21/20-71_V1

Valide du **28 août 2020**

au **31 août 2023**

Sur le procédé

SOPRASOLAR FIX EVO TILT – béton

Titulaire : **Société Soprasolar SAS**

Internet : www.soprasolar.com

Descripteur :

Procédé photovoltaïque avec gammes de modules en cours de validité dans la grille téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de l'Avis Technique publié

Le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton est un dispositif permettant l'intégration en toitures-terrasses de modules photovoltaïques rigides, en mode portrait, inclinés par rapport au plan de la toiture (pente maximale 10° (17,6 %) pour la structure support des modules photovoltaïques) sur un ensemble de plots en polymère, équipés d'un système de rehausses en aluminium, liaisonnés à un revêtement d'étanchéité autoprotégé de la société SOPREMA. L'élément porteur est en maçonnerie conforme au DTU 20.12 des types A, B ou C.

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire sans ajout de lestage ni perforation de la membrane d'étanchéité.

Le procédé intègre :

- un système assurant l'isolation et l'étanchéité de la toiture-terrasse,
- un système de montage soudé sur la membrane d'étanchéité,
- des modules photovoltaïques cadrés dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de l'Avis Technique publié.

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

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

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

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

www.ccfat.fr

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

AVANT-PROPOS

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

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Nouvel Avis Technique	David LE BELLAC	Franc RAFFALLI

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Définition succincte 5
1.1.1. Description succincte 5
1.1.2. Identification 5
1.2. AVIS 5
1.2.1. Domaine d'emploi accepté 5
1.2.2. Appréciation sur le procédé 5
1.2.3. Prescriptions Techniques 7
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 9
2. Dossier Technique 10
2.1. Données commerciales 10
2.1.1. Coordonnées 10
2.2. Description 10
2.3. Domaine d'emploi 10
2.4. Éléments constitutifs 11
2.4.1. Généralités 11
2.4.2. Modules photovoltaïques 11
2.4.3. Système de montage 12
2.5. Autres éléments 14
2.5.1. Pare vapeur 14
2.5.2. Isolant EFIGREEN ALU+ 14
2.5.3. Revêtement d'étanchéité 14
2.5.4. Câbles et connecteurs de liaison équipotentielle des masses 14
2.5.5. Chemin de câbles 14
2.5.6. Crosse de passage de câble (cf. Figure 12) 15
2.5.7. Terragrif 15
2.6. Conditionnement, étiquetage, stockage 15
2.6.1. Modules photovoltaïques 15
2.6.2. Ensemble "support" 15
2.7. Caractéristiques dimensionnelles 15
2.8. Caractéristiques électriques 16
2.8.1. Conformité à la norme NF EN 61215 16
2.8.2. Sécurité électrique 16
2.8.3. Performances électriques 16
2.9. Fabrication et contrôles 16
2.9.1. Modules photovoltaïques 16
2.9.2. Composants de la structure support 16
2.10. Mise en œuvre 17
2.10.1. Généralités 17
2.10.2. Compétences des installateurs 17
2.10.3. Sécurité des intervenants 17
2.10.4. Spécifications électriques 17
2.10.5. Mise en œuvre en toiture 18
2.11. Formation 21
2.12. Assistance technique 21
2.13. Utilisation, entretien et réparation 21

2.13.1. Généralités 21
2.13.2. Maintenance du champ photovoltaïque 21
2.13.3. Maintenance électrique 21
2.13.4. Remplacement d'un module 22
2.13.5. Remplacement d'un plot SOPRASOLAR FIX EVO 22
2.13.6. Remplacement de l'étanchéité 22
2.14. Résultats expérimentaux 22
2.15. Références 23
2.15.1. Données Environnementales et sanitaires 23
2.15.2. Autres références 23
2.16. Annexes du Dossier Technique 24
3. Annexes graphiques 31

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 12 mai 2020, le procédé « SOPRASOLAR FIX EVO TILT – béton », présenté par la Société SOPRASOLAR SAS. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton est un dispositif permettant l'intégration en toitures-terrasses de modules photovoltaïques rigides, en mode portrait, inclinés par rapport au plan de la toiture (pente maximale 10° (17,6%) pour la structure support des modules photovoltaïques) sur un ensemble de plots en polymère, équipés d'un système de rehausses en aluminium, liaisonnés à un revêtement d'étanchéité autoprotégé de la société SOPREMA.

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire sans ajout de lestage ni perforation de la membrane d'étanchéité.

Le procédé intègre :

- Un pare-vapeur conforme au Document Technique d'Application Sopralène Stick de SOPREMA,
- des panneaux isolants non porteurs en polyisocyanurate (PIR) à parement multicouches, de 40 à 100 mm d'épaisseur en un lit ou de 100 à 240 mm d'épaisseur totale en deux lits, conforme au Document Technique d'Application EFIGREEN ALU+ de la société SOPREMA, collés à la COLTACK EVOLUTION ou fixés mécaniquement,
- un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux semi indépendant autoadhésif constitué :
  - d'une première couche SOPRASTICK SI et d'une deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR,
  - ou d'une première couche SOPRASTICK SI4 et d'une deuxième couche ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3,

  conforme au Document Technique d'Application " Sopralène Stick" de la société SOPREMA,
- un système de montage permettant une mise en œuvre de modules photovoltaïques cadrés en toiture-terrasse,
- des modules photovoltaïques cadrés dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de l'Avis Technique publié.

1.1.2. Identification

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

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

1.2. AVIS

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

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi identique à celui proposé au § 2.3 en association avec les 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.

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Conformité normative des modules

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

1.2.2.2. Aptitude à l'emploi

1.2.2.2.1. Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

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

Les 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 V DC.

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

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

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

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

L'utilisation de cosses en cuivre étamé avec rondelles bimétal pour un raccordement en peigne des cadres de modules et des pièces « REHAUSSE 200 » métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

Puissance crête des modules utilisés

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

1.2.2.2.2. Fonction couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve d'un calcul (selon les règles NV65 modifiées) au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales (*au sens des NV65 modifiées*), pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas,

- sous charge de vent :

	Charge maximale de vent (selon les règles NV65 modifiées)	
Complexe isolant étanchéité	**Normal**	**Extrême**
1 lit d'Efigreen ALU+ (jusqu'à 100mm d'épaisseur)	**950 Pa**	**1 666 Pa**
2 lits d'Efigreen ALU+(de 100 à 240mm d'épaisseur totale)		

- sous charge de neige normale :

Type d' isolant	Nbre de lits d'isolant	Épaisseur (mm)	**Charge maximale de neige normale (selon les règles NV65 modifiées)**	
			Pente Toiture = 0% à 3%	Pente Toiture = 10%
EFIGREEN ALU+	1	60	**1 252 Pa**	**1 037 Pa**
	1 ou 2	100		
	2	120		
	2	200	**699 Pa**	
	2	240	**565 Pa**	

Sécurité en cas de séisme

La réglementation ne vise pas l'implantation des modules photovoltaïques en surimposé, conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

Étanchéité à l'eau

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

Sécurité au feu

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

Sécurité des intervenants

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

- de dispositifs antichute selon la réglementation en vigueur,
- de chemins de circulation définis suivant le calepinage de la société SOPRASOLAR SAS,
- Les rouleaux de revêtement d'étanchéité de plus de 25 kg seront portés par deux personnes.

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

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

Sécurité des usagers

Sans objet.

1.2.2.2.3. Données environnementales et sanitaires

Aspects environnementaux

La grille de vérification associée à cet Avis Technique indique en fonction des gammes de module indiquées si le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton associé à chaque gamme de module dispose ou non d'une Déclaration Environnementale (DE).

Sans DE, le titulaire du procédé ne peut revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Il existe une Déclaration Environnementale (DE) vérifiée par tierce partie indépendante pour le produit Plot et plastron SOPRASOLAR FIX EVO mentionnée au paragraphe 2.15.1.

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

Aspects sanitaires

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

Prévention, maitrise des accidents et maitrise de la mise en œuvre et de l'entretien

Le plot et le plastron SOPRASOLAR FIX EVO dispose d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS). L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce produit sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter.

1.2.2.3. Durabilité - Entretien

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

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

1.2.2.4. Fabrication et contrôle

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

1.2.2.5. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par la société SOPRASOLAR SAS (*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*).

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Prescriptions communes

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

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

Dans le cadre de la réfection, il est rappelé qu'il appartient au Maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions du DTU 43.5 vis-à-vis des risques d'accumulation d'eau.

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.

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

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

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

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

L'installateur recommandera de réaliser l'entretien et la maintenance en s'inspirant de la norme NF EN 62446-1:2017/A1:2018.

1.2.3.2. Prescriptions techniques particulières

1.2.3.2.1. Livraison

Le système de traçabilité du titulaire permet de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés, 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 de câblage des modules photovoltaïques entre eux, un plan d'exécution - calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO avec REHAUSSE 45 et REHAUSSE 200, un plan d'exécution - calepinage des modules photovoltaïques doivent être fournis avec le procédé pour chaque projet par la société SOPRASOLAR SAS.

L'installateur doit prévoir :

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

1.2.3.2.2. Installation électrique

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

1.2.3.2.3. Mise en œuvre

Le procédé photovoltaïque peut-être installé sur toute la toiture, néanmoins les modules et leur système de montage doivent être positionnés en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (cf § 2.10.5.2*).*

La mise en œuvre est prévue pour être exécutée sur des structures porteuses en maçonnerie conformes à la norme NF P 10-203 (*DTU 20.12*) des types A, B, C.

Il est également nécessaire de noter que la mise en œuvre requiert une attention particulière concernant la soudure des plots SOPRASOLAR FIX EVO.

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

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

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.

1.2.3.2.4. Assistance technique

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

1.2.3.3. Modules photovoltaïques

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

La grille de vérification à utiliser doit être la version la plus récente se rapportant à cet Avis Technique. La grille porte alors un n° du type 21/Gn/20-71_V1 indiquant qu'il s'agit de la n^{ème} version de la grille. La version la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site de la CCFAT.

Appréciation globale

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

Conformément au dossier établi par le titulaire, cet Avis Technique s'applique uniquement à un emploi avec élément porteur en maçonnerie conforme au DTU 20.12 des types A, B ou C.

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur la nécessité de mettre en œuvre le revêtement d'étanchéité conformément au Document Technique d'Application Sopralène Stick et au Document Technique d'Application des panneaux isolants non porteurs EFIGREEN ALU + en tenant compte des exceptions liées au procédé photovoltaïque SOPRASOLAR FIX EVO TILT béton définies dans le Dossier Technique du demandeur. Dans le cas de la réfection avec conservation de l'existant, l'isolant présent sur la toiture doit être de classe de compressibilité C minimum ou B à 80°C et C à 60°C. Des sondages (cf. DTU 43.5) pour pouvoir apprécier la qualité d'ensemble de l'isolation thermique doivent être réalisés afin de s'assurer de cette disposition. Dans le cas où l'étude ne peut être menée ou que l'étude indique que l'isolant n'est pas de classe de compressibilité C minimum ou B à 80°C et C à 60°C, il conviendra d'effectuer une réfection sans conservation de l'existant.

L'épaisseur de l'isolant EFIGREEN ALU+, lorsque celui-ci est posé en un seul lit dans le cadre du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT béton, est limitée à 100 mm contrairement au DTA 5/16-2611 qui envisage une épaisseur d'isolant de 120mm en un lit.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine la 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 NV 65 modifiées), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur le fait qu'il conviendra d'apporter une attention particulière à la vérification des charges de vent en rive et en angle de toiture.

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 assujetti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de l'Avis Technique publié.

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaire(s) :

Société SOPRASOLAR SAS
202 Quai de Clichy -
FR – 92110 CLICHY
Tél. : 01 46 88 01 80
Email : contact@soprasolar.com
Internet : www.soprasolar.com

2.2. Description

Le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton est un dispositif permettant l'intégration en toitures-terrasses de modules photovoltaïques rigides, en mode portrait, inclinés par rapport au plan de la toiture (pente maximale 10° (17,6%) pour la structure support des modules photovoltaïques) sur un ensemble de plots en polymère, équipés d'un système de rehausses en aluminium, liaisonnés à un revêtement d'étanchéité autoprotégé de la société SOPREMA.

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire sans ajout de lestage ni perforation de la membrane d'étanchéité.

Le procédé intègre :

- Un pare-vapeur conforme au Document Technique d'Application Sopralène Stick de SOPREMA,
- des panneaux isolants non porteurs en polyisocyanurate (PIR) à parement multicouches, de 40 à 100 mm d'épaisseur en un lit ou de 100 à 240 mm d'épaisseur totale en deux lits, conforme au Document Technique d'Application EFIGREEN ALU+ de la société SOPREMA, collés à la COLTACK EVOLUTION ou fixés mécaniquement,
- un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux semi indépendant autoadhésif constitué :
  - d'une première couche SOPRASTICK SI et d'une deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR,
  - ou d'une première couche SOPRASTICK SI4 et d'une deuxième couche ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3,

  conforme au Document Technique d'Application " Sopralène Stick" de la société SOPREMA,
- un système de montage permettant une mise en œuvre de modules photovoltaïques cadrés en toiture-terrasse,
- des modules photovoltaïques cadrés dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de l'Avis Technique publié.

2.3. Domaine d'emploi

- Utilisation en France métropolitaine :
  - pour des altitudes inférieures à 900 m (climat de plaine).
  - au-dessus de locaux de à faible, moyenne, forte ou très forte hygrométrie (selon DTU 43.1 annexe B3) :
    - □ en se référant aux limites éventuelles propres aux éléments porteurs, aux Documents Techniques d'Application de l'isolant EFIGREEN ALU+ collé à la COLTACK EVOLUTION et du revêtement d'étanchéité Sopralène Stick,
    - □ sauf pour le cas où les panneaux isolants EFIGREEN ALU+ sont fixés mécaniquement pour lequel la très forte hygrométrie est exclue.
- Mise en œuvre :
  - 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 conformes au DTU 20.12 des types A, B, C,
    - □ les toitures doivent être conformes aux prescriptions des DTU 43.1 et 43.5 dans le cas de travaux de réfection,
  - sur des bâtiments neufs, avec isolants thermiques non porteurs EFIGREEN ALU+,
  - dans le cas de la rénovation avec conservation de l'existant, il conviendra de mettre en œuvre l'isolant EFIGREEN ALU+ :
    - □ uniquement sur un complexe isolant-étanchéité comportant un isolant non porteur de classe de compressibilité C minimum ou B à 80°C et C à 60°C,
    - □ uniquement par fixation mécanique en se référant au DTA de l'EFIGREEN ALU+. Les attelages de fixation mécanique de l'isolant support ne sont pas autorisés sur les formes de pente en béton lourd ou léger, les voiles précontraints, les voiles minces préfabriqués, les corps creux avec ou sans chape de répartition, les planchers à chauffage intégré, les planchers comportant des distributions électriques noyées et les planchers de type D (DTU 20.12) surmontés ou non d'une dalle de compression adhérente.
  - La toiture d'implantation doit présenter des versants de pente, imposée par la toiture, compris entre 0 et 10% (0° à 5,7°).

- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode portrait (étriers positionnés sur le grand côté du module) et en configuration « EST/OUEST » ou « SUD » (cf Figure 1 à Figure 4)
  - en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (cf paragraphe 2.10.5.2 et Figure 23 / Figure 24),
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques de vent (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas :

	Charge maximale de vent (selon les règles NV65 modifiées)	
Complexe isolant étanchéité	**Normal**	**Extrême**
1 lit d'Efigreen ALU+ (jusqu'à 100mm d'épaisseur)	**950 Pa**	**1 666 Pa**
2 lits d'Efigreen ALU+(de 100 à 240mm d'épaisseur totale)		

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

Type d' isolant	Nbre de lits d'isolant	Épaisseur (mm)	**Charge maximale de neige normale (selon les règles NV65 modifiées)**	
			Pente Toiture = 0% à 3%	Pente Toiture = 10%
EFIGREEN ALU+	1	60	**1 252 Pa**	**1 037 Pa**
	1 ou 2	100		
	2	120		
	2	200	**699 Pa**	
	2	240	**565 Pa**	

- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

2.4. Éléments constitutifs

2.4.1. Généralités

Le procédé photovoltaïque "SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton" (cf Figure 1) est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture-terrasse avec un complexe isolant-étanchéité composé d'un isolant EFIGREEN ALU+ et d'un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux semi indépendant autoadhésif constitué de l'un des systèmes bicouches suivant :

- première couche SOPRASTICK SI + deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR,
- première couche SOPRASTICK SI4 + deuxième couche ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3.

Ces complexes sont conformes au Document Technique d'Application Sopralène Stick de la société SOPREMA.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société SOPRASOLAR SAS et sont décrits dans le Tableau 2.

2.4.2. Modules photovoltaïques

Cet Avis Technique est assujetti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de l'Avis Technique publié.

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 (cf § 1.2.3.3).

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

2.4.2.1. Caractéristiques dimensionnelles

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

- Longueur comprise entre 1 675 et 1 690 mm,
- Largeur comprise entre 997 et 1 046 mm,
- Hauteur du cadre compris entre 38 et 42 mm,

- Masse spécifique comprise entre 11,0 et 12,3 kg/m².

2.4.2.2. Face arrière

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

2.4.2.3. Cellules photovoltaïques

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

2.4.2.4. Intercalaire encapsulant

Référence faisant partie de la BOM des modules validés.

2.4.2.5. Vitrage

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

2.4.2.6. Constituants électriques

2.4.2.6.1. Boîte de connexion

Une boîte de connexion est collée en sous-face du module.

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 : IP67 minimum,
- Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités et avec la terre,
- Certificat de conformité valide à la norme IEC 62790:2014.
- La référence fait partie de la BOM des modules validés.

