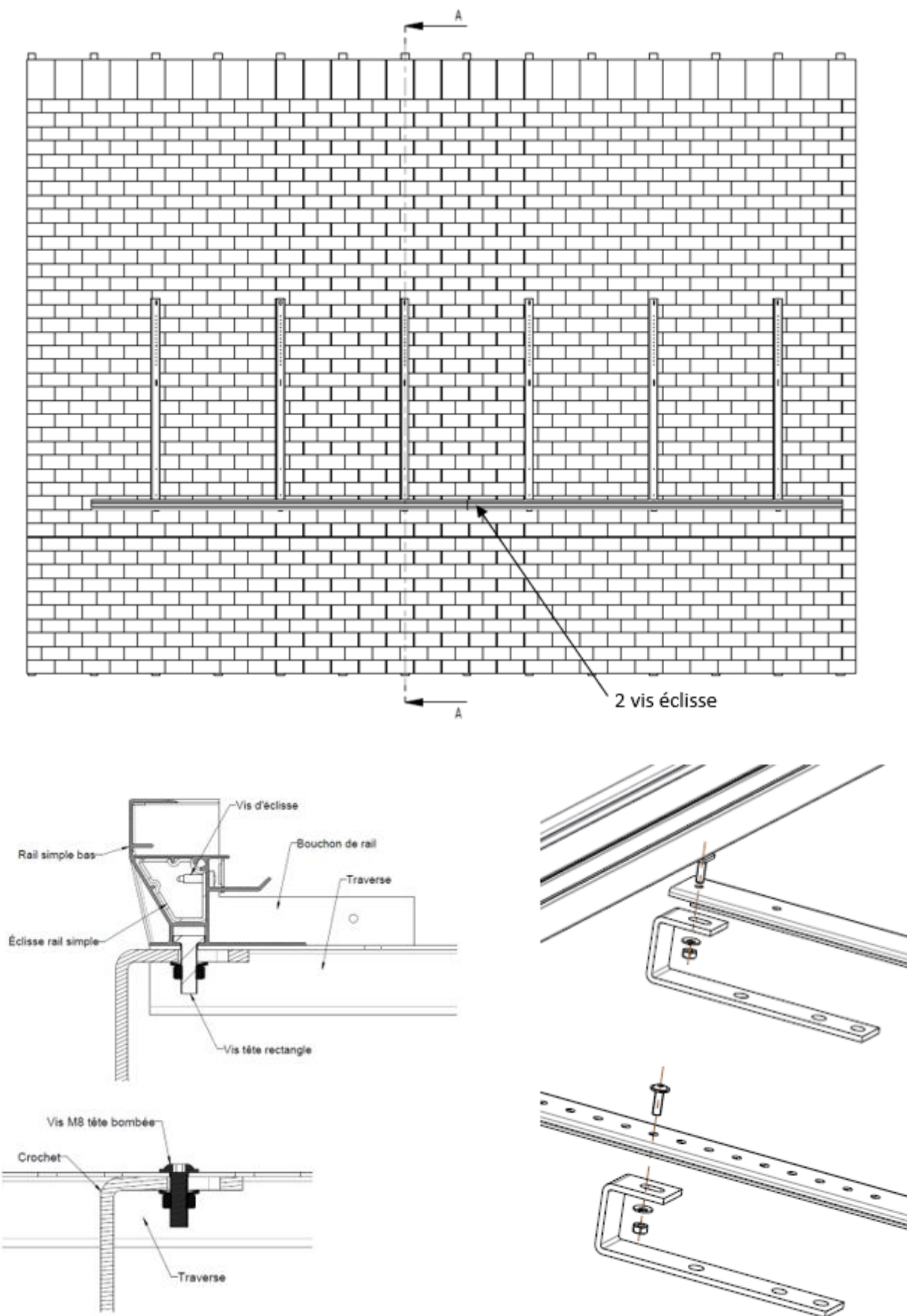


Figure 22 – Pose du rail haut et des modules

