

Sur le procédé

SYSTOVI – P-MAX sur-toiture ardoises

Avec modules photovoltaïques : cf. liste de modules photovoltaïques indiquée dans le Descripteur page 2

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

Titulaire(s) : **Société CETIH CARQUEFOU**
Internet : systovi.com

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

Versions du document

| Version | Description | Rapporteur | Président |
|---------|---|-----------------|----------------|
| V1 | Nouvel Avis Technique Le Groupe Spécialisé n° 21 a examiné ce dossier le 7 juillet 2022. | David LE BELLAC | Franc RAFFALLI |

Descripteur :

Procédé photovoltaïque avec gammes de modules en cours de validité dans la grille téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la [fiche détaillée de l'Avis Technique 21/22-79 V1](#).

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois avec liteaux, en surimposition au-dessus 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) muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium, dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la [fiche détaillée de l'Avis Technique 21/22-79 V1](#),
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" ou "paysage".

Les modules photovoltaïques doivent être installés sur 2 lignes de modules maximum, sur une pente de toiture comprise entre 45 % (24 °) et 200 % (63 °). Les charges climatiques admissibles sont définies au § 1.1.1.

Table des matières

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Avis du Groupe Spécialisé | 5 |
| 1.1. | Domaine d'emploi accepté..... | 5 |
| 1.1.1. | Zone géographique..... | 5 |
| 1.1.2. | Ouvrages visés | 5 |
| 1.2. | Appréciation | 5 |
| 1.2.1. | Liminaire..... | 5 |
| 1.2.2. | Conformité normative des modules..... | 5 |
| 1.2.3. | Aptitude à l'emploi du procédé | 5 |
| 1.2.4. | Aspects sanitaires | 7 |
| 1.2.5. | Durabilité - Entretien | 7 |
| 1.2.6. | Impact environnemental | 7 |
| 1.2.7. | Fabrication et contrôle | 7 |
| 1.2.8. | Mise en œuvre | 7 |
| 1.2.9. | Modules photovoltaïques | 7 |
| 1.3. | Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé | 7 |
| 2. | Dossier Technique..... | 9 |
| 2.1. | Mode de commercialisation | 9 |
| 2.1.1. | Coordonnées | 9 |
| 2.1.2. | Identification | 9 |
| 2.1.3. | Approvisionnement des composants | 9 |
| 2.1.4. | Livraison | 9 |
| 2.2. | Description..... | 9 |
| 2.2.1. | Principe..... | 9 |
| 2.2.2. | Modules photovoltaïques | 10 |
| 2.2.3. | Système de montage..... | 11 |
| 2.2.4. | Autres éléments..... | 12 |
| 2.3. | Dispositions de conception | 12 |
| 2.3.1. | Généralités..... | 12 |
| 2.3.2. | Caractéristiques dimensionnelles..... | 13 |
| 2.3.3. | Caractéristiques électriques | 13 |
| 2.3.4. | Spécifications électriques | 13 |
| 2.4. | Dispositions de mise en œuvre | 14 |
| 2.4.1. | Conditions préalables à la pose | 14 |
| 2.4.2. | Compétences des installateurs | 14 |
| 2.4.3. | Sécurité des intervenants | 14 |
| 2.4.4. | Mise en œuvre en toiture..... | 15 |
| 2.5. | Utilisation, entretien et réparation | 16 |
| 2.5.1. | Généralités..... | 16 |
| 2.5.2. | Maintenance du champ photovoltaïque..... | 16 |
| 2.5.3. | Maintenance électrique | 16 |
| 2.5.4. | Remplacement d'un module..... | 16 |
| 2.6. | Traitement en fin de vie | 17 |
| 2.7. | Fabrication et contrôles..... | 17 |
| 2.7.1. | Modules photovoltaïques | 17 |
| 2.7.2. | Composants de la structure support..... | 17 |
| 2.8. | Conditionnement, étiquetage, stockage | 17 |

| | | |
|---------|--------------------------------------|----|
| 2.8.1. | Modules photovoltaïques | 17 |
| 2.8.2. | Éléments du système de montage | 17 |
| 2.9. | Formation | 17 |
| 2.10. | Assistance technique | 18 |
| 2.11. | Mention des justificatifs | 18 |
| 2.11.1. | Résultats expérimentaux | 18 |
| 2.11.2. | Références chantiers..... | 18 |
| 2.12. | Annexes du Dossier Technique..... | 19 |
| 3. | Annexes graphiques | 20 |

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre II « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

- Utilisation en France métropolitaine sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
 - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas 940 Pa,
 - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas 940 Pa,
 - le calcul des charges climatiques appliquées sur la toiture s'effectue conformément au Cahier du CSTB n°3803_V2.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

1.1.2. Ouvrages visés

- Mise en œuvre :
 - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie (*au sens de l'annexe A2 du DTU 40.21*), sans agression chimique ou biologique,
 - 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 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 projetée horizontalement et la présence ou non d'un écran de sous-toiture*).
- La toiture d'implantation doit présenter les caractéristiques suivantes :
 - un entraxe entre chevrons maximum de 900 mm,
 - une épaisseur minimale des liteaux de 15 mm,
 - une largeur minimale des chevrons de 40 mm,
 - une seule pente, imposée par la toiture, comprise entre 45 % (24 °) et 200 % (63 °).
- Les modules photovoltaïques doivent être issus des gammes de modules indiquées dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet Avis Technique, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
 - en mode "portrait" ou "paysage",
 - en toiture partielle,
 - sur 2 lignes de modules au maximum.

1.2. Appréciation

1.2.1. Liminaire

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.

1.2.2. 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.

1.2.3. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.3.1. Fonction génie électrique

1.2.3.1.1. 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 boîtes de connexion, les câbles et les connecteurs sont conformes respectivement aux normes IEC 62790, NF EN 50518 ou IEC 62930, et IEC 62852, et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension en courant continu indiquée dans la grille de vérification des modules, 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, jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).

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 sont des connecteurs avec système de verrouillage, conformes à la norme IEC 62852 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.

1.2.3.1.2. 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.

1.2.3.1.3. Puissance crête des modules utilisés

La grille de vérification des modules recense les puissances crêtes des modules, validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

1.2.3.2. Fonction couverture

1.2.3.2.1. 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 :
 - 940 Pa sous charge de vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*),
 - 940 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
 - le calcul des charges climatiques appliquées sur la toiture s'effectue conformément au Cahier du CSTB n°3803_V2.
- 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 :
 - un entraxe entre chevrons maximum de 900 mm,
 - une épaisseur minimale des liteaux de 15 mm. Cette épaisseur est vérifiée mécaniquement par rapport à l'entraxe des chevrons, en appliquant les prescriptions ad hoc du DTU de la série 40.1 dont relève la couverture envisagée.

1.2.3.2.2. 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".

1.2.3.2.3. 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 CETIH CARQUEFOU 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.

1.2.3.2.4. Risque 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*).

1.2.3.2.5. 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.

1.2.3.2.6. Sécurité au feu

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

1.2.3.2.7. 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).

1.2.3.2.8. 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.

1.2.4. 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.

1.2.5. 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.

1.2.6. Impact environnemental

Le traitement en fin de vie peut être assimilé à celui de produits traditionnels.

La grille de vérification associée à cet Avis Technique indique en fonction des gammes de module indiquées si le procédé « SYSTOVI – P-MAX sur-toiture ardoises » associé à chaque gamme de module dispose ou non d'une Déclaration Environnementale (DE) individuelle ou collective vérifiée par tierce partie indépendante.

Sans DE, le titulaire du procédé ne peut 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.

1.2.7. 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.

1.2.8. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par la société CETIH CARQUEFOU (*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.

1.2.9. Modules photovoltaïques

Au moment de la commande des modules photovoltaïques pour un chantier donné, le Maître d'Ouvrage et son installateur doivent s'assurer que la gamme de modules correspondante fait partie des gammes de modules présentes dans la grille de vérification de l'Avis Technique utilisé. Le n° de la grille de vérification à utiliser doit comporter le n° de l'Avis Technique.

La grille de vérification à utiliser doit être la version la plus récente se rapportant à cet Avis Technique. La grille porte alors un n° du type 21/Gn/22-79_V1 indiquant qu'il s'agit de la n^{ème} version de la grille. La version Gn la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site de la CCFAT.

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.

Il n'y a pas d'autre calcul spécifique que de vérifier la tenue aux sollicitations climatiques neige et vent (cf. § 1.1.1) pour la conception et la mise en œuvre du procédé, dans la mesure où le respect des dispositions technologiques du Dossier Technique suffit.

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.

Cet Avis Technique est assujéti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la [fiche détaillée de l'Avis Technique 21/22-79_V1](#).

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire(s) :

Société CETIH CARQUEFOU

14 avenue Syrma

FR – 44470 CARQUEFOU

Tél. : +33 (0)2 40 92 44 20

Email : contact@systovi.com ; r.humblot@systovi.com

Internet : www.systovi.com

2.1.2. Identification

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

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

2.1.3. 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.

2.1.4. 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.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, sur charpentes bois avec liteaux en surimposition au-dessus 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) muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium, dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la [fiche détaillée de l'Avis Technique 21/22-79 V1](#),

- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules en mode "portrait" ou "paysage".

Le procédé photovoltaïque "SYSTOVI – P-MAX sur-toiture ardoises" est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique (cf. Figure 1) 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 CETIH CARQUEFOU.

2.2.2. Modules photovoltaïques

2.2.2.1. Dénomination

Cet Avis Technique est assujéti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la [fiche détaillée de l'Avis Technique 21/22-79 V1](#),

Les modules photovoltaïques doivent être de marque SYSTOVI.

La BOM (*Bill Of Materials*) de chaque gamme de modules et donc les références de tous les composants est rendue disponible au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques.

Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique (voir § 1.2.9).

Les caractéristiques génériques des modules photovoltaïques inclus dans cet Avis Technique sont les suivantes :

2.2.2.2. Caractéristiques dimensionnelles

Les dimensions hors-tout des modules doivent respecter les critères suivants (*voir dessins et section du cadre dans la grille de vérification des modules*) :

- Longueur comprise entre 1 643 et 1 818 mm
- Largeur comprise entre 1 088 et 1 203 mm
- Hauteur du cadre compris entre 36 et 44 mm
- Masse spécifique comprise entre 10,0 et 12,4 kg/m²

2.2.2.3. Face arrière

Face arrière non verrière ou verrière faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.4. Cellules photovoltaïques

Cellules en silicium cristallin faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.5. Intercalaire encapsulant

Référence faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.6. Vitrage

Verre imprimé ou float, trempé selon la norme EN 12150, avec ou sans couche antireflet.

2.2.2.7. Constituants électriques

2.2.2.7.1. Boîte de connexion

Une boîte de connexion est collée en sous-face du module. Sa position et ses dimensions sont compatibles avec le système de montage.

Cette boîte de connexion est fournie avec des diodes bypass (*qui protègent chacune une série de cellules*) et permet le raccordement aux câbles qui assurent la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques minimales suivantes :

- indice de protection : IP65 minimum,
- tension de système maximum : 1 000 à 1 500 V DC entre polarités et avec la terre (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62790:2014,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.7.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques de 1,0 m minimum chacun dont la section est de 4 mm². Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés.

Ces câbles ont les spécifications minimales suivantes :

- tension assignée : 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme EN 50618:2015 ou IEC 62930:2017,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

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*).

2.2.2.7.3. Connecteurs électriques

Connecteurs avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. Ces connecteurs ont les caractéristiques minimales suivantes :

- indice de protection (*connecté*) : IP 65 minimum,
- tension assignée de 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62852:2014,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

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.

2.2.2.7.4. Liaison équipotentielle des cadres des modules

Chaque module photovoltaïque est équipé d'un câble jaune/vert de liaison équipotentielle des masses de section 6 mm² 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 (cf. Figure 9). 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 liaison équipotentielle des masses est posé soit en usine, soit par l'installateur. Cette information est renseignée pour chaque module dans la grille de vérification des modules.

