

Sur le procédé

ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT - Plat & Incliné

Famille de produit/Procédé : Module photovoltaïque rigide fixé au-dessus du revêtement d'étanchéité, en pose surimposée

Titulaire(s) : Société DOME SOLAR
Société IKO-AXTER

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 18 décembre 2025.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc

Descripteur :

Procédé photovoltaïque avec gammes de modules en cours de validité dans la grille téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/25-92_V1.

Le procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné est un dispositif permettant l'intégration en toitures-terrasses de modules photovoltaïques rigides, parallèlement au plan de la toiture ou inclinés de 10° par rapport à ce plan, sur un ensemble de rails en aluminium soudés à un revêtement d'étanchéité à base de bitume.

Les performances aux charges climatiques de ce procédé sont définies au §1.1.1 du Dossier Technique.

Il intègre :

- Un élément porteur :
 - en maçonnerie conforme au DTU 20.12 (éléments porteurs de type D admis uniquement avec isolants collés),
 - en panneaux bois à usage structurel (CLT) sous DTA visant l'utilisation comme élément porteur pour terrasse avec étanchéité avec protection par dalles sur plots,
- un pare-vapeur lorsque nécessaire, conforme au DTA « IKO Duo Stick » de IKO-AXTER,
- des panneaux isolants non porteurs en polyisocyanurate de référence IKO enertherm ALU XL PRO du fabricant IKO INSULATIONS mis en œuvre selon son DTA en un ou deux lits (cf. §2.2.4.3 et §2.2.4.4),
- un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux semi-indépendant autoadhésif conforme au DTA « IKO DUO STICK » ou « IKO DUO FUSION » de la société IKO-AXTER et constitué :
 - d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION AR/F,
 - ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION FEU AR/F,
 - ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION G/F avec protection rapportée meuble obligatoire,
 - ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION ALU/F (uniquement avec des pentes de 3% minimum et en prévoyant des chemins de circulation),

Le revêtement d'étanchéité reste apparent ou reçoit une protection meuble. Celle-ci est obligatoire si la 2ème couche est l'IKO DUO FUSION G/F. Cette protection est exclue lorsque les modules sont posés à plat,

- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture-terrasse de modules photovoltaïques cadrés, à plat ou inclinés par rapport au plan de la toiture. Dans ce dernier cas, un kit d'inclinaison optionnel (constitué d'un support haut et bas, de rotules et cales rotules, de fixations universelles MALT inclinées ou de fixations extérieures inclinées) est utilisé,
- un (des) module(s) photovoltaïque(s) fixés sur leurs grands côtés et 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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/25-92_V1.

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	6
1.2.1.	Liminaire	6
1.2.2.	Conformité normative des modules	6
1.2.3.	Aptitude à l'emploi du procédé	6
1.2.4.	Aspects sanitaires	7
1.2.5.	Durabilité - Entretien	7
1.2.6.	Impact environnemental	8
1.2.7.	Fabrication et contrôle	8
1.2.8.	Mise en œuvre	8
1.2.9.	Modules photovoltaïques	8
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	8
2.	Dossier Technique	9
2.1.	Mode de commercialisation	9
2.1.1.	Coordonnées	9
2.1.2.	Identification	9
2.1.3.	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	13
2.3.	Dispositions de conception	14
2.3.1.	Généralités	14
2.3.2.	Caractéristiques dimensionnelles	15
2.3.3.	Caractéristiques électriques	15
2.3.4.	Spécifications électriques	15
2.3.5.	Elément porteur en maçonnerie	16
2.3.6.	Elément porteur CLT	16
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	16
2.4.1.	Conditions préalables à la pose	16
2.4.2.	Compétences des installateurs	17
2.4.3.	Sécurité des intervenants	17
2.4.4.	Mise en œuvre en toiture	17
2.5.	Utilisation, entretien et réparation	20
2.5.1.	Généralités	20
2.5.2.	Maintenance du champ photovoltaïque	20
2.5.3.	Maintenance électrique	21
2.5.4.	Remplacement d'un module	21
2.5.5.	Remplacement d'un rail ROOF-SOLAR	21
2.6.	Traitement en fin de vie	21
2.7.	Fabrication et contrôles	21
2.7.1.	Modules photovoltaïques	21
2.7.2.	Composants de la structure support	21

2.7.3.	Isolant	23
2.7.4.	Revêtement d'étanchéité	23
2.8.	Conditionnement, étiquetage, stockage	23
2.8.1.	Modules photovoltaïques.....	23
2.8.2.	Ensemble "support"	23
2.8.3.	Isolant	24
2.8.4.	Revêtement d'étanchéité	24
2.9.	Formation.....	24
2.10.	Assistance technique.....	25
2.11.	Mention des justificatifs	25
2.11.1.	Résultats expérimentaux	25
2.11.2.	Références chantiers	25
2.12.	Annexes du Dossier Technique	26
3.	Annexes graphiques	28

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « 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 neige normale (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas (hors modules PV) :

Groupes de modules photovoltaïques reportés dans la grille de vérification des modules*	Type de pose	Charges normales descendantes max. (Pa) hors module
A / B	A plat	800
	Incliné	IKO ENERTHERM ALU XL PRO ép ≤ 120 mm : 1600 IKO ENERTHERM ALU XL PRO ép > 120 mm : 1457
C / D / E	A plat & Incliné	
F	A plat & Incliné	IKO ENERTHERM ALU XL PRO ép ≤ 120 mm : 1600
		IKO ENERTHERM ALU XL PRO ép > 120 mm : 1327

*Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique.

- sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas :

Groupes de modules photovoltaïques reportés dans la grille de vérification des modules*	Type de pose	Charges normales ascendantes max. (Pa) hors module
A / D	A plat	700
	Incliné	943
B / C	A plat & Incliné	700
E	A plat & Incliné	943
F	A plat & Incliné	866

*Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique.

- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.
- Le calcul des charges climatiques appliquées sur la toiture s'effectue conformément au Cahier du CSTB n°3803_V3.

1.1.2. Ouvrages visés

- Mise en œuvre :
 - au-dessus de locaux à faible, moyenne, forte hygrométrie (selon DTU 43.1 Partie 3) sur élément porteur en maçonnerie et à faible, moyenne hygrométrie sur élément porteur CLT (forte hygrométrie non visée) en se référant aux limites éventuelles propres aux éléments porteurs, aux DTA des isolants et du revêtement d'étanchéité IKO Duo Stick,
 - sur toitures-terrasses, à versants plans, à pente nulle, plates ou inclinées, inaccessibles sans rétention d'eau temporaire, techniques ou à zones techniques :
 - en maçonnerie conforme au DTU 20.12 des types A, B, C ou D,
 - en panneaux bois à usage structurel (CLT) sous DTA visant l'utilisation comme élément porteur pour terrasse avec étanchéité avec protection par dalles sur plots,
 - les toitures doivent être conformes aux prescriptions des DTU 43.1, 43.5 ou au DTA des panneaux CLT,
 - sur des bâtiments neufs ou en réfection, avec isolants thermiques non porteurs :
 - sur ouvrages neufs avec les éléments du complexe décrits au §2.2.1,
 - sur ouvrages existants avec dépose de l'existant (à condition que le DTA du CLT vise la réfection) avec les éléments du complexe décrits au §2.2.1 ; seule la conservation de l'élément porteur est autorisée,
 - sur toitures conformes aux prescriptions des DTU 43.1 et 43.5 dans le cas de travaux de réfections.
- La toiture d'implantation doit présenter des versants de pente, imposés par la toiture, compris entre 0 et 10% (0° à 5,7°) pour les éléments porteurs en maçonnerie tout en étant conforme à leur DTA pour les éléments porteurs en CLT. Dans le cas d'utilisation de granulats pour la protection lourde meuble, la pente maximale est de 5% (2,9°).

- 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 respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (cf. §2.4.4.1).

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
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 des fixations universelles MALT (Mise À La Terre), des pièces CTR (Connecteur Terre Rail) et CTM (Connecteur Terre Module) pour un raccordement en peigne des masses métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

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 toiture

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 :

- La charge sous neige normale n'excède pas :

Groupes de modules photovoltaïques reportés dans la grille de vérification des modules*	Type de pose	Charges normales descendantes max. (Pa) hors module
A / B	A plat	800
	Incliné	IKO ENERTHERM ALU XL PRO ép ≤ 120 mm : 1600 IKO ENERTHERM ALU XL PRO ép > 120 mm : 1457
C / D / E	A plat & Incliné	
F	A plat & Incliné	IKO ENERTHERM ALU XL PRO ép ≤ 120 mm : 1600
		IKO ENERTHERM ALU XL PRO ép > 120 mm : 1327
*Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique.		

- la charge sous vent normal n'excède pas les valeurs du tableau suivant :

Groupes de modules photovoltaïques reportés dans la grille de vérification des modules*	Type de pose	Charges normales ascendantes max. (Pa) hors module
A / D	A plat	700
	Incliné	943
B / C	A plat & Incliné	700
E	A plat & Incliné	943
F	A plat & Incliné	866
*Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique.		

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".

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

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.

1.2.3.2.4. Sécurité au feu

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

1.2.3.2.5. 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 antichute selon la réglementation en vigueur,
- de chemins de circulation définis suivant le calepinage de la société DOME SOLAR.

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).

1.2.3.2.6. Sécurité des usagers

Sans objet.

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 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 la notice de montage et dans le Dossier Technique, la durabilité de cette toiture 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 visées si le procédé « ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné » 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 DOME SOLAR (avertis des particularités de pose de ce procédé grâce à une formation obligatoire, disposant de compétences en étanchéité 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'envisager une bonne réalisation des installations.

1.2.9. Modules photovoltaïques

Au moment de la commande des modules photovoltaïques pour un chantier donné, le Maître d'Œuvre assisté de l'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/25-92_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 conformément au Cahier du CSTB n°3803_V3, en tenant compte le cas échéant des actions locales (au sens des NV65 modifiées), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé,

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

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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/25-92_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

Le procédé est commercialisé par les cotitulaires.

Cotitulaires :

Société DOME SOLAR

3 rue Marie Anderson

FR – 44400 REZÉ

Tél. : 02 40 67 92 92

Email : info@dome-solar.com

Internet : www.dome-solar.com

Société IKO-AXTER

Rue Laferrière

FR – 75000 PARIS

Email : contact.france@iko.com

Internet : www.iko.fr

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. Livraison

Le système de traçabilité du titulaire doit permettre 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 les plans de câblage doivent être fournies 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 sur toiture-terrasse.

Le procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité d'origine photovoltaïque.

Il permet de mettre en œuvre sur toiture isolée-étanchée des modules photovoltaïques rigides, parallèlement au plan de la toiture ou inclinés de 10° par rapport à ce plan, sur des profilés en aluminium liaisonnés à un revêtement d'étanchéité bicouche à base de bitume sans perforation de la membrane d'étanchéité.

Le procédé photovoltaïque "ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné" (cf. Figure 1 à Figure 3) est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture-terrasse isolée et étanchée.

Les performances aux charges climatiques de ce procédé sont définies au §1.1.1.

Il intègre :

- Un élément porteur :

- en maçonnerie conforme au DTU 20.12,
- en panneaux bois à usage structurel (CLT) sous DTA visant l'utilisation comme élément porteur pour terrasse avec étanchéité avec protection par dalles sur plots,
- un pare-vapeur conforme au DTA « IKO Duo Stick » de IKO-AXTER,
- des panneaux isolants non porteurs en polyisocyanurate de référence IKO enertherm ALU XL PRO du fabricant IKO INSULATIONS mis en œuvre selon son DTA en un ou deux lits (cf. §2.2.4.3 et §2.2.4.4),
- un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux semi-indépendant autoadhésif conforme au DTA « IKO DUO STICK » ou « IKO DUO FUSION » de la société IKO-AXTER et constitué :
 - d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION AR/F,
 - ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION FEU AR/F,
 - ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION G/F avec protection rapportée meuble obligatoire,
 - ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION ALU/F (uniquement avec des pentes de 3% minimum et en prévoyant des chemins de circulation),

Le revêtement d'étanchéité reste apparent ou reçoit une protection meuble. Celle-ci est obligatoire si la deuxième couche est de l'IKO DUO FUSION G/F. Cette protection est exclue lorsque les modules sont posés à plat,

- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture-terrasse de modules photovoltaïques cadrés, à plat ou inclinés par rapport au plan de la toiture. Dans ce dernier cas, un kit d'inclinaison optionnel (constitué d'un support haut et bas, de rotules et cales rotules, de fixations universelles MALT inclinées ou de fixations extérieures inclinées) est utilisé,
- un (des) module(s) photovoltaïque(s) fixés sur leurs grands côtés et 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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/25-92_V1.

À l'exclusion des modules photovoltaïques qui sont fournis directement par les fabricants de modules, tous les éléments décrits dans le chapitre 2.2.3 font partie de la livraison du procédé assurée par la société DOME SOLAR.

2.2.2. Modules photovoltaïques

2.2.2.1. Généralités

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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/25-92_V1.

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 définies dans les paragraphes suivants du § 2.2.2.

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) :

- Groupes A, B, C, D, E :
 - Longueur comprise entre 1 666 et 1 842 mm
 - Largeur comprise entre 1 041 et 1 151 mm
 - Hauteur du cadre comprise entre 29 et 32 mm
 - Masse spécifique comprise entre 10,4 et 11,5 kg/m²

Les modules de ces 5 groupes ont des critères dimensionnels identiques, mais des résistances aux charges climatiques en vent et neige différentes.

- Groupe F :
 - Longueur comprise entre 1 776 et 1 964 mm
 - Largeur comprise entre 1 064 et 1 176 mm
 - Hauteur du cadre comprise entre 33 et 37 mm
 - Masse spécifique comprise entre 10 et 12 kg/m²

2.2.2.3. Face arrière

Face arrière faite d'un film de sous-face ou bien module bi-verre, 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 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 0,90 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.

2.2.2.8. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium de série supérieure ou égale à 6000, anodisé d'épaisseur $\geq 15 \mu\text{m}$.

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 profils 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 du cadre sur le laminé est indiquée dans la grille de vérification des modules.

2.2.3. Système de montage

2.2.3.1. Fourniture

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement et à la fourniture des plans d'exécution par la société DOME SOLAR. Ils sont exclusivement fournis par la société DOME SOLAR.

2.2.3.2. Ensemble "Rail" (cf. Figure 4)

2.2.3.2.1. Destination

Cet ensemble permet de liaisonner les fixations des modules photovoltaïques au revêtement d'étanchéité.

Il est assemblé en usine et constitué des éléments qui suivent.

2.2.3.2.2. Profil trapézoïdal (cf. Figure 5)

En alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, cette pièce, de longueur 60 cm, constitue la pièce maîtresse de l'ensemble "Rail", sur laquelle toutes les autres pièces viennent s'assembler. Ainsi, il est le support des Fixations Universelles MALT, Fixations Extérieures de finition, des réhausses basses ou hautes du kit d'inclinaison. Ses flans accueillent les ailettes qui permettent la fixation de la bande de maintien.

2.2.3.2.3. Bandes de maintien BDM (cf. Figure 6)

Les bandes de maintien BDM sont des feuilles de bitume modifié SBS conformes au Guide UEAtc SBS/APP de 2001 d'épaisseur nominale de 4 mm ($\pm 5\%$), constituées du liant « ARMOUR » de chez IKO conforme aux Directives UEAtc SBS de 1984. La largeur totale des bandes de maintien BDM est de 143 mm, pour une largeur de soudure de 67 mm. Elles ont pour but de maintenir l'ensemble « Rail » sur le revêtement d'étanchéité. Pour cela, elles occupent la totalité de la longueur du Rail (60 cm) et ceci de chaque côté. Elles sont fixées au rail par l'intermédiaire des ailettes et des vis de liaison.

2.2.3.2.4. Ailettes (cf. Figure 7)

En alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, les ailettes permettent le maintien en position des bandes de maintien BDM sur le profil trapézoïdal. Elles sont au nombre de deux pour un ensemble "Rail" : elles sont situées de chaque côté du profil trapézoïdal et sont de la même longueur que celui-ci. Elles sont liées au profil trapézoïdal par des vis de liaison.

2.2.3.2.5. Vis de liaison (cf. Figure 8)

Les vis de liaison permettent d'assembler le profil trapézoïdal, les bandes de maintien BDM et les ailettes. Il s'agit de vis en acier inoxydable A2 de dimensions $\varnothing 4,8 \times 19$ mm avec une tête hexagonale de diamètre $\varnothing 8$ mm. Le pas du filetage est de 1,6 mm. On retrouve 8 vis de liaison sur un ensemble Rail, soit 4 vis pour fixer une bande de maintien.

2.2.3.3. Fixation Universelle MALT (cf. Figure 9)

Les Fixations Universelles MALT en alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, et leur vis + écrou en acier inoxydable, viennent se clipper sur le haut du profil trapézoïdal du procédé. Elles permettent une connexion électrique entre le module et l'ensemble rail (cf § 2.3.4.2). Elles sont le support direct des modules photovoltaïques et permettent de serrer 2 modules au même temps. Elles sont constituées de six pièces : le « serreur universel », une vis CHC M6, un ressort, la « rondelle MALT », un écrou carré M6 et le « socle ». Ces pièces sont assemblées par la société DOME SOLAR, et sont livrées en un seul bloc.

2.2.3.4. Fixations Extérieures de finition (cf. Figure 10)

Les Fixations Extérieures de finition en alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, et leur vis + écrou en acier inoxydable, viennent se clipper sur le haut du Rail du procédé. Elles sont le support direct des modules photovoltaïques. Elles permettent de serrer un seul module et sont utilisées en bordure du champ photovoltaïque.

Elles sont constituées de six pièces : la « mâchoire bride de serrage », la « base bride de serrage », une vis CHC M6, un ressort, un écrou carré M6 et le « socle ». L'assemblage des pièces « mâchoire bride de serrage » et « base bride de serrage » ainsi que la longueur de la vis CHC M6 sont adaptées selon l'épaisseur du cadre du module photovoltaïque.

Il existe deux références possibles selon l'épaisseur du cadre du module (29 à 35 mm, 36 à 37 mm).

Chaque référence est assemblée par la société DOME SOLAR. La référence correspondant aux modules du chantier est livrée en un seul bloc sur le chantier.

2.2.3.5. CTR et CTR bas de générateur (cf. Figure 11)

Les CTR / CTR bas de générateur, en alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, sont vissés sur le haut du Rail du procédé. Le CTR et le CTR bas de générateur est la même pièce mais peut avoir deux fonctions différentes :

- Le CTR (Connecteur Terre Rail) sert pour la mise à la terre des rails.
- Le CTR bas de Générateur est destiné à éviter la descente du champ photovoltaïque par glissement des fixations sur les rails.

Ils sont constitués de 5 (cinq) pièces : un « profil CTR », 2 (deux) vis pointeau M6 et 2 (deux) écrous carrés M6. Ces pièces sont assemblées par la société DOME SOLAR, et sont livrées en un seul bloc.

2.2.3.6. CTM (cf. Figure 12)

Les CTM (Connecteur Terre Module), en alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, sont vissés sur le retour du cadre du module photovoltaïque. Ils visent à permettre la mise à la terre des modules.

Ils sont constitués de 5 (cinq) pièces : un « profil CTM », 2 (deux) vis pointeau M6 et 2 (deux) écrous carrés M6. Ces pièces sont assemblées par la société DOME SOLAR, et sont livrées en un seul bloc.

2.2.3.7. Collier Passe Câbles (cf. Figure 13)

Les Colliers Passe Câbles, en polyamide, viennent se clipper sur le haut du Rail du procédé. Ils permettent de ne pas faire circuler les câbles du module photovoltaïque à même la membrane bitumineuse. Il est impératif d'utiliser ces colliers afin de permettre un maintien des câbles (de polarité ou/et de liaison équipotentielle) aux rails du système ROOF-SOLAR.

2.2.3.8. Kit d'inclinaison

2.2.3.8.1. Principe

Cet ensemble permet de liaisonner et incliner les modules photovoltaïques à l'ensemble « RAIL ». Il est constitué d'ensembles supports hauts et d'ensembles supports bas.

Les ensembles supports (hauts et bas) comprennent les assemblages des supports (hauts ou bas), des rotules, des cales rotules et des fixations universelles MALT inclinées ou extérieures inclinées (cf. §2.2.3.8.2 à 2.2.3.8.5). Ils sont assemblés et livrés en un seul bloc sur le chantier par la société DOME SOLAR.

Il existe 12 références possibles selon l'épaisseur du module. Ces références sont listées au Tableau 2.

2.2.3.8.2. Fixations extérieures inclinées (cf. Figure 14)

Les Fixations extérieures inclinées, en alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, viennent coulisser dans la rainure de la rotule. Elles permettent de serrer un seul module et sont utilisées en bordure du champ photovoltaïque.

Elles sont constituées de quatre pièces : le « chapeau fixation extérieure », la « base fixation extérieure », une vis CHC M6 et un écrou carré M6. L'assemblage des pièces « chapeau fixation extérieure » et « base fixation extérieure », ainsi que la longueur de la vis CHC M6 sont adaptées selon l'épaisseur du cadre du module photovoltaïque.

2.2.3.8.3. Fixations Universelles MALT inclinées (cf. Figure 15)

Les Fixations Universelles MALT inclinée, en alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, viennent coulisser dans la rainure de la rotule. Elles permettent de serrer 2 modules au même temps.

Elles sont constituées de 5 pièces : le « serre universel », une vis CHC M6, un ressort, la « rondelle MALT » et un écrou carré M6. La longueur de la vis CHC M6 est adaptée selon l'épaisseur du cadre du module photovoltaïque.

2.2.3.8.4. Support haut et bas (cf. Figure 16 et Figure 17)

Les supports hauts et bas, en alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, viennent se clipper sur le haut du profil trapézoïdal du procédé. Ils permettent une inclinaison de 10° des modules photovoltaïques par rapport au plan de la toiture.

Ils sont constitués de 3 pièces : la réhausse haute ou basse, une vis CHC M6, un écrou carré M6.

2.2.3.8.5. Rotule et cale rotule (cf. Figure 18 et Figure 19)

Les rotules et cales rotules, en alliage d'aluminium EN AW-6060 T6, viennent coulisser dans la tête des supports haut ou bas. Elles sont le support direct des modules photovoltaïques.

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 qui suivent, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé.

2.2.4.2. Pare-vapeur

Le choix du pare-vapeur et son principe de mise en œuvre sont conformes au DTA IKO Duo Stick et au Tableau 3.

2.2.4.3. Panneau isolant

L'isolant IKO enertherm ALU XL PRO, en mousse polyisocyanurate (PIR) de la société IKO INSULATIONS défini dans son DTA est utilisé avec le procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné.

Les panneaux d'isolant sont mis en œuvre par collage à froid à la colle IKOPro colle PU S ou IKOPro colle PU W (cf. §2.2.4.4) en un ou plusieurs lits.

2.2.4.4. Colle

Les panneaux d'isolant autorisés avec le procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné doivent être mis en œuvre par collage à froid soit :

- à la colle IKOPro colle PU S
- ou à la colle IKOPro colle PU W

2.2.4.5. Revêtement d'étanchéité

Le revêtement bitumineux de la société IKO-AXTER semi-indépendant autoadhésif, constitué :

- d'une première couche IKO DUO STICK SOLAR L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION AR/F
- ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION FEU AR/F
- ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION G/F avec protection rapportée obligatoire (cf. §2.2.4.6)

- ou d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI et d'une deuxième couche IKO DUO FUSION ALU/F (uniquement avec des pentes de 3% minimum et en prévoyant des chemins de circulation),

mis en œuvre conformément au DTA du revêtement IKO Duo Stick, est utilisé avec le procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné.

2.2.4.6. Protection lourde meuble

Cette protection est obligatoire si la deuxième couche d'étanchéité est l'IKO DUO FUSION G/F.

La protection lourde meuble, d'épaisseur minimale 4 cm, sera conforme au § 6.6.3.1.2.1 du DTU 43.1 Partie 1-1. Pour les autres revêtements d'étanchéité, elle peut être envisagée.

Cette protection est exclue lorsque les modules sont posés à plat.