2.4.2.6.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques de 1 000 mm minimum chacun dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés.

Ces câbles ont les spécifications minimales suivantes :

- Tension assignée : 1 000 V,
- Certificat de conformité valide à la norme EN 50618:2014.
- 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)*.

2.4.2.6.3. 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 67 minimum,
- Tension assignée de 1 000 V,
- 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.

2.4.2.7. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium de série 6060, anodisé d'épaisseur ≥ 10 µm.

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 minimale du cadre sur le laminé est de 4,3 mm minimum.

2.4.3. Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société SOPRASOLAR SAS et sont fournis par la société SOPRASOLAR SAS.

2.4.3.1. Plot SOPRASOLAR FIX EVO (Tableau 5)

Le plot SOPRASOLAR FIX EVO qui permet de liaisonner les modules à l'étanchéité est constituée des éléments suivants :

- Plastron SOPRASOLAR (bitume SEBS avec armature polyester non-tissé)

De dimensions 300×300 mm, ce plastron est découpé dans une membrane de bitume SOPRALENE FLAM 250 PLASTRON SOPRASOLAR de SOPREMA d'épaisseur minimale 4,7 mm sur paillettes, constituée d'une armature en polyester non-tissé de 250 g/m² et d'un mélange de bitume polymère thermoplastique SEBS dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-après :

Caractéristiques	**Valeur spécifiée à l'état initial**	**Valeur spécifiée après 6 mois à +70°C**
Ramollissement TBA (avec anneau à épaulement)	≥ 110°C	≥ 110°C
Pénétrabilité à +25°C (indicatif)	20 à 40 1/10mm	
Température limite de pliage à froid	≤ -10°C	≤ 0°

Le plastron est autoprotégé par paillettes d'ardoise noire. La face inférieure du plastron comporte un film thermofusible pour pouvoir être soudé sur le revêtement d'étanchéité après que ce dernier a été préalablement préparé.

- Embase (polyamide 6 chargé à 30% fibre de verre)

  De 250 mm de côté, de hauteur 46mm et d'épaisseur 2,5 mm, renforcée par 20 nervures principales et 4 nervures intermédiaires, l'embase comporte 4 orifices de diamètre 8mm pour la fixation au plastron SOPRASOLAR par des vis M6 × 20 TX30 en acier inox A2, des rondelles de diamètre extérieur 24 mm en acier inox A2, des rondelles GROWER M6 en inox A2, des rondelles 40 × 6 × 1,2 en acier galvanisé et d'écrous borgnes frein M6 en acier inox A2.

  Dans les zones proches du littoral (< à 3km des côtes) une visserie en inox A4 est utilisée.

  L'embase permet de liaisonner la tête du plot et le plastron SOPRASOLAR tout en permettant d'ajuster un réglage en hauteur de la tête du plot par 18 rotations de 180° de la tête pour un débattement total maximum de 42mm.

- Tête (polyamide 6 chargé à 30% fibre de verre)

  De hauteur totale 116 mm, elle comprend une partie inférieure cylindrique de diamètre 73 mm et une partie supérieure en forme de rail de longueur 120 mm et de largeur 46 mm pouvant accueillir les fixations de maintien du module photovoltaïque (étrier intermédiaire ou final – cf § 2.4.3.3) et présentant 2 ailettes latérales pour fixer les câbles électriques.

  La tête peut être vissée et dévissée dans l'embase afin de régler la hauteur totale du plot par pas de 2,5mm. Une butée de fin de course permet de ne pas désolidariser la tête de l'embase lors du dévissage sur chantier.

2.4.3.2. Rehausse 45, Rehausse 200, Bloqueur de rehausse (cf. Tableau 6, Figure 8, Figure 9, Figure 10)

Les rehausses 45, rehausses 200 et bloqueurs de rehausse, en aluminium EN AW-6060 T6 brut (ou anodisé à 20 µm pour les zones à moins de 3km des côtes – cf. Tableau 1), sont mis en forme par procédé de filage d'aluminium à travers une filière à l'aide de presse d'extrusion.

Ces pièces sont mises en œuvre par coulissement sur la tête des plots SOPRASOLAR FIX EVO avant la mise en œuvre des modules photovoltaïques et permettent de soutenir ces derniers en orientation portrait avec une inclinaison par rapport au plan de la toiture (10 degrés au maximum).

2.4.3.3. Etriers (cf. Figure 5, Figure 6, Figure 7)

Ces pièces en aluminium EN AW-6063 T6 permettent de fixer les modules photovoltaïques aux rehausses 45 et 200. L'étrier intermédiaire ou final est mis en œuvre en fonction de sa position sur l'installation :

- Étrier intermédiaire

  Ce type d'étrier est mis en œuvre entre deux modules photovoltaïques adjacents et permet l'obtention d'un espacement entre modules photovoltaïques de 19 mm. De section en forme de U, ils sont d'épaisseur 2 mm et comportent un perçage de diamètre 8 mm sur leur fond.

  Chaque étrier est fourni préassemblé avec une vis CHC M8 × 20 en acier inox A2 associée à un écrou prisonnier en acier inoxydable A2.

  Dimensions hors-tout (L×l×H) : 65 × 34 × 54 mm.

- Étrier final

  Ce type d'étrier est mis en œuvre en extrémité de sous-ensemble de modules photovoltaïques.

  Ils sont d'épaisseur 2 mm et comportent un perçage de diamètre 8 mm sur leur fond.

  Chaque étrier est fourni préassemblé avec une vis CHC M8 × 20 en acier inox A2 associée à un écrou prisonnier en acier inoxydable A2.

  Dimensions hors-tout (L×l×H) : 65 × 34 × 54 mm

- Étrier universel

  Ce type d'étrier est mis en œuvre indifféremment de sa position dans le sous-ensemble de module photovoltaïque. Il sert à la fois à fixer deux modules adjacents et également les derniers modules de la rangée.

  Chaque étrier est fourni préassemblé avec une vis CHC M8 × 30 en acier inox A2 associée à une pièce en aluminium 6106 T6 (appelée « Lardon ») qui coulisse dans la rehausse et assure le serrage du cadre du module.

  Dimensions hors-tout (L×l×H) : 60 × 35,4 × 64 mm

Tous les étriers et vis sont respectivement disponibles en aluminium avec anodisation 20 µm et acier inoxydable A4 pour les installations situées à une distance inférieure à 3km des côtes (cf. Tableau 1).

2.5. Autres éléments

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

Le pare-vapeur, le revêtement d'étanchéité Soprastick SI, Soprastick SI4, Sopralène FLAM 180 AR, ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3 ainsi que l'isolant EFIGREEN ALU+ et la colle COLTACK EVOLUTION sont directement fournis par la société SOPREMA.

Les éléments suivants, non fournis, sont toutefois indispensables (hormis la Terragrif, cf. § 2.5.4 et 2.5.7) à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé :

2.5.1. Pare vapeur

Le choix du pare-vapeur de la société SOPREMA et son principe de mise en œuvre se fait conformément au Tableau 3.

2.5.2. Isolant EFIGREEN ALU+

L'isolant polyisocyanurate (PIR) de la société SOPREMA à parement multicouche EFIGREEN ALU+ mis en œuvre conformément à son DTA est utilisé avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT-béton.

2.5.2.1. Colle pour mise œuvre de l'isolant (collage à froid)

Les panneaux d'isolant EFIGREEN ALU + mis en œuvre par collage à froid seront collés à la colle COLTACK EVOLUTION de SOPREMA. La quantité de colle à utiliser doit être conforme aux préconisations du DTA EFIGREEN ALU+ à savoir un grammage de 400 g/m² (collage renforcé).

Il conviendra de se référer aux DTA du Sopralène Stick et de l'EFIGREEN ALU+ pour la valeur de dépression maximale admissible du complexe isolant-étanchéité lorsque celui-ci est mis en œuvre sans être associé au procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton.

2.5.2.2. Fixation mécanique de l'isolant

Les attelages sont conformes au DTU 43.1 et doivent présenter une valeur minimale à l'arrachement de 190 daN pour le Pk de la fiche technique du fabricant en travaux neuf ou pour le Pk réel déterminé par campagne de mesure in-situ selon le Cahier 3564 du CSTB en travaux de réfection.

Les panneaux isolants ne peuvent pas être fixés mécaniquement, sur les formes de pente en béton lourd ou léger, les voiles précontraints, les voiles minces préfabriqués, les corps creux avec ou sans chape de répartition, les planchers à chauffage intégré, les planchers comportant des distributions électriques.

En travaux de réfection, les attelages de fixation mécanique sont solides au pas si la compression à 10 % de déformation du support isolant existant (norme NF EN 826) est inférieure à 100 kPa, ou si elle n'est pas connue.

Le terme « solide au pas » s'applique à un attelage composé d'un élément de liaison et d'une plaquette de répartition servant à assurer la fixation mécanique d'un isolant ou d'un revêtement d'étanchéité sur un support. Cet attelage est muni d'un dispositif permettant d'éviter, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison (par exemple : vis) de la partie supérieure de la plaquette de répartition. Les attelages conformes à la norme NF P 30-317 répondent à cette condition.

2.5.3. Revêtement d'étanchéité

Le revêtement bitumineux SBS semi indépendant autoadhésif de la société SOPREMA, constitué :

- d'une première couche SOPRASTICK SI et d'une deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR,
- ou d'une première couche SOPRASTICK SI4 et d'une deuxième couche ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3,

mis en œuvre conformément au DTA du revêtement Sopralène Stick est utilisé avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT béton.

2.5.4. Câbles et connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Les câbles de mise à la terre doivent présenter des sections adaptées à leur fonction (interconnexion des cadres des modules et des rehausses ou liaison à la prise de terre du bâtiment) et dans tous les cas des caractéristiques conformes au guide NF C 15-712.

Ces câbles pourront être connectés soit :

- à l'aide de connecteurs par l'intermédiaires de cosses à œil en cuivre avec rondelles bimétal et de vis autoperceuses en acier inox A2 sur les rehausses 200 ainsi que d'un système vis-écrou en acier inox A2 sur le cadre des modules photovoltaïques, interconnectés ensuite via un raccord à serrage, à sertir ou à griffes à la liaison générale de 16 mm².
- à l'aide d'une agrafe Terragrif positionnée sur la partie supérieure de la rehausse 200 (cf § 2.5.7 et Figure 14).

2.5.5. Chemin de câbles

Les câbles ne doivent pas reposer sur le revêtement d'étanchéité mais être installés dans un chemin de câbles spécifique.

Des chemins de câbles, définis par l'électricien, en fils d'acier inoxydable soudés (type CABLOFIL par exemple) adaptés au climat concerné ou en plastique/polymère résistant aux UV peuvent être utilisés. Le type de chemin de câbles ainsi que ses dimensions dépendent du nombre de câbles à acheminer. Les dimensions sont déterminées par l'électricien spécialisé. Il est nécessaire de prévoir un couvercle pour le chemin de câbles.

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

Ces supports de chemin de câbles sont :

- des supports métalliques liaisonnés sur l'étanchéité : omégas en tôles d'acier inox AISI 304 pliées de dimensions 50 mm x 50 mm x 50 mm x 150 mm et d'épaisseur 1,2 mm (cf Figure 11). Ces supports sont liaisonnés sur leurs deux côtés sur l'étanchéité à l'aide de bandes de feuilles bitumineuses soudées. La mise en place de ces supports doit être faite par l'étancheur. Les supports sont espacés de 1,5 m.
- des dallettes en béton : les platines d'appuis du chemin de câbles sont fixées sur des dalles en béton de dimensions 30 cm × 30 cm × 3 cm minimum. Il convient de poser les dalles de béton sur un écran de protection (non-tissé polyester, 170 g/m²) afin de ne pas endommager le revêtement d'étanchéité. Ce système de dallettes peut être mis en œuvre par l'électricien qualifié pour la pose des installations photovoltaïques, pour des toitures de pente inférieure ou égale à 5%.
- Les plots SOPRASOLAR FIX EVO permettent également de réaliser un support au chemin de câble. La fixation du chemin de câble sur le plot se fait grâce à l'écrou cage logé dans la tête de celui-ci et par une vis en acier inoxydable qui vient réaliser la liaison. Les plots devront être espacés de 1.5 m (cf Figure 11).
- Tout autre support (non visé par l'Avis) devant résister aux intempéries et être placé selon un espacement qui dépend de la portance du chemin de câbles utilisé et de leur aptitude en résistance au vent. Cette distance entre supports doit être précisée par l'électricien qualifié pour la pose des installations photovoltaïques, ou à défaut tous les 1,5 mètres.

2.5.6. Crosse de passage de câble (cf. Figure 12)

Les traversées de câbles vers l'intérieur du bâtiment doivent être réalisées avec des crosses conformes aux préconisations du DTU 43.1 de diamètre à choisir en fonction du diamètre et du nombre de câbles à acheminer vers l'intérieur du bâtiment.

2.5.7. Terragrif

L'agrafe Terragrif est un dispositif de mise à la terre des rehausses et des modules sans perçage ni utilisation de système vis-écrou.

Les performances de mise à la terre de l'agrafe Terragrif ont été testées par le LCIE (cf rapport N°161353-736671).

Dimensions hors-tout (L×l×H) : 52 × 0,5 × 39,5 mm.

2.6. Conditionnement, étiquetage, stockage

2.6.1. 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.

2.6.2. Ensemble "support"

La quantité exacte de chacun des éléments du système de montage sont déterminés lors de l'élaboration du plan de calepinage par SOPRASOLAR :

- Plots :

  Les plots SOPRASOLAR FIX EVO du système de montage sont conditionnés par 20 maximum en carton et livrés par palettes de 4 ou 8 cartons.

  Lors de la livraison, chaque carton de plots comporte une étiquette indiquant le nombre de plots contenus dans le carton ainsi que la date de fabrication de ces derniers. Le stockage sur chantier s'effectue sur une surface plane.
- Étriers :

  Les étriers finaux, intermédiaires ou universels sont prélevés en centre logistique avancé et conditionnés en carton avec bordereau de livraison et bon de préparation faisant apparaître les quantités, les désignations et références de chaque pièce contenue dans le colis.
- Rehausses et bloqueurs de réhausses :

  Les rehausses et bloqueurs de réhausses sont prélevés en centre logistique avancé et conditionnés en carton avec bordereau de livraison et bon de préparation faisant apparaître les quantités, les désignations et références de chaque pièce contenue dans le colis.

  Le stockage sur chantier s'effectue sur une surface plane.

2.7. Caractéristiques dimensionnelles

Les caractéristiques dimensionnelles des modules sont données dans la grille de vérification des modules.

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	Orientation SUD modules en portrait	Orientation EST/OUEST modules en portrait
Calcul de la dimension du champ photovoltaïque (cm) dans le sens de la longueur des modules photovoltaïques	L x Nb + (Nb-1) x 39,5	L x Nb + (Nb-1) x 1,9
Calcul de la dimension du champ photovoltaïque (cm) dans le sens de la largeur des modules photovoltaïques	l x Nb + (Nb-1) x 1,9	l x Nb + (Nb-1) x 1,9
Dimension limite du champ photovoltaïque (1)	Le nombre maximum de module (dans le sens du côté où se trouve les plots) est 30.	
Poids au m² de l'installation hors étanchéité (kg/m²)	12,4	13,1

Avec :

Nb : le nombre de modules photovoltaïques,

L : longueur du module photovoltaïque,

l : largeur du module photovoltaïque,

(1) Cette limite est purement mécanique (précision de pose du plot), Il conviendra de prendre en compte également les contraintes de raccordement électrique et réglementaire.

2.8. Caractéristiques électriques

2.8.1. Conformité à la norme NF EN 61215

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

2.8.2. Sécurité électrique

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

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

2.9. Fabrication et contrôles

2.9.1. 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.

2.9.2. Composants de la structure support

- Les parties en polyamide 6 chargé 30% fibre de verre des plots SOPRASOLAR FIX EVO (embase + tête) sont réalisées par injection plastique sur des presses à injecter selon les plans de la société SOPRASOLAR SAS par l'entreprise ALLAINE S.A à Miribel en France. La partie polymère est assemblée avec le plastron SOPRASOLAR sur le même site, en ligne, à l'aide d'un procédé industriel semi-automatisé.

  Lors de la fabrication, des contrôles :

  - de conformité matière sont réalisés à chaque réception de lot (certificat de conformité fournisseur),
  - dimensionnels, fonctionnels, visuels sont effectués en début de poste et toutes les 2 heures (140 pièces),
  - de résistance mécanique en traction (vitesse de traction de 250 mm/min et température d'essai 23°C) sont réalisés sur 12 échantillons de chaque lot fabriqué dont 6 sont prélevés en début de production et 6 en fin de production. Les essais sont réalisés par un laboratoire indépendant et accrédité par tierce partie et les résultats sont consignés chez le fournisseur et chez SOPRASOLAR. La valeur minimale de résistance en traction à neuf est Pk_{plot} traction VLF neuf = 450 daN.
  - de conditionnement à chaque palette.

  Pour le suivi de traçabilité :

  - un dateur indiquant année et mois de fabrication est présent sur l'embase et la tête du plot,
  - le carton comporte une étiquette indiquant la référence et la dénomination du plot ainsi que la date de conditionnement et le numéro d'équipe ayant fabriqué les plots.
- Les étriers finaux et intermédiaires sont réalisés sont réalisés par extrusion d'aluminium selon les plans de la société IPS-Tec GmbH par l'entreprise IPS-Tec GmbH certifiée ISO 9001 : 2008 à Neukirchen.
- Les étriers universels sont fabriqués par la société STIB certifiée ISO 9001 à Neuville sur Ain.