Les câbles de 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 7).

2.2.2.8. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium de série supérieure ou égale à 6000, anodisé d'épaisseur $\geq 10 \mu\text{m}$.

Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux et deux profilés transversaux.

Les profilés sont reliés entre eux à l'aide d'équerres métalliques serties ou par vissage.

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

Un collage est appliqué entre le cadre et le verre du module.

La prise en feuillure minimale du cadre sur le laminé est de 9,6 mm.

2.2.3. Système de montage

2.2.3.1. Fourniture

Les éléments de ce système de montage (Figure 1) sont commercialisés par kits aux installateurs du procédé, à la suite du dimensionnement de la société CETIH CARQUEFOU.

Les dimensions de ces éléments dépendent des modules photovoltaïques associés au système de montage. Dans la suite du texte, L_M et l_M désignent les longueur et largeur des modules photovoltaïques.

2.2.3.2. Crochets de fixation ardoises

Se référer à la Figure 2.

Ils sont en acier inoxydable 1.4307 d'épaisseur 6 mm, de dimensions hors tout (250 x 72 x 40) mm avec des trous de 7 mm de diamètre.

Ces crochets sont fixés aux chevrons par deux vis à bois $\varnothing 5$ (cf. § 2.2.4.3).

Quantités : 2 crochets par module lorsque l'installation comporte au moins 2 modules. Lorsqu'il n'y a qu'un seul module, il faut 4 crochets.

2.2.3.3. Rail

Ces profilés d'épaisseur 2 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 3).

Ils sont de hauteur 40,5 mm, largeur 35 mm, longueur maximale 2 220 mm

Ils peuvent être reliés par une éclisse (cf. Figure 6).

Les moments d'inertie des rails sont les suivants :

- $I_{xx} = 7,06 \text{ cm}^4$,
- $I_{yy} = 5,95 \text{ cm}^4$.

2.2.3.4. Accessoires

Brides de serrage (Figure 4)

Bride de serrage du module sur les rails. Elles sont en aluminium EN-AW 6005 T5, de dimensions hors tout (60 x 44 x 51) mm.

Bouchons latéraux (Figure 5)

Les bouchons de rail, réalisés en alliage aluminium (94,5%)-zinc (4%) Zamak5 et laqués (cataphorèse selon la norme NF P 24 -351 + thermolaquage d'épaisseur 100 μm), ont pour but de fermer les rails. Ils sont de dimensions hors tout (35 x 100 x 87,5) mm.

Ils servent également à brider les modules en bord de champ.

Éclisse

L'éclisse a pour but de relier deux rails ensemble. Elle est réalisée en aluminium EN AW-6063 T5 anodisé noir et sa paroi est d'épaisseur 1,5 mm (cf. Figure 6), de dimensions hors tout (310 x 40 x 35) mm.

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 de fixation ardoises et est collée sur chantier sur chaque crochet, sur la partie en contact avec le rail.

2.2.3.5. Visserie

- Vis TGS de diamètre 4,5 mm et de longueur 35 mm en acier inoxydable A2 laquée noire RAL9005 pour la fixation des bouchons latéraux dans les rails
- Vis à tête rectangulaire (Figure 3) de diamètre 8 mm et de longueur 25 mm en acier inoxydable A2 pour fixer les rails sur les crochets de fixation ardoises (cf. § 2.2.3.2).
- Vis bi-métal de diamètre 4,8 mm et de longueur 25 mm à tête bombée laquée noire RAL 9005 pour la fixation des bouchons latéraux au cadre des modules en bord de champ.
- 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.

2.2.4. Autres éléments

2.2.4.1. Liminaire

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 :

2.2.4.2. Cales 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.

2.2.4.3. Visserie

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

2.2.4.4. 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.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

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

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au § 1.1.

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

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 d'attirer l'attention du Maître d'ouvrage sur le fait qu'une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du Maître d'ouvrage 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, la présence ou non d'un écran souple 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.

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.

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.

2.3.2. Caractéristiques dimensionnelles

Les caractéristiques dimensionnelles des modules sont données dans la grille de vérification des modules. Elles respectent les critères génériques du § 2.2.2.

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 | Pose « portrait » | Pose « paysage » |
|--|--|--|
| Largeur du champ (mm) | $NbX \times l + (NbX - 1) \times 20$ | $NbX \times L + (NbX - 1) \times \text{écartement horizontal des modules}$ |
| Hauteur de champ (mm) | $NbY \times L + (NbY - 1) \times \text{écartement vertical des modules}$ | $NbY \times l + (NbY - 1) \times 20$ |
| Poids au m ² de l'installation (kg/m ²) | $\approx 2,5 + \text{masse spécifique des modules seuls}$ | $\approx 2,5 + \text{masse spécifique des modules seuls}$ |

Avec :

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

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

L : la grande dimension du module de dimensions (L x l),

l : la petite dimension du module de dimensions (L x l).

2.3.3. Caractéristiques électriques

2.3.3.1. Conformité à la norme NF EN 61215

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

2.3.3.2. Sécurité électrique

Les modules cadrés ont été certifiés conformes à la classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730.

2.3.3.3. Performances électriques

Les puissances électriques des modules sont validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

Dans les tableaux de la grille de vérification des modules, les performances électriques actuelles des modules ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC (*Standard Test Conditions : éclairage 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*).

2.3.4. Spécifications électriques

2.3.4.1. Généralités

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

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 et les connecteurs ne doivent pas reposer dans les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. § 2.4.2).

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 à 1 500 V (*liée à la classe II de sécurité électrique*).

2.3.4.2. Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 7 et Figure 8.

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 (*de la droite vers la gauche*) avant leur fixation.

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

Pour la connexion d'une 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 récupérant, 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 (cf. Figure 9),
- 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 le rail par une vis à tête cylindrique bombée de diamètre 4,2 mm et de longueur 32 mm en acier inoxydable A2 (cf. Figure 10).

- 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 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 souple 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 souple 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 souple 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, ...

2.3.4.3. 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 11.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Conditions préalables à la pose

2.4.1.1. Généralités

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 1.2.3.2.1 "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 CETIH CARQUEFOU.

Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier que :

- L'entraxe entre chevrons est au maximum de 900 mm,
- L'entraxe entre liteaux ne dépasse pas 500 mm,
- L'épaisseur des liteaux est supérieure ou égale à 15 mm. Cette épaisseur est vérifiée mécaniquement par rapport à l'entraxe des chevrons, en appliquant les prescriptions ad hoc du DTU de la série 40.1 dont relève la couverture envisagée,
- 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 de la série 40 concerné.

2.4.1.2. Écran souple de sous-toiture

Si un écran souple de sous-toiture est mis en œuvre, il doit l'être conformément au DTU 40.29.

2.4.2. Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été formés par la société CETIH CARQUEFOU (cf. § 2.9).

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. Compte tenu du procédé en surimposition, la qualification photovoltaïque n'est pas nécessaire pour les seuls travaux de couvreur.
- 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... Les habilitations suivantes peuvent être demandées : habilitations PB pour les non-électriciens et autorisant la connexion des chaînes de modules, habilitation BR PV pour l'intervenant électricien.

2.4.3. 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.

2.4.4. Mise en œuvre en toiture

2.4.4.1. 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 SYSTOPARTNER, auquel il est formé et accompagné par CETIH CARQUEFOU, disponible sur le site "www.systovi.com" et par le bureau d'étude de CETIH CARQUEFOU. L'installateur doit déclarer le numéro de série du kit solaire posé sur le portail SYSTOPARTNER afin d'en assurer la traçabilité.

La surface qui doit être ménagée pour l'implantation du procédé photovoltaïque doit posséder les dimensions indiquées dans le § 2.3.2.

Il convient de reconstituer les orifices de ventilation dont les sections totales doivent être assurées selon les dispositions précisées dans les DTU de la série 40 concernés. La lame d'air située au-dessous de la couverture doit avoir une épaisseur minimale de 20 mm et doit être continue de l'égout au faitage. La section totale (*entrées et sorties*) des orifices de ventilation de cette lame d'air est définie dans les DTU de la série 40 concernés.

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

2.4.4.2.1. Calepinage du procédé

Il est indispensable de prendre tous les repères nécessaires pour permettre le calepinage de l'installation (cf. Figure 13). 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 (cf. Figure 17).

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

2.4.4.2.2. Montage des cales en bois

En premier lieu, il est nécessaire d'ajouter des cales sur la surface d'implantation des crochets. Ces cales, non fournies (cf. § 2.2.4.2), doivent être positionnées parallèlement aux chevrons entre deux liteaux (Figure 12). 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. § 2.2.4.3) par chevron.

2.4.4.2.3. Mise en place des crochets

Les crochets doivent être fixés sur les chevrons (cf. Figure 14) au moyen de deux vis à bois conformes au § 2.2.4.3. 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 ou 40.23, avec les recouvrements appropriés (cf. Figure 14).

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. § 2.2.3.4) doit être positionné par l'installateur sur chaque crochet, sur la partie qui vient en contact avec le rail afin d'éviter le contact direct entre les deux.

2.4.4.2.4. Pose des rails

En premier lieu, les bouchons latéraux sont fixés sur les rails avec les vis TGS 4,5x35 (cf. § 2.2.3.5) uniquement d'un côté du rail. De l'autre côté, les bouchons sont simplement emboîtés dans les rails en gardant un espacement de 20 mm (cf. Figure 15).

Les rails sont fixés sur chaque crochet par une vis à tête rectangulaire de diamètre 8 mm en acier inoxydable. La vis coulisse dans une rainure du rail.

Attention : il n'y a qu'un sens possible de montage du rail, l'encoche la plus grande devant se trouver vers le haut. Si le rail est tourné incorrectement, il devient impossible de serrer la vis à tête rectangulaire et/ou d'insérer les brides (cf. § 2.4.4.2.5).

Les rails sont posés parallèlement à l'égout en pose portrait et perpendiculairement à l'égout en pose paysage. (cf. Figure 16).

L'installateur est en charge des calages éventuels requis pour obtenir une rectitude du rail inférieure au 1/100^{ème}.

L'éclissage des rails 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 (cf. Figure 6).

2.4.4.2.5. Mise en place des modules

Les modules sont montés de gauche à droite en pose portrait et de bas en haut en pose paysage.

En pose portrait, le premier module est mis en butée sur le bouchon de rail gauche (référence latérale) (cf. Figure 17).

En pose paysage, le premier module est mis en butée sur le bouchon de rail bas (référence basse) (cf. Figure 17).

Une vis 4,8 x 25 (cf. § 2.2.3.5) permet de solidariser les bouchons de rail avec le cadre du module (cf. Figure 19).

Les modules sont serrés à l'aide des brides (cf. § 2.2.3.4) qui coulissent dans la glissière supérieure des rails (cf. Figure 18). Une fois la bride positionnée contre le cadre du module photovoltaïque, il est nécessaire d'en serrer la vis pour brider le module.

Une fois tous les modules de la ligne positionnés sur les rails, les bouchons de rails droits sont poussés en butée contre le cadre du dernier module, vissés dans les rails à l'aide de vis TGS 4,5 x 35 (cf. § 2.2.3.5) et vissés dans le cadre du module à l'aide de vis 4,8 x 25 (cf. § 2.2.3.5) (cf. Figure 19).

En pose portrait, dans le cas d'un champ de plusieurs lignes de modules, les modules doivent être espacés de 20 mm dans le sens de la pente.

En pose paysage, dans le cas d'un champ de plusieurs colonnes de modules, les modules doivent être espacés de 20 mm dans le sens perpendiculaire à la pente.

2.4.4.3. Pose aux abords des extrémités de toiture

2.4.4.3.1. 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 d'ardoises, posées conformément au DTU.

2.4.4.3.2. Aux rives

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

2.4.4.3.3. 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.

