21/21-75_V7

Valide du **04 novembre 2026**

au **31 juillet 2029**

Sur le procédé

SOPRASOLAR FIX EVO–TAN DTU - SOPRASOLAR FIX EVO TILT–TAN DTU

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

Titulaire(s) : Société SOPRASOLAR

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

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)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V7	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/21-75_V6. La version V7 est une révision partielle qui prend en compte les modifications suivantes : • remplacement de la partie supérieure des étriers universels FATH, • remplacement des étriers intermédiaires et finaux de FATH par des étriers de la société STIB. Le Groupe Spécialisé n° 21 a examiné ce dossier le 27 août 2026.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc
V6	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/21-75_V5. La version V6 est une révision partielle qui prend en compte les modifications suivantes : • ajout des TAN suivantes : o JORISIDE JI-SOPRA 73/73PP - 50/50PP - 42/42PP, o BACACIER SOPRALTEO 49PP - 59PP - 59PA - 59PT - 73PA - 73PT, o MONOPANEL NERVO-SOPRA 72 & 72 AC, • amélioration de la portée des TAN, • mise à jour des associations entre les TAN et les isolants suivants : Panotoit Tekfi 2+ Efigreen Acier, • possibilité d'utiliser un élément porteur CLT, • augmentation de la taille maximale des modules à 2 000 x 1 150 mm, mise à jour du domaine d'emploi, • introduction du plot Soprasolar -6-, • introduction de la réhausse polymère V2, • introduction de la réhausse aluminium 210 mm. Le Groupe Spécialisé n° 21 a examiné ce dossier le 20 novembre 2025.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc
V5	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/21-75_V4. La version V5 est une révision complète qui prend en compte les modifications suivantes : • Ajout des TAN suivantes : o TAN ARCELOR 74PA/74PT, o TAN MONOPANEL 48. • Mise à jour des associations entre les TAN et les isolants suivants : o Rockacier C Nu, o Rockacier C Nu energy, o Panotoit Tekfi2, o SmartRoof C (38), o SmartRoof C (37), o Rocterm - Coberlan C (Nu), o Fesco + Efigreen Acier, o SmartRoof C (38) + Efigreen Acier, o SmartRoof C (37) + Efigreen Acier, o Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier. • Ajout d'un nouvel étrier universel fabriqué par la société FATH. Le Groupe Spécialisé n° 21 a examiné ce dossier le 30 mai 2024.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc

Descripteur :

Procédé photovoltaïque avec gammes de modules en cours de validité dans la grille téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Le procédé SOPRASOLAR FIX EVO – TAN DTU, SOPRASOLAR FIX EVO TILT – TAN DTU est un dispositif permettant la surimposition, en toitures isolées-étanchées, de modules photovoltaïques rigides, fixés sur leurs grands côtés et posés à plat (FIX EVO) ou inclinés (FIX EVO TILT) par rapport au plan de la toiture (pente de 10° pour la structure support des modules photovoltaïques) sur un ensemble de plots en polymère PA6 GF30, éventuellement équipés d'un système de rehausses en aluminium ou en polymère PA6 GF30 (pour système FIX EVO TILT), liaisonnés à un revêtement d'étanchéité bicouche en bitume SBS fixé mécaniquement de la société SOPREMA, sans avoir à perforer ce dernier afin de réaliser des installations productrices d'électricité renouvelable solaire.

Le procédé intègre :