  Lors de la fabrication des contrôles dimensionnels (longueur des étriers, position et diamètre des trous de passage des vis) sont effectués sur un prélèvement aléatoire de pièce dont la quantité varie en fonction de la taille des lots de production.

- Les rehausses 45, rehausses 200, bloqueurs de rehausse sont fabriquées par la société HYDRO à Le Garric certifiée ISO 9001-2008 exclusivement pour SOPRASOLAR SAS par procédé de filage d'aluminium à travers une filière à l'aide de presse d'extrusion.

  Lors de la fabrication des contrôles matière première à réception, dimensionnels, mécanique (dureté) et visuels sont effectués conformément au plan d'assurance qualité de HYDRO.
- L'agrafe Terragrif est fabriquée par la société Mobasolar dans leurs usines de Saint Etienne et Villers-Cotterêts.

2.10. Mise en œuvre

2.10.1. Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et de câblage des modules photovoltaïques entre eux, des plans d'exécution (calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO, des réhausses 45 et 200 ainsi que des modules photovoltaïques) fournis par le bureau d'études de SOPRASOLAR SAS.

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

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

Préalablement à chaque projet, une reconnaissance de la structure du bâtiment et de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier que les charges admissibles sur celle-ci ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé. Il est utile de signaler que le procédé induit des sollicitations ponctuelles différentes des charges réparties subies par la toiture.

Les éléments porteurs et supports doivent être propres et secs, conformément aux prescriptions des DTU ou Avis Techniques correspondants.

2.10.2. Compétences des installateurs

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

Les compétences requises sont de 2 types :

- Compétences en étanchéité : pour la mise en œuvre du complexe isolant/étanchéité et du système de montage support des modules photovoltaïques.
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou habilitation pour la réalisation d'installations photovoltaïques : habilitation électrique selon la norme NF C 18-510, habilitation "BP" pour le raccordement des modules, habilitations "BR" requises pour le raccordement des modules et le branchement aux onduleurs.

2.10.3. Sécurité des intervenants

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

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

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

2.10.4. Spécifications électriques

2.10.4.1. Généralités

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

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

Le nombre maximum de modules pouvant être raccordés en série est limité par la tension DC maximum d'entrée de l'onduleur tandis que le nombre maximum de modules ou de séries de modules pouvant être raccordés en parallèle est limité par le courant DC maximum d'entrée de l'onduleur. La tension maximum du champ photovoltaïque est aussi limitée par une tension de sécurité de 1000 V *(liée à la classe II de sécurité électrique)*.

2.10.4.2. Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 13.

La connexion et le passage des câbles électriques s'effectuent sous le système de montage des modules photovoltaïques en étant fixés (à l'aide de Rilsan sur les plots - cf Figure 15), au cadre des modules photovoltaïques…) ou dans des chemins de câbles capotés prévus à cet effet : ils ne sont donc jamais exposés au rayonnement solaire et ne doivent pas reposer directement sur le revêtement d'étanchéité.

- Liaison intermodules et module/onduleur

  La connexion des modules photovoltaïques se fait au fur et à mesure de la pose des modules avant leur fixation aux plots SOPRASOLAR FIX EVO.

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

être éventuellement nécessaire de confectionner, grâce à des sertisseuses spécifiques, des rallonges disposant de deux connecteurs de type différents.

Pour la connexion d'une colonne de modules photovoltaïques à une autre, le passage des câbles se fera en passant dans le chemin de câbles avec capot. Aucun câble ne devra reposer directement sur le revêtement d'étanchéité.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

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

  - Les masses métalliques des cadres des modules par l'intermédiaire de cosses de masse à œil en cuivre, rondelles bimétal et d'un ensemble vis-boulon-rondelle ou par l'intermédiaire de l'agrafe Terragriff,
  - Les masses métalliques du système de montage par l'intermédiaire de cosses de masse à œil en cuivre, rondelles bimétal et d'une vis autoforeuse en acier inox A2 ou par l'intermédiaire de l'agrafe Terragriff.

  Le tout est relié au câble principal par l'intermédiaire d'un raccord à serrage ou à sertir (type Griffequip ou cosse C).

  Pour la mise à la terre des modules photovoltaïques par l'intermédiaire de cosses, rondelles et vis, il est impératif de ne pas percer les modules et de toujours utiliser les trous de fixation prévus par le fabricant.

- 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 crosses de passage de câbles conformément au DTU 43.1 (cf § 2.5.6),
  - via une descente en façade dans une gaine technique ou un chemin de câbles.

Si les câbles doivent cheminer hors du champ photovoltaïque, ils devront être regroupés dans des chemins résistant aux UV et aux intempéries et seront installés conformément à la description énoncée aux chapitres 2.5.5, aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, aux guides UTE C 15-712 (limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distincts…). La distance entre chacun de ces supports 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. Les câbles des modules et de liaison équipotentielle des masses ne doivent pas reposer sur le revêtement d'étanchéité. Les chemins de câbles doivent permettre leur mise à la terre, la ventilation des câbles et l'évacuation de l'eau en évitant la rétention d'eau.

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

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

Le micro-onduleur est fixé sur une plaque en alliage d'aluminium d'épaisseur minimum 1,5 mm, celle-ci est ensuite fixée sur la réhausse 200 mm avec des vis autoperceuses de diamètre 6,3 mm (type Perfix INOX d'ETANCO) de Pk ≥ 265 daN selon la norme NF P 30-310.

2.10.5. Mise en œuvre en toiture

2.10.5.1. Conditions préalables à la pose

Les éléments porteurs doivent être conformes aux prescriptions du DTU 20.12 ou des Avis Techniques. Il est utile de signaler que le procédé induit des charges ponctuelles différentes des charges réparties subies par la toiture jusqu'à la mise en œuvre du procédé.

Dans le cas particulier de la rénovation avec conservation de l'existant :

- Il appartient au Maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions du DTU 43.5 vis à vis des risques d'accumulation d'eau.
- Les supports destinés à recevoir les revêtements d'étanchéité doivent être stables et plans, présenter une surface propre, libre de tout corps étrangers et sans souillure d'huile, plâtre, hydrocarbures, etc.
- Les supports sont d'anciennes étanchéités conformes au Tableau 4.
- Les critères de conservation et de préparation de ces anciennes étanchéités pour leur réemploi comme support ou comme écran vapeur sont définis dans le DTU 43.5.
- Les critères de conservation et de préparation des autres éléments de la toiture tels que l'élément porteur et pare-vapeur, respectent également ces règles.
- Dans le cas d'un ancien revêtement en feuilles sous protection rapportée meuble, la réfection sur ancien revêtement conservé devra impérativement prévoir l'évacuation de la protection rapportée.
- L'isolant à conserver présent sur la toiture doit être de classe de compressibilité C au moins et pour les isolants en PSE être de classe C à 60°C. Des sondages (cf. DTU 43.5) pour pouvoir apprécier la qualité d'ensemble de l'isolation thermique doivent être réalisés afin de s'assurer de cette disposition. Dans le cas où l'étude ne peut être menée ou que l'étude indique que l'isolant n'est pas de classe de compressibilité C minimum (ou C à 60°C pour le PSE), il conviendra d'effectuer une réfection sans conservation de l'existant.
- En rénovation, l'isolant EFIGREEN ALU+ doit être fixé systématiquement mécaniquement conformément à son Document Technique d'application. Il convient de vérifier le Pk réel de l'attelage de fixation mécanique par campagne de mesure in situ menée selon le Cahier 3563 du CSTB afin de pouvoir déterminer la densité de fixation à mettre en œuvre par panneaux isolants conformément à le DTU 43.1.

2.10.5.2. Calepinage et préparation de la toiture

Le calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO avec les rehausses 45 et 200 et des modules photovoltaïques est nécessaire et doit impérativement respecter une distance de 1 m minimum autour du champ et la périphérie de toiture. Les DPM peuvent définir les périphéries de toitures comme chemins de circulation. Dans ce cas, le Maître d'ouvrage veillera à ce que l'acrotère éventuel ait une fonction garde-corps ou à installer un garde-corps conforme à la réglementation, en rive et autour des ouvrages présentant des risques de chute.

Indépendamment des zones comportant des ombres portées, les modules photovoltaïques ne peuvent pas être mis en œuvre aux endroits suivants :

- dans une zone de 1 m minimum en périphérie de toitures,
- dans une zone de 0,5 m minimum en périphérie d'équipements (VMC par exemple), pénétrations et ouvrages émergents tels que lanterneaux, coupoles, cheminées, joints de dilatation en laissant un accès de largeur minimale de 0,5 m pour y accéder,
- au niveau des noues sur au moins 40 cm de part et d'autre du fil d'eau, ainsi que le pourtour des évacuations d'eaux pluviales sur une emprise globale de 40 cm,
- sur 25 cm de part et d'autre de zones à rupture de pente (arête faîtière par exemple),
- au-dessus d'un joint de dilatation.

Dans la mesure où il est interdit de circuler et de marcher directement sur les modules photovoltaïques, afin de faciliter l'entretien sur et sous les modules photovoltaïques sur les toitures à faible(s) pente(s), il est prévu d'inclure sur la toiture des chemins de circulation autour des zones de modules photovoltaïques (voir aussi Figure 23 et Figure 24).

2.10.5.3. Mise en place du complexe isolant-étanchéité

Mise en place du pare-vapeur

- 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, une ÉQUERRE DE RENFORT SOPRALÈNE, avec talon de 6 cm au minimum et aile verticale dépassant de 6 cm au minimum du nu supérieur de l'isolant de partie courante, est soudée horizontalement sur le pare-vapeur et sur le support vertical du relevé. Lorsque le relevé est réalisé selon le procédé FLASHING, l'équerre préalable est réalisée en résine bitume polyuréthanne ALSAN FLASHING.

- Cas de travaux de réfection avec conservation de l'existant

  Les critères de conservation et de préparation des anciennes étanchéités pour leur réemploi comme support du nouvel isolant EFIGREEN ALU+ et comme pare-vapeur sont définis dans le DTU 43.5 et au § 2.10.5.1 et au Tableau 4.

Mise en place de l'isolant EFIGREEN ALU+

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux dispositions des Documents Techniques d'Application EFIGREEN ALU+ et SOPRALENE STICK :

- En travaux neufs ou réfection avec évacuation de l'existant uniquement : par collage à froid à la COLTACK EVOLUTION :

  Les panneaux isolants sont posés en quinconce et jointifs. Les panneaux collés sont posés en un lit d'épaisseur 40 à 100 mm ou en deux lits pour une épaisseur totale maximale de 240 mm, avec une butée en bas de pente. Les panneaux isolants sont collés par bandes de 2 cm de largeur à raison de 3 bandes par mètre, soit un cordon tous les 33 cm (consommation de 400 g/m^2).

  Il y a minimum 2 cordons par panneau d'isolant.

- En travaux neufs ou en réfection (obligatoire) : par fixations mécaniques dans les cas prévus au Tableau 4 à l'exclusion des locaux à très forte hygrométrie :

  Les panneaux isolants sont posés en quinconce et jointifs. Les panneaux fixés mécaniquement sont posés en un lit d'épaisseur 40 à 100 mm ou en deux lits pour épaisseur totale maximale de 240 mm. Les attelages sont conformes aux DTU 43.1 et 43.5 et au § 2.5.2.2.

  Les attelages de fixation mécanique sont solides au pas si la compression à 10 % de déformation du support isolant existant (norme NF EN 826) est inférieure à 100 kPa, ou si elle n'est pas connue (voir § 2.5.2.2).

  En travaux de réfection, la vérification du Pk réel des fixations par campagne de mesures in situ est réalisée selon le Cahier du CSTB 3564. La densité de fixation est définie dans le DTA EFIGREEN ALU+.

Mise en place du revêtement d'étanchéité

La mise en œuvre doit être réalisée conformément à la description du DTA Sopralène Stick avec mise en œuvre d'une deuxième couche composée exclusivement d'un revêtement apparent SOPRALENE FLAM 180 AR ou ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3 selon que la première couche est respectivement SOPRASTICK SI ou SOPRASTICK SI4.

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 froid. La première couche SOPRASTICK SI ou SOPRASTICK SI4 se met en œuvre à des températures ≥ 5 °C. Par temps froid, l'adhésivité est réactivée par soudure à l'avancement de la deuxième couche.

- Pose de la première couche SOPRASTICK SI ou SOPRASTICK SI4

  La première couche SOPRASTICK est rendue semi-indépendante du support par collage. La feuille est déroulée, en retirant la protection siliconée. Les recouvrements longitudinaux de 6 cm sont autocollés et les revêtements longitudinaux de 10 cm sont soudés.

- Pose de la deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR ou ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3

  La deuxième couche autoprotégée est soudée en plein sur la première couche SOPRASTICK SI ou SOPRASTICK SI4, à joints décalés, ou croisés. Les recouvrements longitudinaux sont de 6 cm soudés et les recouvrements transversaux de 10 cm soudés.

- Mise hors d'eau en fin de journée et en cas d'intempéries

En fin de journée ou en cas d'intempéries, l'ouvrage en cours de réalisation doit être mis hors d'eau, c'est à dire à l'abri de tout risque de pénétration d'eau sous les couches déjà réalisées. À cet effet notamment :

- Les panneaux isolants sont recouverts par au moins la première couche du revêtement. La fermeture des joints de recouvrements longitudinaux du SOPRASTICK SI doit être contrôlée, notamment par temps froid ; à défaut, la seconde couche doit être mise en œuvre à l'avancement.
- Les équerres de renfort de relevé en feuilles bitumineuses sont soudées le long de toutes les émergences, sur la première couche et sur le relief préalablement préparé.
- Dans le cas de relevés avec le procédé FLASHING, l'équerre de renfort par VOILE FLASHING est collée par la résine ALSAN FLASHING le long de toutes les émergences, sur la première couche préparée (film thermofusible éliminé) et sur le relief.
- Par ailleurs, la seconde couche d'étanchéité bitumineuse, au droit de l'entoilage FLASHING est collée à l'aide de la résine ALSAN FLASHING (environ 500 g/m^2). Le relevé d'étanchéité en procédé FLASHING (900 g/m^2 + 700 g/m^2) est ensuite mis en œuvre, sur cette deuxième couche bitumineuse, avec un talon supérieur ou égal à 0,15 m.

Il convient de veiller à ce que l'eau ait toujours la possibilité de s'évacuer sans accumulation.

- Relevés d'étanchéité

Les relevés en feuilles bitume ou avec le procédé Flashing sont réalisés conformément au DTA Sopralène Stick.

2.10.5.4. Mise en place du système de montage

Pose du plot SOPRASOLAR FIX EVO sur la membrane d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR ou ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3

- Traçage

Les membranes d'étanchéité SOPREMA sur lesquelles seront mis en œuvre les plots SOPRASOLAR FIX EVO présentent une surface ardoisée résistante aux UV.

L'emplacement des plots doit être repéré par traçage au cordeau sur le revêtement d'étanchéité conformément aux informations fournies sur le plan d'exécution - calepinage des plots du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT établi par SOPRASOLAR (cf. Figure 16 et Figure 17).

Le quadrillage obtenu lors de ce tracé sur la zone du champ photovoltaïque permet de positionner les plots : l'emplacement du centre de chaque plot est matérialisé par l'intersection des lignes tracées (cf Figure 18).

Les entraxes entre les plots SOPRASOLAR FIX EVO et la densité en plots SOPRASOLAR FIX EVO sous chaque module sont définis sur les Figure 2 à Figure 4.

- Soudage du plastron des plots

Sur un revêtement avec une finition ardoisée, une fois les emplacements du pourtour des plastrons des plots repérés à l'aide d'une spatule, il est impératif de préparer l'adhésion des plastrons au revêtement d'étanchéité.

La surface ardoisée du revêtement d'étanchéité est noircie localement à l'intérieure des zones définies par le pourtour des plastrons repérés préalablement. Le noircissement du revêtement d'étanchéité est effectué à la flamme de chalumeau avec l'aide d'une spatule pour noyer les paillettes d'ardoises dans le revêtement d'étanchéité avec finition ardoisée.

Le plastron de chaque plot doit alors être soudé en plein sur les zones noircies et chauffées au chalumeau.

La Figure 18 illustre la procédure.

Mise en œuvre des rehausses et bloqueurs de rehausse (cf Figure 19)

- Le plan de calepinage établi par SOPRASOLAR définit la position des plots SOPRASOLAR FIX EVO devant recevoir une rehausse 45 ou rehausse 200. Sur la base de ce plan, elles sont mises en place par coulissement dans la tête du plot en forme de rail.
- Le bloqueur de rehausse est ensuite mis en place sur chaque plot afin d'éviter que les rehausses ne puissent sortir du plot.

Mise en œuvre des modules photovoltaïques

Le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT béton permet l'utilisation de modules photovoltaïques rigides dans le respect des préconisations fournies par le fabricant de chaque module photovoltaïque concerné.

La mise en œuvre se fait conformément :

- à la notice de pose SOPRASOLAR,
- aux plans de calepinage fournis par SOPRASOLAR.

Suite à la mise en place des plots SOPRASOLAR FIX EVO, des rehausses 45, des rehausses 200 et des bloqueurs de rehausse, 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 positionnés sur les plots SOPRASOLAR FIX EVO équipés de rehausse 45 ou rehausse 200 et de bloqueur de rehausse en respectant les portes à faux définis sur les Figure 2 à Figure 4. Suivant ces schémas, le jeu entre rangées de modules photovoltaïques sera de 19 mm au minimum.

Au besoin, les plots SOPRASOLAR FIX EVO sont réglés en hauteur en les dévissant de manière à ce que les modules reposent bien à plat sur les 2 parties inclinées des rehausses 45 et 200 : au serrage des étriers, les modules ne doivent pas être vrillés ou gauchis.