2.5. Utilisation, entretien et réparation

2.5.1. Généralités

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

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

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. § 2.5.4).

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. § 2.4.2).

2.5.2. 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 de l'étanchéité : Vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, retirer les salissures pouvant obturer la libre circulation de l'eau sous les modules.
- Vérification du câblage.
- Vérification visuelle des fixations : vérifier la présence et la tenue de l'ensemble de la visserie.

2.5.3. 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.

2.5.4. 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 débroscher et aux pièces de fixation du module.
- Lors du démontage, une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débroschés 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 procède à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

2.6. Traitement en fin de vie

Conformément à l'article L. 541-10 du Code de l'Environnement, à la directive 2012/19/UE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques et au décret n°2014-928 du 19 août 2014, les producteurs de modules photovoltaïques, dans le cadre de la Responsabilité Élargie des Producteurs, pourvoient ou contribuent à la collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers au prorata des équipements qu'ils mettent sur le marché. L'article R. 543-180.-I. du Code de l'Environnement et l'arrêté du 8 octobre 2014 prévoient qu'en cas de vente d'un équipement, le distributeur de modules photovoltaïques reprend gratuitement ou fait reprendre gratuitement pour son compte les équipements usagés dont le consommateur se défait, dans la limite de la quantité et du type d'équipement vendu.

Pour le reste des éléments (système de montage notamment), il n'y a pas d'information apportée.

2.7. Fabrication et contrôles

2.7.1. Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques a été examinée dans le cadre de la vérification des modules. Les informations principales (*site(s) de fabrication, certification ISO 9001, tolérance sur le flash-test, mesure(s) par électroluminescence, inspection finale*) sont données dans la grille de vérification des modules.

2.7.2. Composants de la structure support

Les pièces de la structure support (rails, éclisses et crochets de fixation ardoises) sont réalisées selon les plans de la société CETIH CARQUEFOU par quatre entreprises dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques.

Lors de la fabrication, la première et la dernière pièce de chaque production sont contrôlées sur toutes les cotes fonctionnelles.

2.8. Conditionnement, étiquetage, stockage

2.8.1. Modules photovoltaïques

Les modalités de conditionnement (*nombre de modules par emballage, nature de l'emballage, position des modules, séparateurs entre modules*) des modules sont indiquées dans la grille de vérification des modules.

Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance.

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

Sauf spécificité du fabricant indiquée dans la grille de vérification des modules, le stockage sur chantier s'effectue au sec, sous abri.

2.8.2. Éléments du système de montage

Tous les éléments du système de montage sont conditionnés en carton, hormis les rails positionnés en bottes filmées sur la palette.

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 doit s'effectuer à l'abri des intempéries.

2.9. Formation

La société CETIH CARQUEFOU organise une « formation installateur » obligatoire dans ses locaux à Carquefou. Cette formation, théorique et pratique, permet à ses clients d'appréhender les généralités des installations photovoltaïques, les spécificités du procédé SYSTOVI – P-MAX sur-toiture ardoises, sa mise en œuvre ainsi que tous les aspects liés à la sécurité électrique.

Cette formation se décline en deux parties :

- L'une théorique : présentation de l'entreprise CETIH CARQUEFOU, visite de l'usine de production des modules photovoltaïques, sécurité des intervenants, exigences de qualité, description du procédé, ...

- L'autre pratique : mise en œuvre concrète par l'installateur d'une installation avec le montage du procédé SYSTOVI – P-MAX sur-toiture ardoises sur une maquette de toit taille réelle au sein du Centre de Formation Cetih et travaux pratiques sur plusieurs ateliers représentant les étapes clés de l'installation du système de montage et du câblage électrique. Ces travaux pratiques permettent de travailler sous conditions réelles et selon les règles techniques en vigueur. Cela permet également de sensibiliser sur les risques professionnels et sur le respect des règles de sécurité.

Le Centre de Formation Cetih au sein duquel a lieu cette formation est agréé Quali'ENR pour dispenser des formations certifiantes proposées aux installateurs en vue d'obtenir les appellations « QUALI'PV module Électricité" et "QUALI'PV module Bâtiment".

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

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

Le procédé SYSTOVI – P-MAX sur-toiture ardoises est commercialisé exclusivement par les installateurs et distributeurs partenaires.

Pour devenir installateur du procédé SYSTOVI – P-MAX 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 complétées par une qualification et/ou une certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques (compte tenu du procédé en surimposition, la qualification photovoltaïque n'est pas nécessaire pour les seuls travaux de couvreur),
- qu'il ait suivi la formation de CETIH CARQUEFOU portant sur les spécificités du procédé SYSTOVI – P-MAX sur-toiture ardoises,
- qu'il s'engage à faire auditer ses installations par le service technique de CETIH CARQUEFOU.

Un premier audit est réalisé après les trois premières installations. Si les recommandations de pose n'ont pas été respectées, la société CETIH CARQUEFOU 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 CETIH CARQUEFOU.

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.

2.10. Assistance technique

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

La société CETIH CARQUEFOU 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.

2.11. Mention des justificatifs

2.11.1. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques ont été vérifiés par le CSTB selon les critères d'acceptation du présent Avis Technique. La liste des références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT sur la page de la [fiche détaillée de l'Avis Technique 21/22-79_V1](#) (voir § 1.2.9).
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques. La charge à laquelle les essais de charge mécanique MQT 16 ont été réalisés doit être au moins égale à 5 400 Pa (charge d'essai).
- Les modules photovoltaïques 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 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).
- Le procédé photovoltaïque a été testé en pose portrait selon la norme NF EN 12179 pour des essais de résistance à la pression du vent avec les modules de la grille de vérification. Une note de calculs établit l'équivalence des contraintes en pose paysage.
- Une simulation mécanique a été fournie pour justifier la résistance des rails en charge descendante parallèle à la pente.
- Le procédé a été testé au CTMNC sur le banc d'essais Moby Dick 2 (rapport d'essais n°2034020029 de septembre 2020).

2.11.2. Références chantiers

La fixation à la charpente et la traversée du plan de couverture est totalement identique au procédé déjà décrit dans l'Avis Technique 21/19-65_V4 SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises.

Le procédé SYSTOVI – V-SYS sur-toiture ardoises est fabriqué depuis septembre 2016.

Environ 15 000 m² ont été commercialisés en France à ce jour, soit environ 2,7 MWc.

Le procédé photovoltaïque SYSTOVI – P-MAX sur-toiture ardoises est fabriqué depuis juin 2022.

Environ 50 m² ont été commercialisés en France à ce jour.

2.12. 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 atmosphérique19

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 | Aluminium | Anodisation 15 µm | • | • | □ | • | • | □ | □ | □ |
| | | Anodisation 20 µm | • | • | □ | • | • | • | □ | □ |
| Rails, éclisses | Aluminium 6063-T5 | Anodisation ≥ 15 µm | • | • | □ | • | • | □ | □ | □ |
| | | Anodisation ≥ 20 µm | • | • | □ | • | • | • | □ | □ |
| Brides de maintien intermodules | Aluminium 6005-T5 | Anodisation 15 µm | • | • | □ | • | • | □ | □ | □ |
| Bouchons latéraux | Alliage Zamak 5 | Sous-couche cataphorèse + thermolaquage 100 µm | • | • | □ | • | • | □ | □ | □ |
| Crochet de fixation ardoises | 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 40.36 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 titulaire de l'Avis Technique.

- : 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 du procédé | 21 |
| Figure 2 : Crochet de fixation ardoises | 22 |
| Figure 3 : Rails et vis à tête rectangulaire..... | 22 |
| Figure 4 : Bride de serrage | 23 |
| Figure 5 : Bouchon de rail | 23 |
| Figure 6 : Raccordement des rails par éclisses | 24 |
| Figure 7 : Principe de câblage avec onduleur centralisé | 25 |
| Figure 8 : Principe de câblage avec micro-onduleur | 26 |
| Figure 9 : Câble de liaison équipotentielle des masses | 27 |
| Figure 10 : Câble de liaison équipotentielle des rails | 27 |
| Figure 11 : Exemple de fixation d'un micro-onduleur | 28 |
| Figure 12 – Montage des cales en bois | 28 |
| Figure 13 – Positionnement des crochets..... | 29 |
| Figure 14 – Mise en œuvre des crochets..... | 30 |
| Figure 15 : Pose des bouchons de rails..... | 32 |
| Figure 16 : Pose des rails | 33 |
| Figure 17 : Pose des modules | 35 |
| Figure 18 : Mise en place des brides intermodules | 36 |
| Figure 19 : Fixation des bouchons de rail..... | 36 |