2.2.4.7. Câbles de liaison équipotentielle des masses

Ils sont destinés à réaliser les connexions suivantes :

- entre les profils trapézoïdaux successifs,
- entre les profils trapézoïdaux et la liaison des masses générale.

Il s'agit de câbles de cuivre équipés de cosse cuivre de type « raccord vis-rondelle bimétal alu-cuivre-écrou ». Ils sont de section 6 mm².

Les câbles de liaison équipotentielle des masses doivent présenter des sections adaptées à leur fonction et dans tous les cas des caractéristiques conformes aux guides C 15-712.

2.2.4.8. Chemin de câbles

Aucun câble et aucun connecteur ne doit reposer sur le revêtement d'étanchéité. Ils doivent reposer dans un chemin de câbles spécifique.

Ces chemins de câbles, définis par l'électricien, sont en fils d'acier inoxydables soudés (type CABLOFIL par exemple) adaptés au climat concerné. Le type de chemin de câbles ainsi que ses dimensions dépendent du nombre de câbles à cheminer. Les dimensions doivent être déterminées par l'électricien spécialisé. Il est nécessaire de prévoir un couvercle pour chaque chemin de câbles.

Ces chemins de câbles ne doivent pas reposer directement sur le revêtement d'étanchéité et sont donc mis en œuvre sur des supports.

2.2.4.9. Support de chemin de câbles

Les supports de chemin de câbles peuvent être les suivants (cf. Figure 20) :

- Un rail ROOF-SOLAR BITUME 150 mm
Rail de 150 mm de long liaisonné à l'étanchéité sur ses deux côtés.
- Des supports métalliques liaisonnés sur l'étanchéité
Omégas en tôles d'acier inoxydable AISI 304 pliées de dimensions 50mm x 50mm x 50mm x 150mm et d'épaisseur 1,2mm. Ces supports sont liaisonnés sur leurs deux côtés sur l'étanchéité à l'aide de bandes de feuilles bitumineuses soudées de la gamme IKO. La mise en place de ces supports doit être faite par l'étancheur.

Les supports sont espacés de 1,5 m au maximum.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Le procédé est livré sur chantier avec sa notice de montage et une série de plans d'exécution spécifiques au projet considéré (position des modules et rails).

Le dimensionnement du procédé est intégralement effectué par le bureau d'étude DOME SOLAR avant chaque projet grâce aux informations fournies par l'installateur (zone climatique du projet, positionnement du champ photovoltaïque...).

À la suite de cette étude, des plans d'exécution de calepinage et de mise en œuvre du projet sont fournis par la société DOME SOLAR à l'installateur qui doit s'y conformer strictement.

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.

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 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.

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.

Les ancrages des lignes de vie doivent être effectués dans la structure porteuse. De plus, le traitement des pénétrations ponctuelles engendrées par les potelets des lignes de vie doit se faire conformément au DTU 43.1.

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	
Longueur du champ (mm)	$L \times Nb + 20 \times (Nb - 1)$
Largeur de champ (mm)	$I \times Nb + 9 \times (Nb - 1)$
Masse spécifique de l'installation (kg/m²) et poids au m² (sans isolant et sans revêtement d'étanchéité)	$P_{pv} = 13 \text{ kg/m}^2 = 12,75 \text{ daN/m}^2$

Avec :

Nb : le nombre de modules photovoltaïques dans le sens de la dimension calculée,

L : longueur du module photovoltaïque (mm),

I : largeur du module photovoltaïque (mm).

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 21.

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

- Liaison intermodules et module/onduleur**
 La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules et avant leur fixation les câbles doivent être attachés par des colliers de fixation aux rails ou passer dans des « Colliers Passe Câbles » (fabrication DOME SOLAR) clippés aux rails.
 Aucun câble et aucun connecteur ne doit reposer sur le revêtement d'étanchéité. Pour ce faire, les câbles sont maintenus dans les colliers passe câbles en polyamide (cf. § 2.2.3.7) ou dans des chemins de câbles ne reposant pas directement sur le revêtement d'étanchéité (cf. § 2.2.4.8).
 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 nécessaire de confectionner, grâce à des sertisseuses spécifiques, des rallonges disposant de deux connecteurs de types différents. Un autocontrôle de la connexion de chaque module doit être effectué par l'installateur à l'avancement pour assurer la bonne connexion à chaque connecteur.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses (cf. Figure 22)
La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en reliant, au fur et à mesure de la pose des composants :
 - les rails ROOF-SOLAR par l'intermédiaire du CTR (Connecteur Terre / Rail) fabriqué par la société DOME SOLAR ou par l'intermédiaires de cosses à œil en cuivre avec rondelle bimétal et de vis autoperceuses en acier inox A2 sur le rail ROOF-SOLAR,
 - les cadres des modules par l'intermédiaire :
 - des Fixations Universelles MALT ou Fixations Universelles MALT inclinées
 - du CTM fabriqué par la société DOME SOLAR
 - d'un système vis-écrou en acier inox A2 sur le cadre des modules photovoltaïques.
- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment
Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité. Selon la disposition de la toiture-terrasse, du bâtiment et l'implantation du champ photovoltaïque, il peut être réalisé soit :
 - au niveau des traversées de toiture par l'intermédiaire de cosses de passage de câbles conformément au DTU 43.1 (cf. Figure 23),
 - via une descente en façade dans une gaine technique ou un chemin de câbles.

Dans le cas où les câbles doivent cheminer hors du champ photovoltaïque, ils doivent être regroupés dans des chemins résistant aux UV et aux intempéries qui sont installés sur des supports conformément à la description énoncée au paragraphe 2.2.4.9 et 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...).

La distance entre chacun des supports de chemin de câble ne peut excéder 1,50 m. Certains types de supports de chemin peuvent être mis en place par l'étancheur, sur demande de l'électricien. Leurs dimensions dépendent du nombre et de la section des câbles utilisés. Le nombre et l'emplacement de ces supports sont définis par le concepteur en concertation avec l'électricien en charge de la partie électrique de l'installation et en fonction des dimensions du chemin de câbles, de la pente et de leur aptitude à résister au vent.

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

Dans le cas de la mise en œuvre de micro-onduleurs, des fixations adaptées sont livrées par DOME SOLAR.

Il s'agit des fixations universelles sans le serreur universel. Elles viennent se clipper sur le haut du profil trapézoïdal du procédé. Elles sont le support direct des micro-onduleurs (cf. Figure 24).

Elles sont constituées de trois pièces : une vis CHC M6, un écrou carré M6 et le « socle ». Ces pièces sont assemblées par la société DOME SOLAR et sont livrées en un seul bloc.

2.3.5. Élément porteur en maçonnerie

Le dimensionnement de l'élément porteur en maçonnerie, conforme au DTU 20.12 nécessite une note de calcul spécifique réalisée par un bureau d'étude et qui prend en compte les spécificités du projet (dont la présence du système ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné).

2.3.6. Élément porteur CLT

Les panneaux bois utilisables sont uniquement ceux à usage structurel (CLT) sous DTA visant l'utilisation comme élément porteur pour terrasse avec étanchéité avec protection par dalles sur plots.

Le dimensionnement de l'élément porteur CLT nécessite une note de calcul spécifique réalisée par un bureau d'étude et qui prend en compte les spécificités du projet (dont la présence du système ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné).

Les panneaux structuraux CLT sont destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335. Le dimensionnement devra être réalisé en conformité avec le DTA du procédé CLT concerné. Une attention particulière doit être portée à la conception des planchers support d'étanchéité et notamment à l'emplacement des charges ponctuelles.

DOME SOLAR fournit à l'entreprise posant le procédé une note de calcul spécifiant la descente de charge sous les rails, ainsi qu'un plan de calepinage donnant les entraxes entre ceux-ci et leurs distributions sur la toiture.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Conditions préalables à la pose

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 1.2.3.2 "Stabilité" et « Sécurité en cas de séisme » doivent être respectées.

Les règles de mise en œuvre décrites au présent Dossier, dans la notice de pose et dans les plans d'exécution fournis par la société DOME SOLAR, doivent être respectées.

En cas d'éventuels imprévus il est nécessaire de contacter le Service d'Assistance Technique concernée (cf. §2.10).

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

2.4.2. Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été qualifiés, habilités au travail en hauteur et ayant été agréés par la société DOME SOLAR (cf. §2.9).

Les compétences requises sont les suivantes :

- La mise en œuvre du complexe isolant, du revêtement d'étanchéité et des rails est assurée par des entreprises d'étanchéité qualifiées.
- Compétences électriques avec les habilitations électriques adéquates, conformément à la norme UTE C18-510. Habilitation "BP" pour le raccordement des modules, habilitation "BR" requise pour le branchement aux onduleurs.

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. Calepinage et préparation de la toiture

Chaque affaire est étudiée par le Bureau d'Études de la société DOME SOLAR. Des plans spécifiques pour chaque chantier sont établis : ils constituent les règles et méthodes de pose et de fixation de tous les éléments du procédé pour le chantier en question. Ces "Plans DOME SOLAR" doivent être mis à la disposition des poseurs et être rigoureusement respectés lors de la mise en œuvre.

Indépendamment des zones comportant des ombres portées, les modules et leur système de montage doivent également être positionnés en respectant les zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien de l'installation (cf Figure 25). La largeur des chemins de circulation doit être de 0,9 m minimum.

Il ne doit pas y avoir de modules sur les zones identifiées ci-après :

- sur une distance minimale de 1 m en périphérie de toitures ;
- sur une distance minimale de 0,5 m en noue, de part et d'autre du fil d'eau et au pourtour des évacuations d'eaux pluviales ;
- sur une distance minimale de 0,50 m en périphérie d'équipements divers tels que des climatiseurs, pénétrations et ouvrages émergents tels que des lanterneaux, des cheminées, des joints de dilatation, des exutoires de fumées etc...et une distance libre de 0,50 m minimum pour y accéder ;
- sur une distance minimale de 0,25 m de part et d'autre de zones à rupture de pente (arrête faîtière par exemple).

Les champs photovoltaïques ne devront pas excéder 300 m². Au-delà, des chemins d'accès libres de tout module photovoltaïque devront être prévus.

Pour faciliter le nettoyage et la maintenance des modules, il faut que la plus petite dimension du champ photovoltaïque ne dépasse pas la limite de 12 m.

Afin de faciliter l'entretien, accéder aux lanterneaux, exutoires de fumées, dispositions de ventilation mécanique contrôlée, antennes, enseignes, etc., les toitures photovoltaïques par nature inaccessibles, peuvent comporter des chemins de circulation (selon les DPM).

2.4.4.2. Pose du procédé

2.4.4.2.1. Cas de mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé se fait avec les éléments cités au § 2.2.1, uniquement dans le cadre :

- de travaux neufs,
- de réfection avec conservation uniquement de l'élément porteur.

2.4.4.2.2. Mise en œuvre du support CLT

Concernant la vérification du support avant la mise en œuvre du complexe d'étanchéité, il conviendra de se reporter au cahier du CSTB 3814 et au DTA du procédé CLT concerné.

2.4.4.2.3. Mise en œuvre du pare-vapeur

Dans le cas de travaux neufs ou de réfection avec dépose de l'existant, le Tableau 3 s'applique au choix et au principe de mise en œuvre de l'écran pare-vapeur. Pour les reliefs, la continuité du pare-vapeur et des relevés est assurée par une équerre comportant un talon de 6 cm minimum, avec une aile verticale dépassant d'au moins 6 cm au-dessus du nu supérieur de l'isolant de la partie courante, soudée en plein horizontalement sur le pare-vapeur et verticalement. Cette équerre de renfort est en :

- IKO EQUERRE 25 pour des isolants d'épaisseur ≤ 130 mm ;
- IKO EQUERRE 33 pour des isolants d'épaisseur > 130 mm et ≤ 210 mm ;

- A découper dans IKO EQUERRE 100 pour des isolants d'épaisseur > 210 mm.

2.4.4.2.4. Mise en place de l'isolant

2.4.4.2.4.1. Prescriptions générales de mise en œuvre

Pour ne pas détériorer les panneaux qui reçoivent un passage fréquent pendant les travaux, il convient de les recouvrir provisoirement d'une protection rigide par exemple un platelage en bois.

Les panneaux sont recouverts par la première couche d'étanchéité dès leur pose.

La pose des panneaux doit être coordonnée avec celle du revêtement d'étanchéité en tenant compte des intempéries. Aucun panneau ne doit être posé s'il est humidifié dans son épaisseur. Les panneaux doivent rester secs jusqu'à la mise en œuvre du revêtement d'étanchéité.

2.4.4.2.4.2. Panneaux IKO enertherm ALU XL PRO

Les panneaux doivent respecter leur DTA « IKO enertherm ALU XL PRO ».

Le tableau du §1.1.1 donnant la limite de la charge climatique de neige normale maximale suivant les règles NV65 de février 2009 admissible par le procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné tient compte des contraintes admissibles sous charge maintenue des panneaux isolants définies dans leur DTA ou certificat ACERMI en fonction de leur épaisseur (60 kPa jusqu'à 120 mm et 40 kPa au-delà).

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux dispositions des DTA « IKO enertherm ALU XL PRO » et « IKO Duo Stick » :

En travaux neufs ou réfection avec évacuation de l'existant uniquement : par collage à froid à la colle IKOpro Colle PU S ou W (en un ou plusieurs lits).

Les panneaux isolants sont posés en quinconce et jointifs. Les panneaux collés sont posés en un lit d'épaisseur 40 à 140 mm ou en deux lits pour une épaisseur totale maximale de 280 mm. Les panneaux isolants sont collés :

- Pour l'IKOPro Colle PU W, par cordons de 1,5 cm minimum de large (soit environ 50 g/ml) espacés régulièrement de 30 cm,
- Pour l'IKOPro Colle PU S, par cordons de 2 cm minimum de large (soit environ 70 g/ml) espacés régulièrement de 30 cm.

2.4.4.2.5. Mise en œuvre du revêtement d'étanchéité

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux descriptions du DTA IKO Duo Stick avec mise en œuvre d'une deuxième couche composée exclusivement d'un revêtement apparent IKO DUO FUSION AR/F ou IKO DUO FUSION FEU AR/F ou IKO DUO FUSION G/F ou IKO DUO FUSION ALU/F et d'une première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI.

Le support doit être propre et sec. Il est impératif de veiller à l'absence d'humidité sur la surface des panneaux, notamment par temps froids. La première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI se met en œuvre à des températures $\geq 5^{\circ}\text{C}$. Par temps froid, l'adhésivité est réactivée par soudure à l'avancement de la deuxième couche.

- Pose de la première couche IKO DUO STICK L4 T3 SI :
La feuille IKO DUO STICK L4 T3 SI est autoadhésive lorsque la protection siliconée est enlevée. Les feuilles sont autocollées au support ou à l'élément porteur selon le mode opératoire suivant :
 - Les feuilles sont positionnées en les déroulant sur le support puis en les réenroulant ;
 - La bande pelable protégeant le recouvrement du lé déjà en place est alors enlevée ;
 - Les feuilles IKO DUO STICK L4 T3 SI sont alors liaisonnées au support, et au lé déjà en place, en ôtant le film pelable de sous-face et en marouflant au fur et à mesure du déroulage ;
 - Les recouvrements transversaux sont soudés au chalumeau sur 10 cm minimum. Les recouvrements longitudinaux de 6 cm sont autoadhésifs.
- Pose de la deuxième couche IKO DUO FUSION AR/F ou IKO DUO FUSION FEU AR/F ou IKO DUO FUSION G/F ou IKO DUO FUSION ALU/F :
La seconde couche autoprotégée est soudée en plein sur la première à l'avancement à joints décalés de 10 cm au moins par rapport à ceux de la première couche ou croisés. Les recouvrements transversaux et longitudinaux sont soudés sur 6 cm minimum.
Dans le cas de l'utilisation de la seconde couche IKO DUO FUSION ALU/F, il n'est pas possible de marcher sur celle-ci (hors mise en œuvre) et il faut créer des chemins de circulation.
- Mise hors d'eau en fin de journée
En fin de journée, ou en cas d'arrêt inopiné pour cause d'intempéries, l'ouvrage et la couche isolante sont mis hors d'eau comme suit :
 - Une bande d'IKO DUO FUSION G/F ou IKO VAP est soudée sur le pare-vapeur et sur le revêtement de partie courante en ayant pris soin de protéger le bord du panneau isolant.
 - Lorsque le pare-vapeur n'est pas posé en adhérence totale, la fermeture du complexe se fait jusqu'à l'élément porteur.
 - Les équerrres de renfort sont soudées en périphérie sur la couche de revêtement en place.

2.4.4.2.6. Mise en place des ensembles rails ROOF-SOLAR

La mise en place des rails ROOF-SOLAR doit impérativement être réalisée par un étancheur agréé par la société DOME SOLAR.

La soudure des ensembles rails doit se faire dans la foulée de la mise en œuvre de l'étanchéité ou au plus tard 18 mois après la mise en œuvre du revêtement d'étanchéité dans le cas d'une seconde couche apparente d'IKO DUO FUSION AR/F ou IKO DUO FUSION FEU AR/F ou 24 mois dans le cas de la seconde couche IKO DUO FUSION ALU/F.

Il est nécessaire de respecter le plan de calepinage fourni par DOME SOLAR lors du traçage des rails.

L'implantation des modules et des rails du système doit respecter les exigences du paragraphe 2.4.4.1.

- **Traçage**

L'emplacement des Rails doit être repéré par traçage au cordeau ou autre moyen sur le revêtement d'étanchéité conformément aux informations fournies – sur le plan de calepinage d'exécution - calepinage des rails ROOF-SOLAR établi par DOME SOLAR (cf. Figure 33).

La distance entre 2 rails consécutifs situés sur une même ligne est de $L-591 \text{ mm } [+/-10 \text{ mm}]$ (avec L : largeur du module photovoltaïque).

La distance entre 2 rails consécutifs adjacents est au minimum de :

- A plat : $L-1\,020 \text{ mm } [+/-10 \text{ mm}]$ et au maximum de $1\,040 \text{ mm } [+/-10 \text{ mm}]$ (avec L : longueur du module photovoltaïque).
- Incliné double shed : $L \times \cos(10^\circ) - 1\,020 \text{ mm } [+/-10 \text{ mm}]$ et $1\,040 \text{ mm } [+/-10 \text{ mm}]$ pour deux rails adjacents sous le même module (avec L : longueur du module photovoltaïque).
- Incliné simple shed : $L \times \cos(10^\circ) - 420 \text{ mm } [+/-10 \text{ mm}]$ et $1\,040 \text{ mm } [+/-10 \text{ mm}]$ pour deux rails adjacents sous le même module (avec L : longueur du module photovoltaïque).

Le quadrillage obtenu lors de ce tracé sur la zone du champ photovoltaïque permet de positionner les rails : l'emplacement de l'extrémité de chaque rail est matérialisé par l'intersection des lignes tracées (cf. Figure 33, Figure 34 et Figure 35).

Les rails sont ensuite disposés aux endroits repérés et les pourtours des bandes de maintien BDM sont marqués sur le revêtement d'étanchéité à l'aide d'une spatule.

- **Soudure des bandes de maintien BDM et des rails**

Une fois les emplacements des rails repérés, il est impératif de préparer l'adhésion des bandes de maintien BDM au revêtement d'étanchéité.

La surface ardoisée de la seconde couche du revêtement d'étanchéité IKO DUO FUSION AR/F ou IKO DUO FUSION FEU AR/F est noircie localement à l'intérieure des zones définies par le pourtour des bandes de maintien BDM repérés préalablement. Le noircissement du revêtement d'étanchéité est effectué à la flamme de chalumeau et à l'aide d'une spatule pour noyer les paillettes d'ardoises dans le revêtement d'étanchéité.

Les bandes de maintien de chaque rail doivent alors être soudées en plein au chalumeau sur les zones noircies (cf. Figure 31).

Pour la seconde couche IKO DUO FUSION G/F, la surface n'est pas ardoisée. Les bandes de maintien de chaque rail doivent être soudées en plein au chalumeau sur les emplacements des rails. La pose des granulats doit se faire dans la foulée de la pose des rails (eux-mêmes soudés à l'avancement de l'étanchéité), et sur toute la surface (y compris dans les zones où il n'y a pas de modules photovoltaïques)

Pour la seconde couche IKO DUO FUSION ALU/F, il suffit de découper la feuille d'autoprotection aluminium sur le pourtour de la zone qui accueille les bandes de maintien avec un cutter et de la retirer en chauffant la surface à l'aide d'un chalumeau et en décollant totalement la feuille (cf. Figure 32).

2.4.4.2.7. Mise en place des Fixations Universelles MALT et Fixations Extérieures

La mise en place des fixations dites Extérieures (en extrémité haute et basse du champ photovoltaïque) et Universelles MALT (en plein champ Photovoltaïque) se fait par simple clipsage de leur socle sur le rail. Elles doivent être centrées sur les rails avec une tolérance de $+/-10 \text{ mm}$. Le recouvrement entre les cadres des modules et les fixations est de :

- 9 mm pour les fixations universelles MALT
- 14 mm pour les fixations extérieures

Un couple de 10 N.m est appliqué sur la vis.

Ces fixations doivent être posées selon les plans fournis par la société DOME SOLAR.

Il faudra apporter un soin tout particulier quant à l'alignement de ces Fixations Extérieures bas de générateur d'une colonne à l'autre de rail.

2.4.4.2.8. Mise en place du CTR Bas de générateur

La mise en place des CTR bas de générateur doit être effectuée sur toutes les premières rangées de colonnes (bas de champ) contre toutes les Fixations Extérieures.

La vis pointeau inférieure du CTR bas de générateur doit être serrée à 3 N.m.

2.4.4.2.9. Mise en place du CTR

La mise en place des CTR est effectuée en serrant la vis pointeau inférieure sur le rail à 3 N.m.

2.4.4.2.10. Mise en place du CTM

La mise en place des CTM est effectuée en serrant la vis pointeau sur le retour du cadre du modules photovoltaïque à 3 N.m.

2.4.4.2.11. Mise en place du Collier Passe Câbles

La mise en place des Colliers Passe Câbles se fait par simple clipsage sur le rail.

2.4.4.2.12. Mise en place du kit d'inclinaison

La mise en place, optionnelle, du kit d'inclinaison remplace le § 2.4.4.2.7, cette dernière se fait par clippage des réhausseurs du support haut et bas. Les supports hauts et bas doivent être centrés sur les rails avec une tolérance de $+/- 10 \text{ mm}$.

La vis du support haut et bas doit être serrée à 6 N.m.

La cale rotule est mise en place afin d'éviter que la rotule ne puisse sortir de la tête des réhausse.

La mise en place des fixations dites Extérieures inclinées (aux extrémités des rangées des modules du champ photovoltaïque) et Universelles MALT inclinées (en plein champ Photovoltaïque) se fait par coulissage de leur écrou dans la rainure des pièces rotules. Elles doivent être centrées sur les rotules avec une tolérance de +/-10mm. Le recouvrement entre les cadres des modules et les fixations est de 9 mm pour les fixations universelles MALT inclinées et les fixations extérieures inclinées.

Un couple de 10 N.m est appliqué sur la vis.

Ce kit d'inclinaison doit être posé selon les plans fournis par la société DOME SOLAR.

2.4.4.2.13. Mise en place de la protection meuble

Les prescriptions de mise en œuvre de la protection meuble sont rappelées dans le DTU 43.1 Partie 1-1, §6.6.3.1.2.1. Il conviendra de la mettre en place avant les modules photovoltaïques et après la pose des rails ROOF-SOLAR. Cette protection meuble est obligatoire si la deuxième couche d'étanchéité est de l'IKO DUO FUSION G/F. Cette protection est exclue lorsque les modules sont posés à plat.

2.4.4.2.14. Mise en place des modules photovoltaïques (cf. Figure 26 à Figure 28)

À la suite de la mise en place des Universelles MALT, Extérieures ou du kit d'inclinaison, il convient de mettre en place les modules photovoltaïques.

Il est impératif qu'aucun module photovoltaïque ne soit mis en œuvre sur des zones à rupture de pente ou sur un joint de dilatation.

Les modules photovoltaïques doivent être mis en œuvre de façon à positionner leurs plus grandes longueurs perpendiculairement aux rails ROOF-SOLAR.