- un élément porteur :
  - en Tôles d'Acier Nervurées conforme au DTU 43.3 :
    - SOPRASTYL 40, 40PP, 46, 46PP, 56, 56PP, 74, 74PP, 74PA, 74PT du fournisseur ARCELORMITTAL CONSTRUCTION FRANCE,
    - SOPRALTEO Bitume 42, 49, 49PP, 59, 59PP, 59PA, 59PT, 73, 73PP, 73PA, 73PT du fournisseur BACACIER,
    - JI-SOPRA 56, 56PP, 73, 73PP, 50, 50PP, 42, 42PP du fournisseur JORIS IDE,
    - NERVO-SOPRA 42, 48, 48AC, 57, 72, 72AC du fournisseur MONOPANEL,
  - ou en panneaux bois à usage structurel (CLT) sous DTA visant l'utilisation comme élément porteur pour terrasses avec étanchéité avec protection par dalles sur plots,
- un complexe assurant l'isolation (EFIGREEN ACIER, ROCKACIER C NU, ROCKACIER C NU ENERGY, PANOTOIT TEKFI 2, SMARTROOF C (38), SMARTROOF C (37), ROCTERM - COBERLAN C (NU), complexes SMARTRROF C (38) + EFIGREEN ACIER, SMARTRROF C (37) + EFIGREEN ACIER, ROCTERM - COBERLAN C (NU) + EFIGREEN ACIER et PANOTOIT TEKFI 2 + EFIGREEN ACIER) et l'étanchéité (membrane bitumineuse SOPREMA) de la toiture-terrasse, les associations possibles avec les TAN étant définies au Tableau 8,
- un système de montage spécifique 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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Les Tôles d'Acier Nervurées qui peuvent être associées à cet Avis Technique sont listées dans la Grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN n° 21/Tn/21-75_V7 (indiquant qu'il s'agit de la nème version de la grille) en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V6.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 6
1.1. Domaine d'emploi accepté 6
1.1.1. Zone géographique 6
1.1.2. Ouvrages visés 8
1.2. Appréciation 8
1.2.1. Liminaire 8
1.2.2. Conformité normative des modules 8
1.2.3. Aptitude à l'emploi du procédé 8
1.2.4. Aspects sanitaires 12
1.2.5. Prévention, maitrise des accidents et maitrise de la mise en œuvre et de l'entretien 12
1.2.6. Durabilité - Entretien 12
1.2.7. Impact environnemental 12
1.2.8. Fabrication et contrôle 13
1.2.9. Mise en œuvre 13
1.2.10. Modules photovoltaïques 13
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 13
2. Dossier Technique 14
2.1. Mode de commercialisation 14
2.1.1. Coordonnées 14
2.1.2. Identification 14
2.1.3. Livraison 14
2.2. Description 14
2.2.1. Principe 14
2.2.2. Modules photovoltaïques 15
2.2.3. Système de montage 17
2.2.4. Autres éléments 19
2.3. Dispositions de conception 23
2.3.1. Généralités 23
2.3.2. Caractéristiques dimensionnelles 24
2.3.3. Conditions préalables à la pose 24
2.3.4. Calepinage et préparation de la toiture 24
2.3.5. Dimensionnement des tôles d'acier nervurées 25
2.3.6. Dimensionnement des support CLT 25
2.3.7. Caractéristiques électriques 25
2.3.8. Spécifications électriques 25
2.3.9. Tôles d'acier nervurées 26
2.4. Dispositions de mise en œuvre 26
2.4.1. Conditions préalables à la pose 26
2.4.2. Compétences des installateurs 27
2.4.3. Sécurité des intervenants 27
2.4.4. Mise en œuvre en toiture 27
2.5. Utilisation, entretien et réparation 31
2.5.1. Généralités 31
2.5.2. Maintenance du champ photovoltaïque 32
2.5.3. Maintenance électrique 32
2.5.4. Remplacement d'un module 32
2.5.5. Remplacement d'un plot SOPRASOLAR FIX EVO 32

2.5.6. Remplacement de l'étanchéité 32
2.6. Traitement en fin de vie 32
2.7. Fabrication et contrôles 33
2.7.1. Modules photovoltaïques 33
2.7.2. Composants de la structure support du module photovoltaïque 33
2.7.3. Éléments porteurs 33
2.7.4. Isolants 34
2.7.5. Feuilles bitumineuses (pare vapeur et revêtement d'étanchéité) 34
2.8. Conditionnement, étiquetage, stockage 34
2.8.1. Modules photovoltaïques 34
2.8.2. Ensemble "système d'intégration" 34
2.8.3. Autres constituants du procédé 35
2.9. Formation 36
2.10. Assistance technique 37
2.11. Mention des justificatifs 37
2.11.1. Résultats expérimentaux 37
2.11.2. Références chantiers 38
2.12. Annexe du Dossier Technique 39
2.12.1. Tableaux 39
2.12.2. Dimensionnement 54
3. Annexes graphiques 93