Figure 1 : Schéma éclaté du procédé

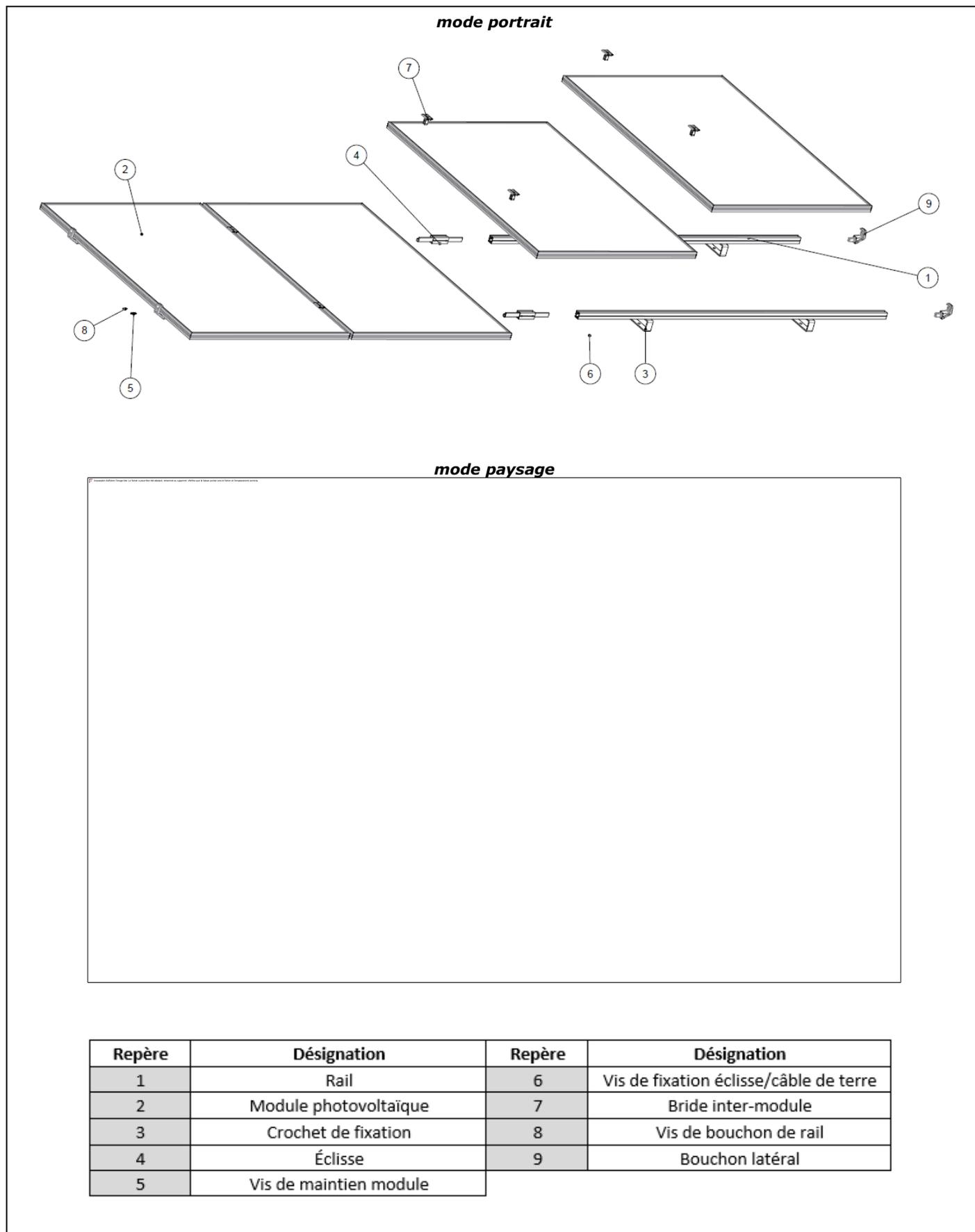


Figure 2 : Crochet de fixation ardoises

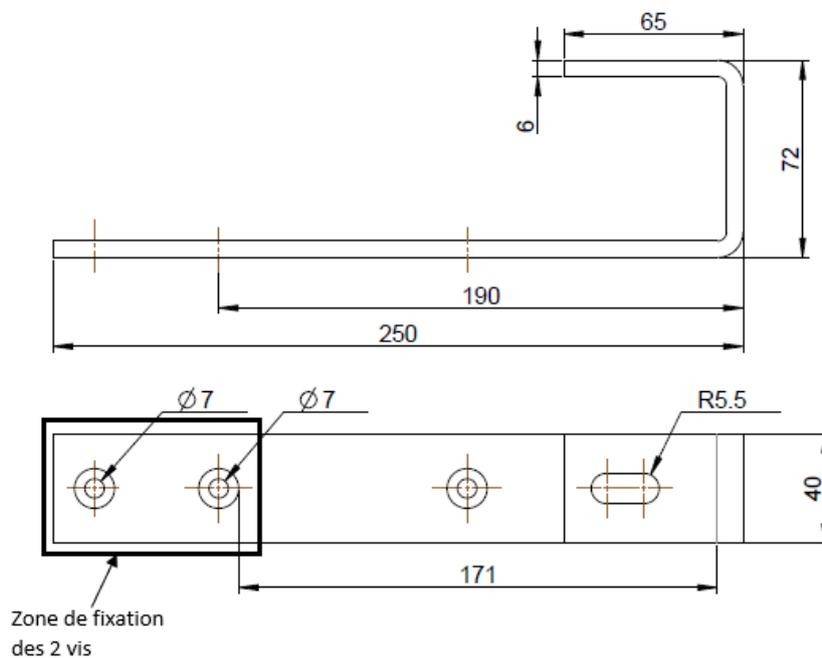


Figure 3 : Rails et vis à tête rectangulaire

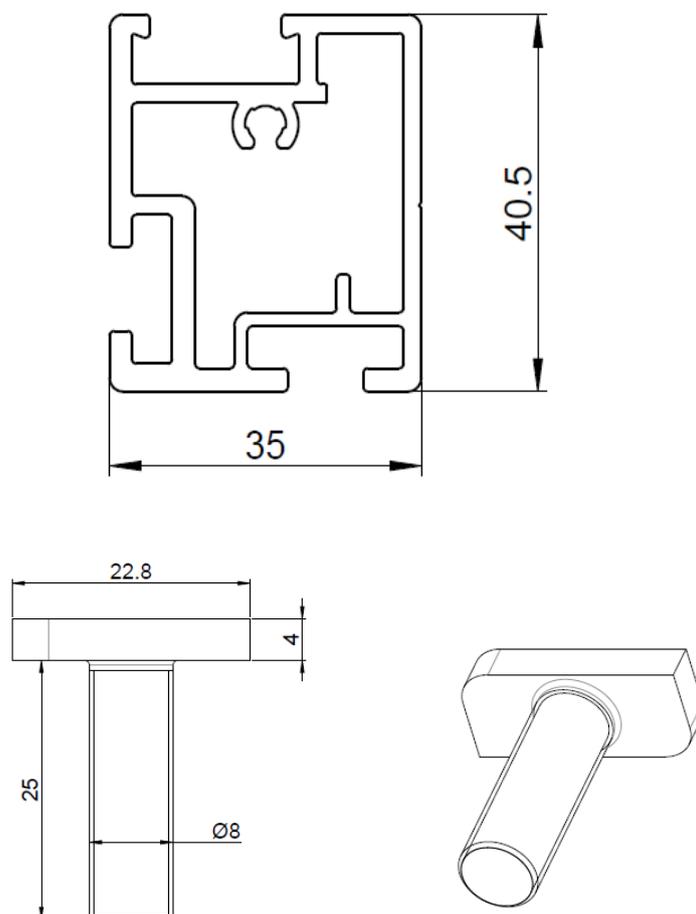


Figure 4 : Bride de serrage

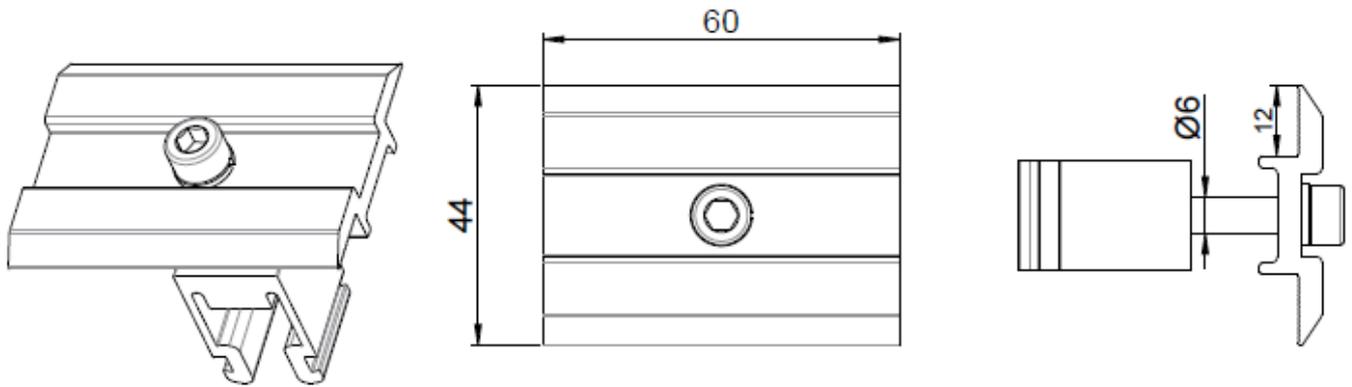


Figure 5 : Bouchon de rail

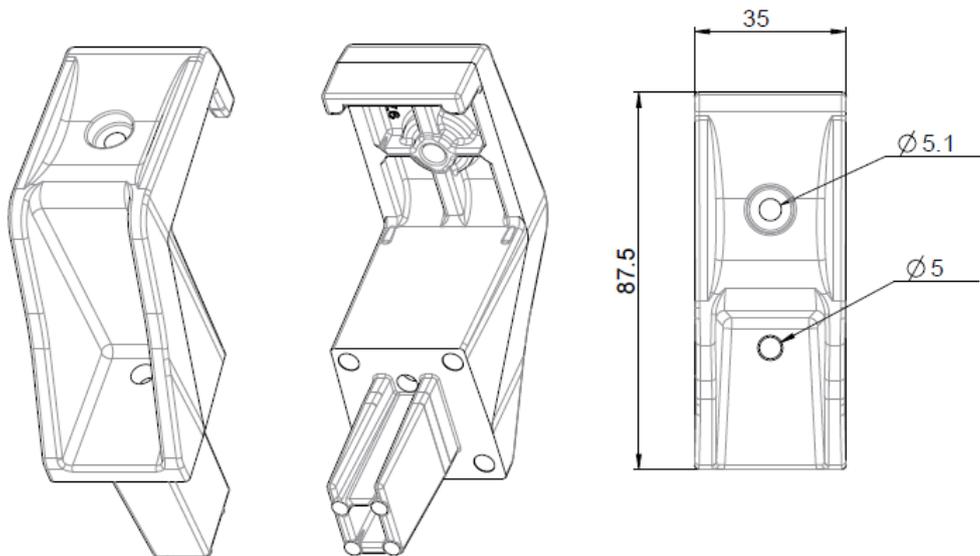


Figure 6 : Raccordement des rails par éclisses