Dans le sens de la longueur du rail, il convient que la mise en place des modules photovoltaïques soit conforme à la description de la Figure 36 dans le cas d'une pose à plat, Figure 37 dans le cas d'une pose inclinée simple shed et Figure 38 dans le cas d'une pose inclinée double shed.

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 toiture étanchée (cf. § 2.4.2). L'entretien des toitures est celui décrit par le DTU 43.5 et le DTU 43.1. Dans ce cas de toiture concernée par la production d'électricité, le maître d'ouvrage doit opter pour un contrat d'entretien : au minimum une visite semestrielle et maintenance éventuelle afin de contrôler l'état des modules photovoltaïques, l'état de l'étanchéité et des connexions électriques.

Il convient notamment de retirer des modules les éventuels objets pouvant créer des ombrages même partiels. Le contrat d'entretien peut être confié à l'entreprise qui a réalisé l'ouvrage ou toute entreprise agréée par la société DOME SOLAR.

2.5.2. Maintenance du champ photovoltaïque

Dans le cadre de l'entretien de la toiture au moins une fois par semestre, sinon selon les conditions environnementales du bâtiment d'implantation :

- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si ceux-ci sont sales, les nettoyer avec de l'eau la face avant des modules à l'aide d'un arrosoir ou un jet d'eau dont la pression maximale est la pression d'eau du réseau domestique. Dans tous les cas, il convient de respecter la notice du fabricant de modules.
- Vérification de l'étanchéité par un étancheur : Vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau au niveau des évacuations pluviales, des chéneaux, des noues.
- Vérification du câblage par un électricien habilité.
- Vérification des fixations par un étancheur et/ou un électricien : 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 par un électricien habilité.

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 toute intervention sur le champ photovoltaïque concerné, procéder à la déconnexion de l'onduleur en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production électrique. Puis, déconnecter la toiture photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC, placé entre les capteurs photovoltaïques et l'onduleur.
- Démonter les modules photovoltaïques dans l'ordre inverse de la notice de montage puis débrancher les câbles électriques du module.
- Lors du démontage, il conviendra de porter une attention particulière à la qualité d'isolement des connecteurs débranchés afin d'éviter tout contact entre eux ou avec toute autre pièce métallique (cadre module, rail ROOF-SOLAR...).
- Le montage du module de remplacement est réalisé conformément au présent dossier technique, plans fournis par DOME SOLAR lors de l'installation, et de la notice de montage du procédé.
- Mesurer la tension de série des capteurs photovoltaïques pour vérifier sa conformité par rapport à la plage d'entrée de l'onduleur. Procéder à la connexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC et en reconnectant le disjoncteur AC de l'onduleur vers le réseau.

2.5.5. Remplacement d'un rail ROOF-SOLAR

Dans la zone concernée, retirer les modules conformément à la description du paragraphe 2.5.4.

Le rail ROOF-SOLAR doit être arraché de la manière suivante :

- chauffer la bande de maintien en périphérie,
- avec une spatule soulever la partie chauffée de la bande de maintien,
- à l'aide de la flamme du chalumeau, chauffer de nouveau sous la bande de maintien et soulever en même temps le rail afin de désolidariser entièrement la bande de maintien du revêtement d'étanchéité apparent,
- répéter l'opération pour la deuxième bande de maintien du rail.

Le rail doit être remplacé conformément au présent Dossier Technique après avoir reconstitué le revêtement d'étanchéité conformément au DTA du revêtement d'étanchéité IKO Duo Stick.

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

2.7.2.1. Généralités

La société DOME SOLAR est certifiée ISO 9001:2015 depuis février 2018.

En aucun cas, une livraison directe entre le fournisseur de DOME SOLAR et le client final ne pourrait avoir lieu.

La détection de pièces décrites ci-après non conformes génère systématiquement un retour d'information écrit auprès des fournisseurs demandant la correction de l'anomalie, dans le cadre d'une amélioration continue. Les pièces non conformes sont retirées des stocks et envoyées en filière de recyclage.

2.7.2.2. Ensemble rail

Les profils trapézoïdaux et les ailettes sont extrudés en longueur de 4,82m par la société E-MAX PROFILES en Belgique, certifiée ISO 9001:2015.

La société DOME SOLAR est propriétaire des filières concernées.

Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'extrusion et des certificats matières sont systématiquement fournis à DOME SOLAR.

Ces profilés sont ensuite usinés par ET-M (44), afin d'obtenir des longueurs de 60 cm. Cette société vérifie la qualité de la marchandise reçue, puis usine et conditionne de façon standardisée. Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'usinage des pièces.

Les bandes de maintien BDM sont livrées en bobineaux par la société IKO en rouleaux de 14,3 cm de largeur et 8,4 m de longueur chez A2F Alu 33 en France. Ces bobineaux sont ensuite découpés par A2F Alu 33 en 14 bandes de 60 cm de longueur avec une machine adaptée pour ce process.

Les bandes de maintien BDM sont livrées chez ET-M et contrôlées à réception.

L'assemblage des ensembles Rails est réalisé chez ET-M selon une fiche de fabrication. Plusieurs contrôles (visuels et dimensionnels) sont réalisés tout au long du processus avec des outils de mesures.

L'ensemble rail (profil trapézoïdal + ailettes + bandes de maintien BDM) est livré chez DOME SOLAR et contrôlé à réception avant envoi au client final.

2.7.2.3. Fixations Universelles MALT, Fixations Extérieures de Finition et Fixations universelles MALT inclinées (kit d'inclinaison)

Les profilés constituant les fixations (socle, serre universelle, mâchoire bride de serrage, base bride de serrage) sont extrudés en longueur de 4,82m par la société E-MAX PROFILES en Belgique, certifiée ISO 9001:2015.

La société DOME SOLAR est propriétaire des filières concernées.

Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'extrusion et des certificats matières sont systématiquement fournis à DOME SOLAR.

Ces profilés sont ensuite usinés par ET-M ou A2F ALU, afin d'obtenir des longueurs de 50 mm. Cette société vérifie la qualité de la marchandise reçue, puis usine et conditionne de façon standardisée. Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'usinage des pièces.

L'assemblage des Fixations Universelles MALT, des Fixations Extérieures et Fixations Universelles MALT inclinées du kit d'inclinaison est fait chez ET-M ou A2F ALU selon une fiche de fabrication et plusieurs contrôles sont réalisés tout au long du processus. Il s'agit de contrôles visuels et ensuite, de contrôles spécifiques réalisés avec des outils de mesures.

Un contrôle est effectué lors de la réception des marchandises usinées, par le magasinier de ET-M ou A2F ALU sur l'aspect (propreté de l'usinage, perçage, ébavurage et graissage) et contrôle du quantitatif livré (Tolérance quantitatif : $\pm 10\%$).

Des points de contrôle sur les pièces sont vérifiés par le magasinier afin qu'elles soient en accord avec les tolérances inscrites sur les plans des pièces.

Les Fixations Universelles MALT, Fixations Extérieures et Fixations Universelles MALT inclinées du kit d'inclinaison sont livrées chez DOME SOLAR et contrôlées à réception avant envoi au client final.

2.7.2.4. CTR, CTR bas de générateur et CTM

Les profilés constituant les CTR, CTR bas de générateur et CTM (profil CTR, profil CTM) sont extrudés en longueur de 4,82m par la société E-MAX PROFILES en Belgique, certifiée ISO 9001:2015.

La société DOME SOLAR est propriétaire des filières concernées.

Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'extrusion et des certificats matières sont systématiquement fournis à DOME SOLAR.

Ces profilés sont ensuite usinés par A2F ALU (33), afin d'obtenir des longueurs de 15 mm. Cette société vérifie la qualité de la marchandise reçue, puis usine et conditionne de façon standardisée. Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'usinage des pièces.

L'assemblage des CTR, CTR bas de générateur et CTM est fait chez A2F ALU et plusieurs contrôles sont réalisés tout au long du processus. Il s'agit de contrôles visuels et ensuite, de contrôles spécifiques réalisés avec des outils de mesures.

Les CTR, CTR bas de générateur et CTM sont livrés chez DOME SOLAR et contrôlés à réception avant envoi au client final.

2.7.2.5. Collier Passe Câbles

Les Colliers Passe Câbles sont fabriqués par la société PLASTISEM (59). Ils sont traités anti-UV.

Les pièces sont livrées chez DOME SOLAR et contrôlées à réception.

2.7.2.6. Support haut et bas (kit d'inclinaison)

Les profilés constituant les supports hauts et bas du kit d'inclinaison (réhausse haute, réhausse basse) sont extrudés en longueur de 4m par la société EXTOL Espagne, certifiée ISO 9001:2015.

La société DOME SOLAR est propriétaire des filières concernées.

Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'extrusion et des certificats matières sont systématiquement fournis à DOME SOLAR.

Ces profilés sont ensuite usinés par ET-M (44), afin d'obtenir des longueurs de 100 mm. Cette société vérifie la qualité de la marchandise reçue, puis usine et conditionne de façon standardisée. Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'usinage des pièces.

Les pièces sont livrées chez ET-M et contrôlées à réception.

L'assemblage des supports haut et bas est fait chez ET-M et plusieurs contrôles sont réalisés tout au long du processus. Il s'agit de contrôles visuels et ensuite, de contrôles spécifiques réalisés avec des outils de mesures.

Les supports hauts et bas sont livrés chez DOME SOLAR et contrôlés à réception avant envoi au client final.

2.7.2.7. Rotules (kit d'inclinaison)

Les rotules du kit d'inclinaison sont extrudées en longueur de 4m par la société EXTOL Espagne, certifiée ISO 9001:2015.

La société DOME SOLAR est propriétaire des filières concernées.

Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'extrusion et des certificats matières sont systématiquement fournis à DOME SOLAR.

Ces profilés sont ensuite usinés par ET-M (44), afin d'obtenir des longueurs de 100mm. Cette société vérifie la qualité de la marchandise reçue, puis usine et conditionne de façon standardisée. Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'usinage des pièces. Les pièces sont livrées chez DOME SOLAR et contrôlées à réception avant envoi au client final.

2.7.2.8. Cales Rotules (kit d'inclinaison)

Les cales rotules du kit d'inclinaison sont extrudées en longueur de 4m par la société EXTOL Espagne, certifiée ISO 9001 :2015.

La société DOME SOLAR est propriétaire des filières concernées.

Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'extrusion et des certificats matières sont systématiquement fournis à DOME SOLAR.

Ces profilés sont ensuite usinés par ET-M (44), afin d'obtenir des longueurs de 15mm. Cette société vérifie la qualité de la marchandise reçue, puis usine et conditionne de façon standardisée. Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'usinage des pièces. Les pièces sont livrées chez DOME SOLAR et contrôlées à réception avant envoi au client final.

2.7.2.9. Fixations extérieures inclinées (kit d'inclinaison)

Les profilés constituant les fixations extérieures inclinées (« chapeau fixation extérieure », la « base fixation extérieure ») sont extrudés en longueur de 4 m par la société EXTOL Espagne, certifiée ISO 9001 :2015.

La société DOME SOLAR est propriétaire des filières concernées.

Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'extrusion et des certificats matières sont systématiquement fournis à DOME SOLAR.

Ces profilés sont ensuite usinés par A2F ALU (33), afin d'obtenir des longueurs de 50 mm. Cette société vérifie la qualité de la marchandise reçue, puis usine et conditionne de façon standardisée. Une série de contrôles (visuels et dimensionnels) est faite tout au long de l'usinage des pièces.

L'assemblage des Fixations Extérieures inclinées est fait chez A2F ALU selon une fiche de fabrication et plusieurs contrôles sont réalisés tout au long du processus. Il s'agit de contrôles visuels et ensuite, de contrôles spécifiques réalisés avec des outils de mesures.

Un contrôle est effectué lors de la réception des marchandises usinées, par le magasinier de A2F ALU sur l'aspect (propreté de l'usinage, perçage, ébavurage et graissage) et contrôle du quantitatif livré (Tolérance quantitatif : $\pm 10\%$).

Des points de contrôle sur les pièces sont vérifiés par le magasinier afin qu'elles soient en accord avec les tolérances inscrites sur les plans des pièces.

Les Fixations Extérieures inclinées sont livrées chez DOME SOLAR et contrôlées à réception avant envoi au client final.

2.7.3. Isolant

L'isolant IKO enertherm ALU XL PRO est fabriqué par la société IKO INSULATIONS conformément à son DTA.

2.7.4. Revêtement d'étanchéité

Le revêtement d'étanchéité est fabriqué par la société IKO conformément à la description des DTA IKO DUO STICK et IKO DUO FUSION.

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. Ensemble "support"

2.8.2.1. Ensemble rail

Les ensembles rails sont emballés en « palette » (100cm x 120cm) sur lesquelles sont collées des étiquettes indiquant la référence du chantier et le quantitatif.

2.8.2.2. Fixations universelles MALT

Les Fixations Universelles MALT sont emballées par 80 (quatre-vingts) dans des cartons de dimension 40 x 30 x 20 cm (longueur x largeur x hauteur). Ces cartons sont posés sur une palette bois puis filmés et étiquetés avec la référence du chantier.

2.8.2.3. Fixations extérieures de finition

Les Fixations Extérieures de finition sont emballées par 60 (soixante) dans des cartons de dimension 40 x 30 x 20 cm (longueur x largeur x hauteur). Ces cartons sont posés sur une palette bois puis filmés et étiquetés avec la référence du chantier.

2.8.2.4. CTR et CTR bas de générateur

Les CTR et CTR bas de générateur, sont emballés par 50 (cinquante) dans des sachets et puis mis en cartons de dimension 40 x 30 x 20 cm (longueur x largeur x hauteur) à raison de 10 sachets. Ces cartons sont posés sur une palette bois puis filmés et étiquetés avec la référence du chantier.

2.8.2.5. CTM

Les CTM, sont emballés par 50 (cinquante) dans des sachets et puis mis en cartons de dimension 40 x 30 x 20 cm (longueur x largeur x hauteur) à raison de 10 sachets. Ces cartons sont posés sur une palette bois puis filmés et étiquetés avec la référence du chantier.

2.8.2.6. Collier passe câble

Les Colliers Passe Câble sont emballés par 300 dans des cartons de dimension 40 x 30 x 20 cm (longueur x largeur x hauteur). Ces cartons sont posés sur une palette bois puis filmés et étiquetés avec la référence du chantier.

2.8.2.7. Ensemble supports hauts (kit d'inclinaison)

L'ensemble support haut comporte les supports hauts, les rotules, les cales rotules, les fixations universelles MALT inclinées ou les fixations extérieures inclinées. Les ensembles supports hauts sont emballés par 18 dans des cartons de dimension 40 x 30 x 20 cm, (longueur x largeur x hauteur). Ces cartons sont posés sur une palette bois puis filmés et étiquetés avec la référence du chantier.

2.8.2.8. Ensemble supports bas (kit d'inclinaison)

L'ensemble support bas comporte les supports bas, les rotules, les cales rotules, les fixations universelles MALT inclinées ou les fixations extérieures inclinées. Les ensembles supports bas sont emballés par 30 dans des cartons de dimension 40 x 30 x 20 cm, (longueur x largeur x hauteur). Ces cartons sont posés sur une palette bois puis filmés et étiquetés avec la référence du chantier.

2.8.3. Isolant

Les panneaux isolants IKO enertherm ALU XL PRO sont conditionnés en piles, emballés et étiquetés conformément à leur DTA « IKO enertherm ALU XL PRO ».

2.8.4. Revêtement d'étanchéité

Les feuilles bitumineuses sont conditionnées en rouleaux, emballées et étiquetées conformément aux DTA IKO DUO STICK et IKO DUO FUSION.

2.9. Formation

La société DOME SOLAR impose systématiquement à ses clients, ainsi qu'au personnel sous-traitant de ces entreprises, une formation photovoltaïque théorique et pratique leur permettant d'appréhender les procédés photovoltaïques en général ainsi que le montage du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné.

Cette formation est réalisée en interne sur une plateforme dédiée, par un formateur qualifié. Elle est composée :

- d'une partie théorique, en salle avec explication de la technologie photovoltaïque et de la notice de montage du procédé,
- d'une partie pratique avec montage d'une partie de toiture photovoltaïque.

Chaque monteur reçoit une attestation nominative en fin de stage. La société DOME SOLAR tient à jour une liste d'entreprises agréées par ses soins. Cette liste est disponible auprès du service commercial de la société DOME SOLAR.

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

Chaque client reçoit systématiquement une assistance technique de la part de la société DOME SOLAR pour sa première installation photovoltaïque. Pour toute installation, la société DOME SOLAR propose une assistance technique pendant toute la durée du chantier. Elle est constituée d'ingénieurs du bureau d'études et de techniciens au fait du procédé et des techniques de montage.

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

Le service technique de la société DOME SOLAR assure une centralisation des remontées d'informations du chantier, quel que soit l'élément du complexe d'étanchéité. Il peut ainsi selon la complexité du sujet soit répondre directement à la problématique de l'installateur, soit solliciter les services techniques des sociétés IKO Insulations SAS et IKO-AXTER sur les parties isolants, étanchéité, avant de formuler un retour au client. Cette assistance technique est basée à Rezé en France (44).

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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/25-92_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 par le CSTB selon la norme NF EN 12179 pour des essais de résistance à la pression du vent avec les modules de la grille de vérification.
- La connexion électrique entre le profil trapézoïdal et le cadre de module PV par l'intermédiaire de Fixation Universelle MALT a été testée selon la norme CEI 60439-1 (2004) - §8.2.4.1 et la norme NF EN 60068-2-11 (1999) (rapport d'essais LCIE n° 144301-691667).
- Le procédé photovoltaïque complet (Support bois + IKO enertherm ALU XL PRO en 2 lits collé à la colle IKOPro Colle PU W (200g/m²) + IKO DUO STICK L4 T3 SI+ IKO DUO FUSION AR/F + Système ROOF-SOLAR BITUME + modules photovoltaïques) a subi des essais de tenue au vent selon l'ETAG 006 version 2012 chez ISOCELTE (rapport n°V-2506009-167).
- La fixation extérieure et le CTR bas de générateur ont été testés au glissement au laboratoire du LNE (rapport d'essai P147460).
- La fixation universelle MALT a été testée électriquement par le LCIE (rapport d'essai n° 171901-763355).
- Le kit d'inclinaison a été testé en compression (rapport ICAM n°ALU/200/ESSAIS/47-24/01).
- Essais de pelage suivant la norme EN 12316-1 des BDM sur les secondes couches bitumineuses (rapport d'essai n°061-2025).
- Le procédé a été testé en fatigue sous chargement ascendant répété par le laboratoire TENSYL (rapport d'essai n°030-2025/10).

2.11.2. Références chantiers

A ce jour, il n'y a eu aucune commercialisation de ce procédé en France.

2.12. Annexes du Dossier Technique

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	
Cadre des modules photovoltaïques	Aluminium de série supérieure à 6000	Anodisation 15 µm minimum	•	•	□	•	•	□	□	□
Rails et ailettes ROOF SOLAR BITUME	Aluminium EN AW6060T6	Brut	•	•	□	•	•	□	□	□
Vis de liaison A2	Acier Inoxydable A2	Brut	•	•	□	•	•	-	-	-
Vis de liaison A4	Acier Inoxydable A4	Brut	•	•	□	•	•	•	□	□
Le serreur de fixation universelle et fixation universelle inclinée	Aluminium EN AW6060T6	Brut	•	•	□	•	•	□	□	□
Base et mâchoire de Bride serrage de Fixation Extérieure de finition	Aluminium EN AW6060T6	Brut	•	•	□	•	•	□	□	□
Le socle de Fixation Universelle et de Fixation Extérieure de finition	Aluminium EN AW6060T6	Brut	•	•	□	•	•	□	□	□
Le chapeau et base de fixation extérieur inclinée	Aluminium EN AW6060T6	Brut	•	•	□	•	•	□	□	□
Vis CHC M6 Ressort Rondelle MALT Écrou carré M6	Acier Inoxydable A2	Brut	•	•	□	•	•	-	-	-
Vis CHC M6 Ressort Rondelle MALT Écrou carré M6	Acier Inoxydable A4	Brut	•	•	□	•	•	•	□	□
Réhausse basse et haute du support haut et bas du kit d'inclinaison	Aluminium EN AW6060T6	Brut	•	•	□	•	•	□	□	□
Rotule et cale rotule du kit d'inclinaison	Aluminium EN AW6060T6	Brut	•	•	□	•	•	□	□	□
Les expositions atmosphériques sont définies dans le cahier du CSTB n° 3844. • : 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										

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

Support	Fixations	Références
Haut	Universelle MALT inclinée 29-33 mm	RAI240
Bas	Universelle MALT inclinée 29-33 mm	RAI241
Haut	Extérieure inclinée 29-30 mm	RAI242
Bas	Extérieure inclinée 29-30 mm	RAI243
Haut	Extérieure inclinée 31-33 mm	RAI244
Bas	Extérieure inclinée 31-33 mm	RAI245
Haut	Universelle MALT inclinée 34-37 mm	RAI246
Bas	Universelle MALT inclinée 34-37 mm	RAI247
Haut	Extérieure inclinée 34-35 mm	RAI248
Bas	Extérieure inclinée 34-35 mm	RAI249
Haut	Extérieure inclinée 36-37 mm	RAI260
Bas	Extérieure inclinée 36-37 mm	RAI261

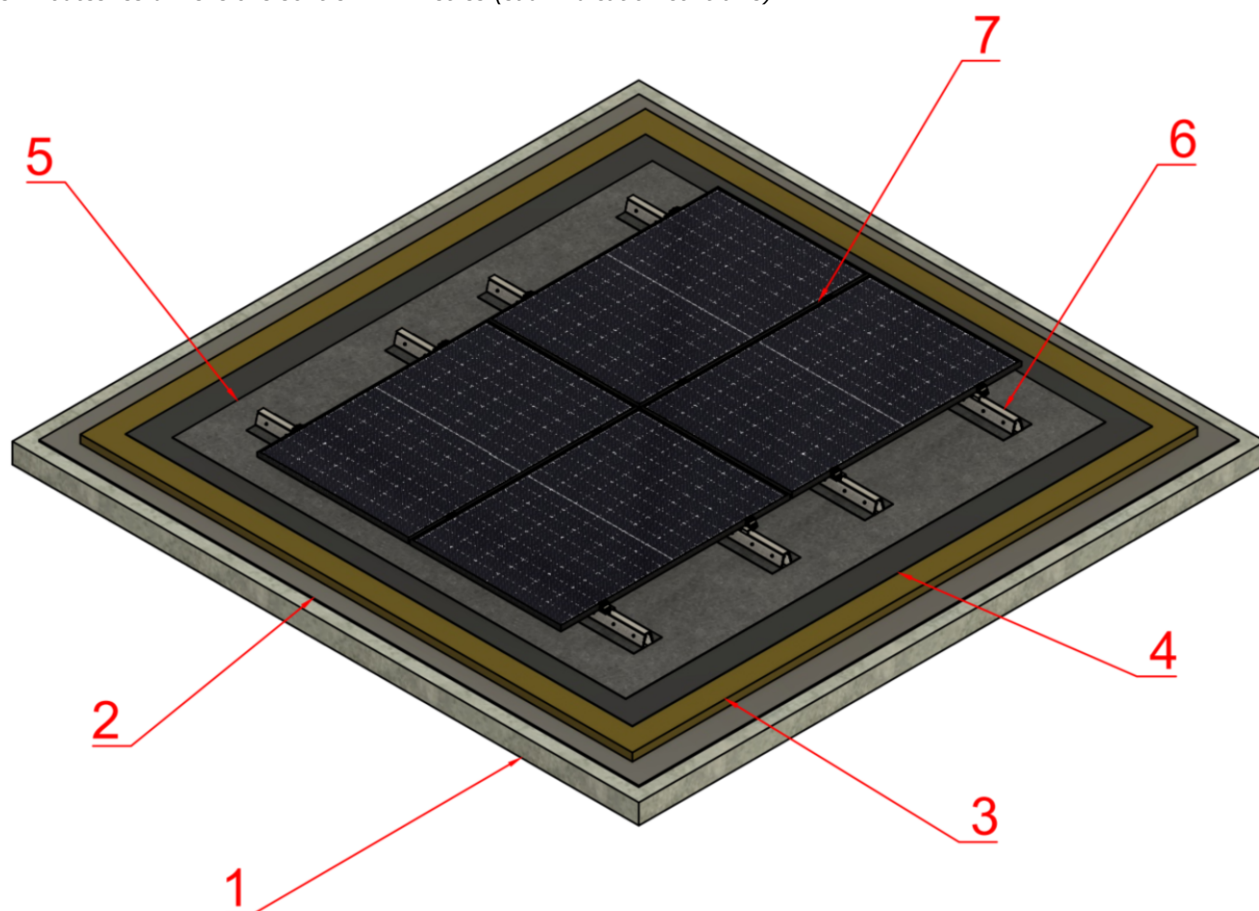
Tableau 2 - Associations possibles supports/fixations et leurs références