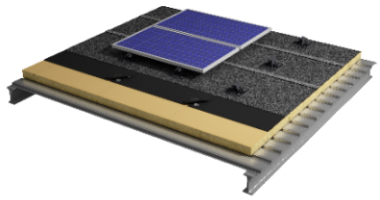
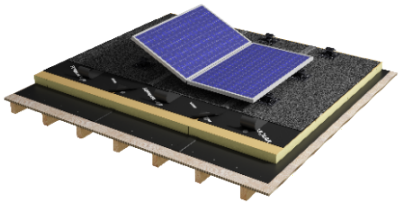
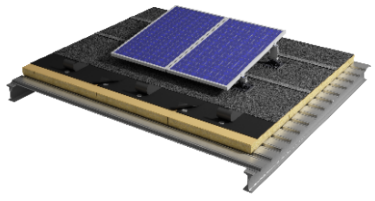
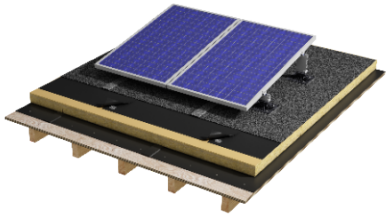
1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

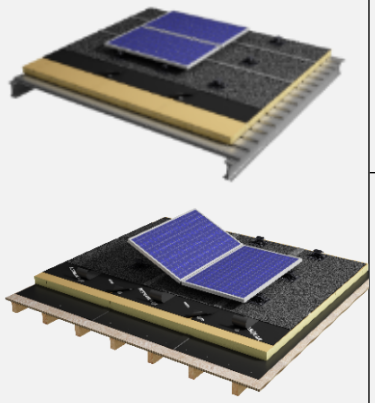
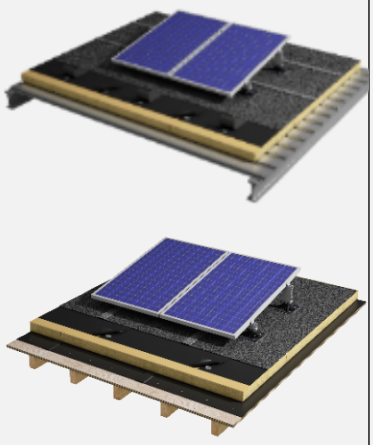
1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

- Utilisation en France métropolitaine sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques de **neige normale** (selon les règles NV 65 modifiées) :

Configuration module	Type d'isolant (cf. Tableau 8 pour les épaisseurs mini)	Nbre de plot/côté	Charge de neige normale maximum admise (selon les règles N65) Pente Toiture maximale = 10%	
			Surface module ≤2m²	Surface module ≤2,3m²
FIX EVO  	✓ Rockacier C Nu ✓ Rockacier C Nu Energy ✓ Panotoit Tekfi 2 ✓ SmartRoof C (38) ✓ SmartRoof C (37) ✓ Rocterm - Coberlan C (Nu) ✓ SmartRoof C (38) + Efigreen Acier ✓ SmartRoof C (37) + Efigreen Acier ✓ Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier ✓ Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier	2	**1 027 Pa**	**876 Pa**
		3	**1 606 Pa**	**1 379 Pa**
	✓ Efigreen Acier	2	**1 316 Pa**	**1 128 Pa**
		3	**1 636 Pa**	**1 636 Pa**
FIX EVO TILT  	✓ Rockacier C Nu ✓ Rockacier C Nu Energy ✓ Panotoit Tekfi 2 ✓ SmartRoof C (38) ✓ SmartRoof C (37) ✓ Rocterm - Coberlan C (Nu) ✓ SmartRoof C (38) + Efigreen Acier ✓ SmartRoof C (37) + Efigreen Acier ✓ Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier ✓ Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier	2	**1 071 Pa**	**913 Pa**
	✓ Efigreen Acier	2	**1 333 Pa**	**1 177 Pa**

- sur des toitures soumises à des charges climatiques de **vent normal** (selon les règles NV65 modifiées) n'excédant pas :

Configuration module	Configuration			Vent normal – module ≤ 2m²		Vent normal – module ≤ 2,3m²	
	Nbre de plot	Présence de la ligne de fixation complémentaire à mi-lès du Soprafix HP	Type de rondelle	[Pa]		[Pa]	
FIX EVO 	2 plots/côté	Non	Métallique ϕ40mm	**642**		**544**	
			Ovale métallique 82x40	**926**		**785**	
		Oui	Métallique ϕ40mm ou ovale 82x40	**950**		**805**	
	3 plots/côté	Non	Métallique ϕ40mm	**802**		**680**	
			Ovale métallique 82x40	**926**		**785**	
		Oui	Métallique ϕ40mm ou ovale 82x40	**965**		**818**	
		Set de réhausses ->		**Aluminium**	**Polymère**	**Aluminium**	**Polymère**
FIX EVO TILT 	2 plots/côté	Non	Métallique ϕ40mm	**642**		**544**	
			Ovale métallique 82x40	**926**	**899**	**785**	**762**
		Oui	Métallique ϕ40mm ou ovale 82x40	**950**	**899**	**805**	**762**

La mise en œuvre du procédé Soprasolar Fix Evo Tilt TAN DTU avec certaines TAN entraîne une limitation de surfaces sur les modules photovoltaïques compatibles.