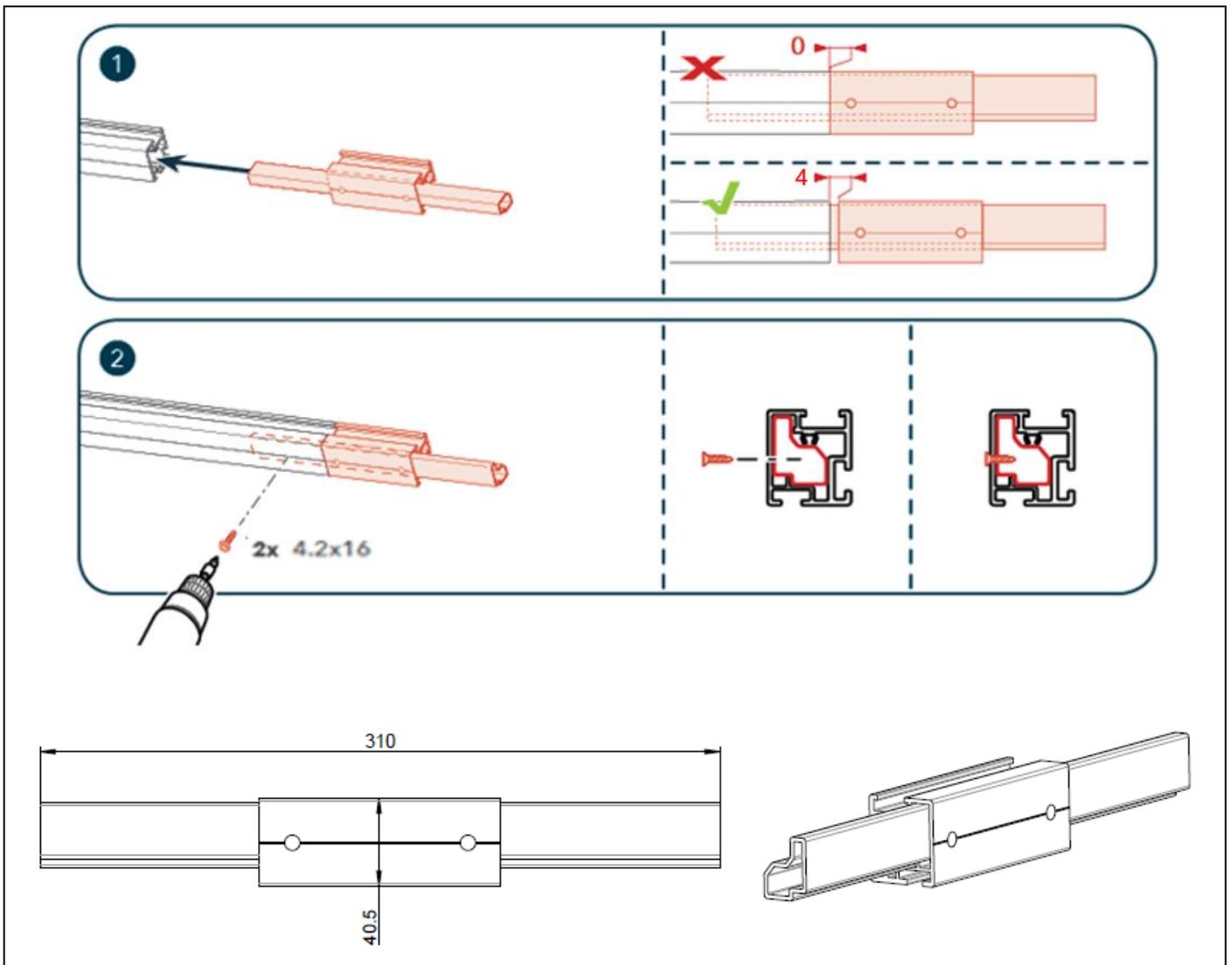


Figure 7 : Principe de câblage avec onduleur centralisé

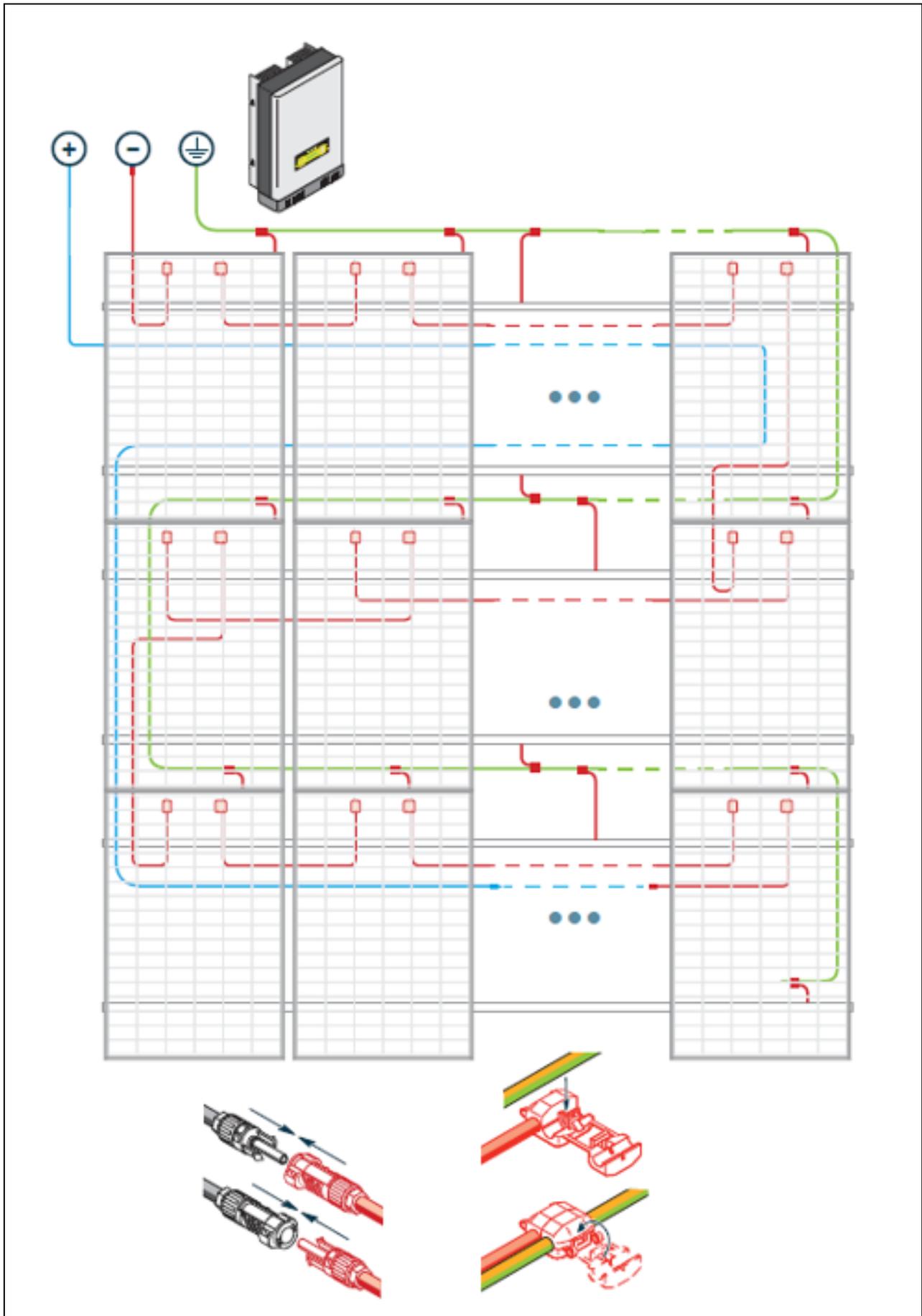


Figure 8 : Principe de câblage avec micro-onduleur

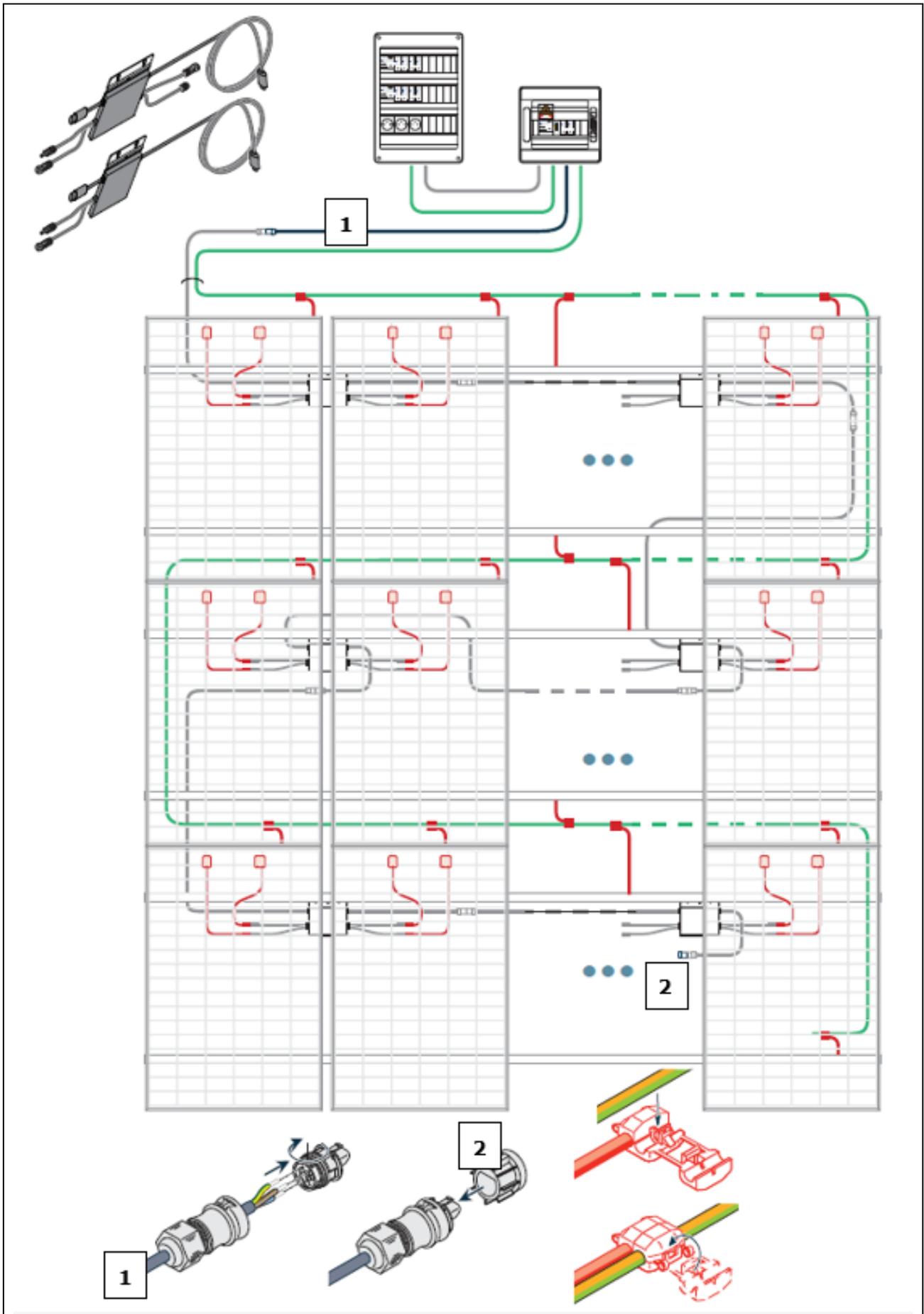


Figure 9 : Câble de liaison équipotentielle des masses

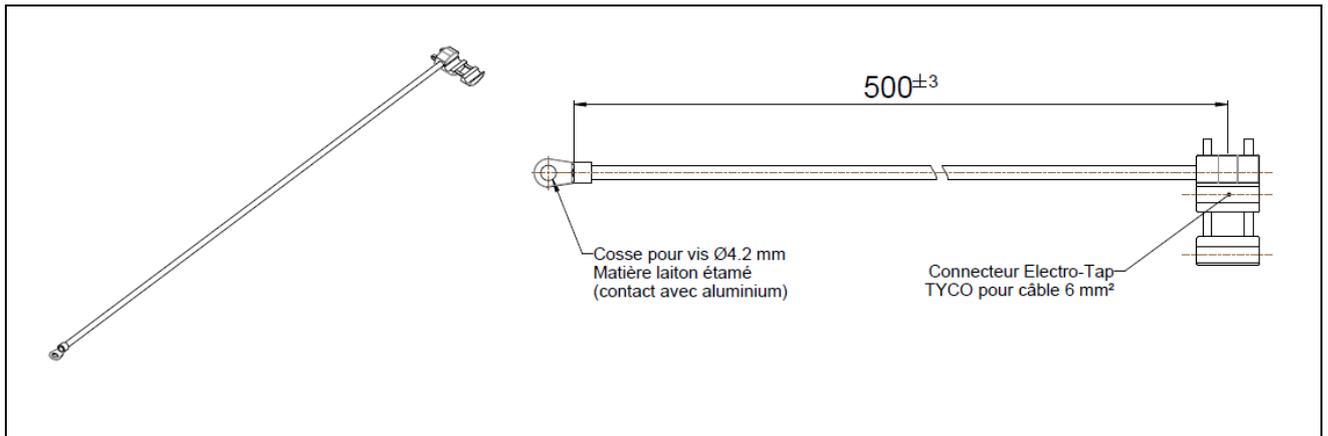


Figure 10 : Câble de liaison équipotentielle des rails



Figure 11 : Exemple de fixation d'un micro-onduleur