Élément porteur	Hygrométrie et chauffage des locaux	Mise en œuvre	Pare-vapeur
Maçonnerie (1)	Cas courant	Soudé en plein	EIF + IKO VAP
	Locaux à forte hygrométrie	Soudé en plein	EIF + IKO RLV ALU AR/F
CLT (1)	Faible et moyenne hygrométrie	Soudé en plein	IKO VAP
(1) Pontage des joints : cf. §2.3.2. – 2.3.3. – 2.3.4. du DTA "IKO DUO STICK"			

Tableau 3 - Guide de choix du pare-vapeur à mettre en œuvre avec le procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT - Plat & Incliné - Cas de travaux neufs ou de réfection avec évacuation de l'existant

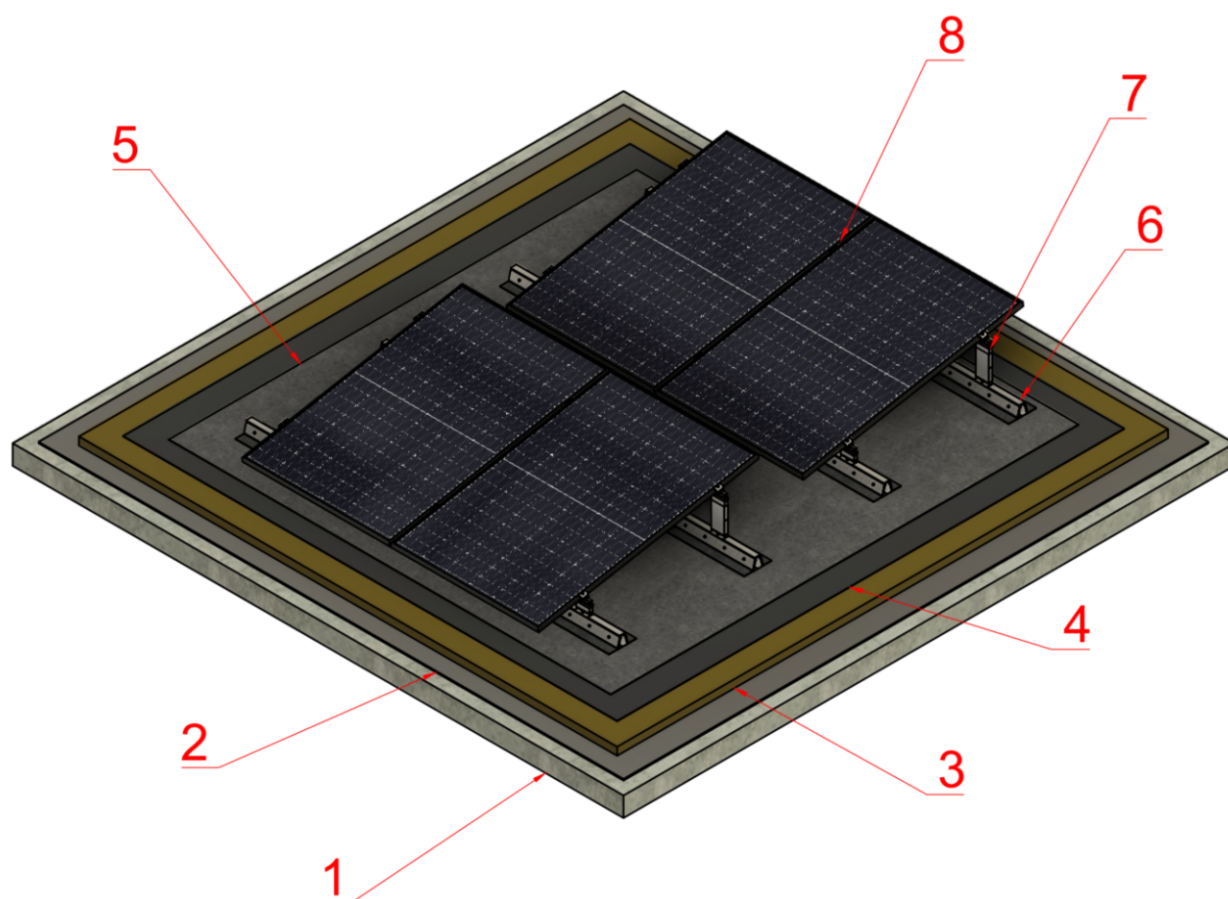
3. Annexes graphiques

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



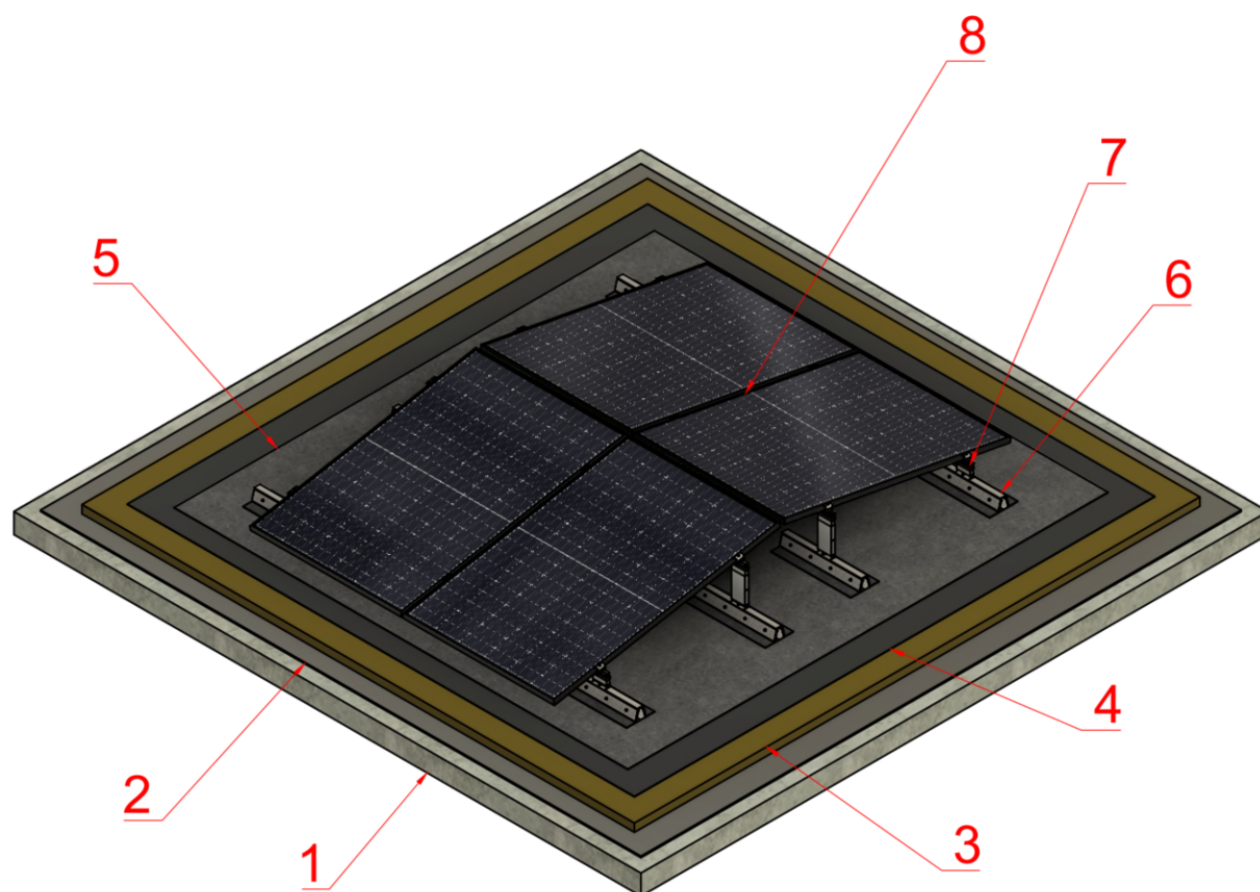
Composants procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné	
1	Elément porteur en béton
2	Pare-vapeur
3	Isolant IKO INSULATIONS – IKO enertherm ALU XL PRO
4	1 ^{ère} couche du revêtement d'étanchéité IKO DUO STICK L4 T3 SI
5	2 ^{ème} couche du revêtement d'étanchéité IKO DUO FUSION AR/F IKO DUO FUSION FEU AR/F IKO DUO FUSION G/F IKO DUO FUSION ALU/F
6	Système ROOF-SOLAR
7	Module photovoltaïque fixé sur ses grands côtés (2 rails par grand côté)

Figure 1 – Vue 3D du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné (à plat)



Composants procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné	
1	Elément porteur en béton
2	Pare-vapeur
3	Isolant IKO INSULATIONS – IKO enertherm ALU XL PRO
4	1 ^{ère} couche du revêtement d'étanchéité IKO DUO STICK L4 T3 SI
5	2 ^{ème} couche du revêtement d'étanchéité IKO DUO FUSION AR/F IKO DUO FUSION FEU AR/F IKO DUO FUSION G/F IKO DUO FUSION ALU/F
6	Système ROOF-SOLAR
7	Kit d'inclinaison
8	Module photovoltaïque fixé sur ses grands côtés (2 rails par grand côté)

Figure 2 - Vue 3D du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné (simple shed)



Composants procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné	
1	Elément porteur en béton ou CLT
2	Pare-vapeur
3	Isolant IKO INSULATIONS – IKO enertherm ALU XL PRO
4	1 ^{ère} couche du revêtement d'étanchéité IKO DUO STICK L4 T3 SI
5	2 ^{ème} couche du revêtement d'étanchéité IKO DUO FUSION AR/F IKO DUO FUSION FEU AR/F IKO DUO FUSION G/F IKO DUO FUSION ALU/F
6	Système ROOF-SOLAR
7	Kit d'inclinaison
8	Module photovoltaïque fixé sur ses grands côtés (2 rails par grand côté)

Figure 3 - Vue 3D du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné (double shed)

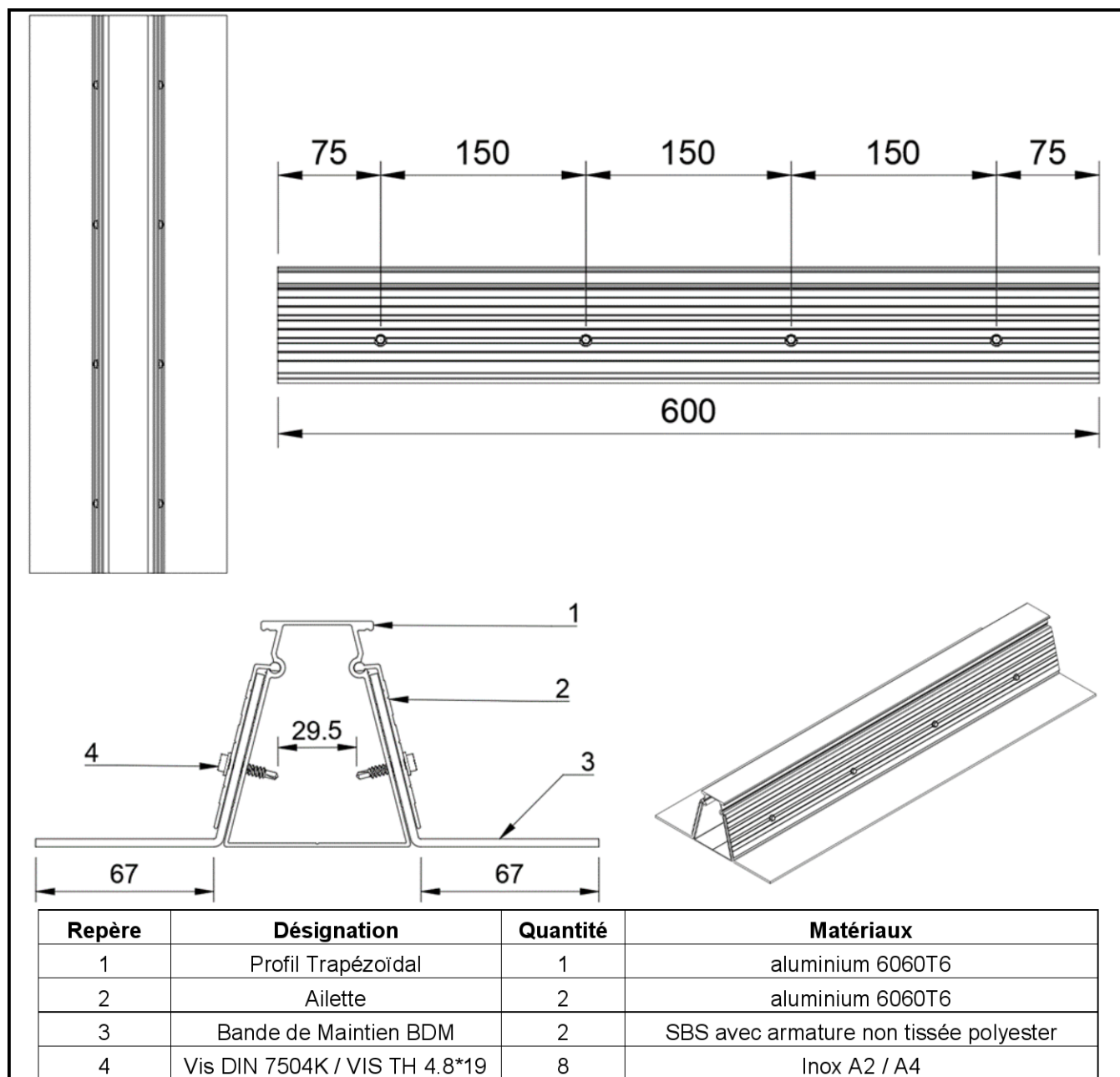


Figure 4 – Ensemble Rail du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné

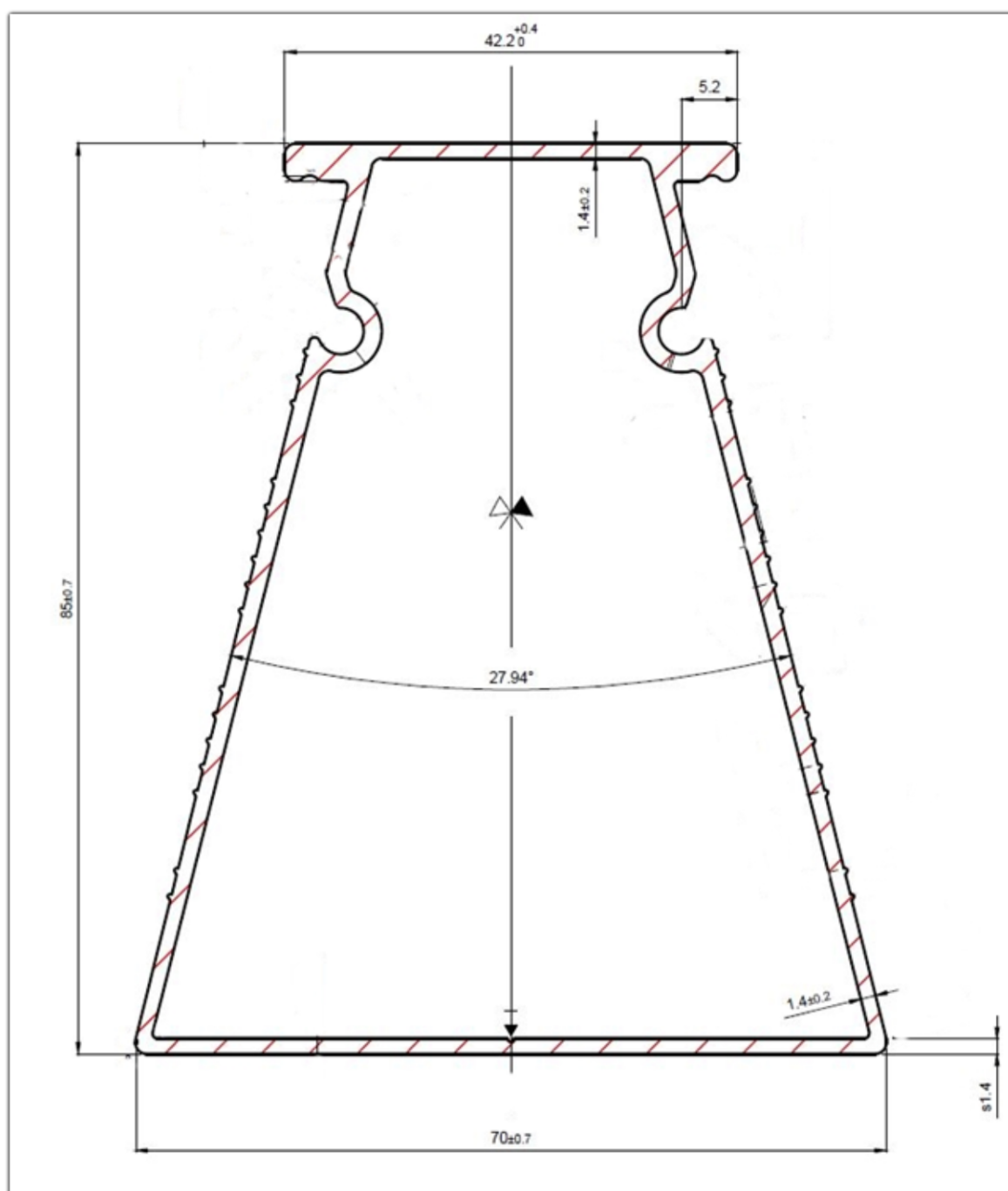


Figure 5 – Profil trapézoïdal

Bande de maintien pour le procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné	
Composition	
Armature	Polyester non tissé (180 g/m ²)
Liant ARMOUR	Bitume élastomère SBS (3180 g/m ²) <i>(voir détail ci-dessous)</i>
Dimensions	600mm x 143 mm
Epaisseur nominale	4 mm avec tolérance de +/- 5%
Poids (indicative)	0,8 kg
Face supérieure	paillettes d'ardoise (1200 g/m ²)
Face inférieure	film thermofusible (10 g/m ²)
Caractéristiques (VDF* // VLF**)	
Résistance à la traction (NF EN 12311-1)	
- Longitudinal	800 N/5 cm // ≥ 650N / 5cm
- Transversal	650 N/5 cm // ≥ 500N / 5cm
Allongement à la rupture armature (NF EN 12311-1)	
- Longitudinal	40% // ≥ 30%
- Transversal	45% // ≥ 35%
Pliabilité à froid (NF EN 1109)	-20°C // ≤ -15°C
Pliabilité à froid (état vieilli 6 mois à 70°C) (selon Guide UEAtc décembre 2001)	-5°C // ≤ 0°C
Stabilité dimensionnelle (NF EN 1107-1)	
- Longitudinal	≤ 0,5%
- Transversal	≤ 0,5%
Tenue à la chaleur (NF EN 1110)	115°C // ≥ 100°C
Tenue à la chaleur (état vieilli 6 mois à 70°C) (selon Guide UEAtc décembre 2001)	95°C // ≥ 90 °C
Résistance à la déchirure au clou (NF EN 12310 - 1)	
- Longitudinal	300 N // ≥ 150 N
- Transversal	
Résistance au poinçonnement statique sur PSE 20kg/m ³ (NF EN 12730)	≥ 20 kg
Résistance au choc sur PSE (NF EN 12691)	≥ 1750 mm
Résistance au poinçonnement statique (NF P 84 352)	L4
Résistance au poinçonnement dynamique (NF P 84 353)	D3

* Valeur Déclarée Fabricant (moyenne)

* Valeur Limite Fabricant

Détail Liant ARMOUR en Bitume élastomère SBS

Caractéristiques	Valeur spécifiée à l'état initial	Valeur spécifiée après 6 mois à +70°C
Ramollissement TBA (°C)	≥ 110	≥ 100
Pénétration à +25°C (1/10 ^e mm)	40 à 50	
Limite élastique (24h) (%) (norme XP P 84-360)	≥ 200	≥ 25
Température limite de pliage à froid (°C)	≤ -20	≤ -5

Figure 6 – Bandes de maintien BDM

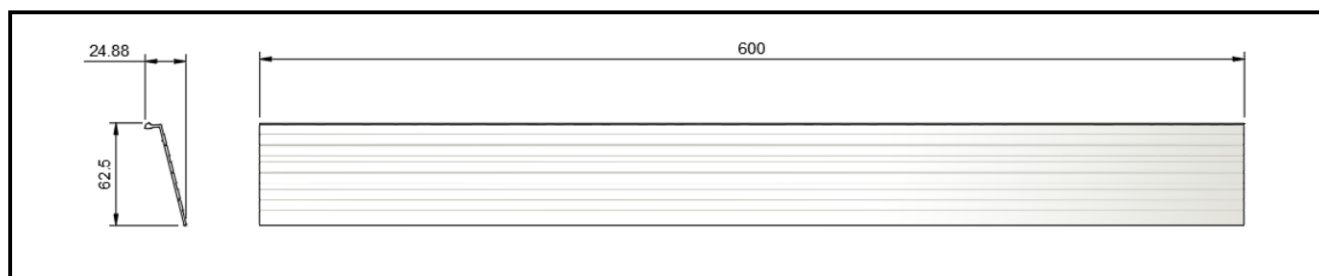
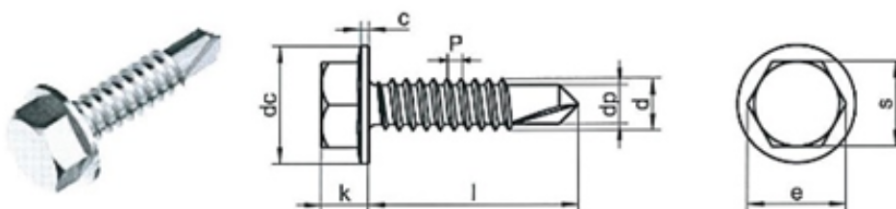


Figure 7 – Ailette

DIN 7504 K - sim. ISO 15480 Self drilling screws type K hexagon head with flange



P	1,6	1,8	1,8
dp	4,1	4,8	5,8
s	8	8	10
c	0,9	1,0	1,0
k max.	4,45	5,45	6,45
dc max.	10,5	11,0	13,2
e min.	8,71	8,71	10,95
●	8	8	10
Length / Ø	ST4,8	ST5,5	ST6,3
9,5 (3/8")	▲	▲	
13 (1/2")	▲	▲	
16 (5/8")	▲	▲	
19 (3/4")	▲	▲	▲
22 (7/8")	▲	▲	▲
25 (1")	▲	▲	▲
32 (1 1/4")	▲	▲	▲
35 (1 3/8")	▲	▲	▲
38 (1 1/2")	▲	▲	▲
45 (1 3/4")	▲	▲	▲
50 (2")	▲	▲	▲
60 (2 3/8")		▲	
70 (2 3/4")		▲	
80 (3 1/8")		▲	
90 (3 1/2")		▲	
100 (4")		▲	
110 (4 1/4")		▲	
120 (4 3/4")		▲	
130 (5 1/8")		▲	
SU	500 ≥ 32 200	200	200

■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | SU: Sales units | All measurements in mm / inch | Other measurements on request.