- Le dimensionnement s'effectue avec les TAN SOPRASTYL d'ARCELORMITTAL BUILDING SOLUTIONS FRANCE ou SOPRALTEO de BACACIER ou JI-SOPRA de JORIS IDE ou NERVO-SOPRA de MONOPANEL :
  - sous charge ascendante, pour l'ensemble du procédé (TAN-isolant-étanchéité-système d'intégration des modules photovoltaïques) selon les règles V65 modifiées,
  - sous charge descendante, pour les TAN selon les règles N84 modifiées en se reportant au § 2.12.2 et pour le reste des éléments selon les règles N65 modifiées.

- Les méthodes de dimensionnement sont différentes selon le fabricant de TAN (cf. § 2.12.2.3, 2.12.2.4, 2.12.2.5 et 2.12.2.6).

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

1.1.2. Ouvrages visés

- Mise en œuvre :
  - au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie (au sens du DTU 43.3 annexe B) pour tous les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, ou forte hygrométrie pour tous les profilés à l'exception des tôles d'acier nervurées qui sont perforées. La très forte hygrométrie est exclue,
  - sur toitures terrasses plates ou inclinées, inaccessibles, techniques ou à zones techniques,
  - sur tout type de bâtiments , ouverts ou fermés, neufs ou en rénovation :
    - sur ouvrages neufs avec les éléments du complexe décrits au paragraphe 2.2.1,
    - sur ouvrages existants avec réfection complète du complexe avec les éléments cités au paragraphe 2.2.1, y compris les Tôles d'Acier Nervurées du présent Dossier Technique.
  - La toiture d'implantation doit présenter des versants de pente, imposée par la toiture, comprise entre 3 et 10% (1,7° à 5,7°).
- Les modules photovoltaïques doivent être issus des gammes de modules indiquées dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet Avis Technique, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document.
- Les Tôles d'Acier Nervurées qui peuvent être associées à cet Avis Technique sont listées dans la Grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN n° 21/Tn/21-75_V7 (indiquant qu'il s'agit de la nème version de la grille) en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode portrait ou paysage par rapport à la pente de toiture avec les étriers toujours positionnés sur le grand côté du module, et posés :
    - parallèle au plan de la toiture (FIX EVO) sur 2 plots (standard) ou 3 plots (densifié) par côtés,
    - ou inclinés par rapport au plan de la toiture (FIX EVO TILT) sur 2 plots par côté en inclinaison double shed (cf. Figure 7) ou simple shed (cf Figure 8),
  - en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (cf paragraphe 2.3.4 et Figure 42 à Figure 45).

1.2. Appréciation

1.2.1. Liminaire

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

1.2.2. Conformité normative des modules

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

1.2.3. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.3.1. Fonction génie électrique

1.2.3.1.1. Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques
  Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.
  Les boîtes de connexion, les câbles et les connecteurs sont conformes respectivement aux normes IEC 62790, NF EN 50518 ou IEC 62930, et IEC 62852, et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension en courant continu indiquée dans la grille de vérification des modules, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.
- Protection des personnes contre les chocs électriques
  Les modules photovoltaïques cadrés sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730, jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).
  À ce titre, ils sont marqués CE selon la Directive 2014/35/UE (dite « Directive Basse Tension ») du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États Membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.
  Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs avec système de verrouillage, conformes à la norme IEC 62852 permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.
  L'utilisation de rallonges électriques (pour les connexions éventuelles entre modules, entre séries de modules et vers l'onduleur, ...) équipées de connecteurs de même fabricant, même type et même marque, permet d'assurer la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.

La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.
L'utilisation de cosses en cuivre étamé avec rondelles bimétal ou d'agrafes en acier inoxydable Terragrif 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.