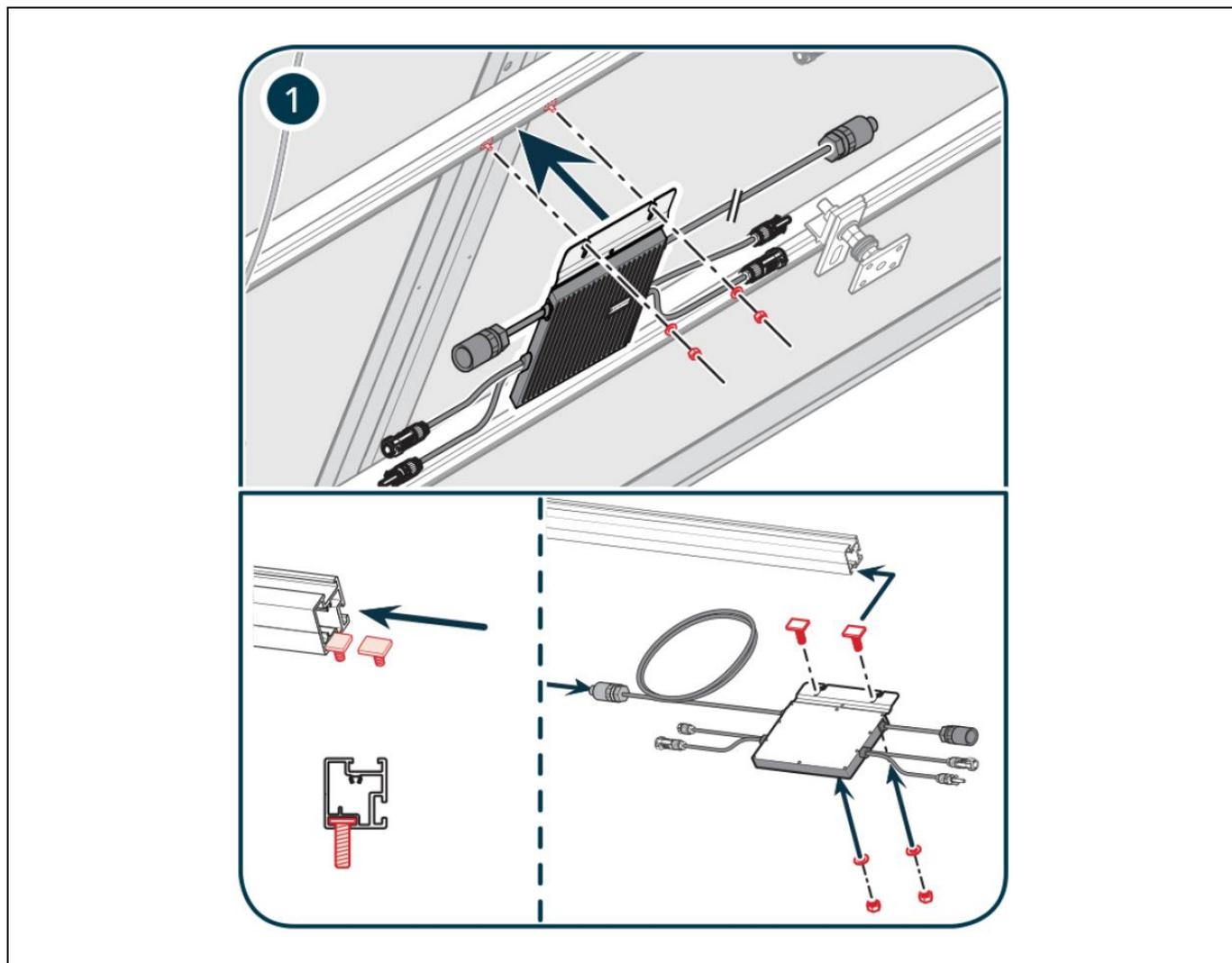


Figure 12 - Montage des cales en bois

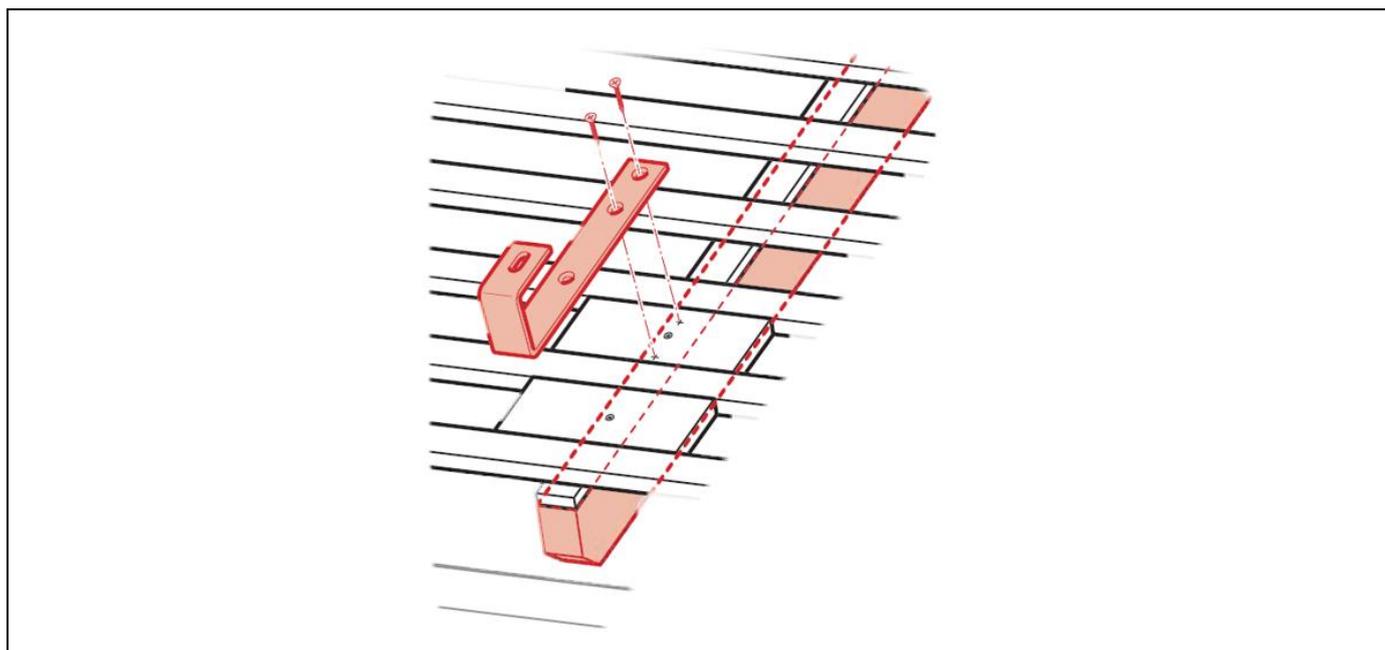
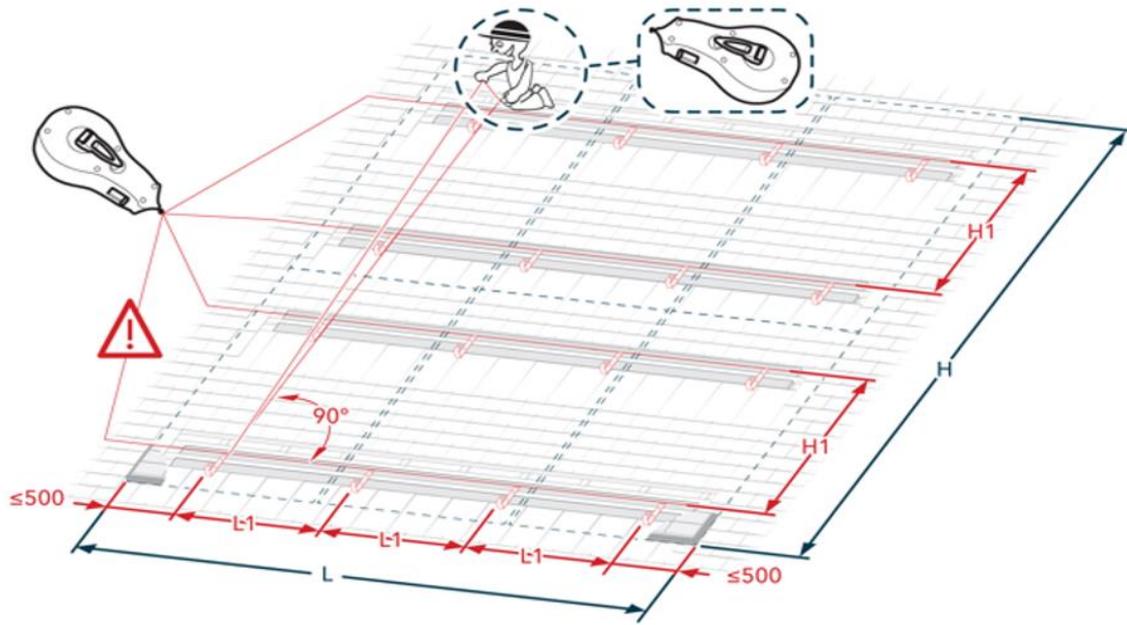


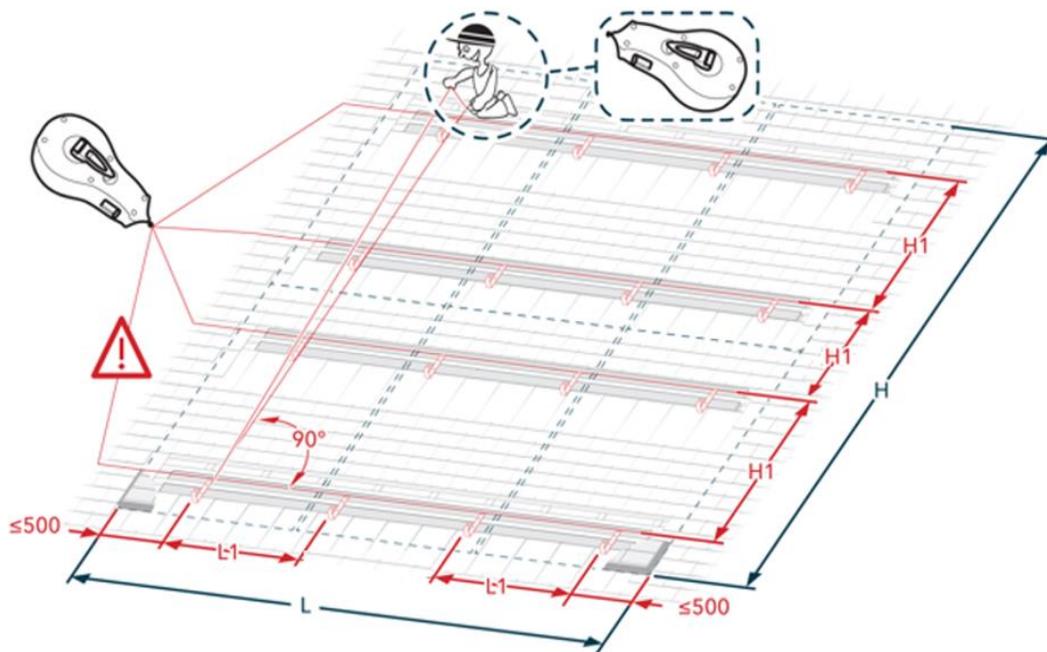
Figure 13 – Positionnement des crochets

Positionnement des crochets pour une pose en mode portrait :



| | |
|--------|-------------------|
| $H1 =$ | $630 < H1 < 1130$ |
| $L1 =$ | 1150 ± 250 |

Positionnement des crochets pour une pose en mode paysage :