Figure 8 – Vis de fixation des ailettes

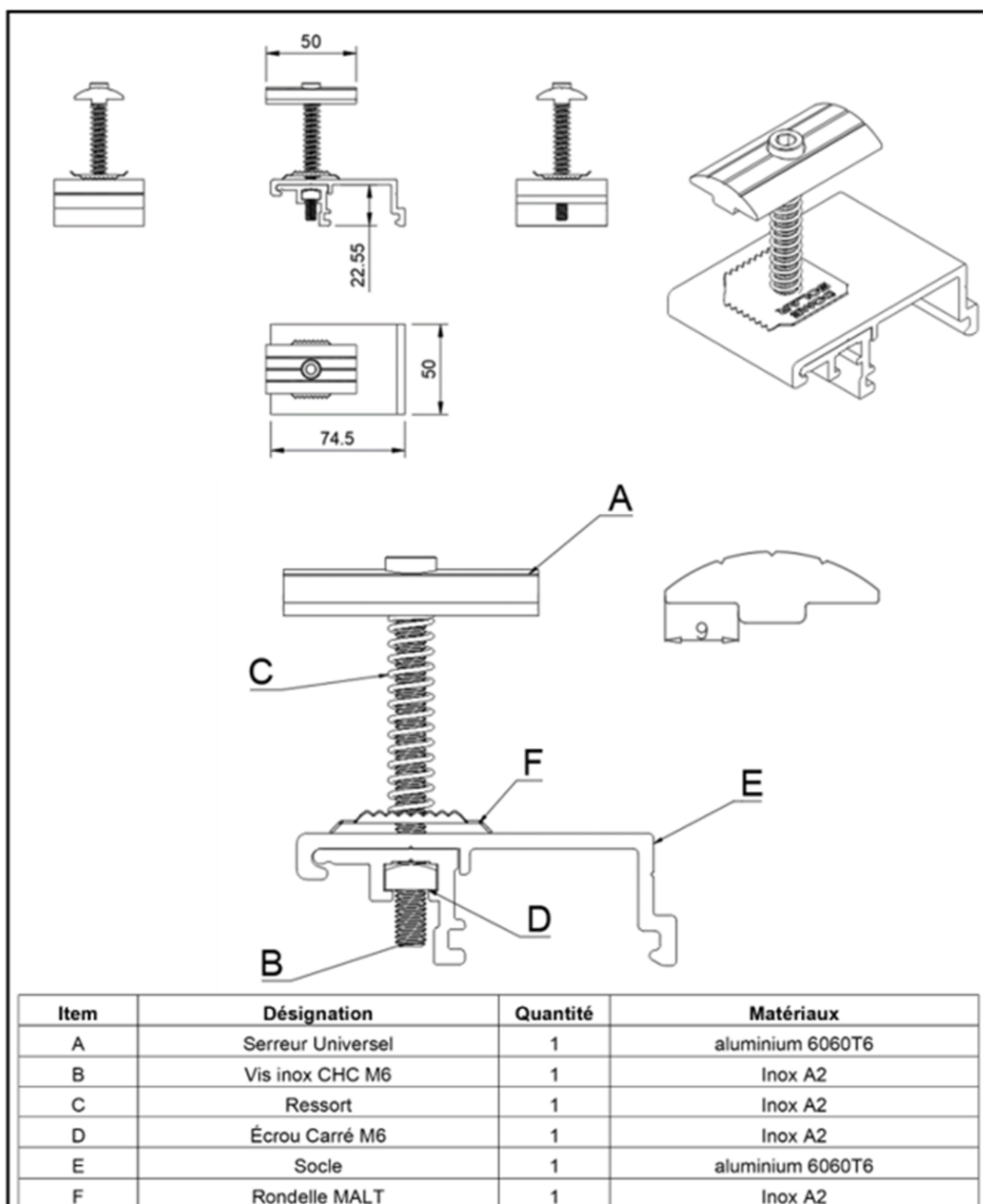
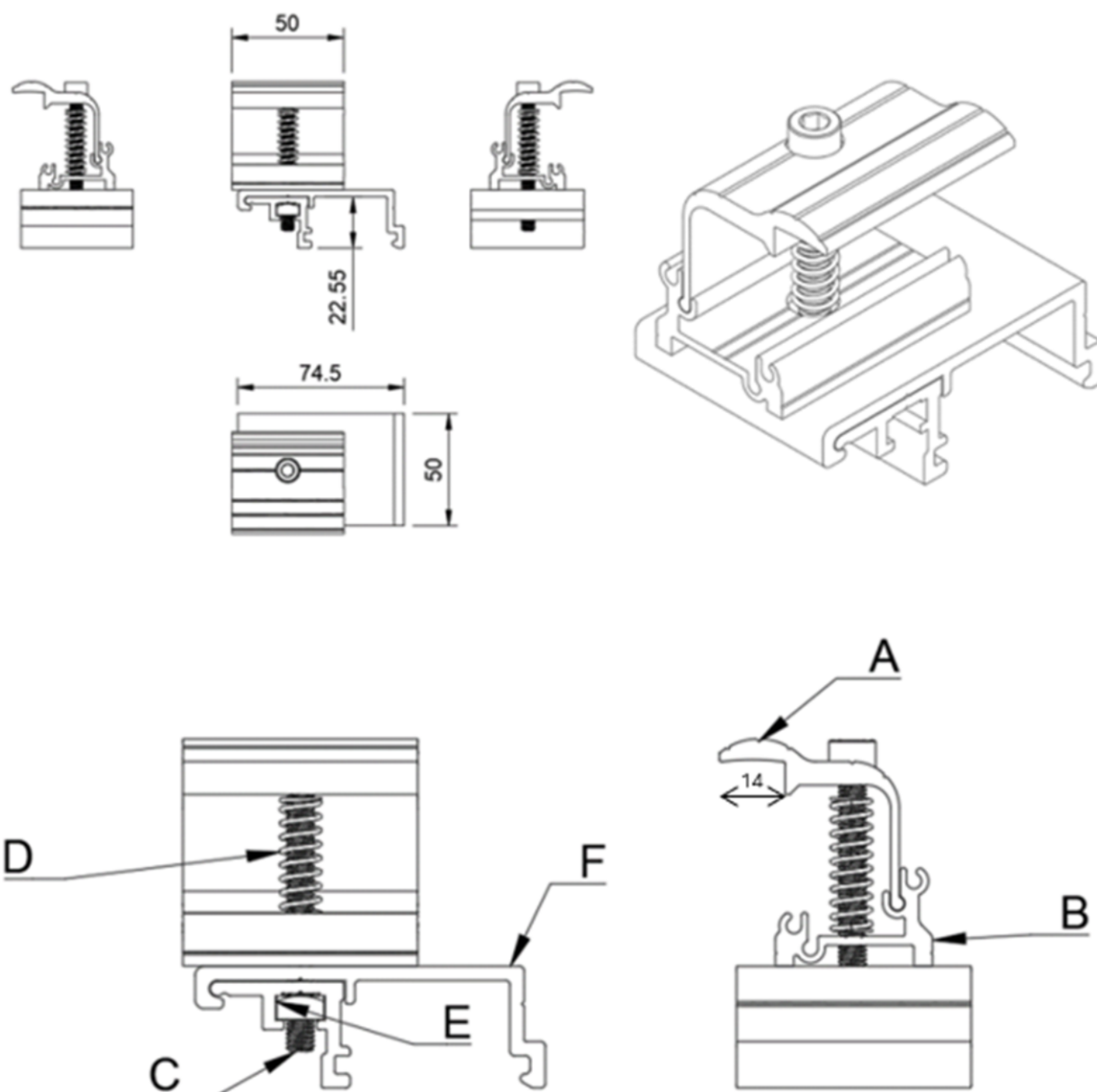
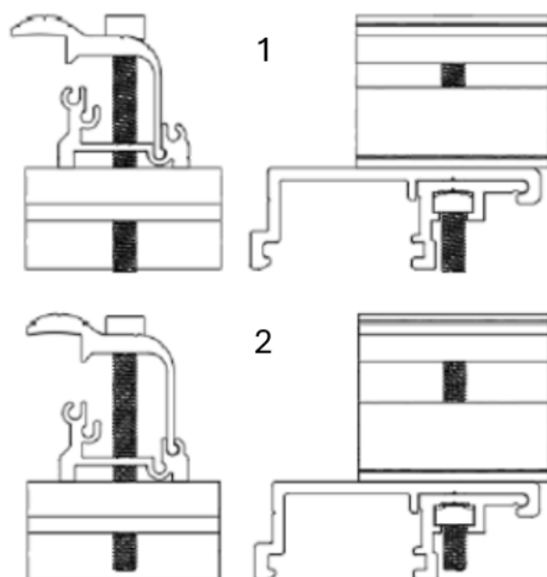


Figure 9 - Fixation Universelle MALT du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné



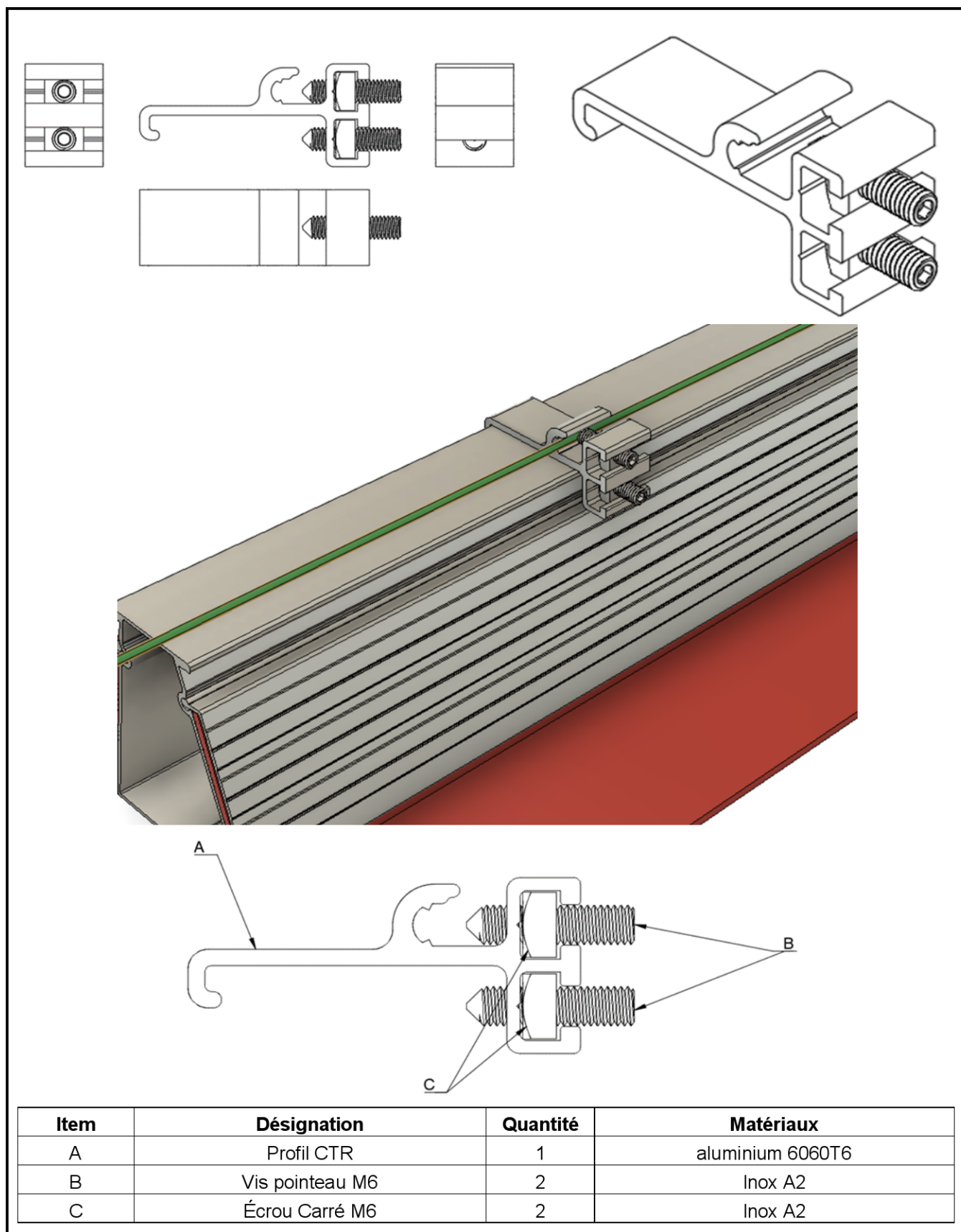
Item	Désignation	Quantité	Matériaux
A	Mâchoire Bride de Serrage	1	aluminium 6060T6
B	Base Bride de Serrage	1	aluminium 6060T6
C	Vis inox CHC M6	1	Inox A2
D	Ressort	1	Inox A2
E	Écrou Carré M6	1	Inox A2
F	Socle	1	aluminium 6060T6

Figure 10 - Fixation Extérieure du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné



Numéro	Epaisseur Cadre Module	Longueur vis CHC M6
1	30 – 35 mm	60 mm
2	36 – 37 mm	60 mm

Figure 10 (suite) - Fixation Extérieure du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné



**Figure 11 - CTR bas de générateur et CTR (mise à la terre du rail)
du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné**

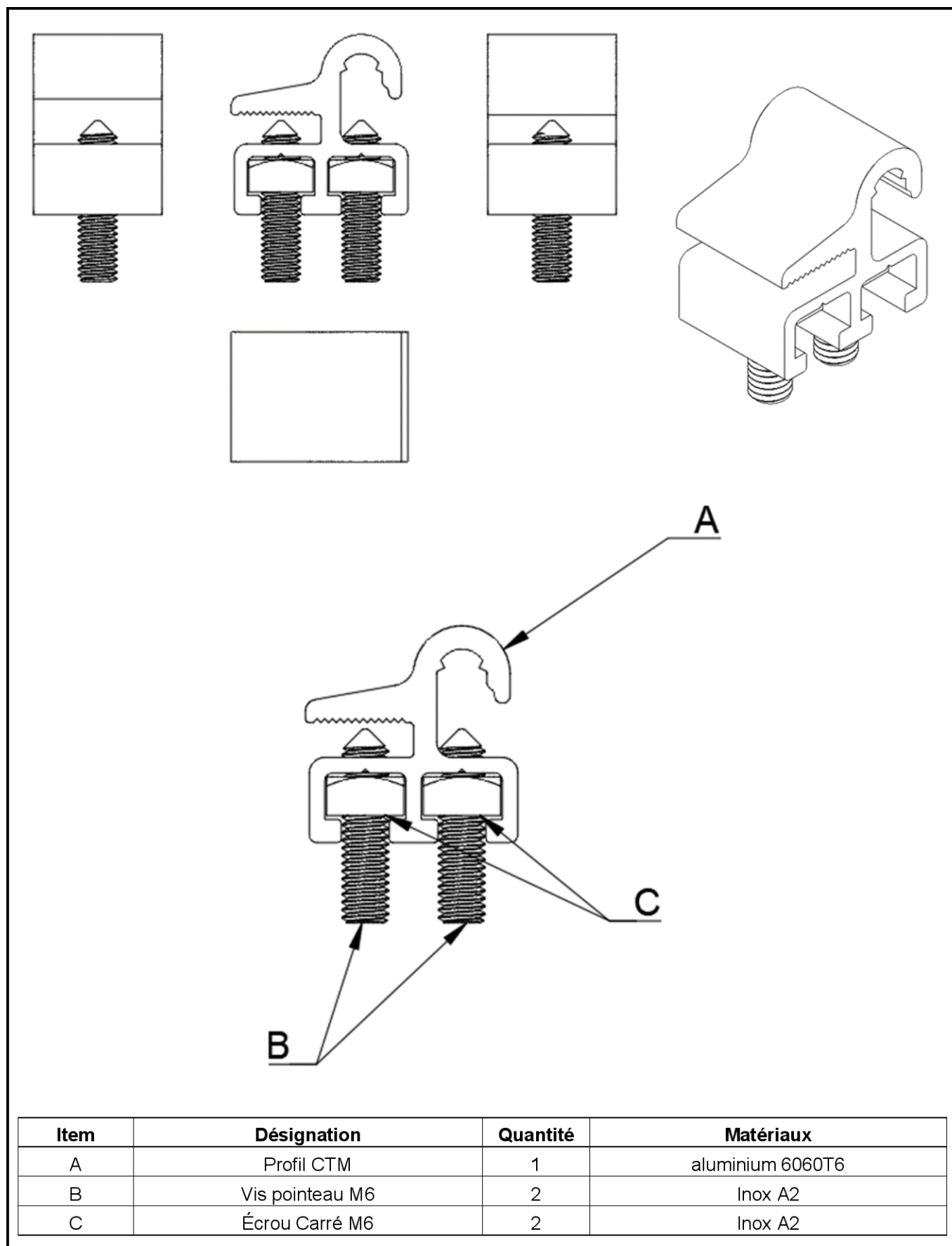


Figure 12 - CTM du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné

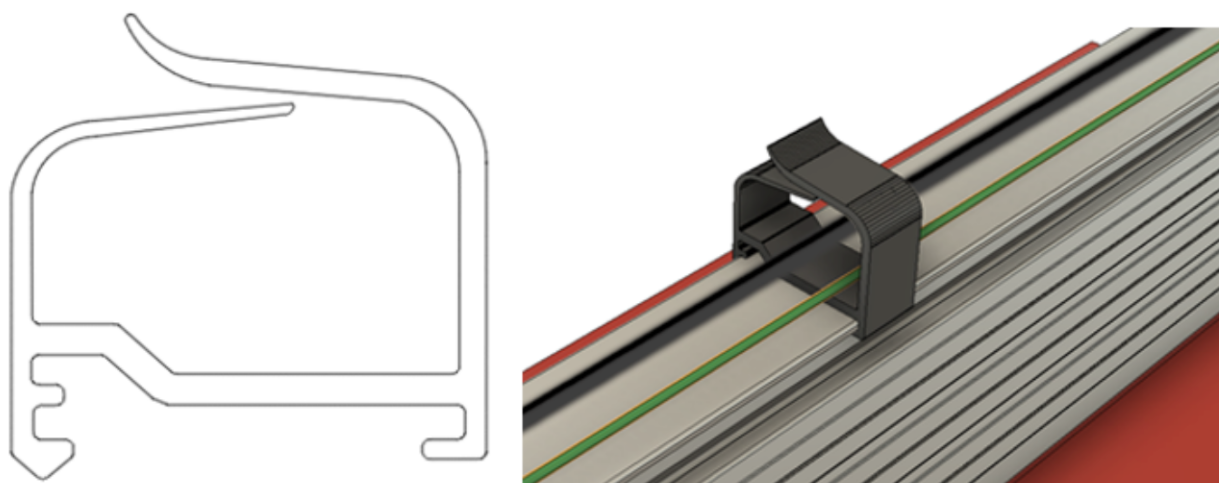


Figure 13 - Collier Passe Câbles du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné

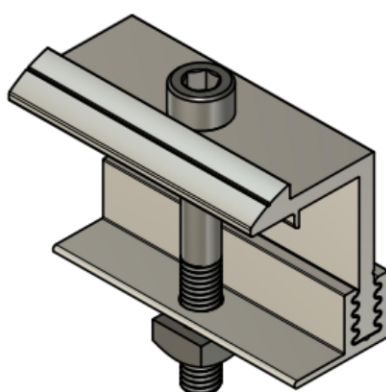
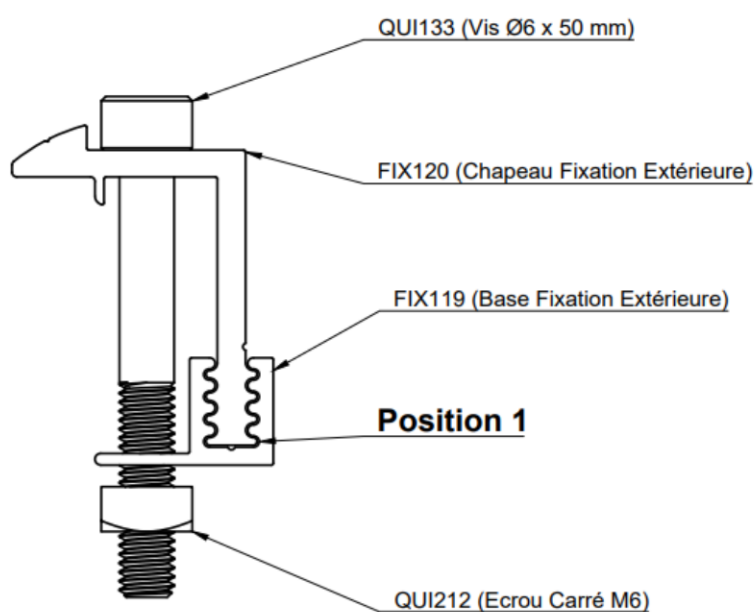
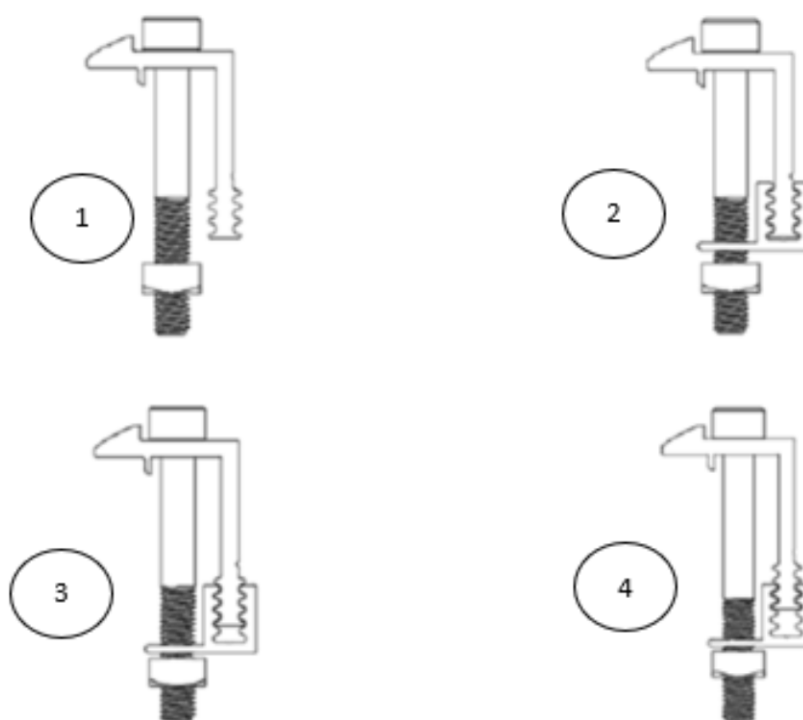
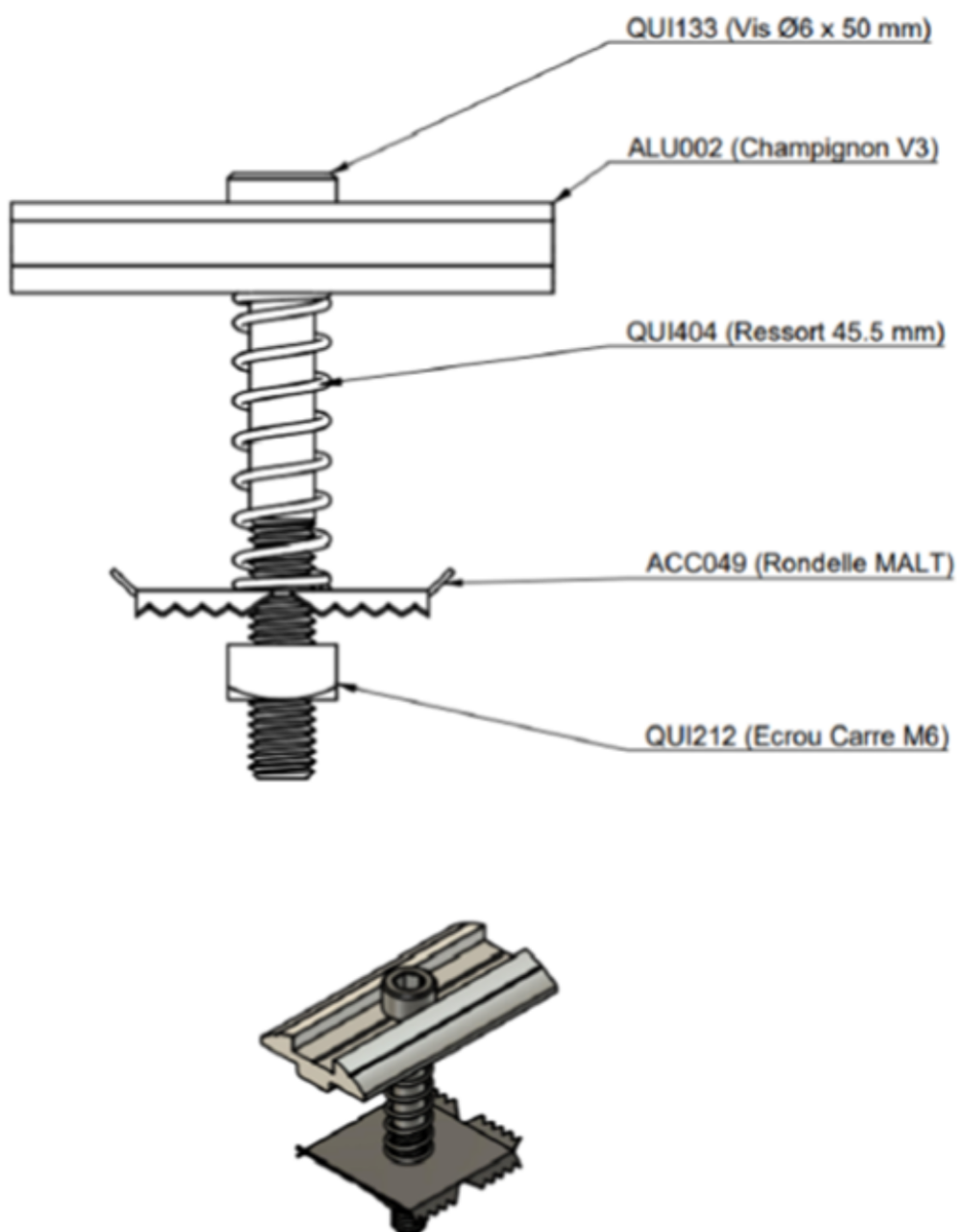