La connexion des modules photovoltaïques se fait conformément au chapitre 2.10.4 au fur et à mesure de la pose des modules photovoltaïques avant leur fixation sur les rehausses 45 et 200 équipant les plots SOPRASOLAR FIX EVO.

Les modules photovoltaïques sont fixés sur les rehausses 45 et 200 par l'intermédiaire d'étriers (voir § 2.4.3.3) :

- finaux dans le cas de fixation des modules en extrémités de rangées de modules photovoltaïques
- intermédiaires dans le cas où ils sont mis en œuvre entre 2 modules photovoltaïques
- universels

Les étriers se glissent dans la partie en forme de rail des rehausses 45 ou 200 (Figure 20). Ils doivent être serrés sur les rehausses 45 ou 200 et les modules photovoltaïques avec un couple de serrage égal à 14 ± 2 N.m (Figure 21).

La mise à la terre des réhausses et du module nécessite par exemple la pose d'une agrafe Terragrif sur la réhausse. L'agrafe Terragrif se clipse sur la réhausse autour de l'étrier (avant le positionnement du module). Le câble de terre sera ensuite positionné dans l'agrafe Terragrif. C'est le serrage de l'étrier qui va réaliser le contact électrique entre les réhausses, le module et le cadre du module. La Figure 14 décrit la mise en œuvre.

Les câbles électriques des modules photovoltaïques ou des rallonges seront fixés à l'aide de collier de serrage type Rilsan traités UV sur les plots SOPRASOLAR FIX EVO (voir Figure 15) et/ou sur les modules photovoltaïques à l'aide de clip se fixant sur le retour du cadre aluminium des modules (voir Figure 22) afin que ni les câbles, ni aucun connecteur ne reposent directement sur le revêtement d'étanchéité, notamment pour que les câbles électriques ne reposent pas dans le plan ou les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

IMPORTANT : IL EST INTERDIT DE MARCHER SUR LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

2.11. Formation

La société SOPRASOLAR SAS impose systématiquement à ses clients une formation photovoltaïque théorique et pratique leur permettant d'appréhender les procédés photovoltaïques en général ainsi que le montage du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton (lecture des plans de calepinage mise en œuvre des plots dont réglage en hauteur, des caches plots, fixation des modules Photovoltaïques). Cette formation consiste en :

- stages organisés au Centre de formation SOPREMA à Strasbourg,
- et/ou intervention de démonstrateurs – formateurs de chantier, ceci pour l'ensemble du processus de mise en œuvre.

Ces travaux pratiques permettent de travailler sous conditions réelles et selon les règles techniques en vigueur. Cela permet également de sensibiliser sur les risques professionnels et sur le respect des règles de sécurité.

À l'issue de cette formation, la société SOPRASOLAR SAS délivre une attestation nominative pour la mise en œuvre uniquement, le dimensionnement de l'ouvrage ne fait pas partie de la formation.

2.12. Assistance technique

Sur demande, la société SOPRASOLAR SAS propose à tout client une assistance technique sur chantier, avec l'intervention pendant une journée d'un technicien formé et ce pour chaque chantier. La société SOPRASOLAR SAS assure ensuite sur demande une assistance technique sur demande de l'entreprise de pose.

La société assure ensuite sur demande une assistance technique téléphonique pour tous renseignements complémentaires. Le service technique de la société SOPRASOLAR SAS peut aussi apporter son assistance sur la partie étanchéité.

Pour chaque projet, SOPRASOLAR SAS fournit un plan de calepinage-implantation des plots et des modules photovoltaïques. Si besoin, la société SOPRASOLAR SAS fournira une note de calcul pour la vérification de la tenue aux sollicitations climatiques du complexe isolant-étanchéité et du système de montage.

2.13. Utilisation, entretien et réparation

2.13.1. Généralités

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

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

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés et habilités. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en étanchéité.

L'entretien des toitures est celui décrit par les DTU 43.1 et 43.5. Dans ce cas de toiture concernée par la production d'électricité, le maître d'ouvrage doit obligatoirement 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. Le contrat d'entretien peut être confié à l'entreprise qui a réalisé l'ouvrage SOPRASOLAR FIX EVO TILT béton ou toute entreprise agréée par la société SOPRASOLAR SAS.

2.13.2. Maintenance du champ photovoltaïque

Dans le cadre de l'entretien de la toiture au moins deux fois par an :

- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si ceux-ci sont sales, les nettoyer avec de l'eau à l'aide d'un arrosoir ou un jet d'eau dont la pression maximale ne peut excéder 3 bars (pression d'eau du réseau domestique). Il convient de retirer des modules les éventuels objets pouvant créer des ombrages même partiels.
- 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 et des plots SOPRASOLAR FIX EVO.
- 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.

2.13.3. Maintenance électrique

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

2.13.4. Remplacement d'un module

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

- Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.
- Démonter le module photovoltaïque au niveau des 4 fixations. Il est impératif de prendre soin de bien caler les modules en attente de manutention afin qu'il n'y ait aucun risque de chute.
- Lors du démontage une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débrochés afin d'éviter tout contact entre ceux-ci, avec les pièces métalliques de l'installation (cadre module, chemin de câble …) et qu'ils ne reposent pas dans l'eau ou une zone humide.
- Le montage du module de remplacement sera réalisé conformément au présent Dossier.
- Après avoir mesuré la tension de la série de modules concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur, on procédera à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

2.13.5. Remplacement d'un plot SOPRASOLAR FIX EVO

- Dans la zone concernée, retirer les modules conformément à la description du chapitre précédent. Le plot défectueux SOPRASOLAR FIX EVO doit être arraché de la manière suivante :
  - chauffer le plastron en périphérie,
  - avec une spatule, soulever la partie chauffée du plastron,
  - à l'aide de la flamme du chalumeau, chauffer de nouveau sous plastron et soulever en même temps le plot afin de désolidariser entièrement le plastron du revêtement d'étanchéité apparent.
- Le plot doit être remplacé conformément au présent Dossier Technique, après avoir reconstitué le revêtement d'étanchéité conformément au Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité Sopralène stick.
- La rehausse devra être réinsérée sur le plot avec son bloqueur.
- Le montage des modules photovoltaïques sera réalisé conformément au présent Dossier Technique.

2.13.6. Remplacement de l'étanchéité

- Dans la zone concernée, retirer les modules conformément à la description du chapitre 2.13.4, les plots conformément à la description du chapitre 2.13.5.
- Remettre le revêtement d'étanchéité conformément au Document Technique d'Application Sopralène stick.
- Le montage des plots SOPRASOLAR FIX EVO TILT et des modules photovoltaïques sera réalisé conformément au présent Dossier Technique.

2.14. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques ont été vérifiés par le CSTB selon les critères d'acceptation du présent Avis Technique. La liste des références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT sur la page de l'Avis Technique publié (voir § 1.2.3.3),
- 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 V DC.
- Essais de résistance à l'arrachement de la soudure du plastron SOPRASOLAR sur le revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR et ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3 à 23°C selon un protocole de la norme NF P 98-282 "Essais relatifs aux chaussées - Produits d'étanchéité pour ouvrages d'art - Mesure d'adhérence des produits au support - Essai en laboratoire ou in situ à vitesse de traction contrôlée" réalisés par MECASEM (rapport n° OS/14/2230 et 16-0341-OS-END).
- Essais de résistance à l'arrachement de la soudure du plastron SOPRASOLAR sur le revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR et ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3 à 60°C selon un protocole de la norme NF P 98-282 "Essais relatifs aux chaussées - Produits d'étanchéité pour ouvrages d'art - Mesure d'adhérence des produits au support - Essai en laboratoire ou in situ à vitesse de traction contrôlée" réalisés par MECASEM (rapport n° OS/15/0895 et 17-0152-OS-END).
- Essais de résistance à neuf en traction et compression réalisés par le CETIM-CERMAT (rapports PV_MAT0005063-1, PV_MAT0005063-2, PV_MAT0005063-3, PV_MAT0005063-4, PV_MAT0014496-1, PV_MAT0014496-2) sur des plots SOPRASOLAR FIX EVO TILT soudés au revêtement SOPRALENE FLAM 180 AR.
- Essais de résistance, après vieillissement accéléré (2000 h à 85°C et 85% HR) sur des plots SOPRASOLAR FIX EVO TILT soudés au revêtement SOPRALENE FLAM 180 AR, en traction et compression réalisés par le CETIM-CERMAT (rapport PV_MAT0006291-1, PV_MAT0006291-2, PV_MAT0006291-3).
- Essais de résistance à neuf et vieilli en cisaillement réalisés par le CETIM-CERMAT (rapports PV_MAT0007626-1) sur des plots SOPRASOLAR FIX EVO TILT soudés au revêtement SOPRALENE FLAM 180 AR.
- Essai d'étanchéité des fixations du plastron sur plot SOPRASOLAR FIX EVO neuf soudé au revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR réalisé par le laboratoire MECASEM (rapport n° 16-0053-OS-END).
- Essai d'étanchéité des fixations du plastron sur plot SOPRASOLAR FIX EVO vieilli soudé au revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR réalisé par le laboratoire MECASEM (rapports n° 16-1759-OS-END-A et n° 16-1759-OS-END-B).
- Le procédé photovoltaïque a été testé en fatigue sous chargement ascendant répété par MECASEM (rapports d'essais n° 19-2274-OD-END).

- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CEBTP selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression et dépression du vent (rapports d'essai n°BEB1.J.4026-3, BEB1.J.4026-4, BEB1.J.4026-5).
- Le procédé composé d'un support bois (simulation support béton), d'isolant EFIGREEN ALU+ (1 ou 2 lits), d'un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux composé d'une première couche SOPRASTICK SI d'une deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR avec plots SOPRASOLAR FIX EVO et modules Voltec Tarka 120 VSMS a été testé selon un essai de résistance à l'arrachement sous l'action du vent à échelle réelle par le CSTC (rapport n° CAR 19-186-01 et CAR 19-186-02).
- Rapport CNEP – Étude du comportement en photovieillissement – R2019-0373 SOPRASOLAR AT SC

2.15. Références

2.15.1. Données Environnementales et sanitaires[1]

La grille de vérification associée à cet Avis Technique indique en fonction des gammes de module indiquées s'il existe, pour le procédé « SOPRASOLAR FIX EVO TILT béton » entier associé à chaque gamme de module, ou pour chaque gamme de modules isolément, 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.

Le produit Plot et plastron SOPRASOLAR FIX EVO fait l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) individuelle. Cette DE a été établie le 6/10/2019 et a fait l'objet d'une vérification par tierce partie indépendante selon l'arrêté du 31 août 2015 et est déposée sur le site www.inies.fr.

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

2.15.2. Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis 2015.

Environ 30 000 m^2 du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT béton ont été installés en France à ce jour, ce qui représente environ 3 MW et 25 000 plots soudés.

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

2.16. Annexes du Dossier Technique

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

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1- Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique 24
Tableau 2 : Quantitatif des composants du système 25
Tableau 3 - Guide de choix du Pare-vapeur à mettre en œuvre avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT – béton - Cas de travaux neufs ou de réfection avec évacuation de l'existant 28
Tableau 4 - Guide de mise en œuvre de l'isolant EFIGREEN ALU+ avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO Tilt - béton dans le cas de la réfection avec conservation de l'existant pour des pentes inférieures ou égales à 10 % 28
Tableau 5 – Plot SOPRASOLAR FIX EVO.....29
Tableau 6 : Caractéristiques des réhausses et bloqueur.....30

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

Matériau	**Composants concernés**	**Atmosphères extérieures**							
		Rurale non pollué	***Industrielle ou urbaine***		***Marine***				***Spéciale***
			Normale	*Sévère*	*20 km à 10 km*	*10 km à 3 km*	*Bord de mer* (<3 km)*	*Mixte*	
Aluminium 6060 T6, 6060 T66, 6063 T6	Rehausse, étrier, cadre des modules PV	•	•	-	•	•	□	-	□
Aluminium 6060 T6 anodisé 20 µm	Rehausse	•	•	-	•	•	•	-	□
Polyamide 6 – Chargé à 30% en FV	Partie réglable du plot Soprasolar Fix Evo	•	•	-	•	•	□	-	□
Acier inoxydable A2	Visserie	•	•	-	•	•	□	-	□
Acier inoxydable A4	Visserie	•	•	-	•	•	•	-	□
Acier inoxydable	Terragrif	•	•	-	•	•	□	-	□

Les expositions atmosphériques sont définies dans la norme NF P 24-351.

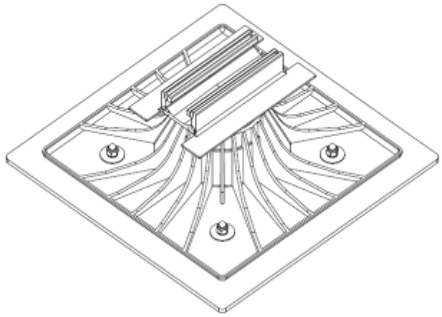
• : Matériau adapté à l'exposition

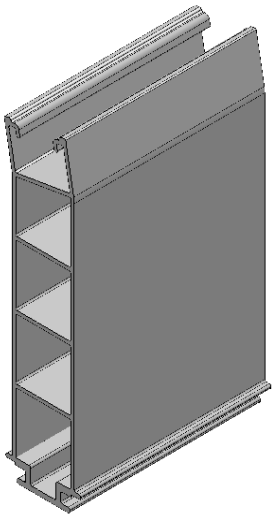
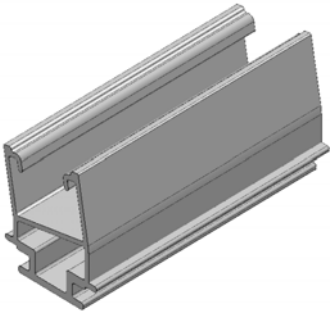
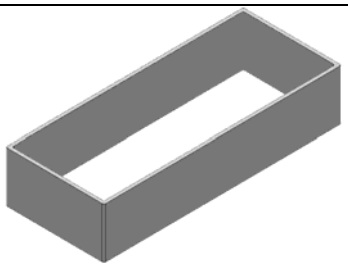
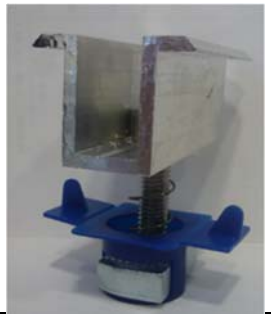
□ : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.

- : Matériau non adapté à l'exposition

** : à l'exception du front de mer*

Tableau 2 : Quantitatif des composants du système

Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
Isolant		SOPREMA		§ 2.5.2
Revêtement d'étanchéité		SOPREMA	1ère couche 2ème couche SOPRASTICK SI (1ère couche) et SOPRALENE FLAM 180 AR (2ème couche) ou SOPRASTICK SI4 (1ère couche) et ELASTOPHENE FLAM 25 AR T3 (2ème couche)	§ 2.5.3
Plot Soprasolar Fix EVO	p : nombre de plots m : nombre de module p = 2m+2	SOPRASOLAR		§ 2.4.3.1

Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
Rehausse 200mm	p/2	SOPRASOLAR		§ 2.4.3.2
Rehausse 45mm	p/2	SOPRASOLAR		§ 2.4.3.2
Bloqueur de rehausse	p	SOPRASOLAR		§ 2.4.3.2
Étrier intermédiaire	i : nombre d'étrier intermédiaire m≥2 i = 2m-2	SOPRASOLAR		§ 2.4.3.3

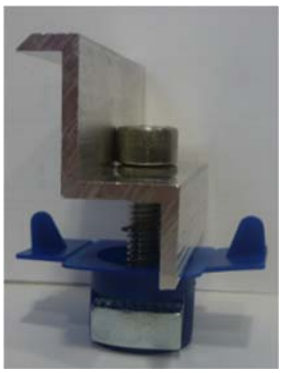
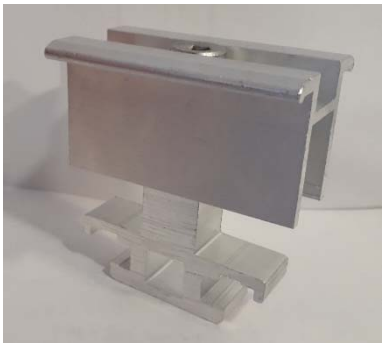
Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
Étriers finaux	4 par ligne ininterrompu de module	SOPRASOLAR		§ 2.4.3.3
Étriers universels (remplace les étriers intermédiaires et finaux si choisi)	u: nombre d'étrier universel u = 2m+2	SOPRASOLAR		§ 2.4.3.3
Modules PV	m	SOPRASOLAR		§ 2.4.2 et grille de vérification associée à cet avis technique (cf. § 1.2.3.3)

Tableau 3 - Guide de choix du Pare-vapeur à mettre en œuvre avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT – béton - Cas de travaux neufs ou de réfection avec évacuation de l'existant

Elément porteur	Hygrométrie des locaux	Pare-vapeur sans EAC avec revêtement Sopralène Stick(1)
Maçonnerie (2)	Cas courant	- EIF + ÉLASTOVAP (4) soudé - Soit EIF + SOPRAVAP STICK Alu S 16 autocollé en plein (6)
	Locaux à forte hygrométrie	- Soit EIF + CHAPE ATLAS AR soudé - Soit EIF + SOPRAVAP STICK Alu S 16 autocollé en plein (6)
	Locaux à très forte hygrométrie	- EIF + AÉRISOL Flam (3) + CHAPE ATLAS AR soudé (5)

(1) Les pare-vapeur sans EAC sont jointoyés soudés sur 6 cm au moins.