| | |
|--------|-------------------|
| $L1 =$ | $630 < H1 < 1130$ |
| $H1 =$ | 1150 ± 250 |

Figure 14 – Mise en œuvre des crochets

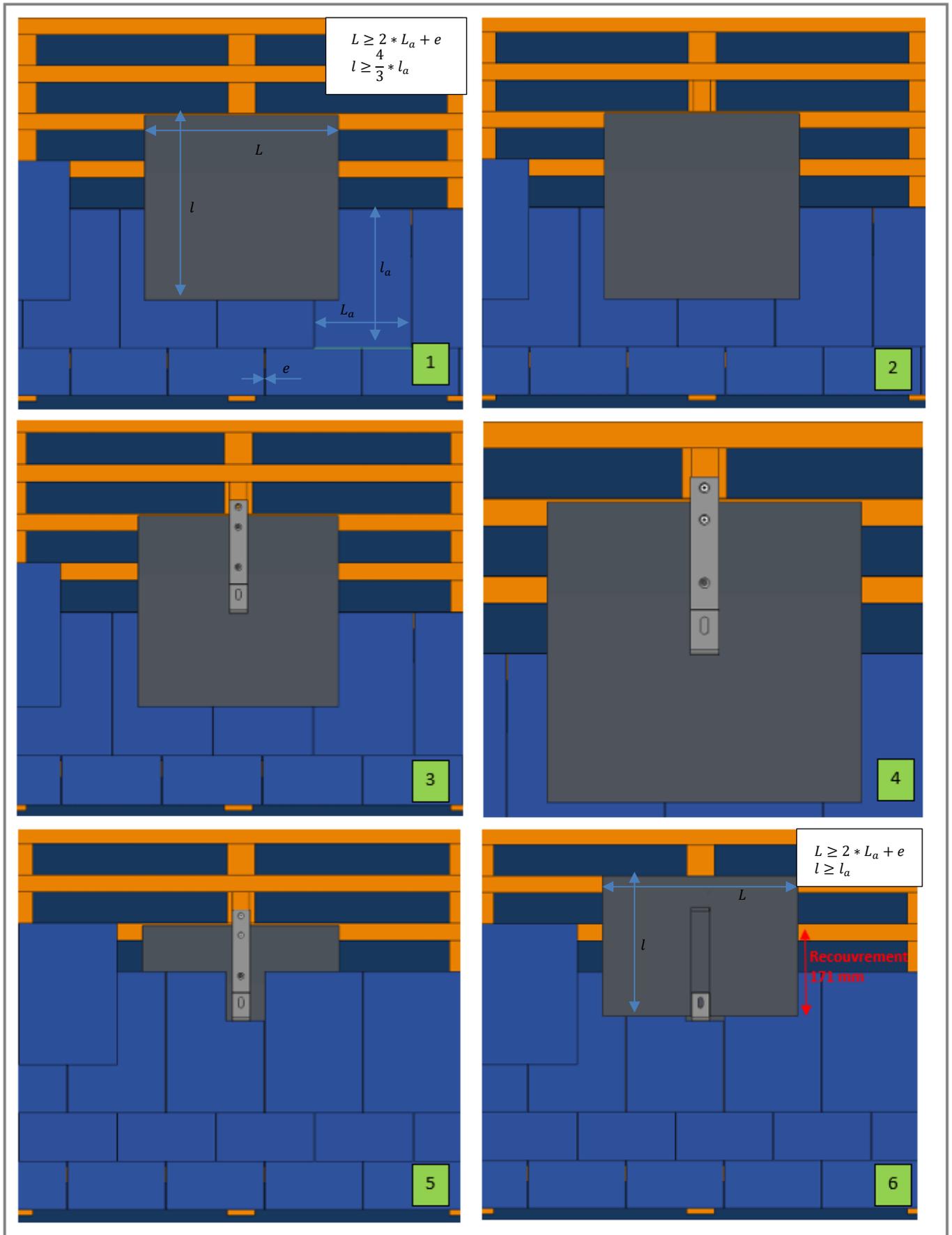
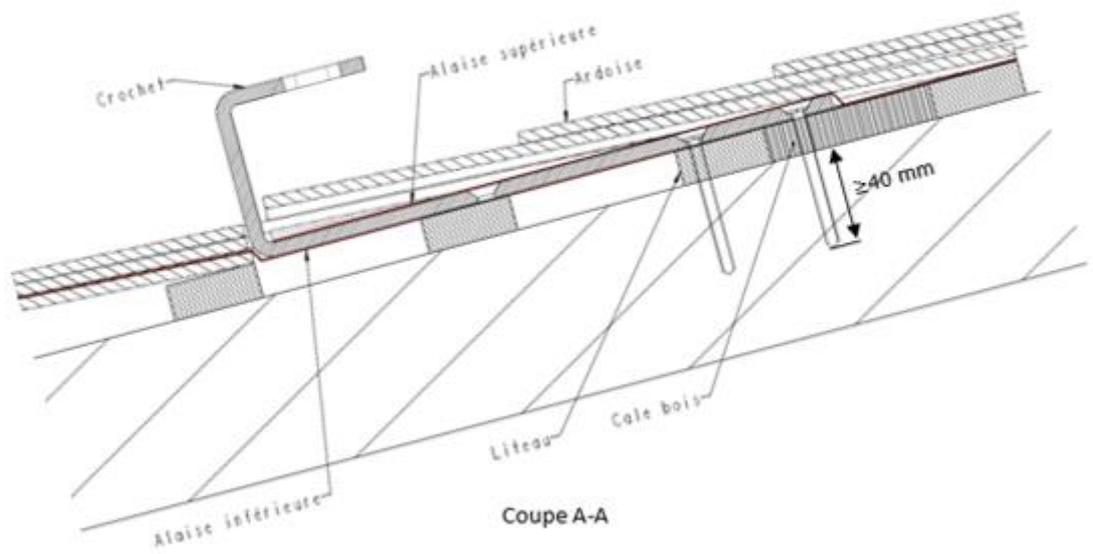
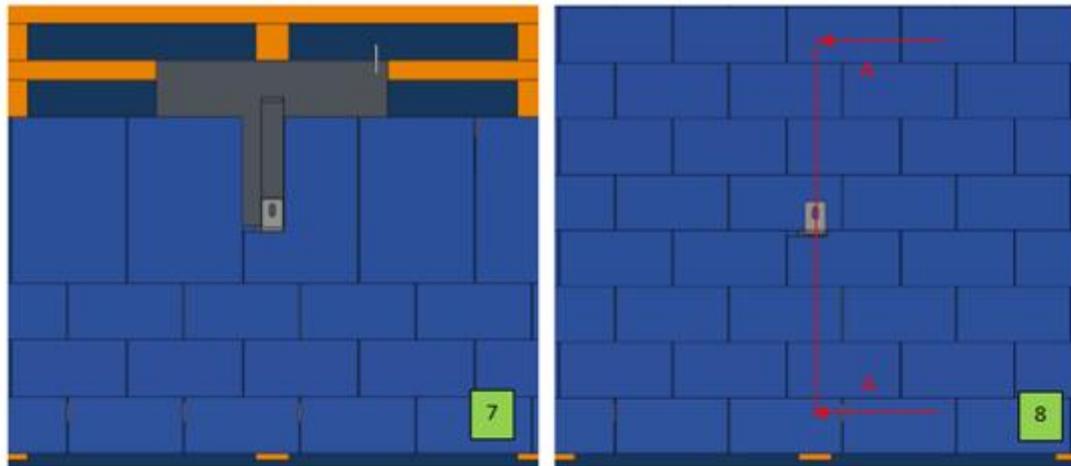