Figure 14 - Fixation Extérieure inclinée du kit d'inclinaison du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné



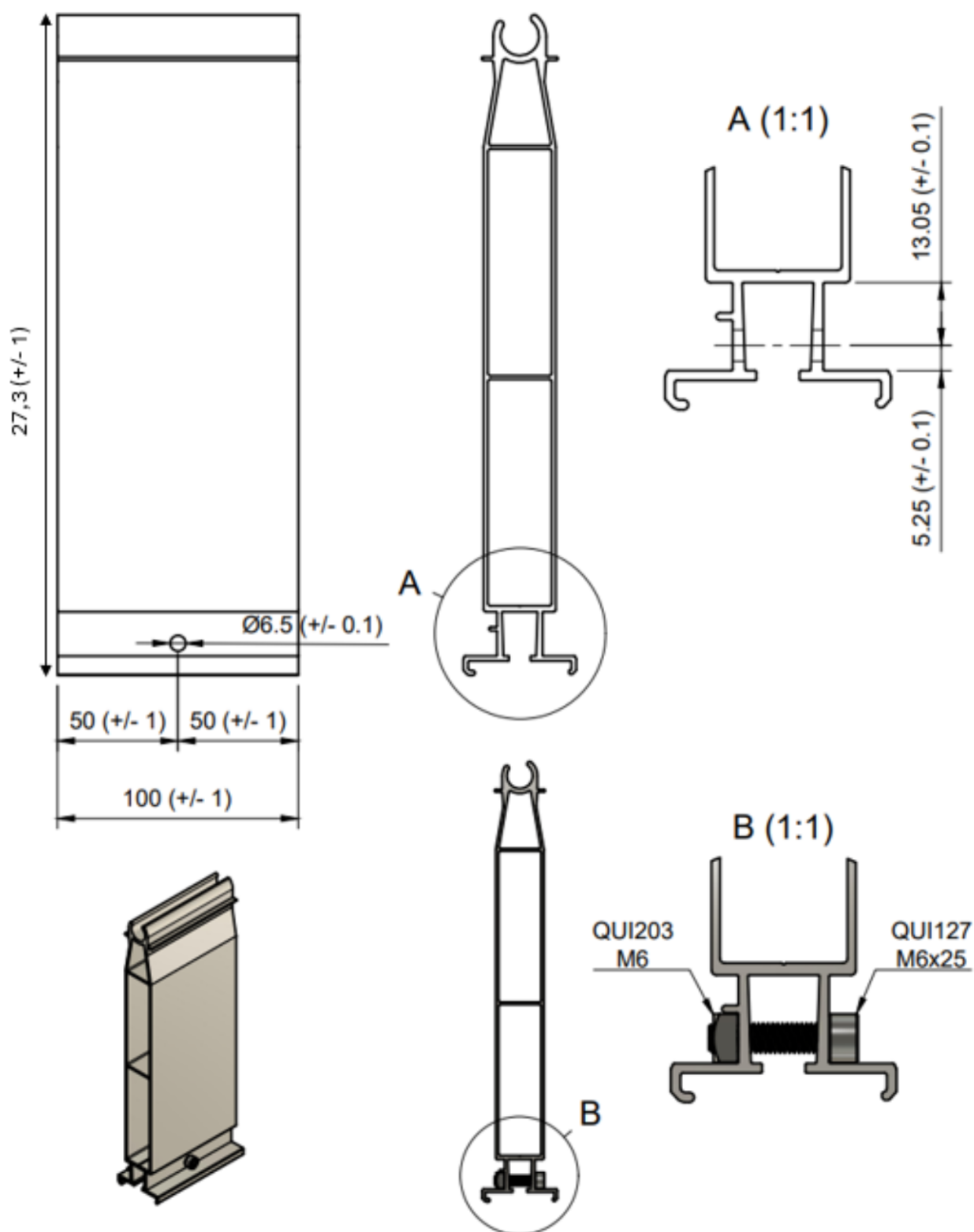
Numéro	Epaisseur Cadre Module	Longueur vis CHC M6
1	30 mm	50 mm
2	31 – 33 mm	50 mm
3	34 – 35 mm	50 mm
4	36 – 37 mm	55 mm

Figure 14 (suite) - Fixation Extérieure inclinée du kit d'inclinaison du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné

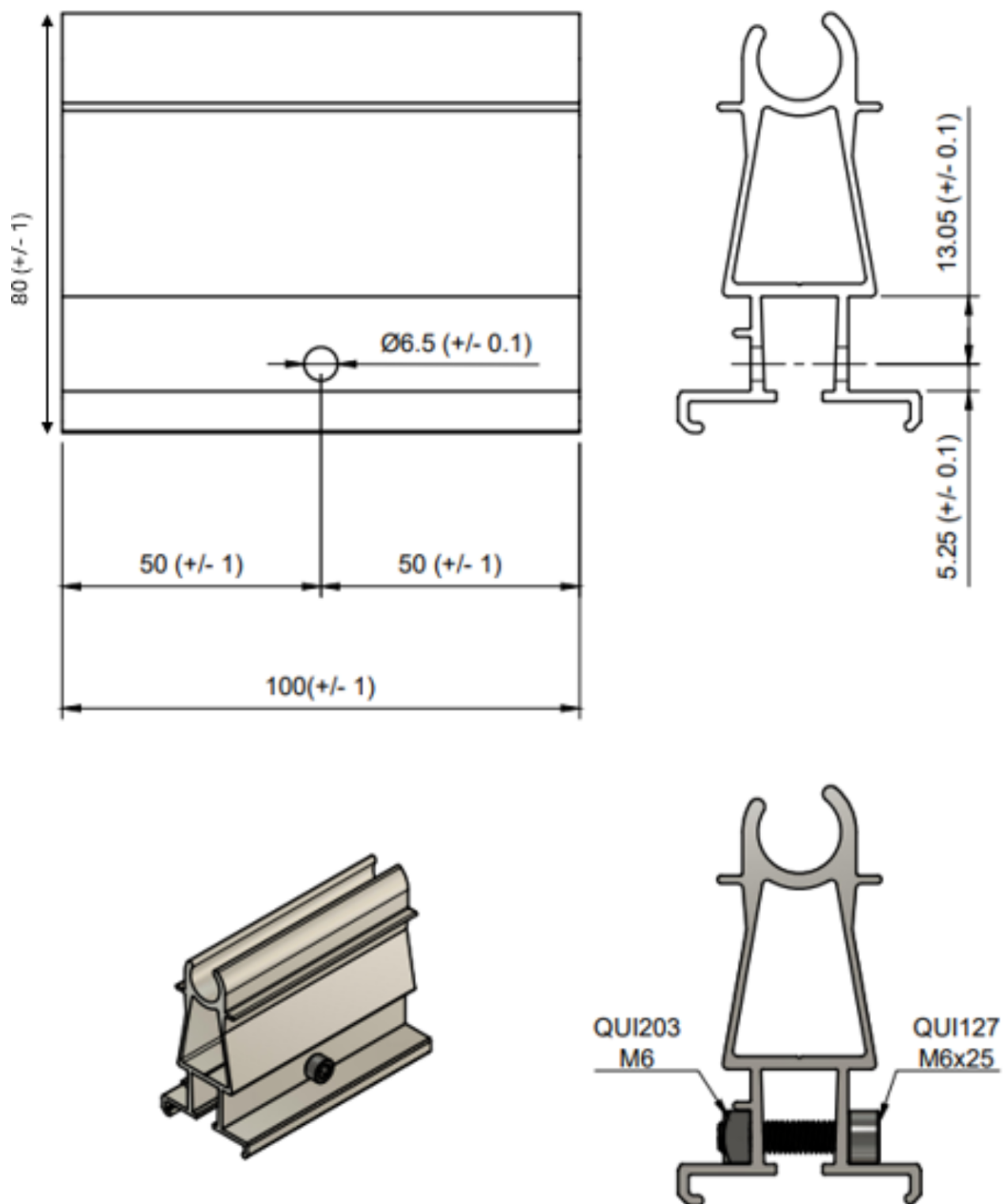


Epaisseur Cadre Module	Longueur vis CHC M6
30-33 mm	50 mm
34 - 37 mm	55 mm

**Figure 15 - Fixation Universelle inclinée du kit d'inclinaison
du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné**



**Figure 16 - Support haut du kit d'inclinaison
du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné**



**Figure 17 - Support bas du kit d'inclinaison
du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT – Plat & Incliné**

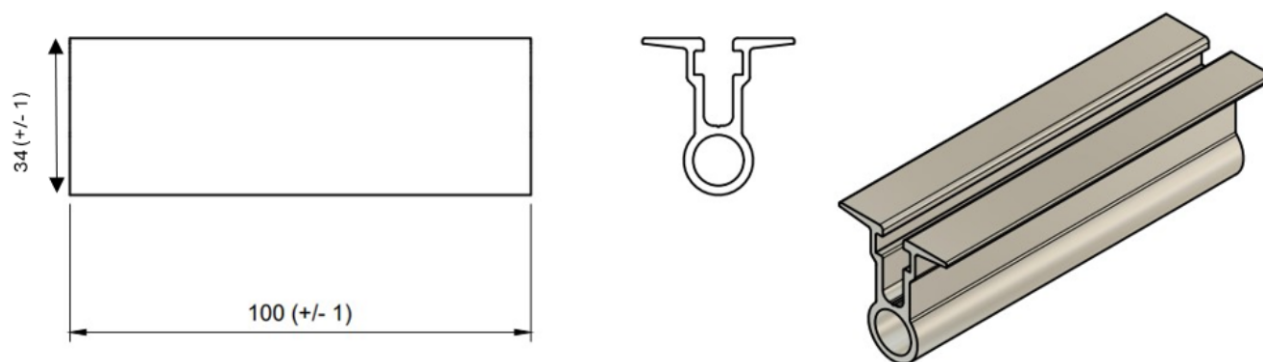


Figure 18 - Rotule du kit d'inclinaison du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT - Plat & Incliné

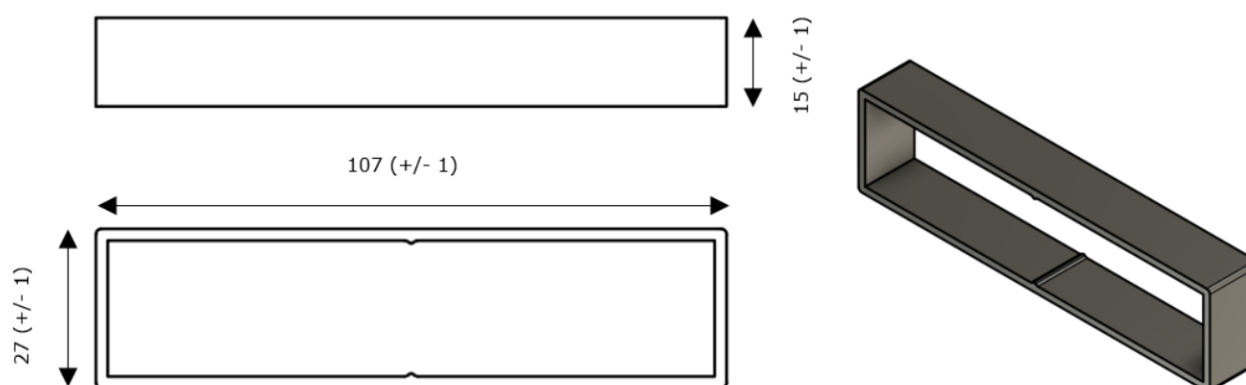


Figure 19 - Cale rotule du kit d'inclinaison du procédé ROOF-SOLAR BITUME BETON & CLT - Plat & Incliné

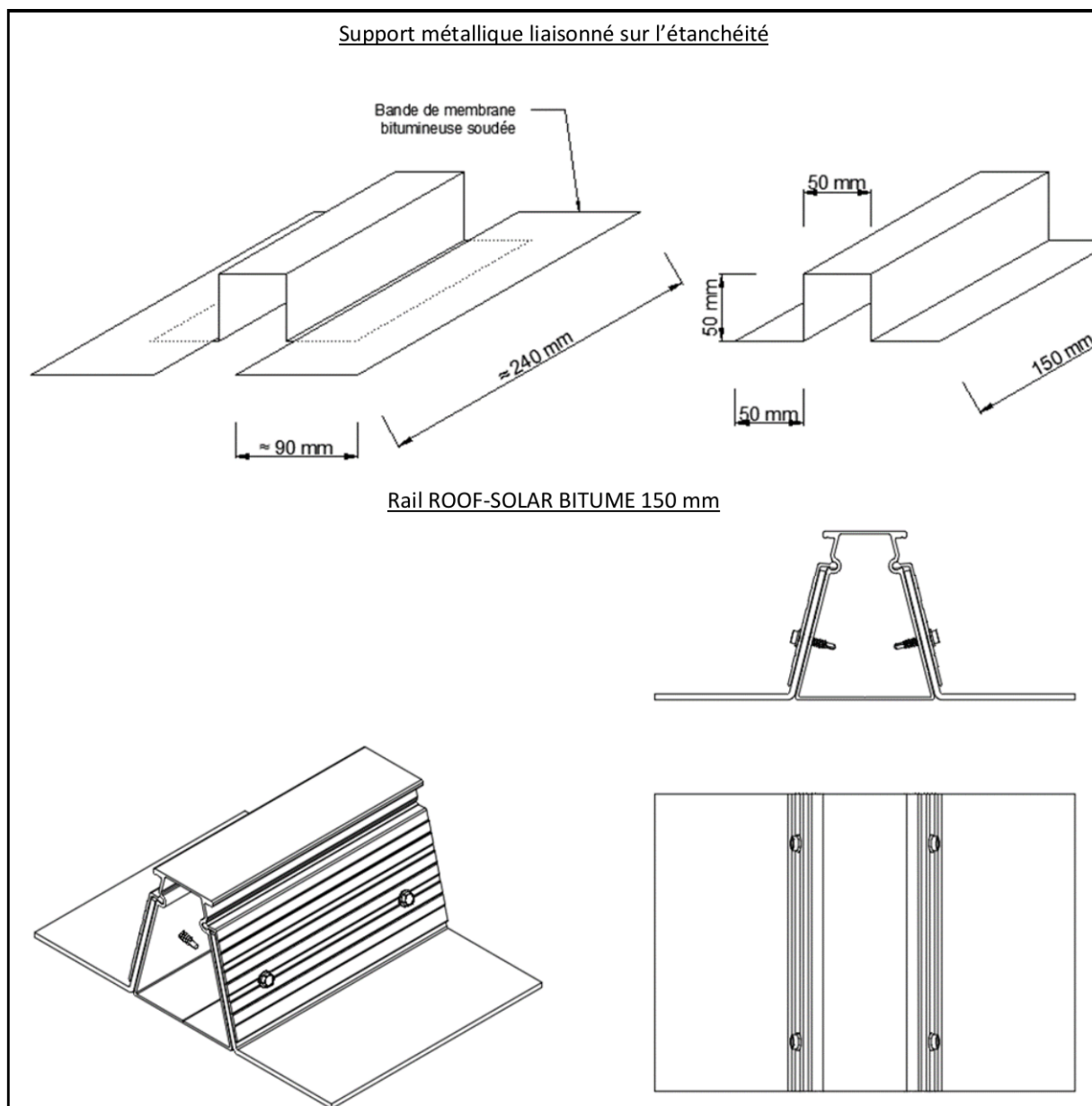


Figure 20 - Support de chemin câbles

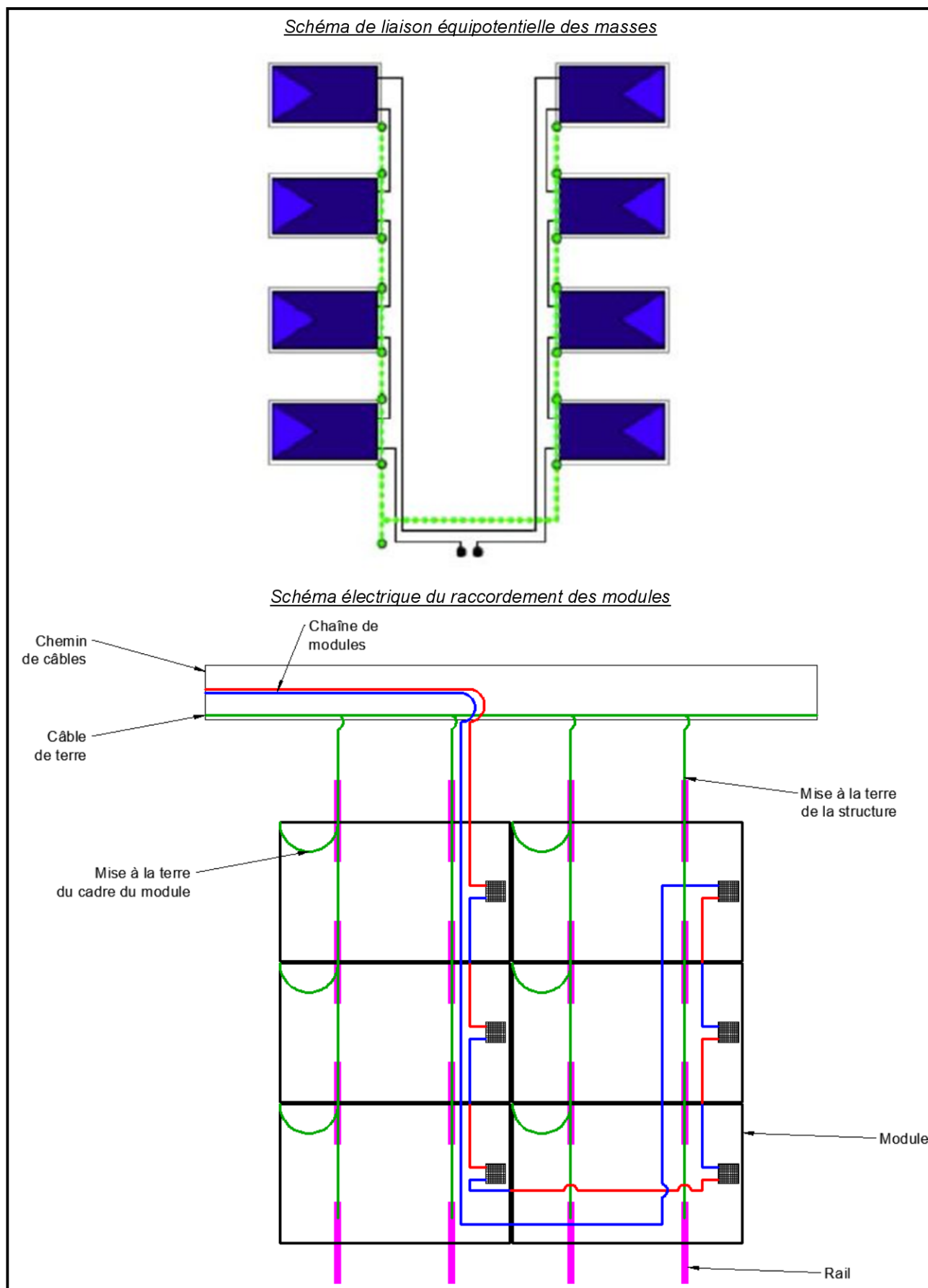
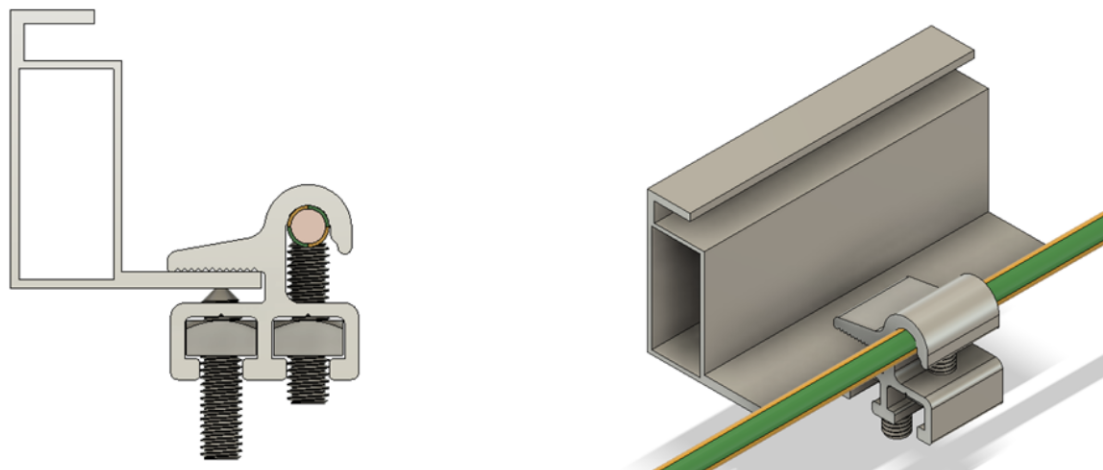
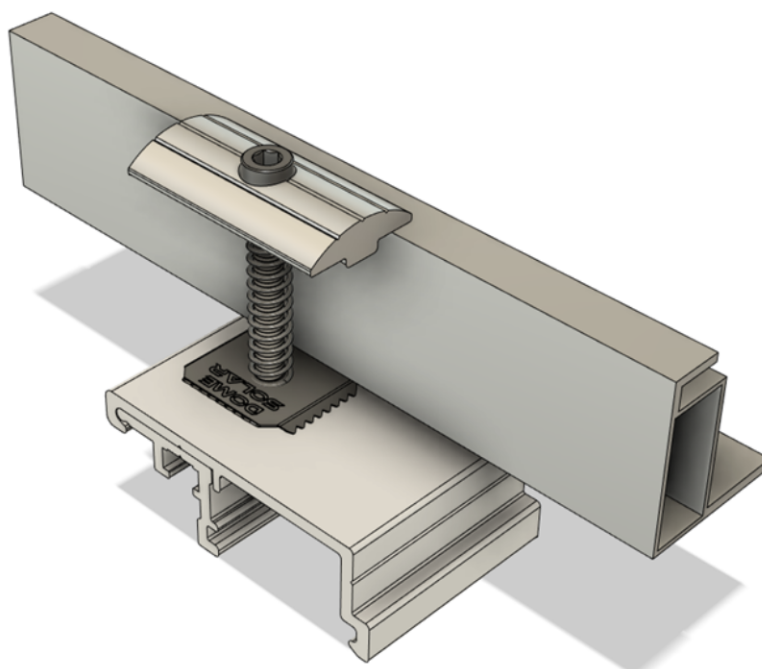