(2) Élément porteur conforme au § 2.3, la préparation de ces supports notamment l'application d'un EIF, et le pontage des joints sont effectués conformément aux prescriptions du DTU 43.1 P1 et des Avis Techniques ; les pontages peuvent être réalisés avec une bande de largeur de 20 cm en SOPRALAST 50 TV ALU disposée côté alu vers le support.

(3) L'écran perforé est déroulé bord à bord ou à recouvrements de 5 à 10 cm ; de plus, sur 50 cm au minimum en périphérie de la toiture et autour des émergences le pare-vapeur est soudé en plein sans cet écran perforé.

(4) ÉLASTOVAP peut être remplacé par ÉLASTOPHÈNE 25.

(5) Sont exclus les panneaux isolants fixés mécaniquement.

(6) Uniquement avec isolant fixé mécaniquement.

Tableau 4 - Guide de mise en œuvre de l'isolant EFIGREEN ALU+ avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO Tilt - béton dans le cas de la réfection avec conservation de l'existant pour des pentes inférieures ou égales à 10 %

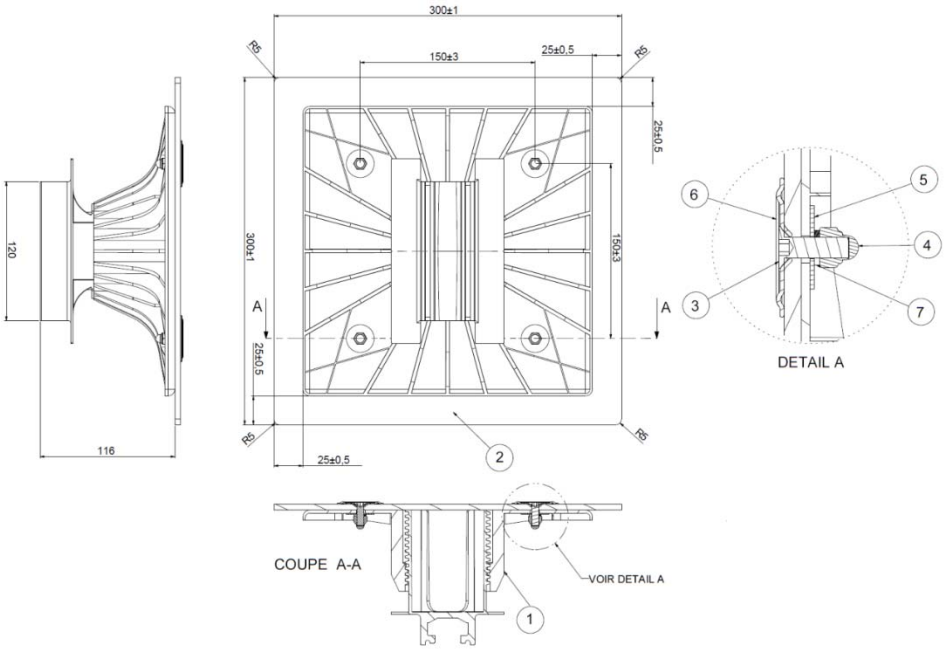
Ancien revêtement (1)	Mise en œuvre des panneaux isolants EFIGREEN ALU+
Asphalte apparent	Fixations mécaniques (2)
Bitumineux indépendant	INTERDIT
Bitumineux semi-indépendant	Fixations mécaniques (2)
Bitumineux adhérent	Fixations mécaniques (2)
Enduit pâteux, ciment volcanique (3)	Fixations mécaniques (2)
Membrane synthétique (3)	Fixations mécaniques (2)

(1) Ancien revêtement conservé selon DTU 43.5.

(2) Avec attelages de fixation mécaniques conforme au § 2.5.2.2 à l'exception de locaux à très forte hygrométrie

(3) Mise en œuvre d'un nouveau pare-vapeur indépendant obligatoire après vérification de l'aptitude du revêtement à être conservé dans le cadre de la rénovation.

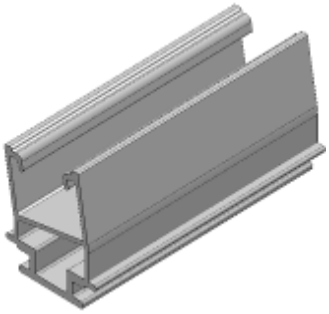
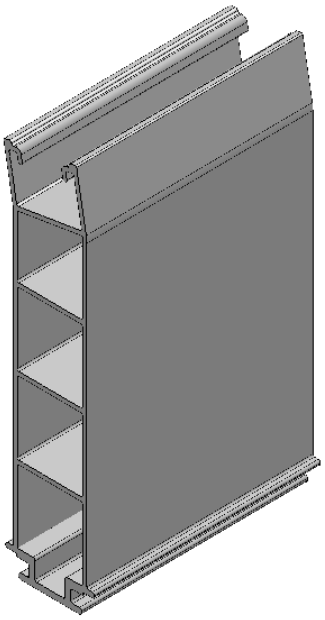
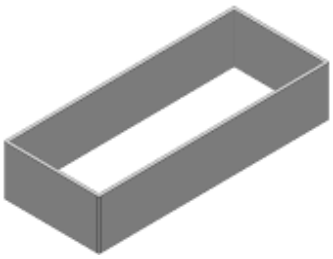
Tableau 5 – Plot SOPRASOLAR FIX EVO



Item	Désignation	Quantité	Matériau
1	Embase et tête réglables	1	Polyamide 6 chargé à 30% de fibres de verre
2	Plastron SOPRASOLAR	1	SEBS avec armature polyester non-tissé
3	Vis métaux M6×20 TX30	4	inox A2
4	Écrou borgne frein M6	4	inox A2
5	Rondelle 24×6,4×1,2	4	inox A2
6	Rondelle 40×6×1,2	4	Acier galvanisé
7	Rondelle GROWER M6	4	inox A2

PLASTRON SOPRASOLAR	
Composition	
Armature	Polyester non-tissé 250g/m²
Liant	Mélange de bitume et de polymères thermoplastiques SEBS
Dimensions	300±1 mm x 300±1 mm
Epaisseur minimale (sur ardoises)	4,7 mm
Masse (indicative)	0,6 kg
Face supérieure	Paillette d'ardoises noires
Face inférieure	Film Thermofusible
Caractéristiques (VLF*)	
Force maximale à rupture en traction (EN 12311-1) - Longitudinale - Transversale	 800 N / 5 cm 800 N / 5 cm
Allongement à la rupture (EN 12311-1) - Longitudinal - Transversal	 40% 40%
Résistance à la déchirure au clou (EN 12310-1) - Longitudinale - Transversale	 250 N 250 N
Température limite de souplesse à froid (EN 1109) - à neuf - Etat vieilli (6 mois à 70°C) (guide UEATc de dec 2001)	 Pas de fissure à -10°C Pas de fissure à 0°C
Tenue à la chaleur à neuf (EN 1110) - à neuf - vieilli (6 mois à 70°C) (guide UEATc de dec 2001)	 + 95°C + 90°C
Résistance au poinçonnement statique (NF P 84-352)	25 kg (L4)
Résistance au poinçonnement dynamique (NF P 84-353)	20 J (D3)
Résistance au pelage avec membrane d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR de Soprema (EN 12316-1) - Etat neuf - Etat vieilli (28 jours à 80°C)	 100 N / 5 cm 100 N / 5 cm
* Valeur Limite du Fabricant : valeur susceptible d'être fournie dans le cadre du système qualité	

Tableau 6 : Caractéristiques des réhausses et bloqueur

Composant	**REHAUSSE 45**	**REHAUSSE 200**	**BLOQUEUR REHAUSSE**
Matériaux	Aluminium 6060 T6 brut ou anodisation 20µm	Aluminium 6060 T6 brut ou anodisation 20µm	Aluminium 6060 T6 brut ou anodisation 20µm
Section	Environ 534 mm²	Environ 1335 mm²	Environ 591 mm²
Hauteur	58 mm	206 mm	27 mm
Longueur	120 mm	120 mm	125 mm
Masse d'une pièce	0.17 kg	0.43 kg	0.04 kg
Visuel			

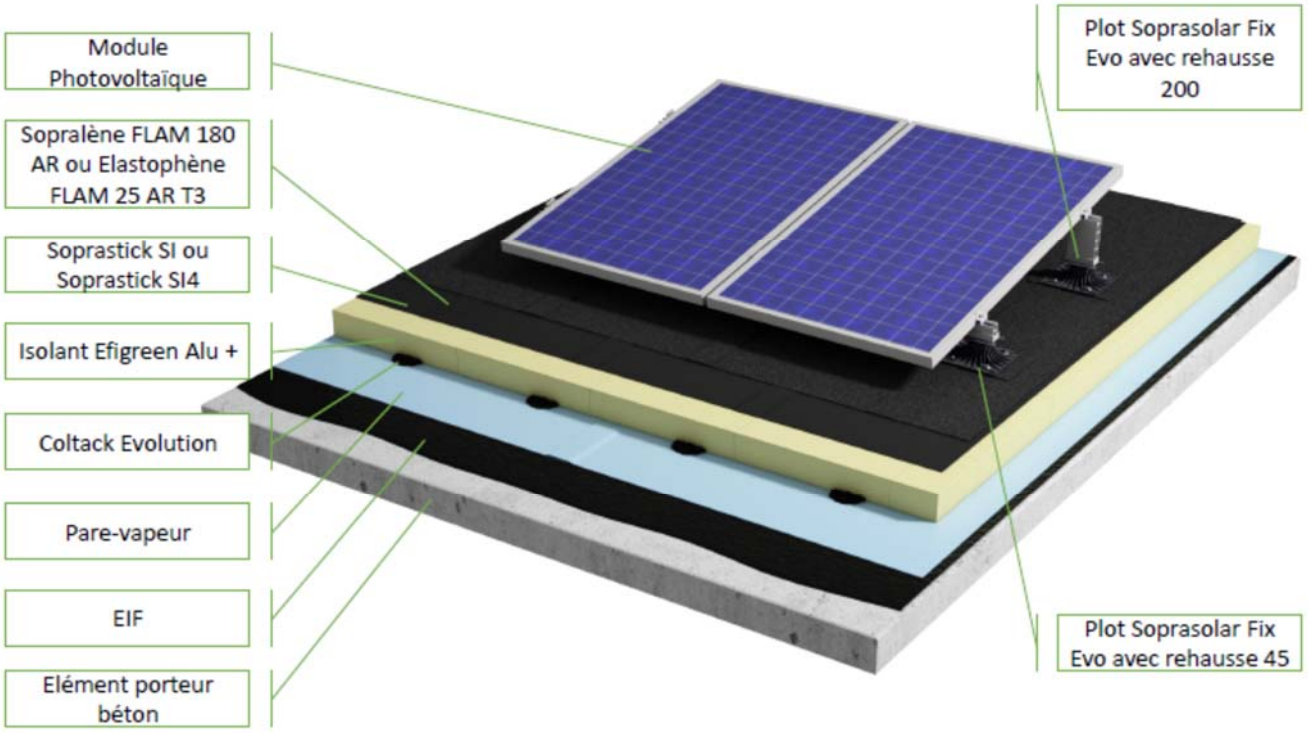
3. Annexes graphiques

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

SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 : Procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton sur élément porteur maçonnerie avec revêtement d'étanchéité bicouche semi-indépendant auto-adhésif et modules photovoltaïques en mode portrait 32
Figure 2 : vue en coupe, dans le sens de la longueur des modules photovoltaïques, du procédé avec modules photovoltaïques en mode portrait orientation « EST/OUEST » 33
Figure 3 : vue en coupe, dans le sens de la longueur des modules photovoltaïques, du procédé avec modules photovoltaïques en mode portrait orientation « SUD » 33
Figure 4 : vue de côté (sens largeur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques en mode portrait orientation « EST/OUEST » ou « SUD » des modules photovoltaïques 33
Figure 5 : Étrier intermédiaire 34
Figure 6 : Étrier final 34
Figure 7 : Étrier universel 34
Figure 8 : Plan Réhausse 200 35
Figure 9 : Plan Réhausse 45 35
Figure 10 : Plan bloqueur de réhausse 35
Figure 11 : Supports de chemin de câble par oméga ou plots SOPRASOLAR FIX EVO 36
Figure 12 : Schéma détail passage de câble à travers le support béton 37
Figure 13 : Schéma de câblage et mise à la terre 37
Figure 14 : Système de mise à la terre 38
Figure 15 : Fixation câble électrique sur le plot à l'aide de Rislan 39
Figure 16 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO TILT avec modules photovoltaïques en mode portrait « SUD » 39
Figure 17 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO TILT avec modules photovoltaïques en mode portrait « EST/OUEST » 39
Figure 18 : Soudage des plots SOPRASOLAR FIX EVO sur membrane d'étanchéité avec finition ardoisée ou sablée 40
Figure 19 : Mise en œuvre des rehausses et bloqueurs 41
Figure 20 : Mise en œuvre des étriers intermédiaires, finaux et universel sur REHAUSSE 200 et 45 42
Figure 21: Serrage des étriers 42
Figure 22 : clip pour fixation des câbles au cadre des modules 43
Figure 23 : Exemple calepinage et préparation de la toiture : modules photovoltaïques en mode portrait « EST/OUEST » 44
Figure 24 : Exemple calepinage et préparation de la toiture : modules photovoltaïques en mode portrait « SUD » 45

Figure 1 : Procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT - béton sur élément porteur maçonnerie avec revêtement d'étanchéité bicouche semi-indépendant auto-adhésif et modules photovoltaïques en mode portrait



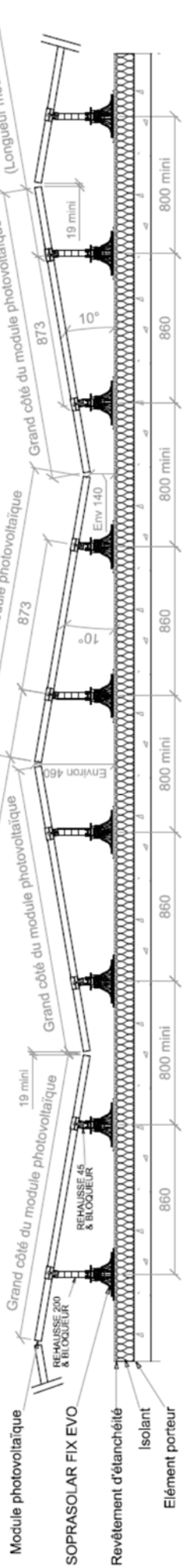


Figure 2 : vue en coupe, dans le sens de la longueur des modules photovoltaïques, du procédé avec modules photovoltaïques en mode portrait orientation « EST/OUEST »

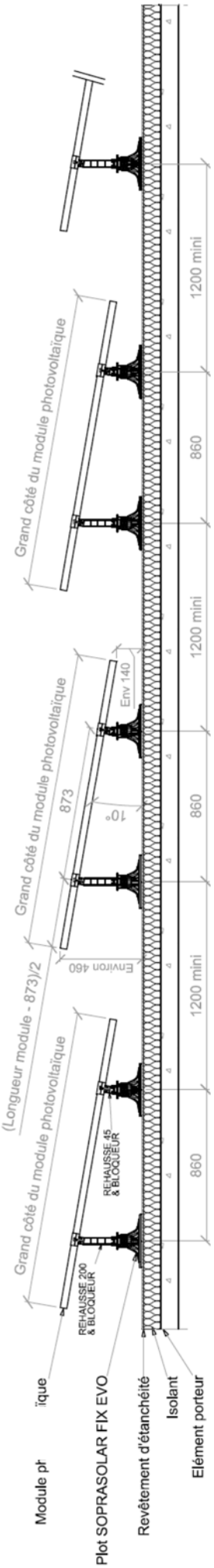


Figure 3 : vue en coupe, dans le sens de la longueur des modules photovoltaïques, du procédé avec modules photovoltaïques en mode portrait orientation « SUD »

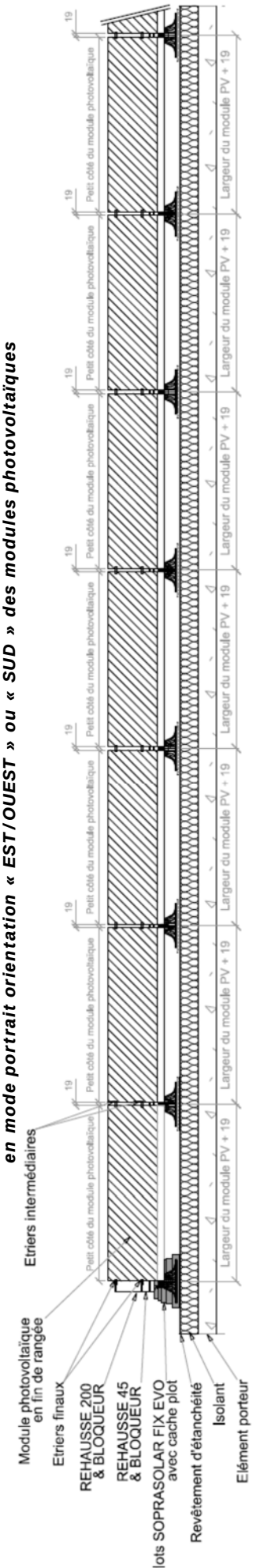


Figure 4 : vue de côté (sens largeur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques en mode portrait orientation « EST/OUEST » ou « SUD » des modules photovoltaïques