1.2.3.1.2. Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

1.2.3.1.3. Puissance crête des modules utilisés

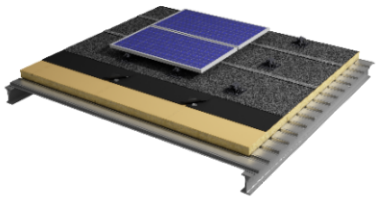
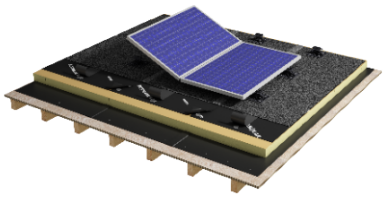
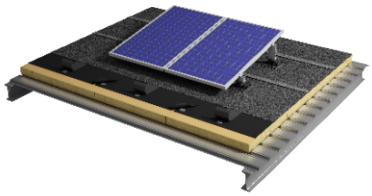
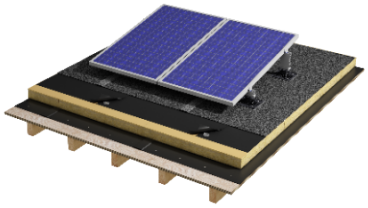
La grille de vérification des modules recense les puissances crêtes des modules, validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

1.2.3.2. Fonction toiture

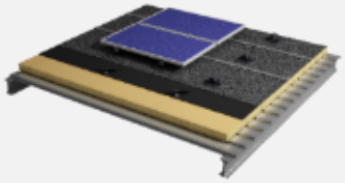
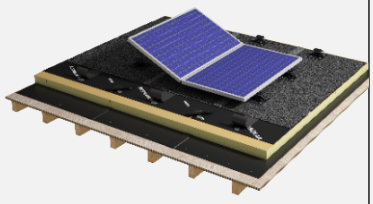
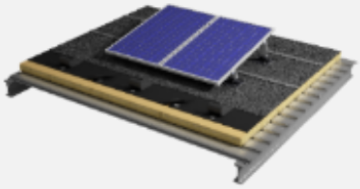
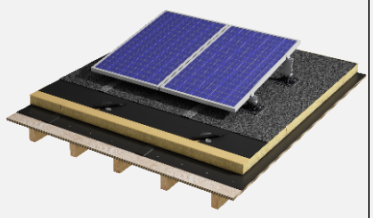
1.2.3.2.1. Stabilité

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

- la charge sous **neige normale** n'excède pas les valeurs du tableau suivant :

Configuration module	Type d'isolant (cf. Tableau 8 pour les épaisseurs mini)	Nbre de plot/côté	Charge de neige normale maximum admise (selon les règles N65) Pente Toiture maximale = 10%	
			Surface module ≤2m²	Surface module ≤2,3m²
FIX EVO  	✓ Rockacier C Nu ✓ Rockacier C Nu Energy ✓ Panotoit Tekfi 2 ✓ SmartRoof C (38) ✓ SmartRoof C (37) ✓ Rocterm - Coberlan C (Nu) ✓ SmartRoof C (38) + Efigreen Acier ✓ SmartRoof C (37) + Efigreen Acier ✓ Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier ✓ Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier	2	**1 027 Pa**	**876 Pa**
		3	**1 606 Pa**	**1 379 Pa**
	✓ Efigreen Acier	2	**1 316 Pa**	**1 128 Pa**
		3	**1 636 Pa**	**1 636 Pa**
FIX EVO TILT  	✓ Rockacier C Nu ✓ Rockacier C Nu Energy ✓ Panotoit Tekfi 2 ✓ SmartRoof C (38) ✓ SmartRoof C (37) ✓ Rocterm - Coberlan C (Nu) ✓ SmartRoof C (38) + Efigreen Acier ✓ SmartRoof C (37) + Efigreen Acier ✓ Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier ✓ Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier	2	**1 071 Pa**	**913 Pa**
	✓ Efigreen Acier	2	**1 333 Pa**	**1 177 Pa**

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

<table>
<tr><th rowspan="2">Configuration module</th><th colspan="3">Configuration</th><th colspan="2">Vent normal – module ≤ 2m²</th><th colspan="2">Vent normal – module ≤ 2,3m²</th></tr>
<tr><th>Nbre de plot</th><th>Présence de la ligne de fixation complémentaire à mi-lès du Soprafix HP</th><th>Type de rondelle</th><th colspan="2">[Pa]</th><th colspan="2">[Pa]</th></tr>
<tr><td rowspan="5">FIX EVO