Figure 21 – Principe de câblage

Mise à la terre par l'intermédiaire du CTM de DOME SOLAR



Mise à la terre par l'intermédiaire de la fixation universelle MALT de DOME SOLAR



Mise à la terre par l'intermédiaire d'un système Vis/écrou

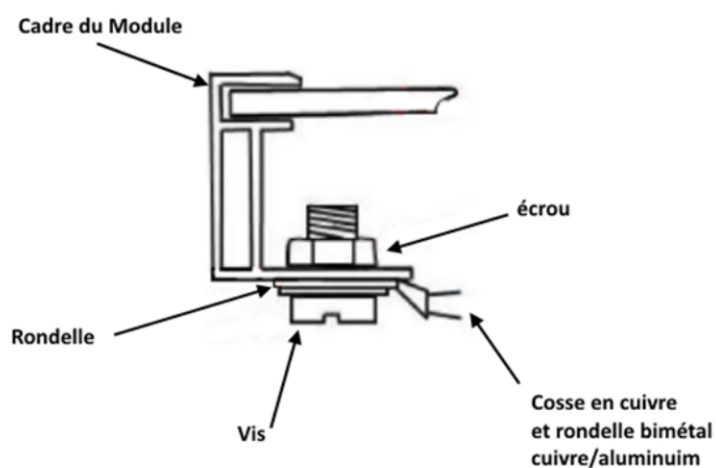
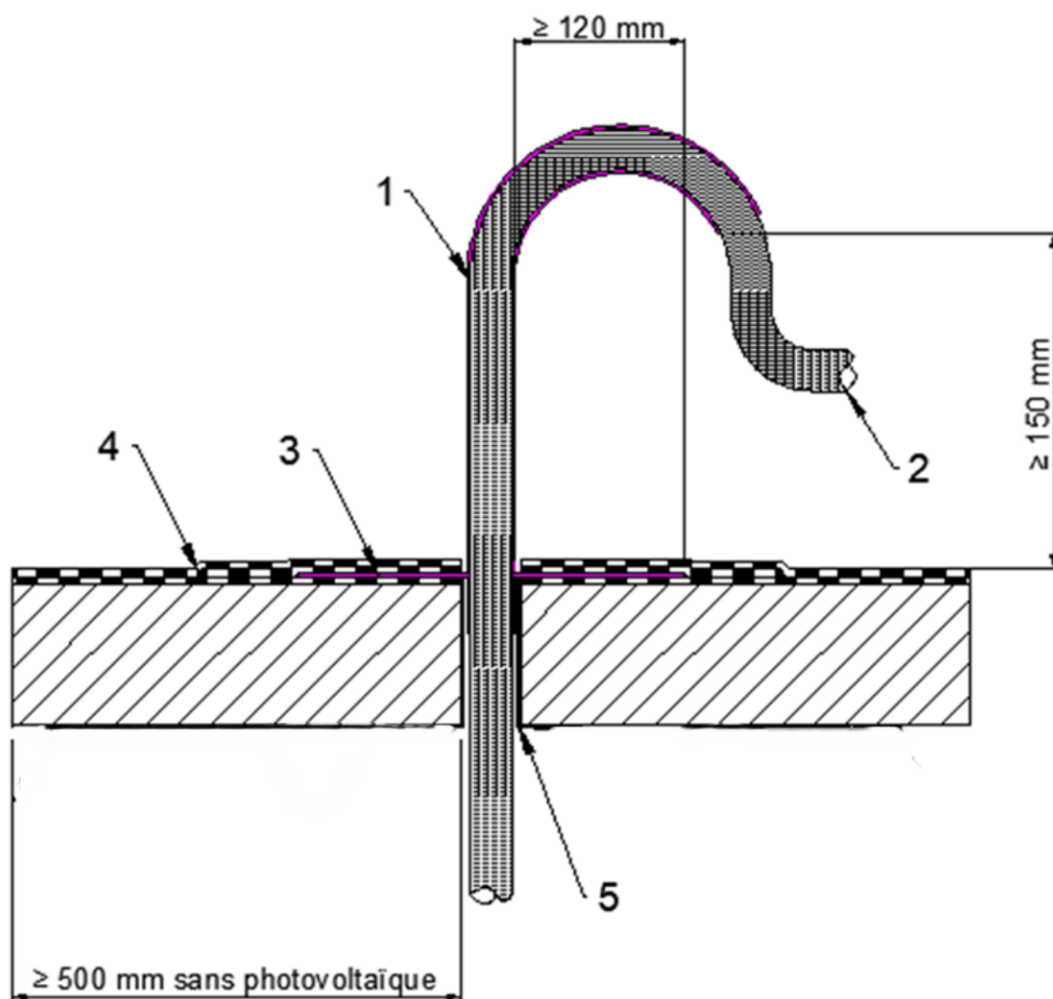


Figure 22 - Mise à la Terre du module



Légende	
N°	Désignation
1	Crosse
2	Câble
3	Platine
4	Etanchéité bicouche et couche de renfort sur platine
5	Fourreau

Figure 23 – Pénétration des câbles

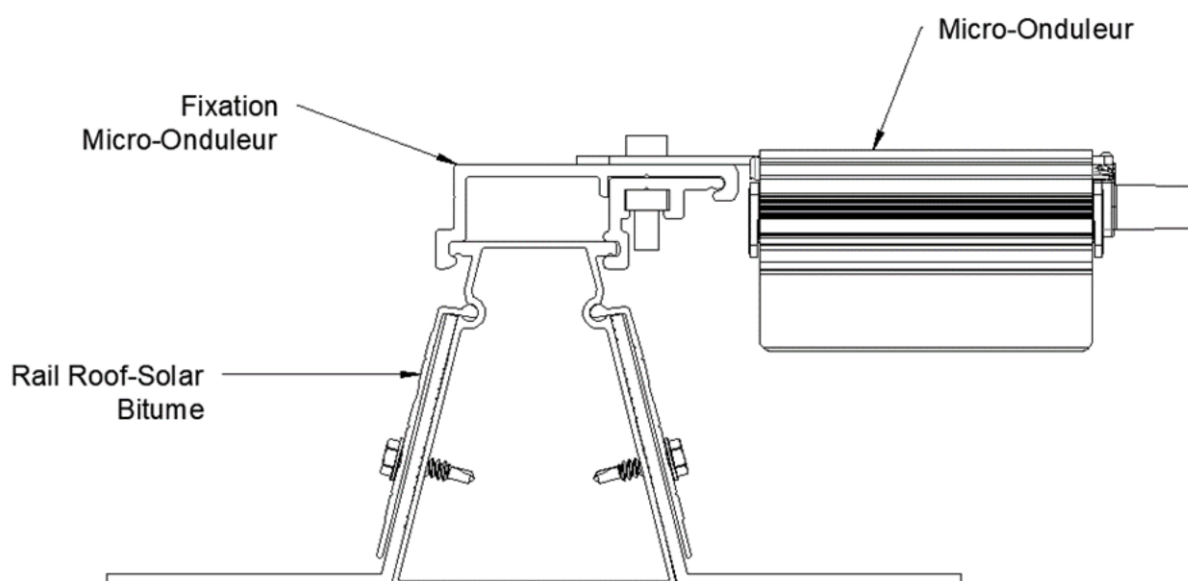


Figure 24 - Micro-onduleurs

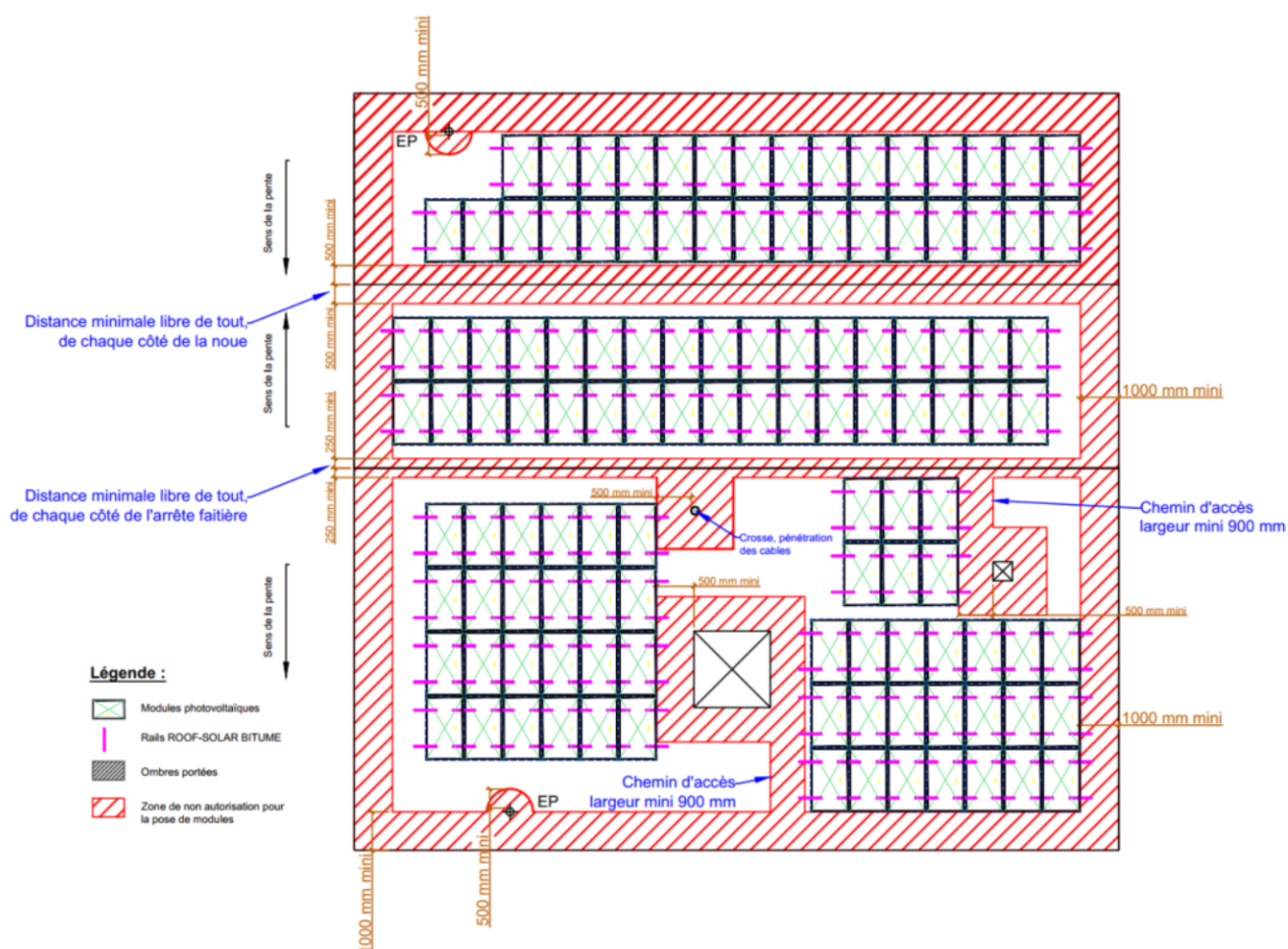


Figure 25 - Exemple de calepinage et de préparation de la toiture avec zones de modules

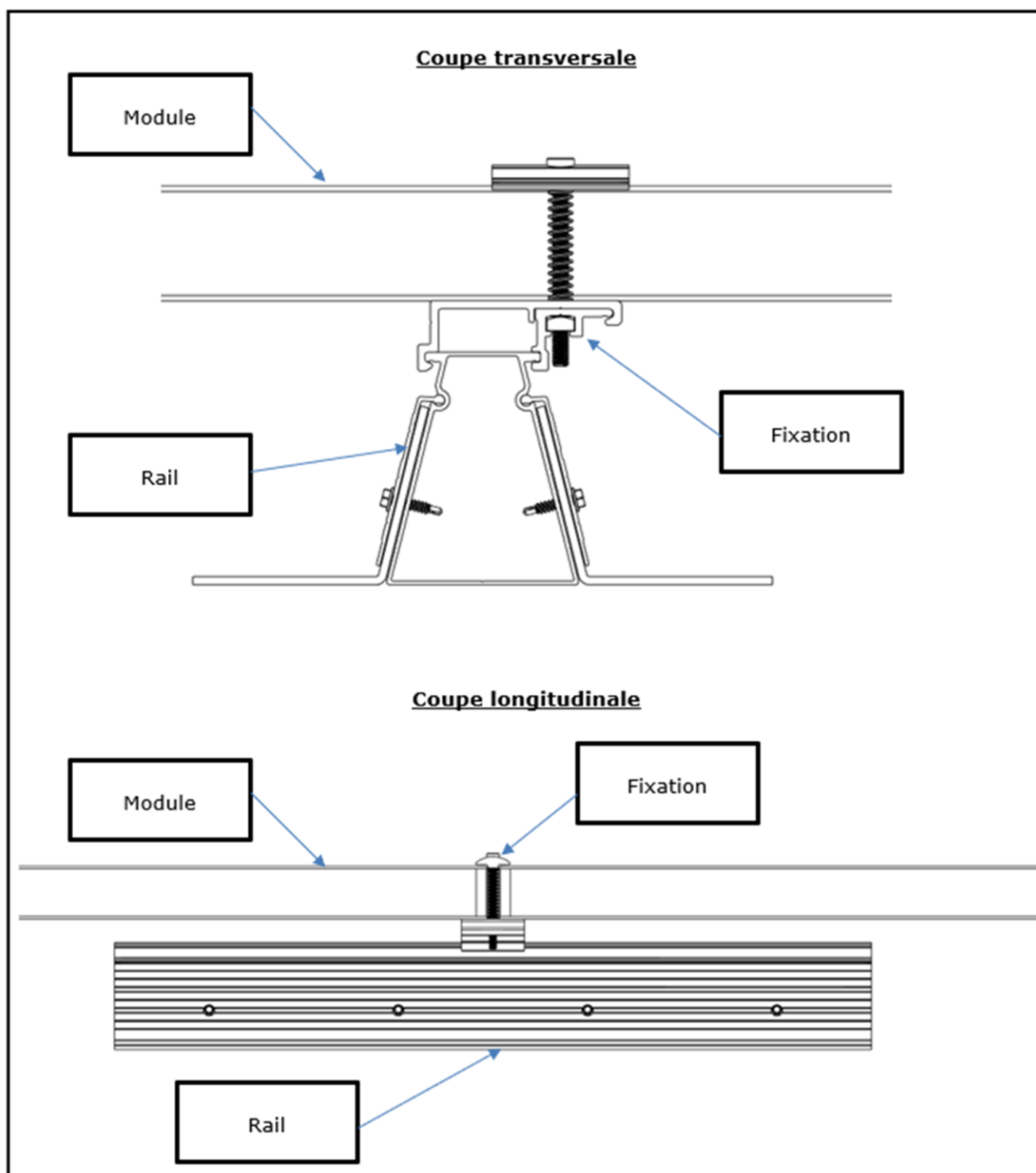
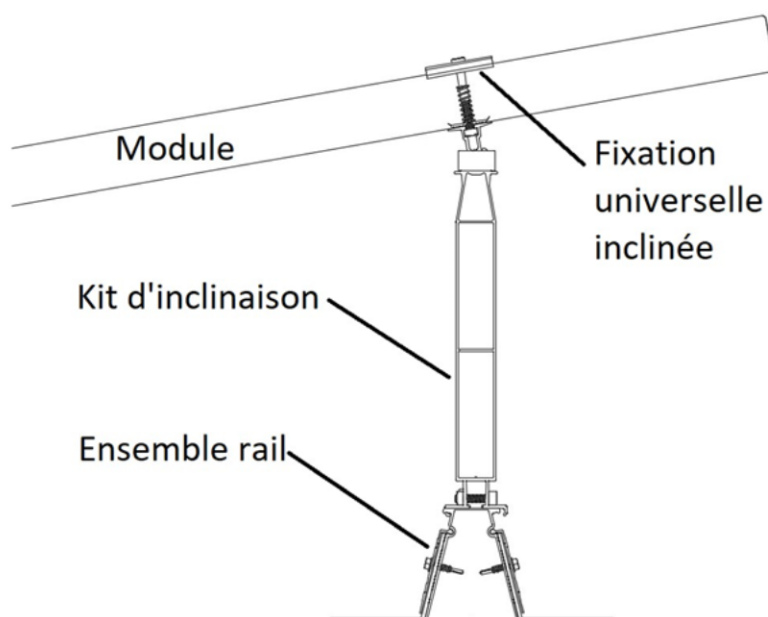


Figure 26 - Assemblage rail / fixation / module

Support haut

Coupe transversale



Coupe longitudinale

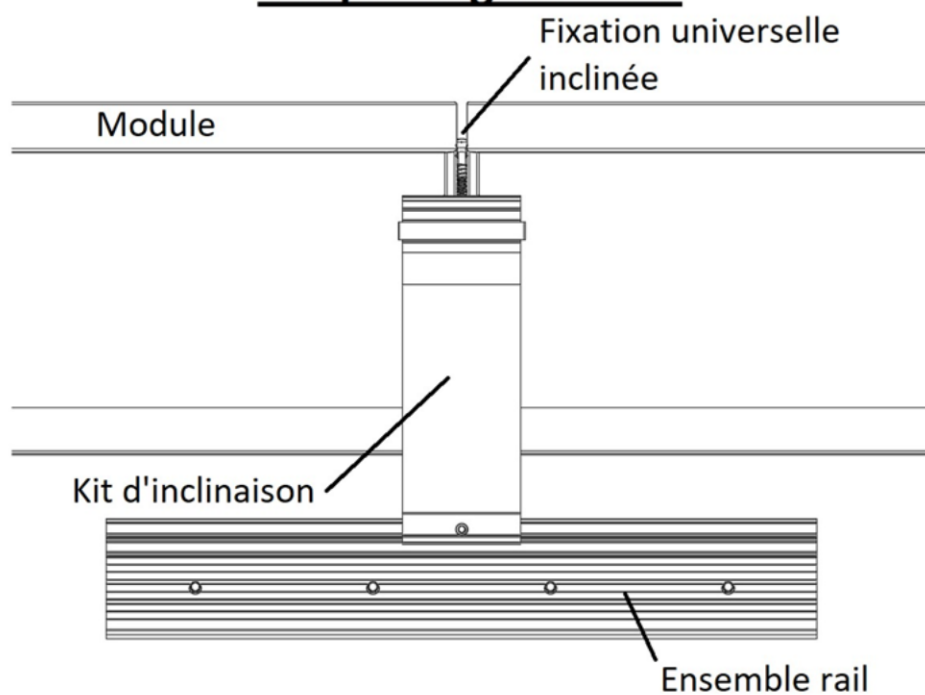
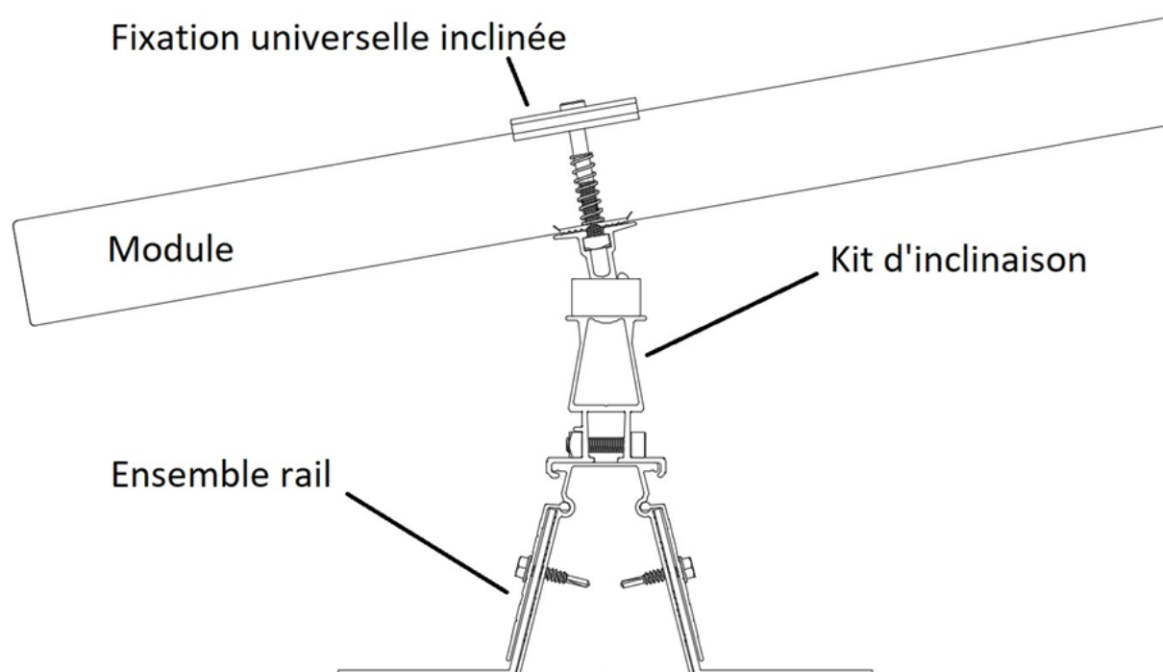


Figure 27 - Assemblage rail / kit d'inclinaison (haut) / module

Support bas

Coupe transversale



Coupe longitudinale

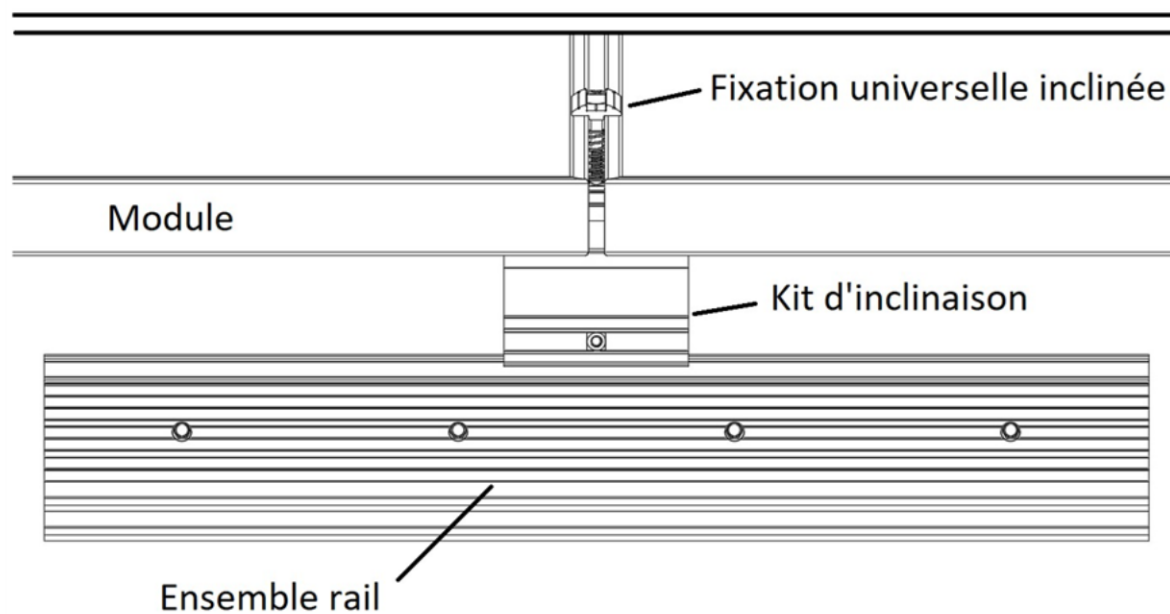
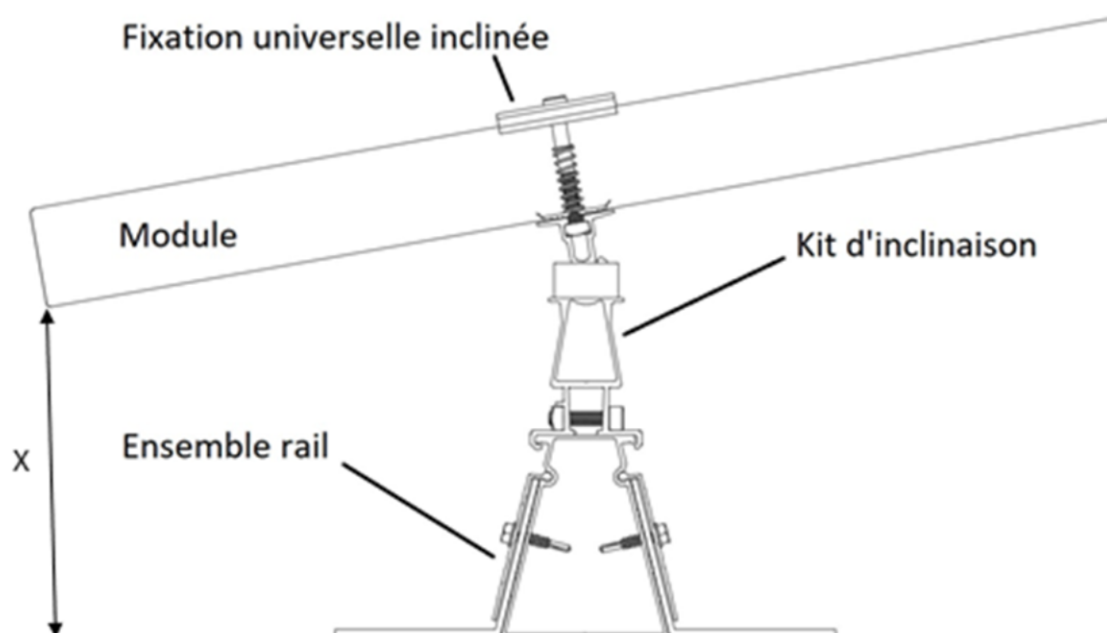


Figure 28 - Assemblage rail / kit d'inclinaison (bas) / module

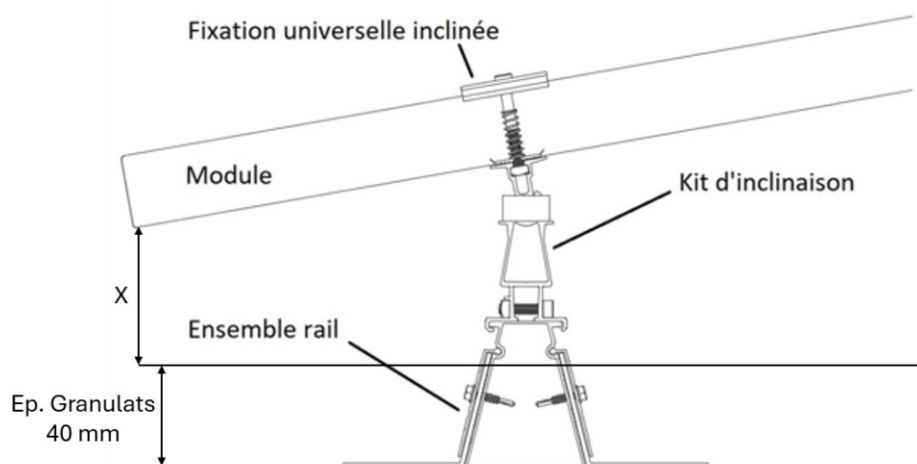
Coupe transversale



Groupes	X	
	Minimum	Maximum
A, B, C, D, E	107	123
F	95	112

Figure 29 - Distances entre les modules et l'étanchéité en pose inclinée

Coupe transversale



Groupes	X	
	Minimum	Maximum
A, B, C, D, E	67	83
F	55	72

Figure 30 - Distances entre les modules et les granulats en pose inclinée



Lorsque la seconde couche utilisée est l'IKO DUO FUSION G/F, puisque le surface n'est pas ardoisée, il n'y a pas lieu de préparer la soudure, il faut commencer directement à l'étape 3.