Figure 5 : Étrier intermédiaire

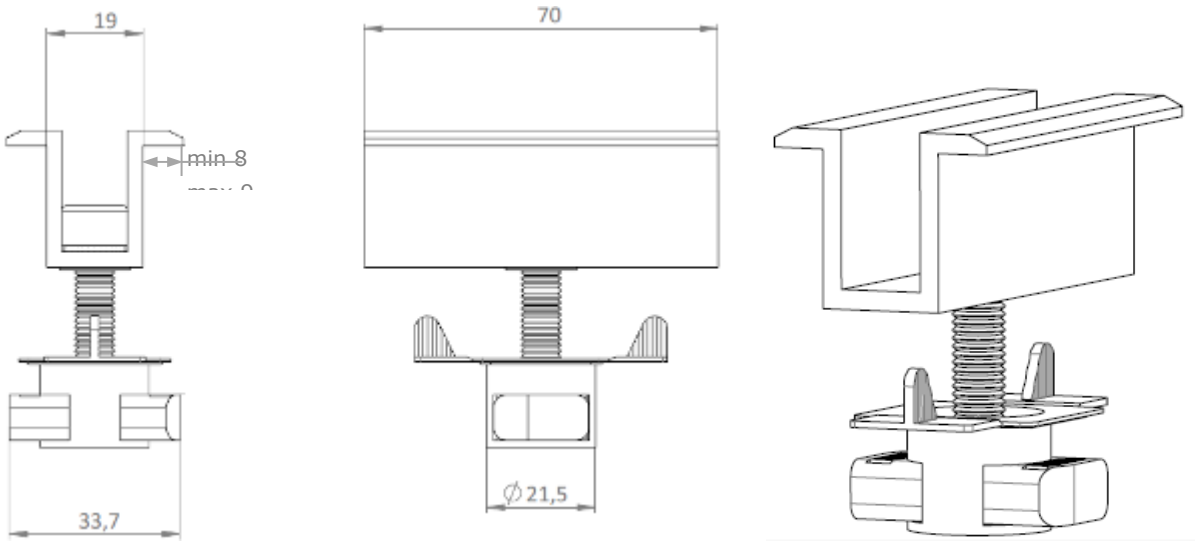


Figure 6 : Étrier final

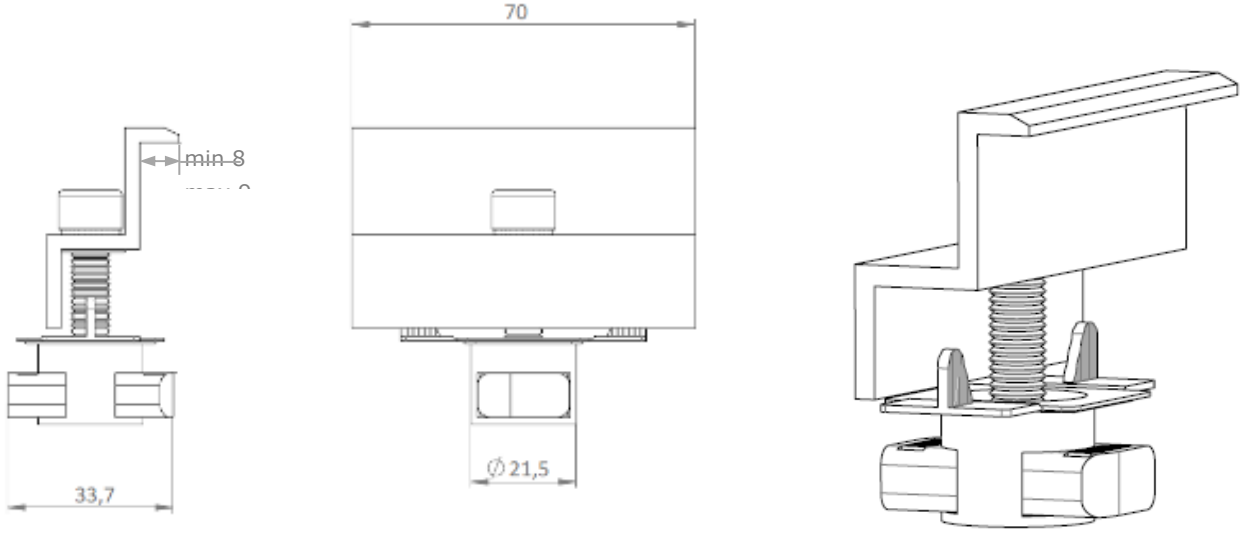


Figure 7 : Étrier universel

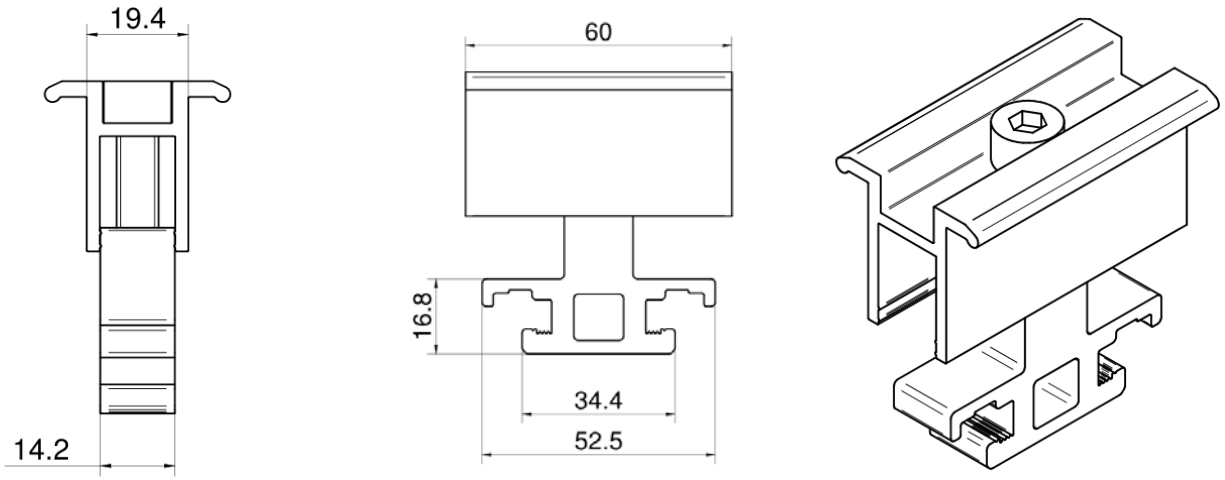


Figure 8 : Plan Réhausse 200

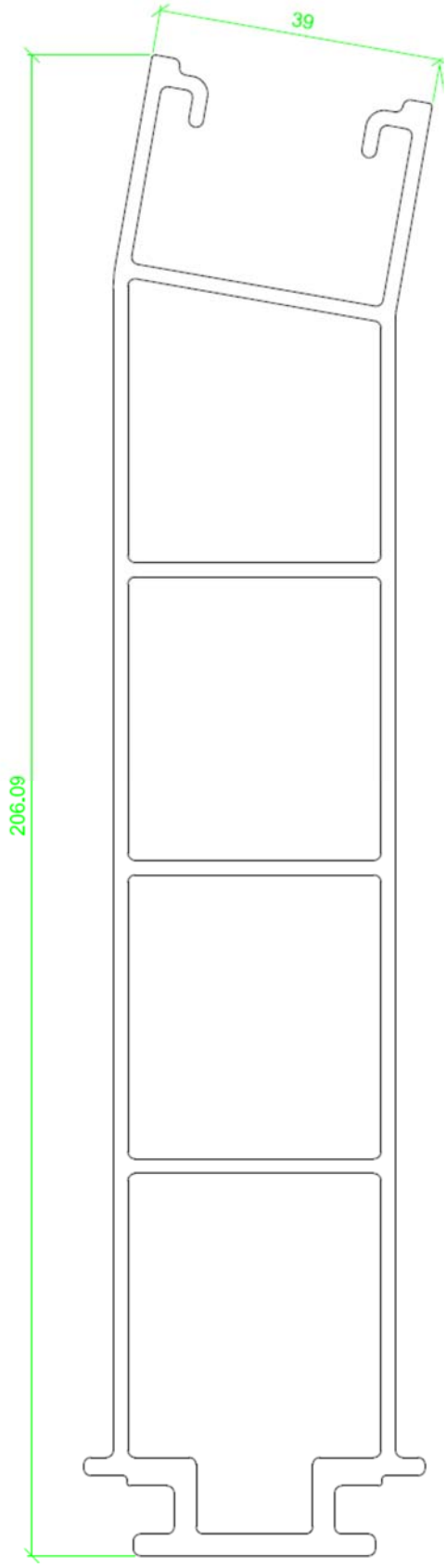


Figure 9 : Plan Réhausse 45

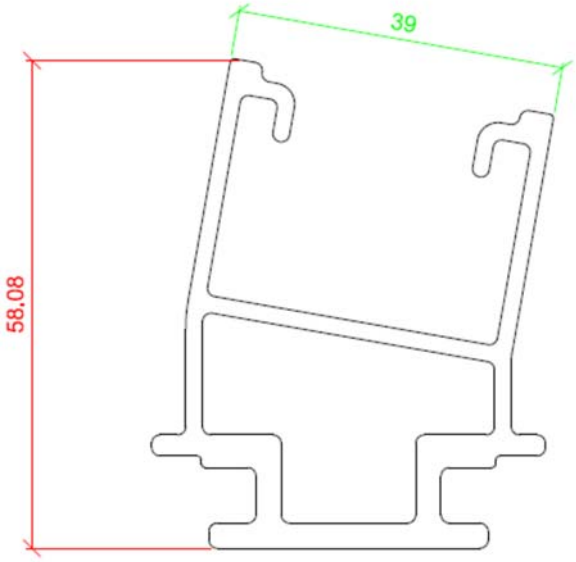


Figure 10 : Plan bloqueur de réhausse

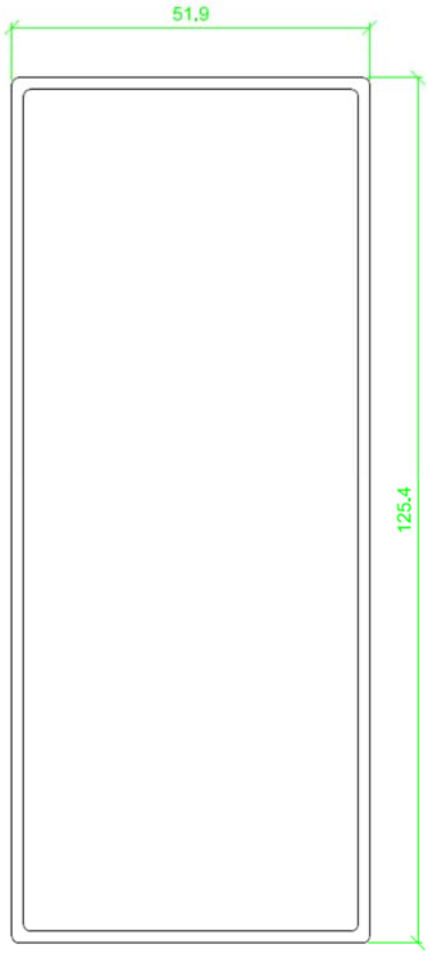
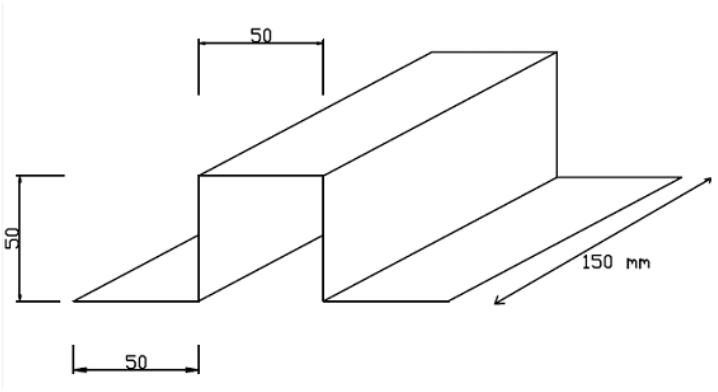
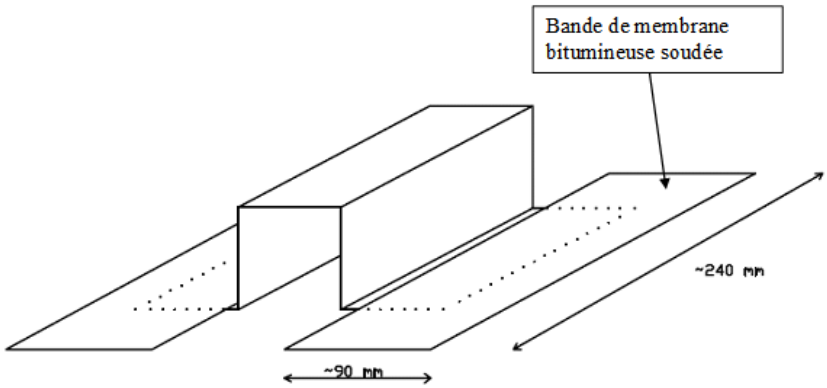