Figure 14 (suite) - Mise en œuvre des crochets



Les ardoises sont crochetées ou clouées

Figure 15 : Pose des bouchons de rails

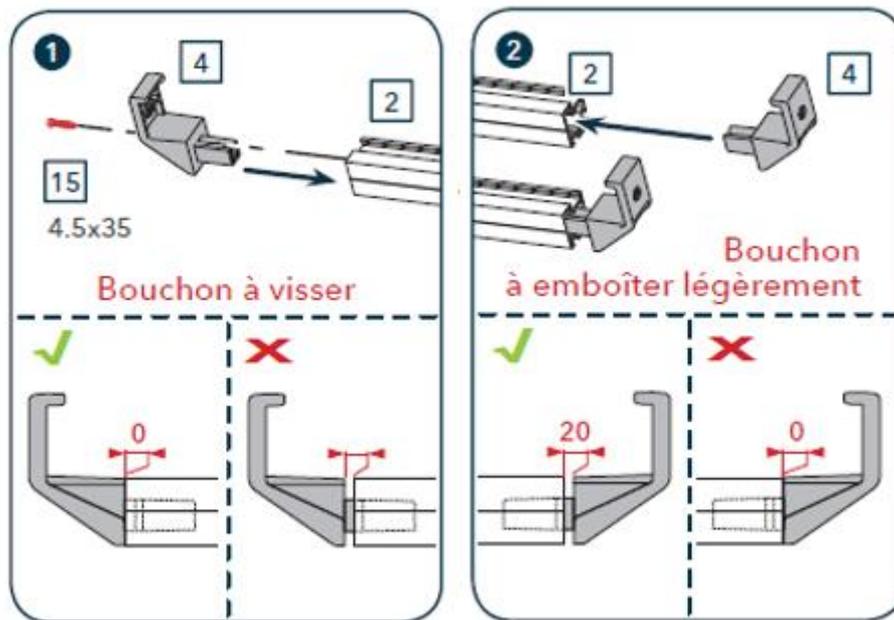


Figure 16 : Pose des rails

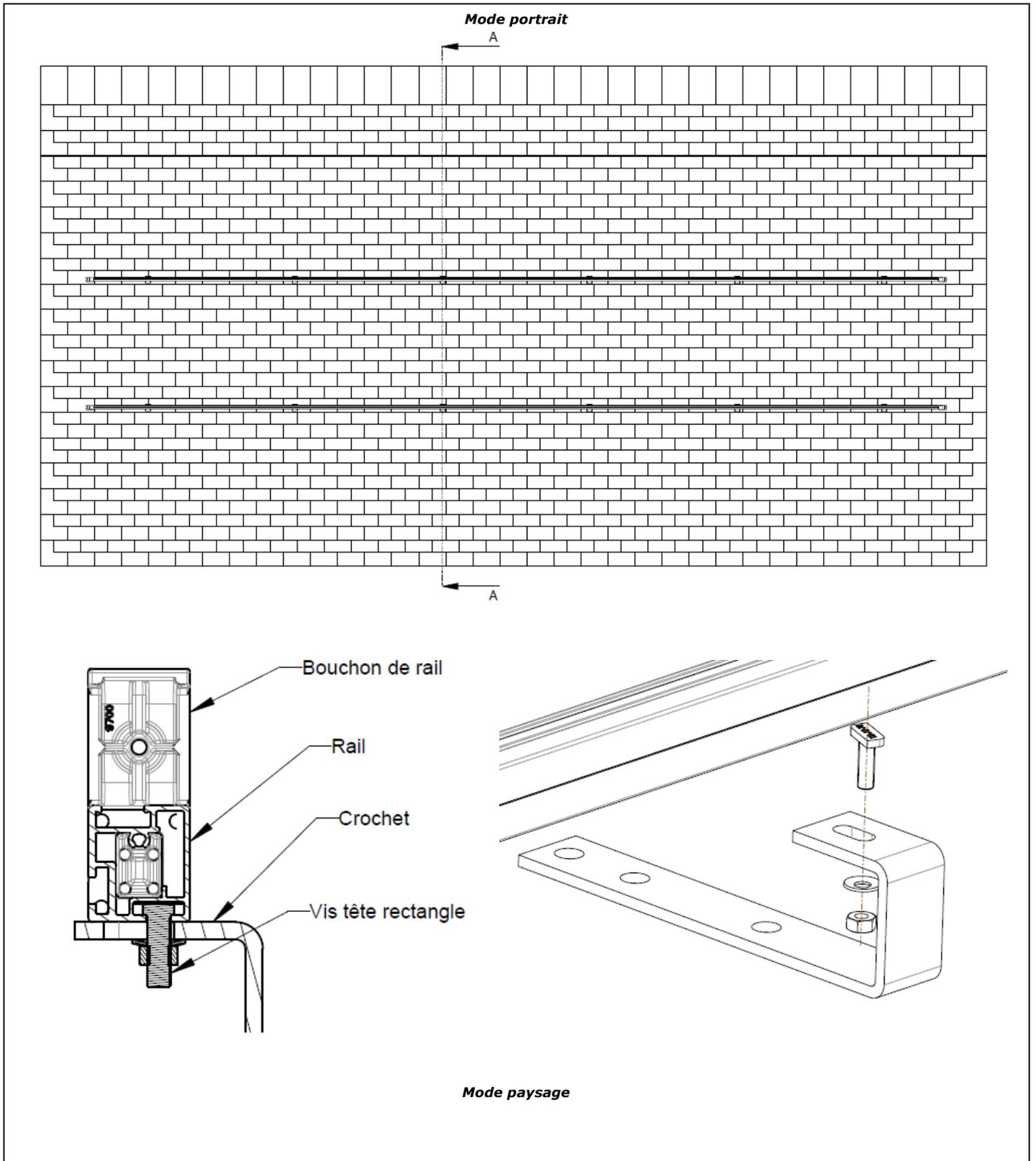


Figure 16 (suite) : Pose des rails

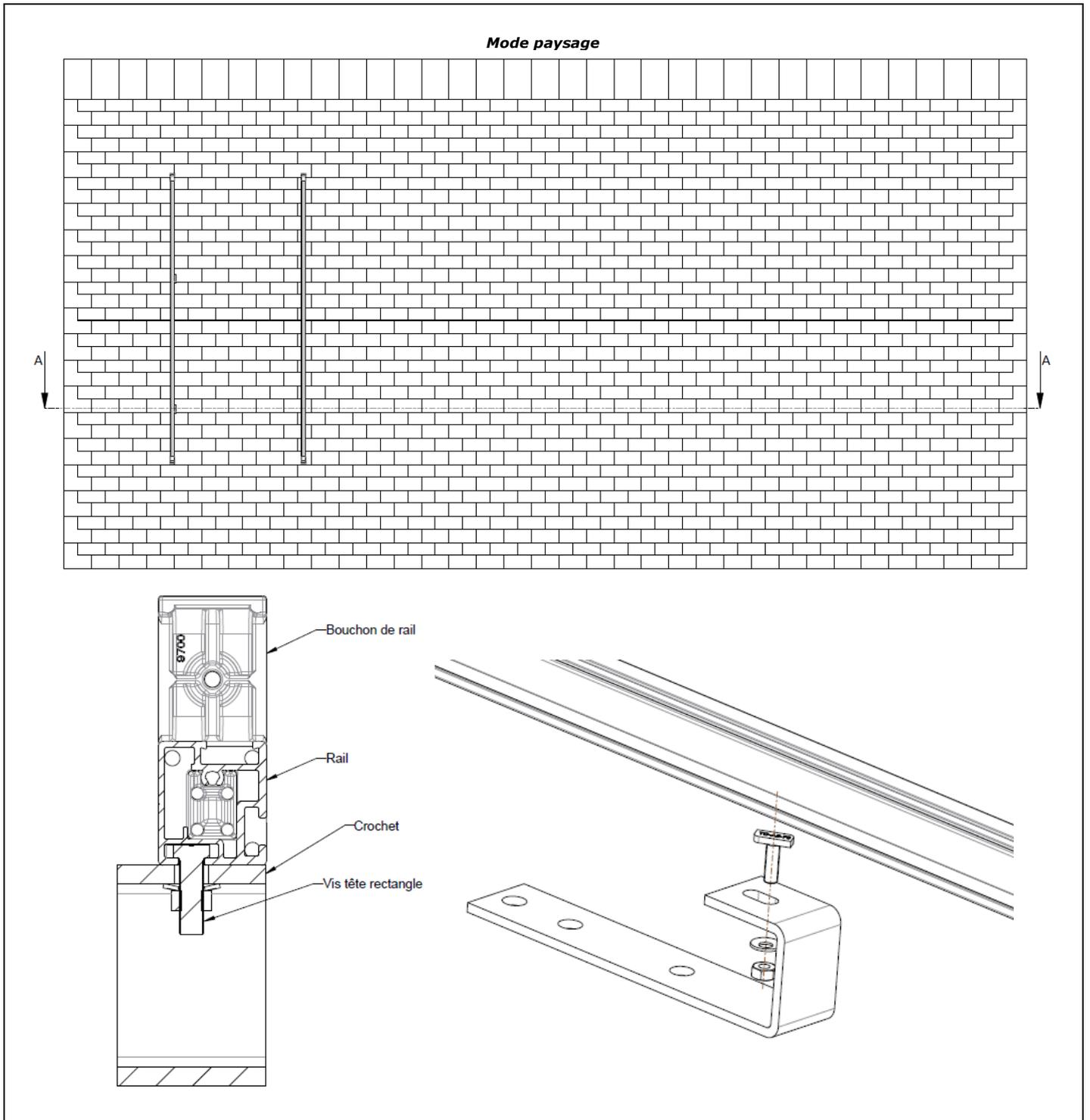


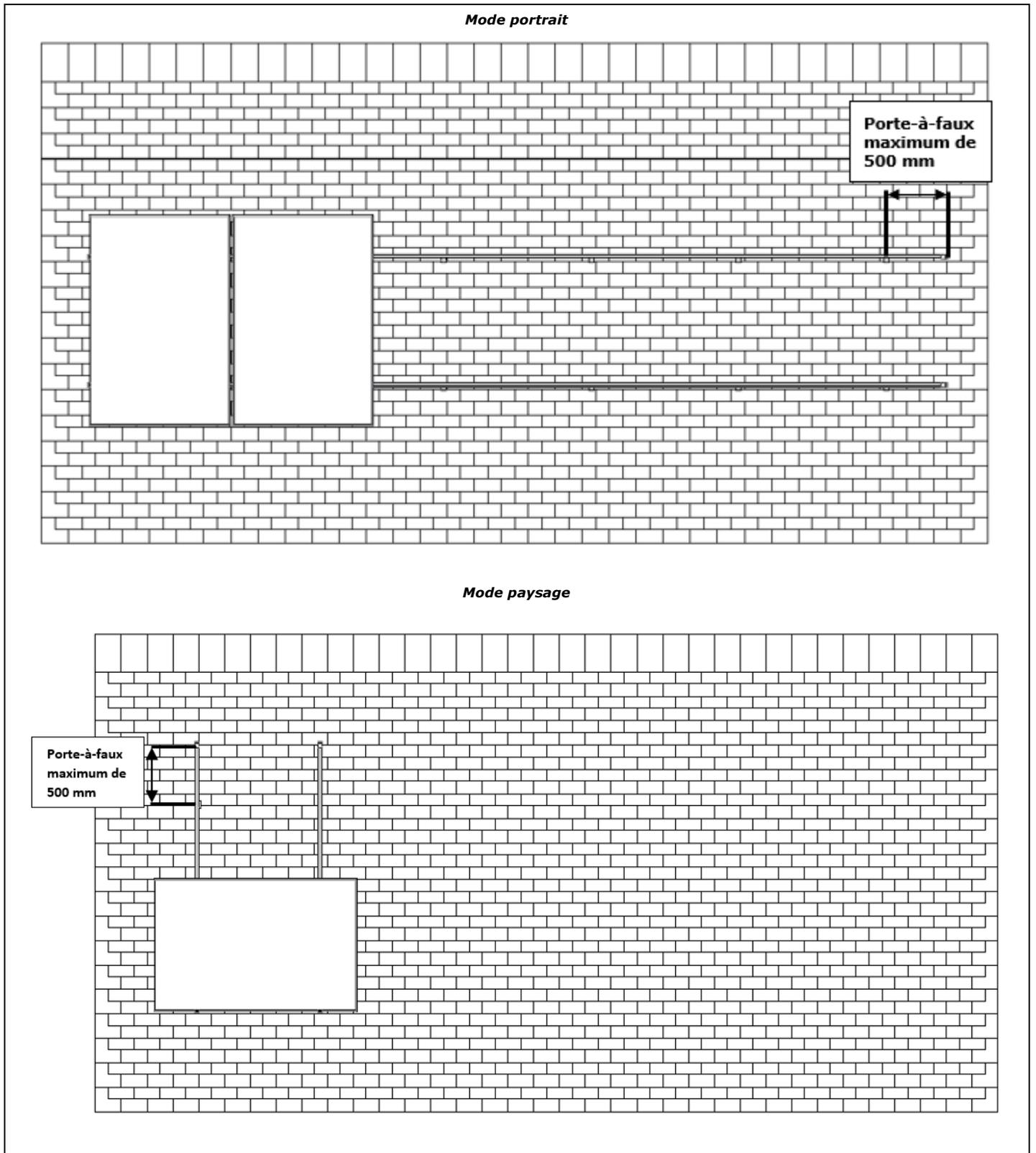
Figure 17 : Pose des modules

Figure 18 : Mise en place des brides intermodules

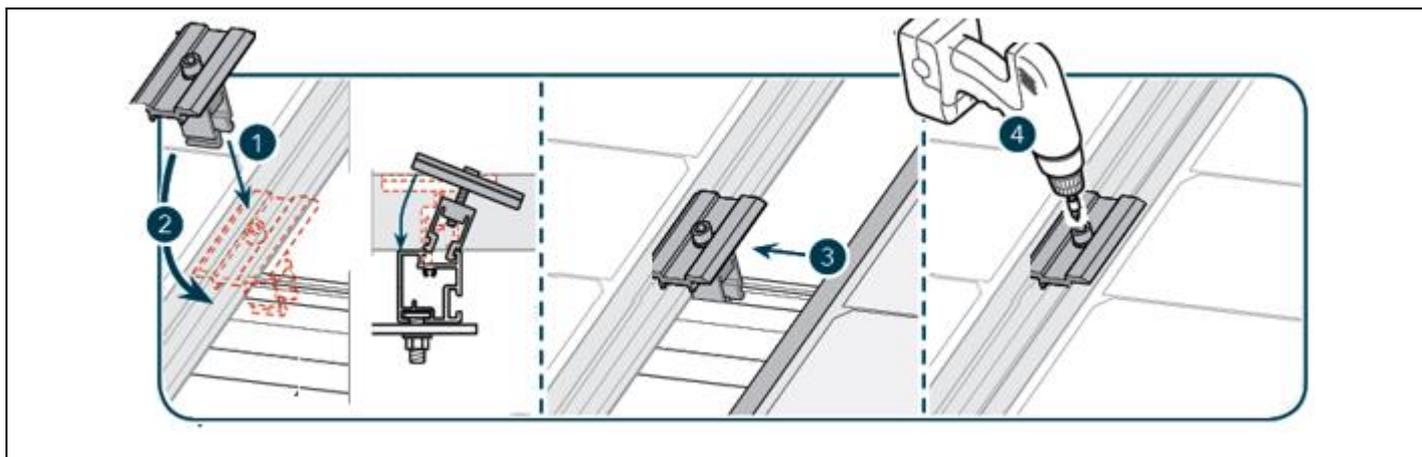
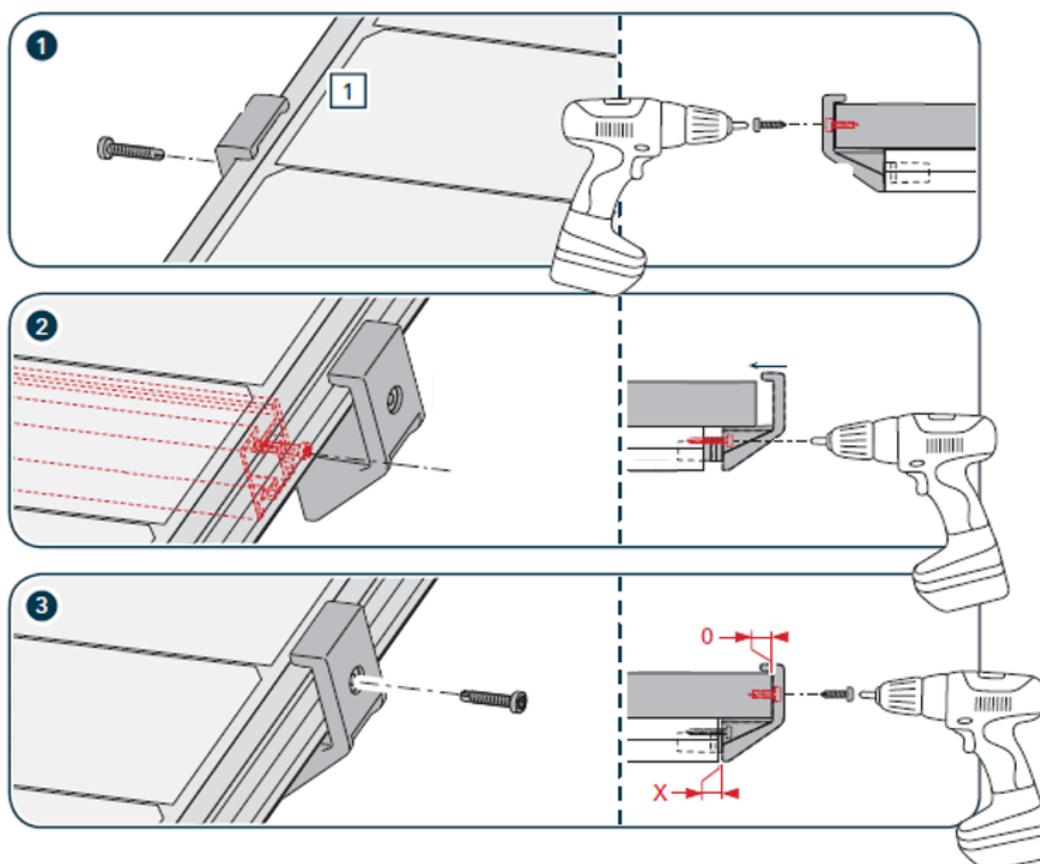


Figure 19 : Fixation des bouchons de rail



Il est nécessaire d'utiliser un embout long pour le vissage