Figure 31 - Soudure d'un rail avec seconde couche IKO DUO FUSION AR/F ou IKO DUO FUSION FEU AR/F ou IKO DUO FUSION G/F

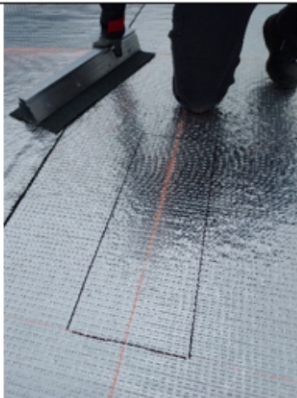
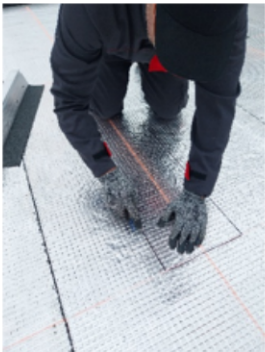
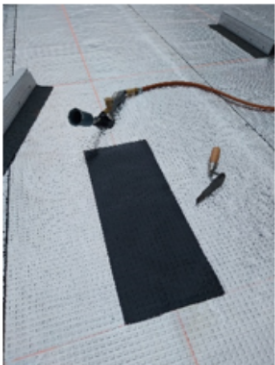
 Positionnement des rails	 Préparation de la surface de soudure
 Découpe de la feuille d'autoprotection	 Dépose de la feuille d'autoprotection
 Zone de soudure préparée	 Soudure de la première BDM
 Rail soudé	

Figure 32 - Soudure d'un rail avec seconde couche IKO DUO FUSION ALU/F

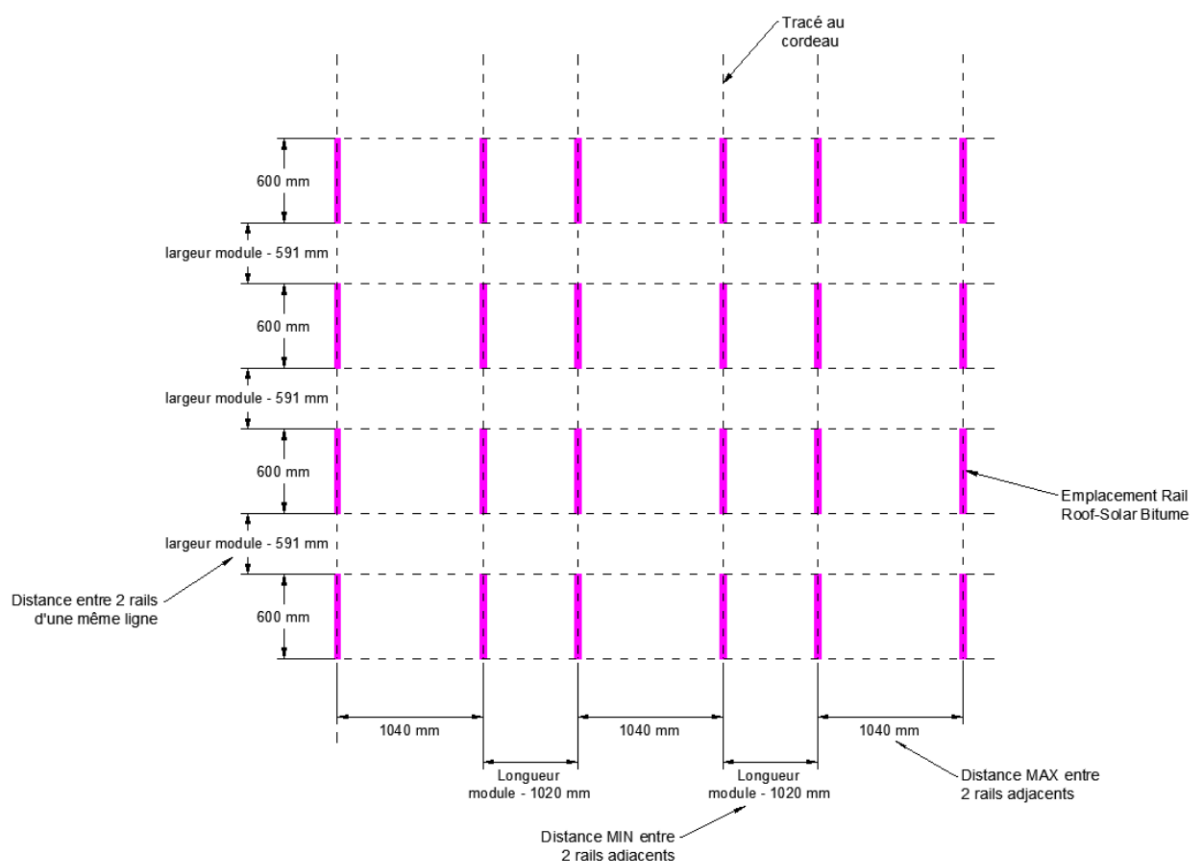


Figure 33 – Traçage des rails avec pose des modules à plat

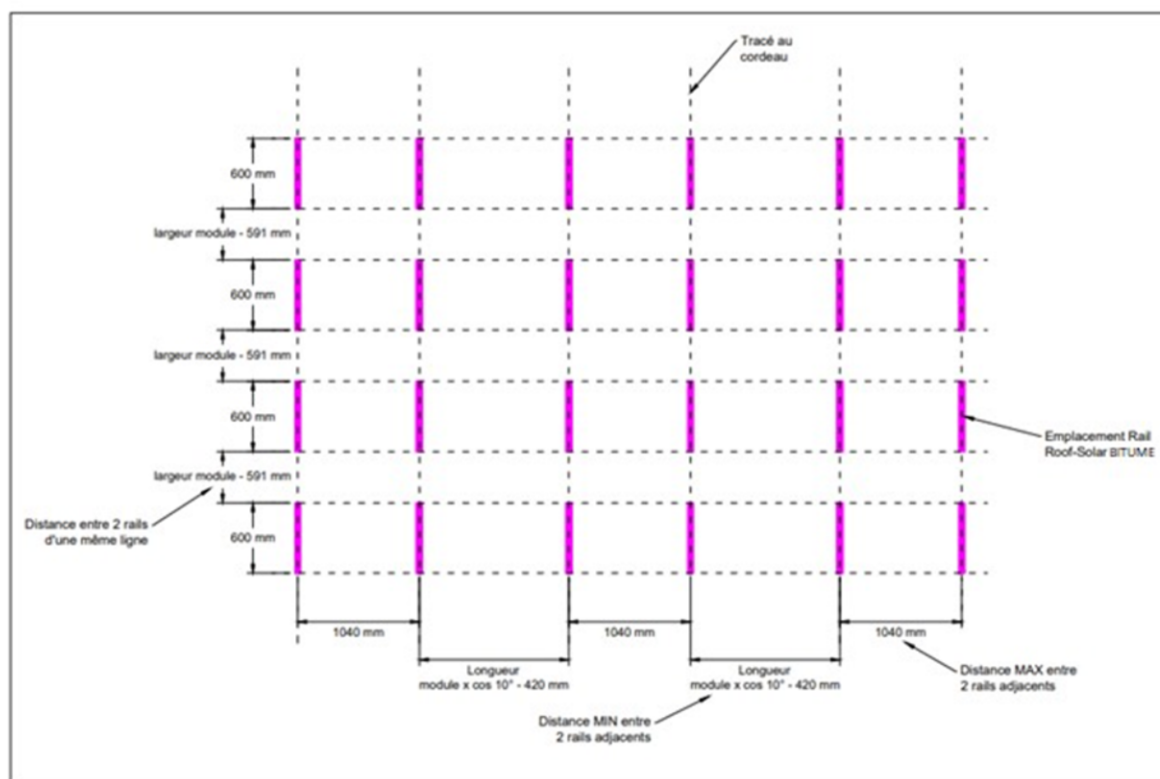


Figure 34 - Traçage des rails avec pose des modules en incliné simple shed

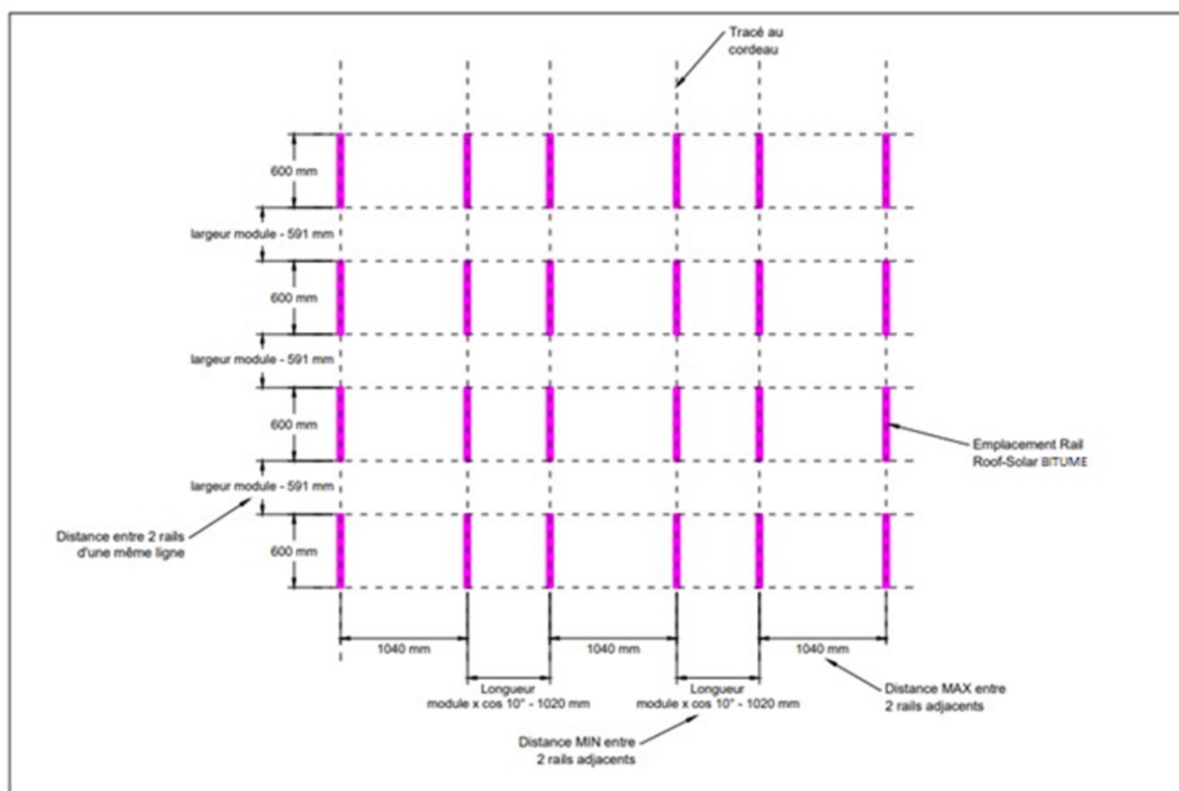


Figure 35 – Traçage des rails avec pose des modules en incliné double shed

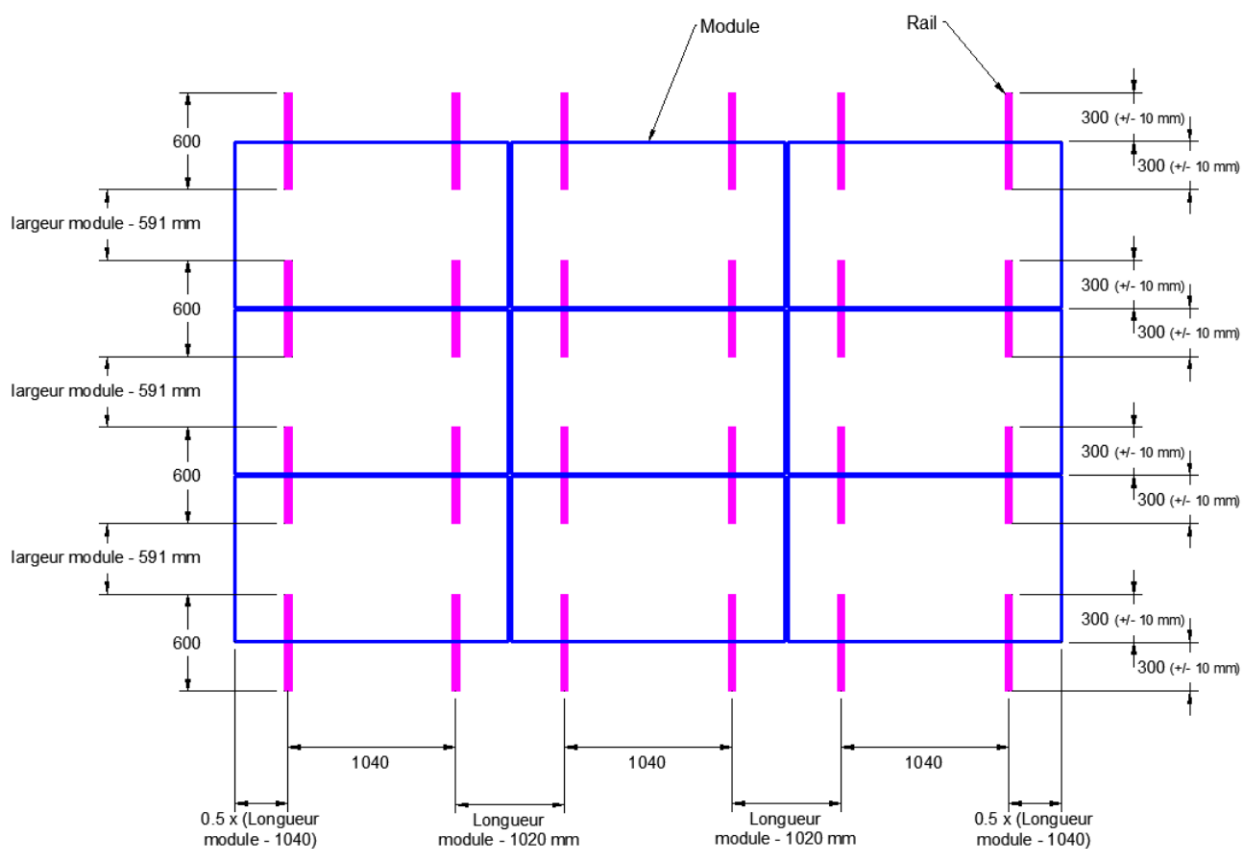


Figure 36 - Implantation des rails / modules à plat

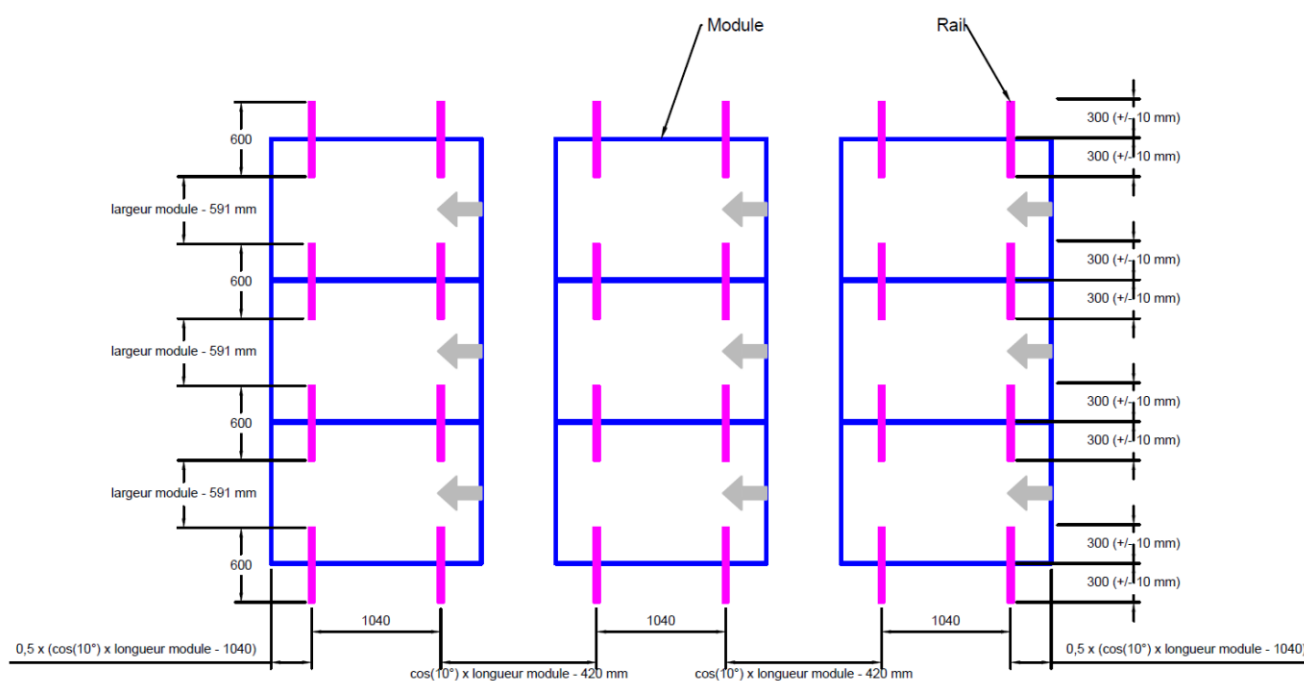


Figure 37 - Implantation des rails / modules inclinés simple shed

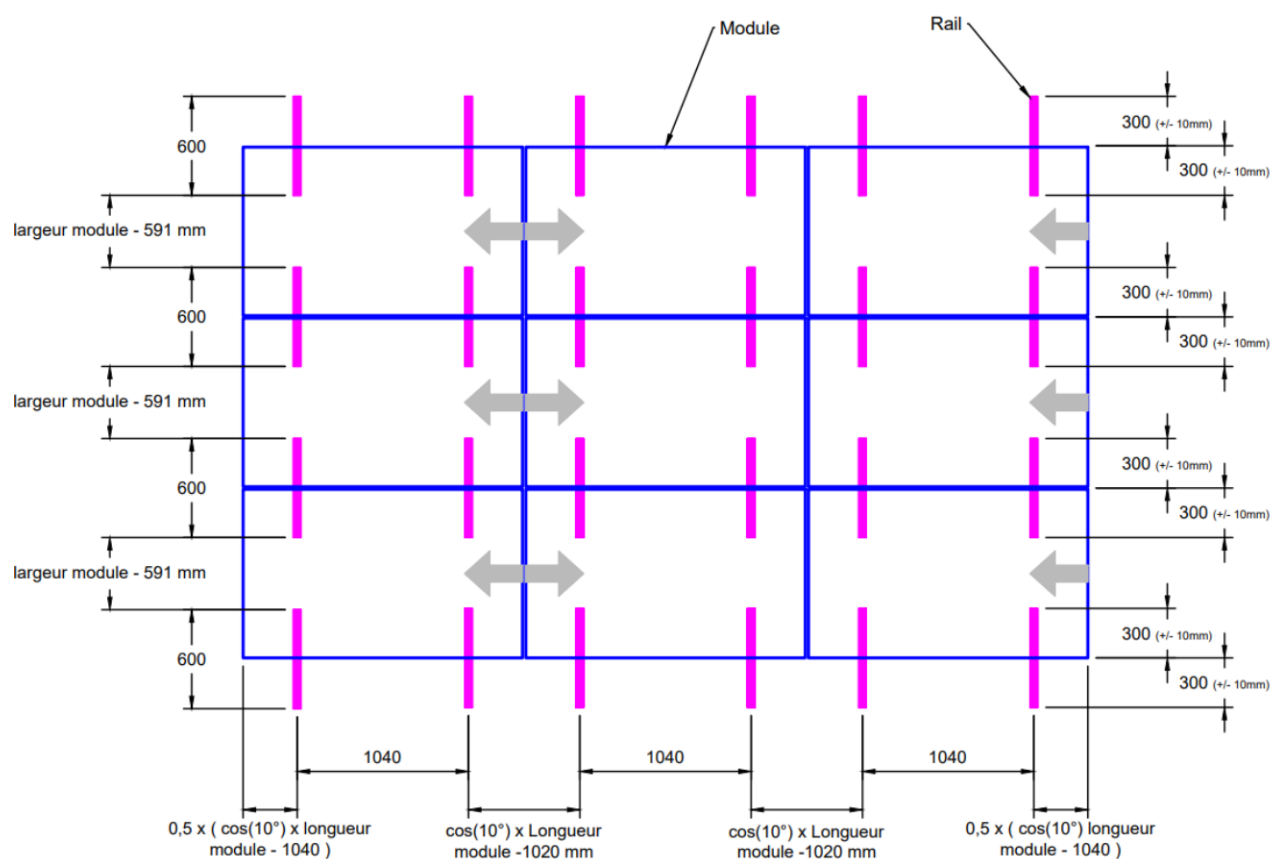


Figure 38 - Implantation des rails / modules inclinés double shed