Figure 11 : Supports de chemin de câble par oméga ou plots SOPRASOLAR FIX EVO





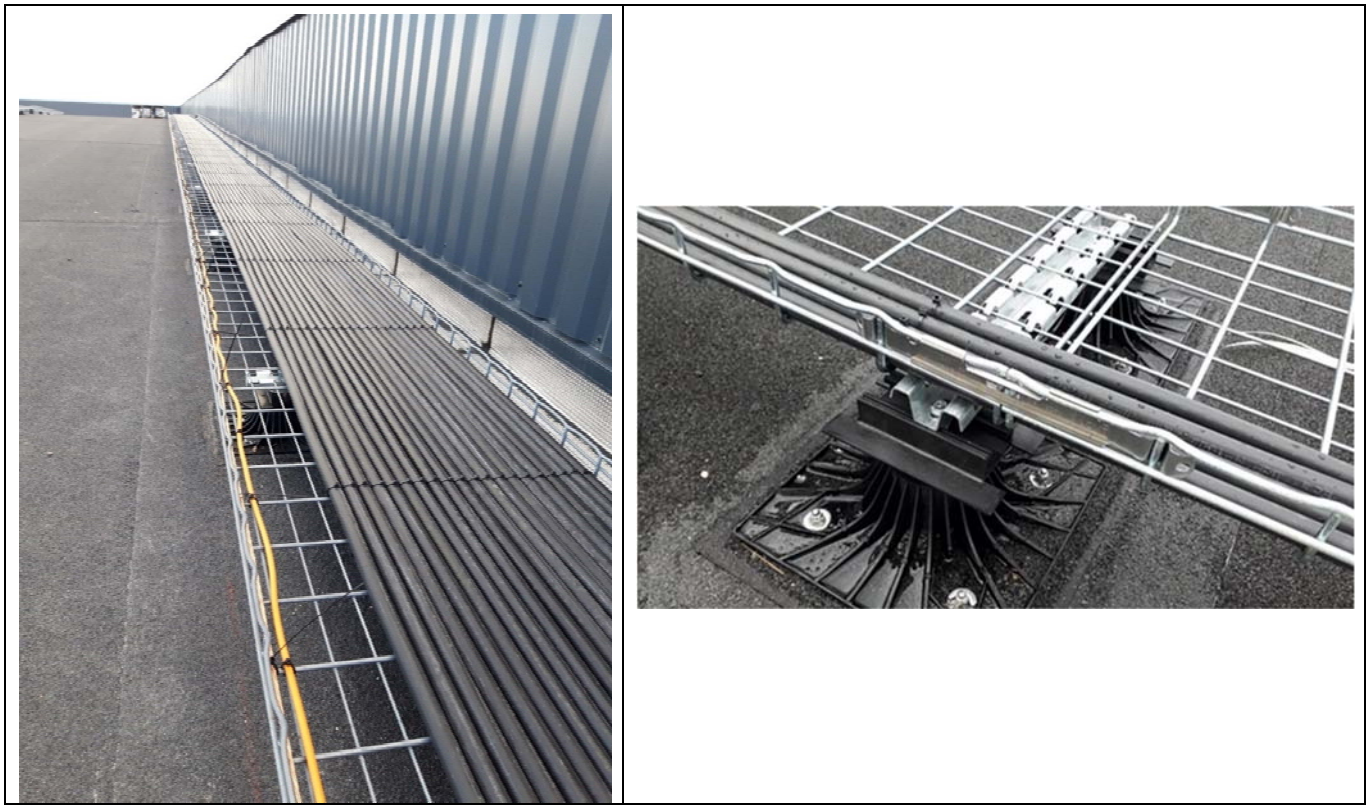


Figure 12 : Schéma détail passage de câble à travers le support béton

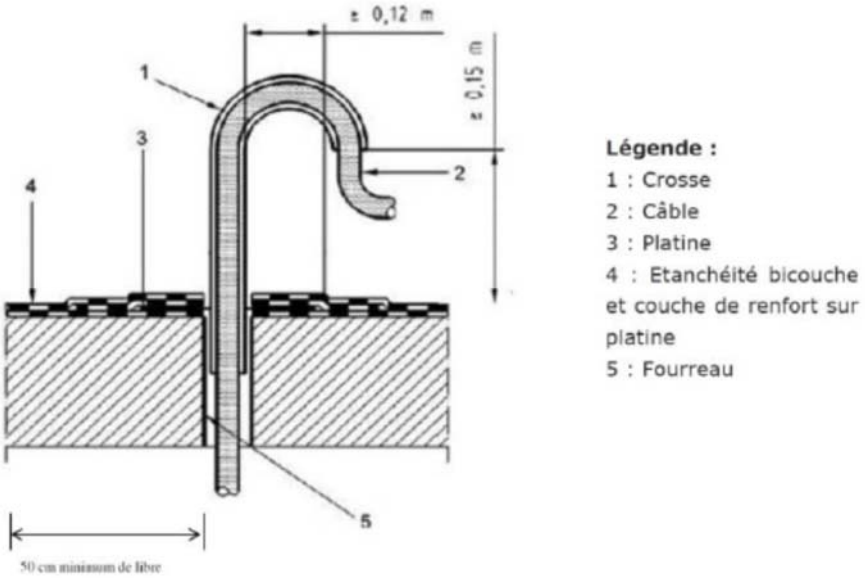


Figure 13 : Schéma de câblage et mise à la terre

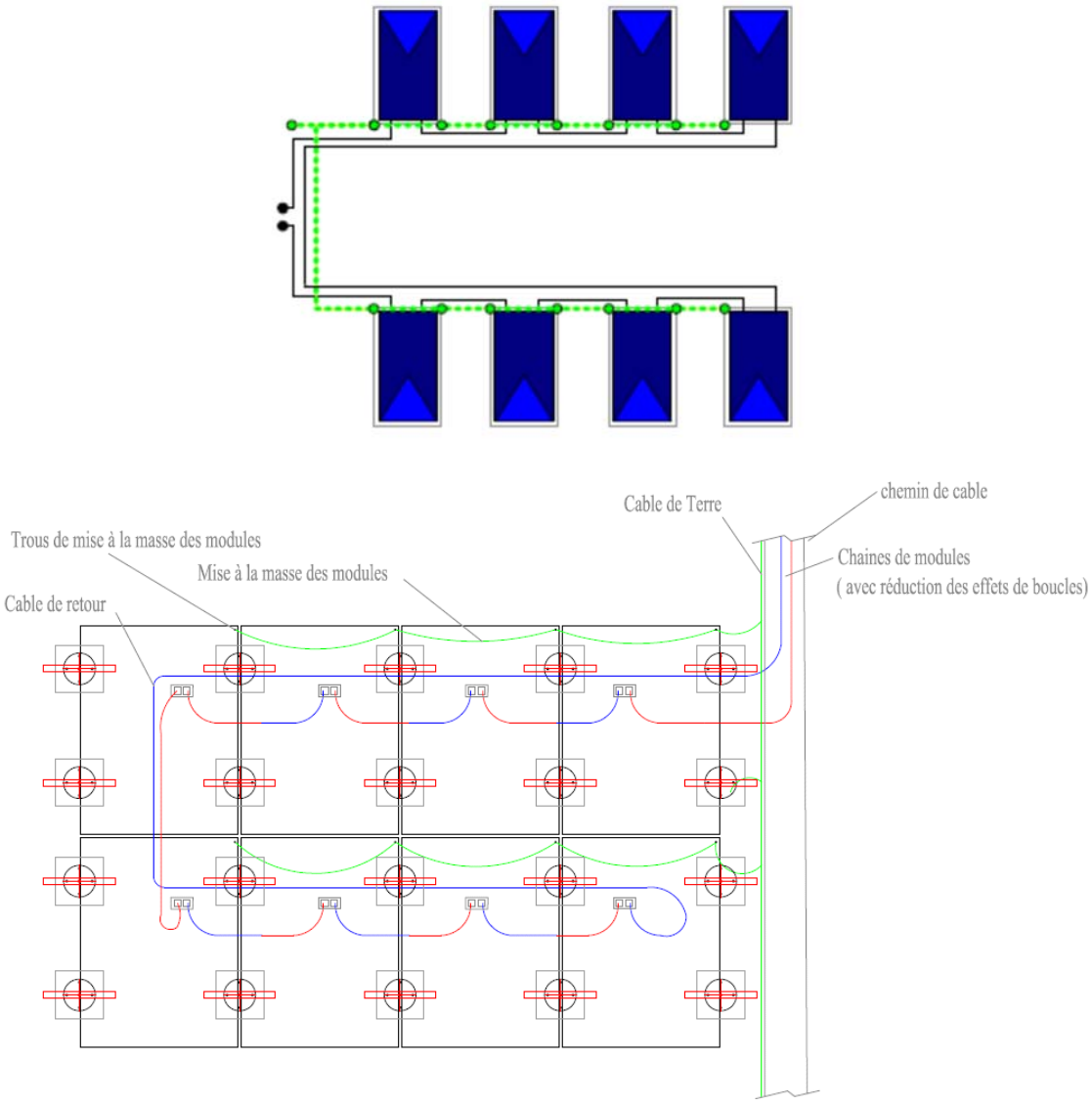
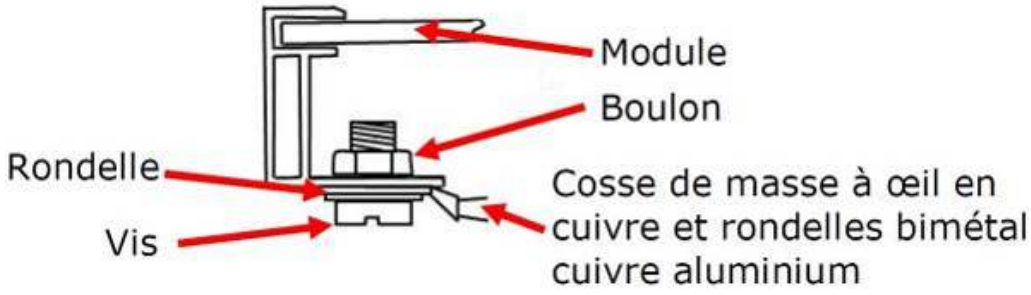
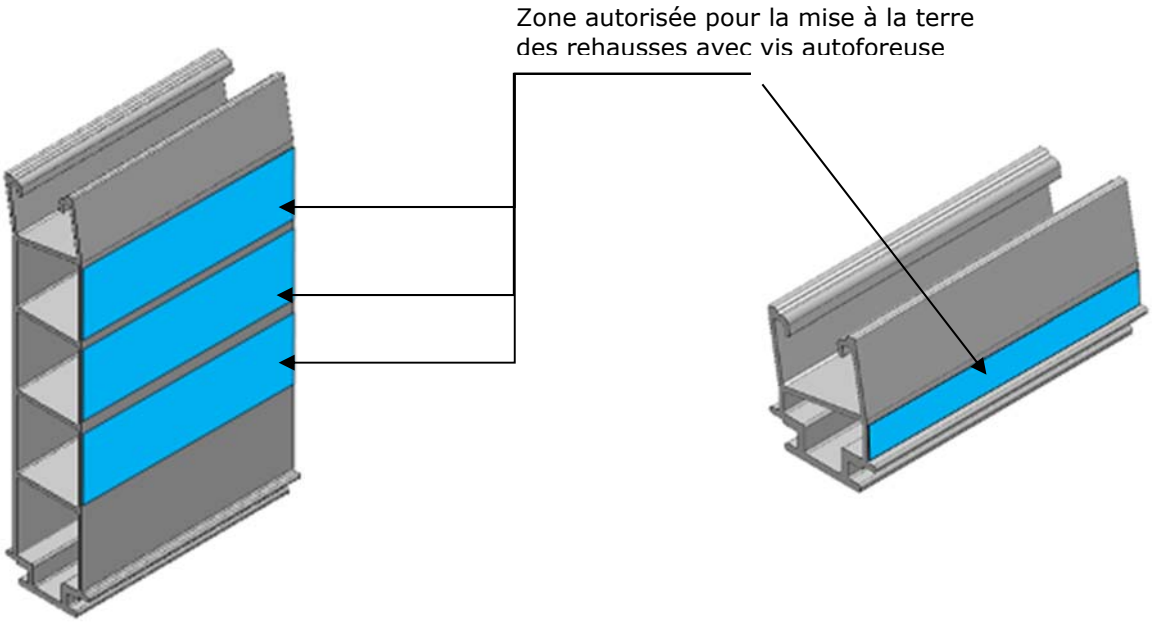


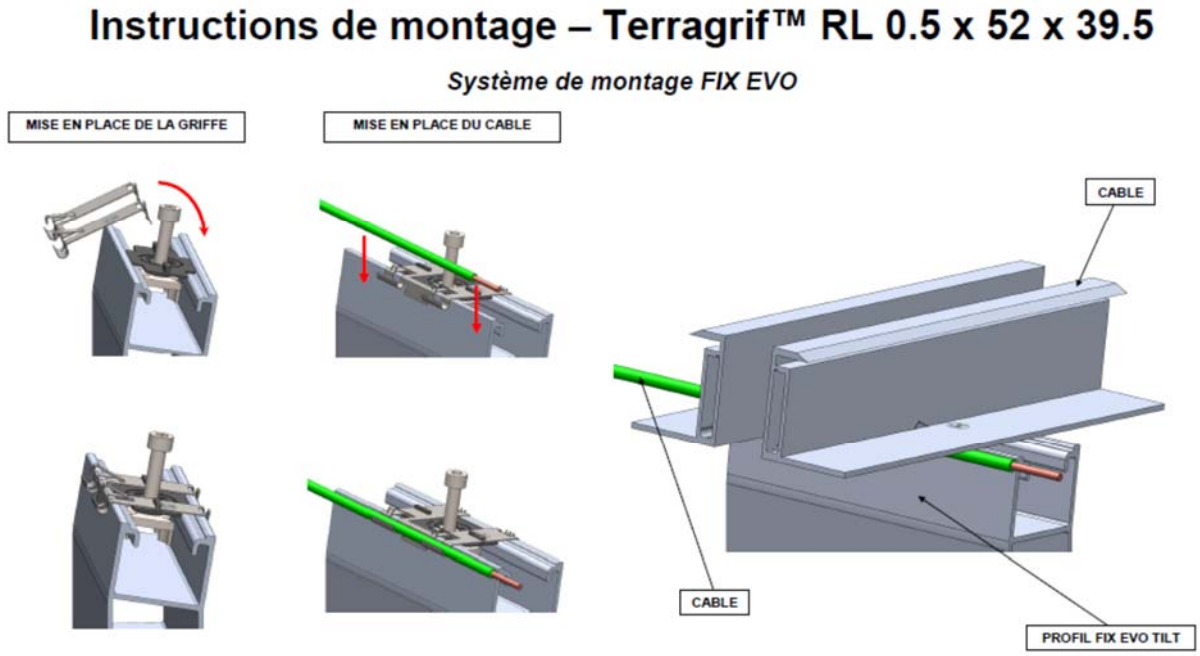
Figure 14 : Système de mise à la terre



Système de mise à la terre des modules par rondelle et vis



Localisation zone de perçage pour mise à la terre des rehausses par vis autoforeuse



Système de mise à la terre Terragrif des modules et rehausses

Figure 15 : Fixation câble électrique sur le plot à l'aide de Rislan

Figure 16 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO TILT avec modules photovoltaïques en mode portrait « SUD »

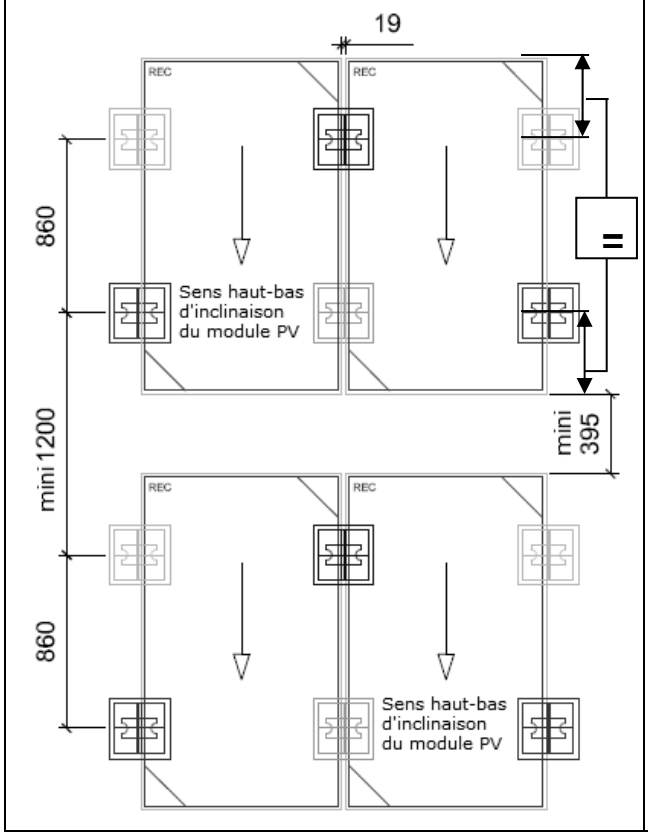


Figure 17 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO TILT avec modules photovoltaïques en mode portrait « EST/OUEST »

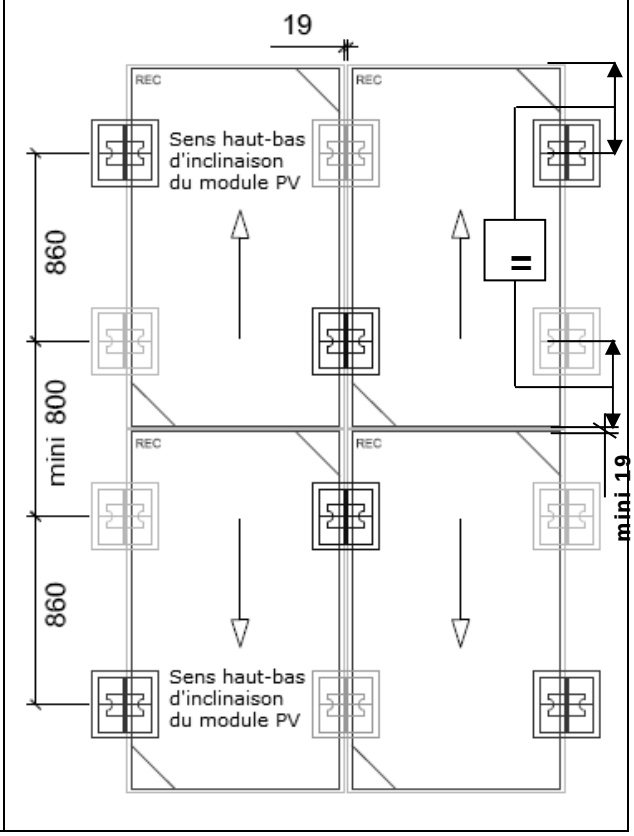


Figure 18 : Soudage des plots SOPRASOLAR FIX EVO sur membrane d'étanchéité avec finition ardoisée ou sablée

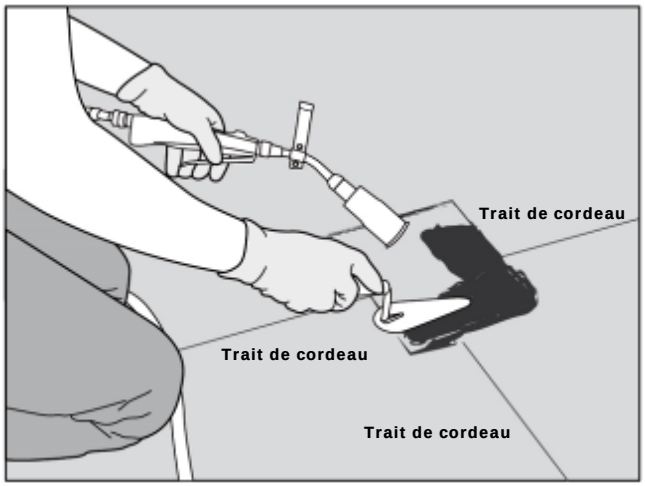
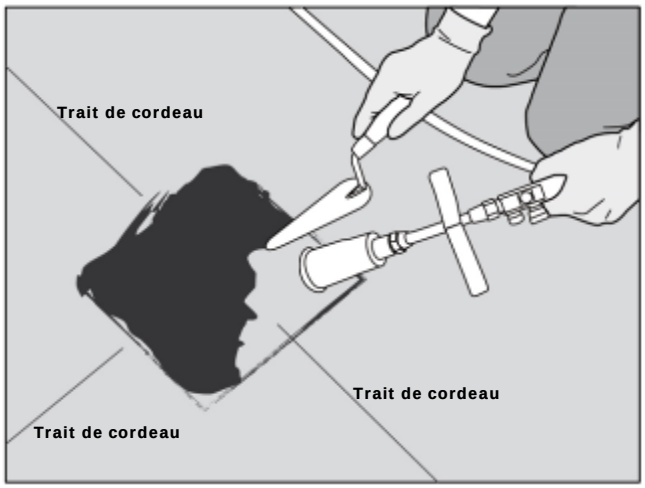
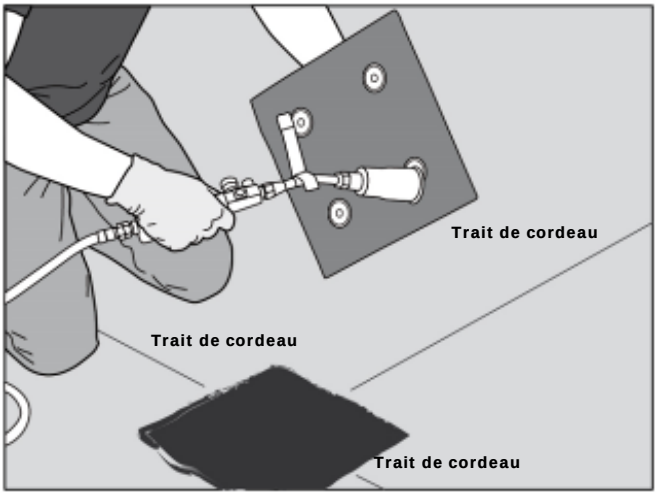
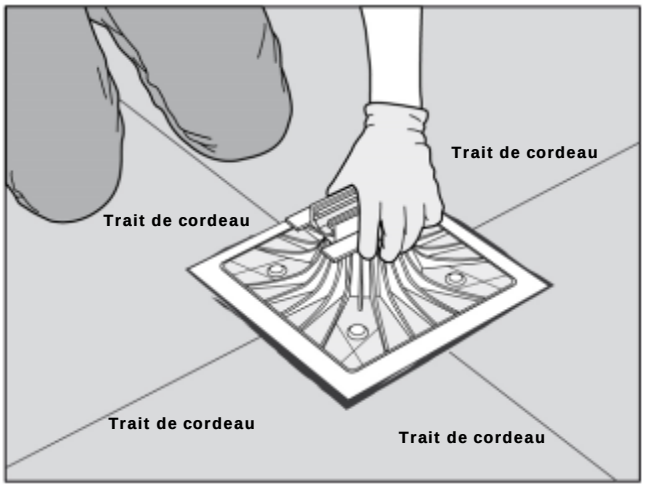
<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>Reflux local des paillettes du revêtement d'étanchéité sur le pourtour des plastrons</td>
<td>Reflux local des paillettes du revêtement d'étanchéité et noyage des paillettes ardoisées</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>Plastron chauffé au chalumeau</td>
<td>Positionnement du plastron chauffé sur la zone noircie et chauffée du revêtement d'étanchéité</td>
</tr>
</table>

Figure 19 : Mise en œuvre des rehausses et bloqueurs

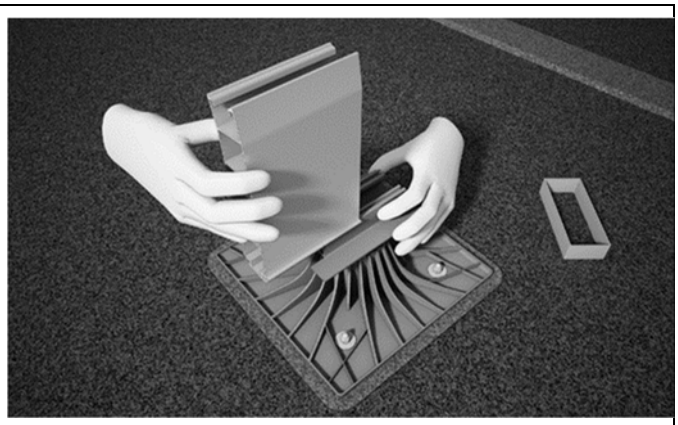
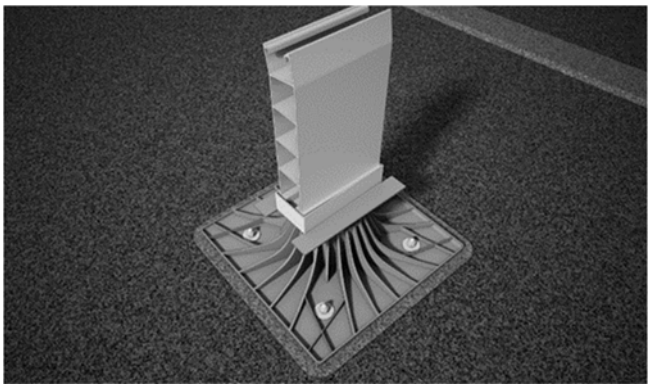
<table>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">Mise en œuvre des rehausses 45 et rehausses 200 sur les plots</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>Mise en œuvre du bloqueur sur les rehausses</td><td>Vue avec rehausse 200 et bloqueur</td></tr>
</table>

Figure 20 : Mise en œuvre des étriers intermédiaires, finaux et universel sur REHAUSSE 200 et 45

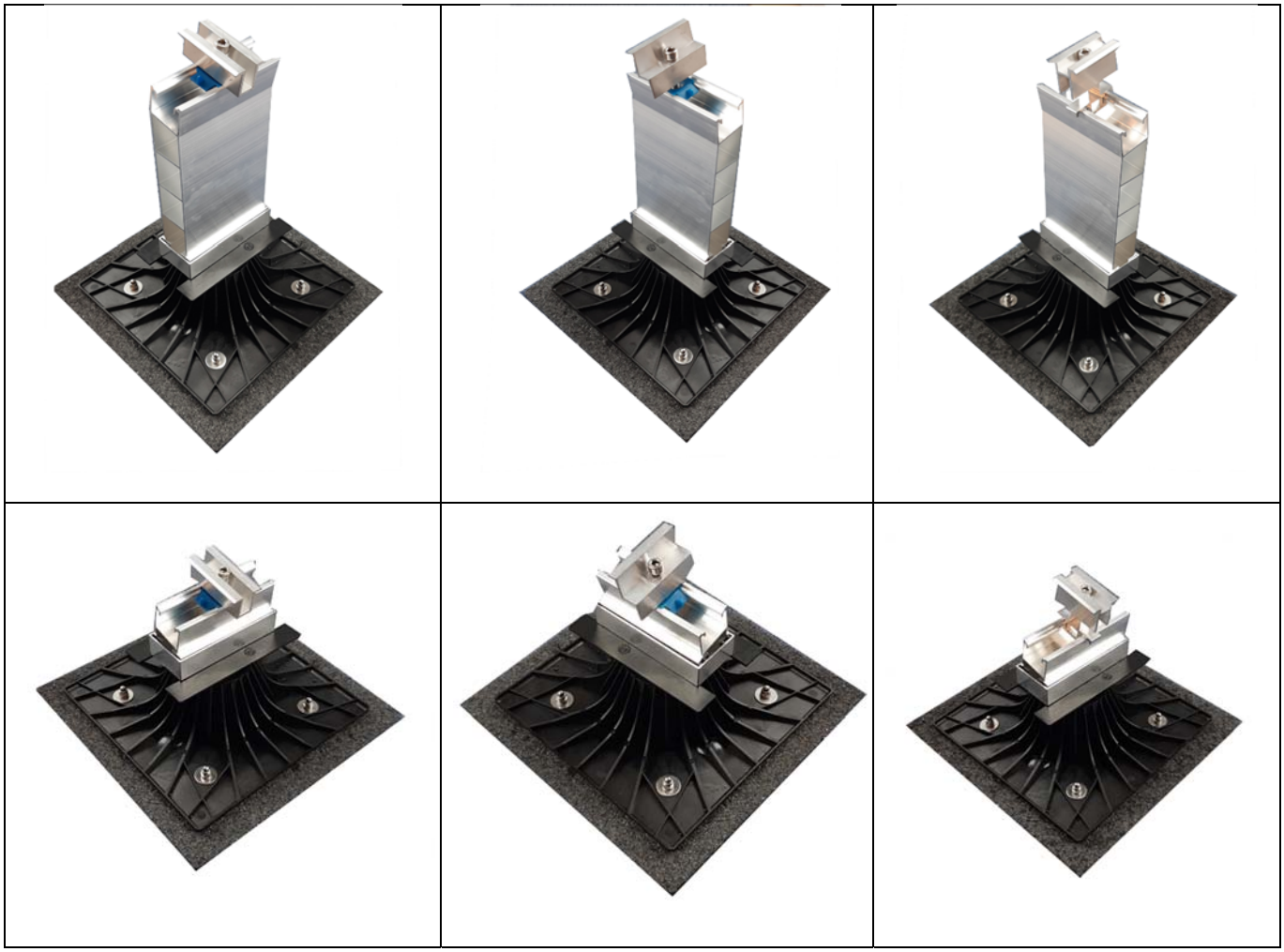


Figure 21: Serrage des étriers

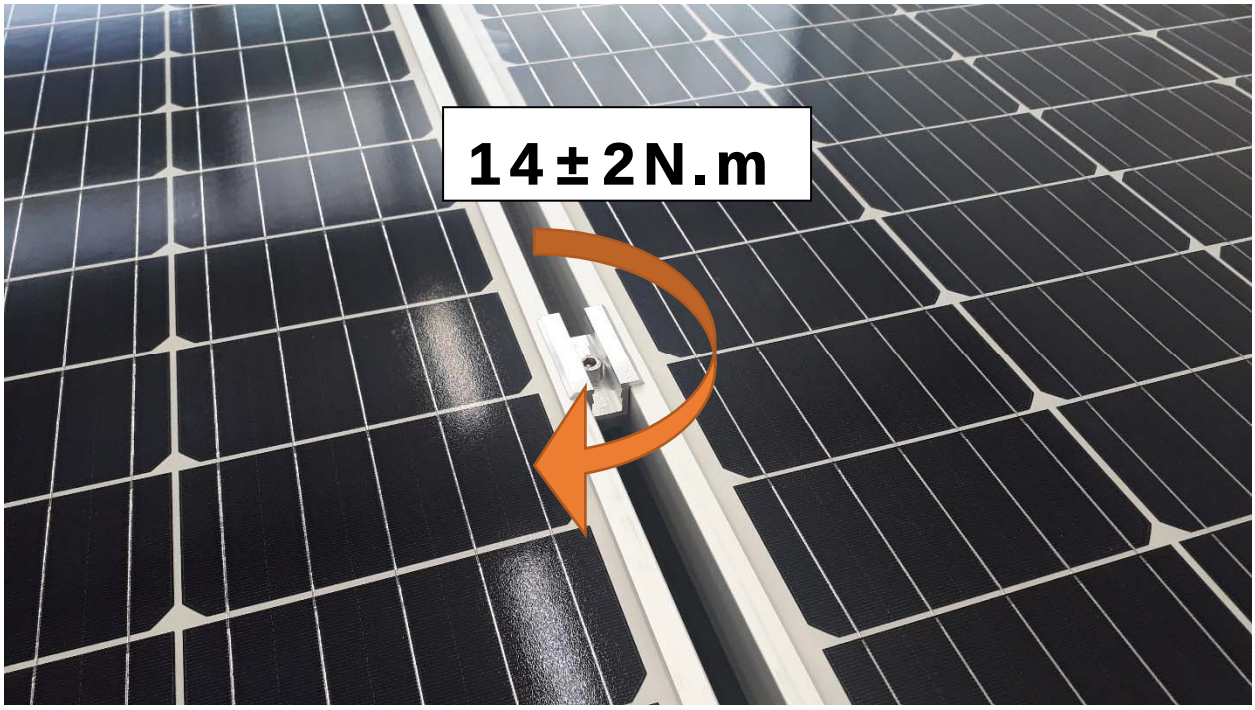


Figure 22 : clip pour fixation des câbles au cadre des modules

Figure 23 : Exemple calepinage et préparation de la toiture : modules photovoltaïques en mode portrait « EST/OUEST »

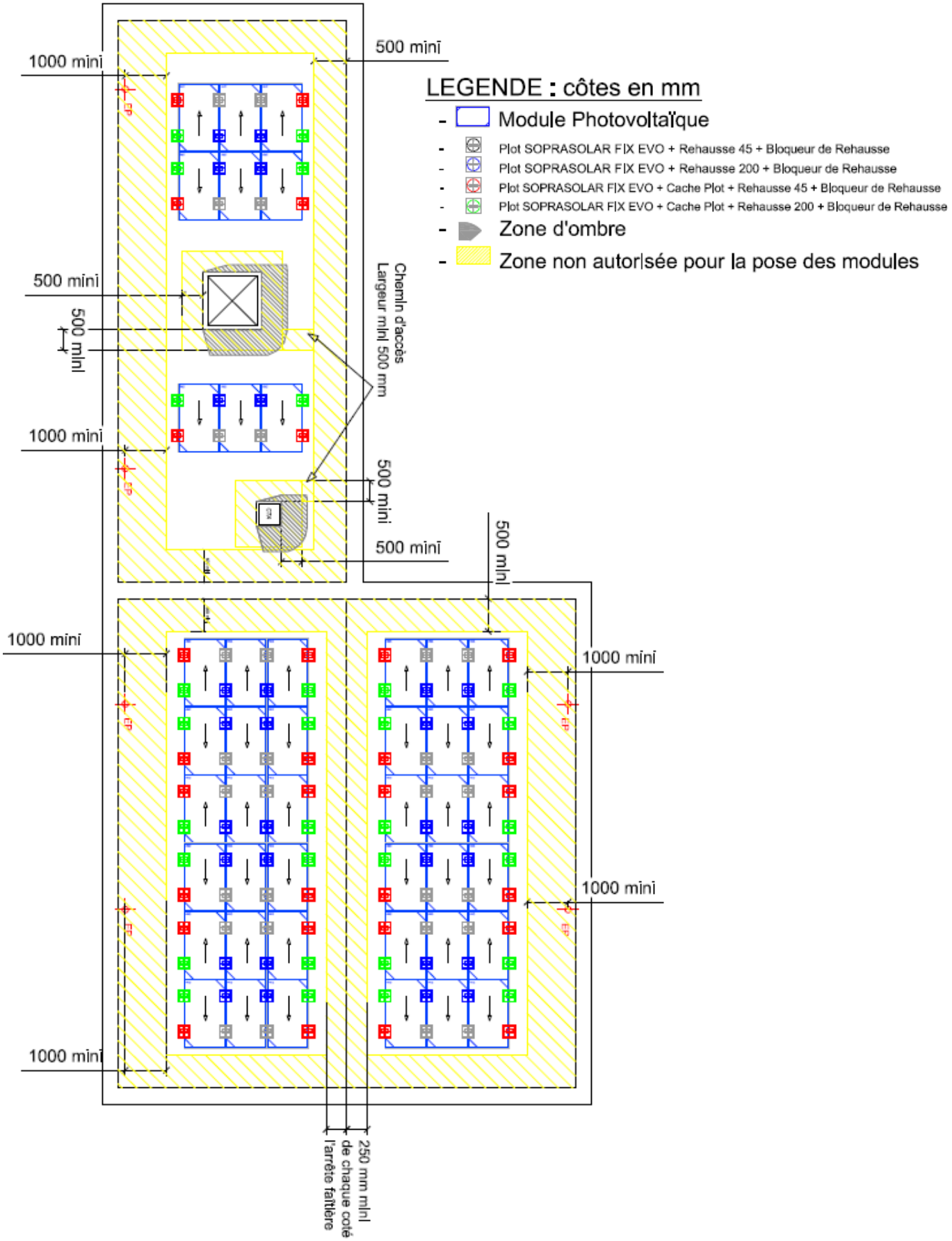
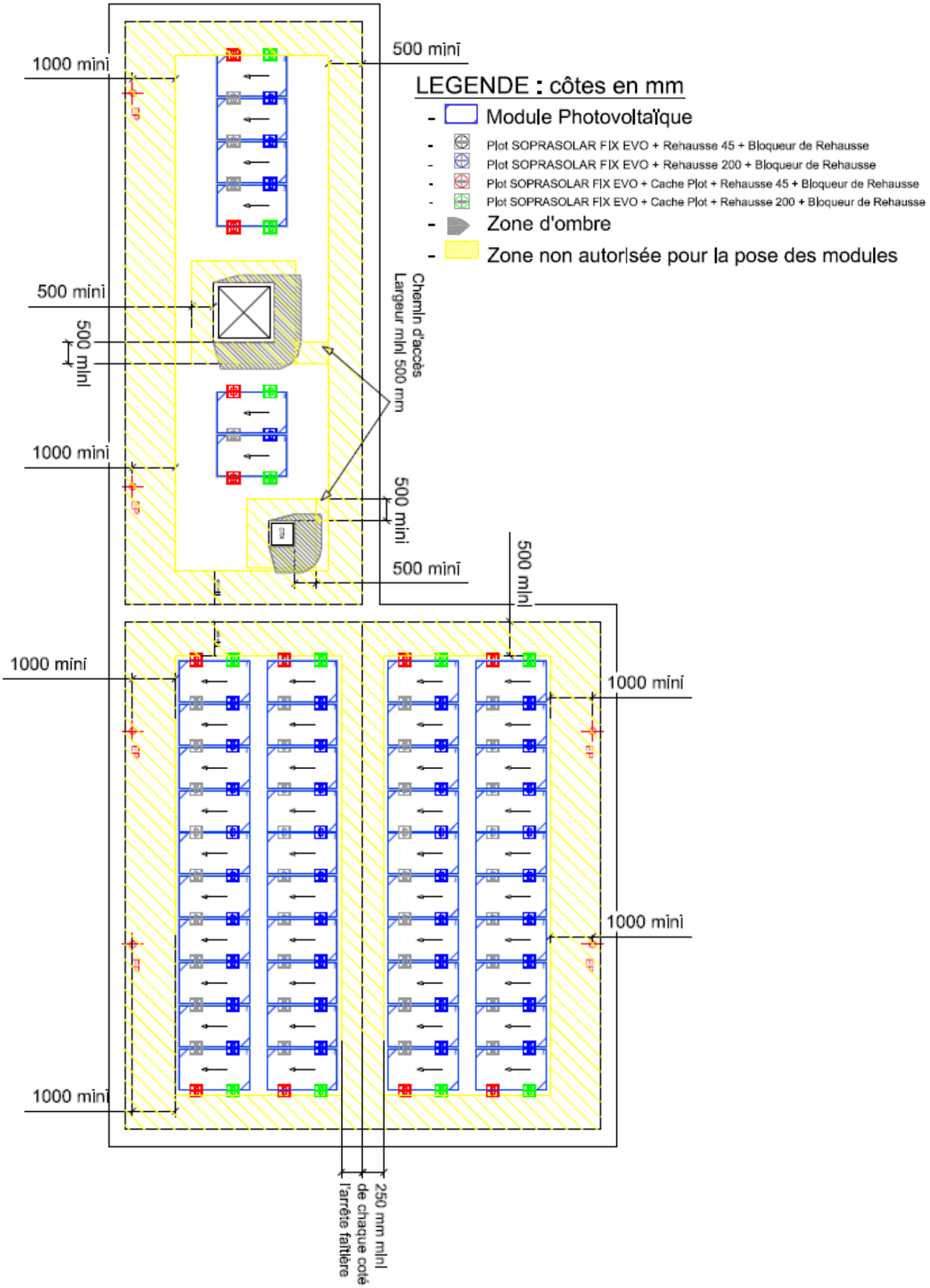



Figure 24 : Exemple calepinage et préparation de la toiture : modules photovoltaïques en mode portrait « SUD »