</td><td rowspan="3">2 plots/côté</td><td rowspan="2">Non</td><td>Métallique ϕ40mm</td><td colspan="2">642</td><td colspan="2">544</td></tr>
<tr><td>Ovale métallique 82x40</td><td colspan="2">926</td><td colspan="2">785</td></tr>
<tr><td>Oui</td><td>Métallique ϕ40mm ou ovale 82x40</td><td colspan="2">950</td><td colspan="2">805</td></tr>
<tr><td rowspan="3">3 plots/côté</td><td rowspan="2">Non</td><td>Métallique ϕ40mm</td><td colspan="2">802</td><td colspan="2">680</td></tr>
<tr><td>Ovale métallique 82x40</td><td colspan="2">926</td><td colspan="2">785</td></tr>
<tr><td>Oui</td><td>Métallique ϕ40mm ou ovale 82x40</td><td colspan="2">965</td><td colspan="2">818</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Set de réhausses -></td><td>Aluminium</td><td>Polymère</td><td>Aluminium</td><td>Polymère</td></tr>
<tr><td rowspan="3">FIX EVO TILT

</td><td rowspan="3">2 plots/côté</td><td rowspan="2">Non</td><td>Métallique ϕ40mm</td><td colspan="2">642</td><td colspan="2">544</td></tr>
<tr><td>Ovale métallique 82x40</td><td>926</td><td>899</td><td>785</td><td>762</td></tr>
<tr><td>Oui</td><td>Métallique ϕ40mm ou ovale 82x40</td><td>950</td><td>899</td><td>805</td><td>762</td></tr>
</table>

La mise en œuvre du procédé Soprasolar Fix Evo Tilt TAN DTU avec certaines TAN entraîne une limitation de surfaces sur les modules photovoltaïques compatibles.

1.2.3.2.2. Sécurité en cas de séisme

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

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

1.2.3.2.3. Étanchéité à l'eau

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

1.2.3.2.4. Sécurité au feu

Dans les lois et règlements en vigueur, les dispositions à considérer pour les toitures proposées ont trait à la tenue au feu venant de l'extérieur et de l'intérieur.

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur :

Des procédés photovoltaïques mis en œuvre sur des complexes d'étanchéités présentent un classement de tenue au feu $B_{roof}(t3)$. Ils sont définis dans le procès-verbal cité au § 2.11.1 « Résultats Expérimentaux ». L'entreprise de pose doit se procurer ce procès-verbal auprès du titulaire de l'Avis Technique et vérifier que le procédé à mettre en œuvre (composé de modules photovoltaïques, du système de montage et du complexe d'étanchéité) est pris en compte par ce procès-verbal.

1.2.3.2.5. Sécurité des intervenants

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

- de dispositifs antichute selon la réglementation en vigueur,
- de chemins de circulation définis suivant le calepinage de la société SOPRASOLAR,
- de la consigne que 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).

1.2.3.2.6. Sécurité des usagers

Sans objet.

1.2.4. Aspects sanitaires

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

1.2.5. 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, notamment par le port des Équipements de Protection Individuels (EPI).

1.2.6. 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 toiture peut être estimée comme satisfaisante.

1.2.7. Impact environnemental

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

La grille de vérification associée à cet Avis Technique indique en fonction des gammes de module indiquées si le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU 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.

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 profils SOPRASTYL/SOPRALTEO/JI-SOPRA/NERVO-SOPRA font l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) conforme aux normes ISO 14026, NF EN 15804+A1 et son complément national XP P 01-064 / CN. Cette fiche est collective et a fait l'objet d'une auto-déclaration. Elle a été établie en décembre 2015 par l'Enveloppe Métallique du Bâtiment assisté par PwC. Cette fiche 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.

1.2.8. 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.

1.2.9. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par la société SOPRASOLAR (*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, cf. § 2.4.2*) permet d'assurer une bonne réalisation des installations.

1.2.10. Modules photovoltaïques

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

La grille de vérification à utiliser doit être la version la plus récente se rapportant à cet Avis Technique. La grille porte alors un n° du type 21/Gn/21-75_V7 indiquant qu'il s'agit de la n^{ème} version de la grille. La version Gn la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site de la CCFAT.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur la nécessité de mettre en œuvre le revêtement d'étanchéité conformément au DTA SOPRAFIX Bicouche et au DTA des panneaux isolants non porteurs EFIGREEN ACIER, ROCKACIER C NU, ROCKACIER C NU ENERGY, PANOTOIT TEKFI 2, SMARTROOF C (38), SMARTROOF C (37), ROCTERM – COBERLAN C (NU), en tenant compte des exceptions liées au procédé photovoltaïque SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU définies dans le Dossier Technique du demandeur.

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 lorsque les modules sont placés dans ces zones.

L'entraxe maximal entre fixations de couturage est de 75 cm pour les TAN SOPRASTYL et de 50 cm pour les TAN SOPRALTEO/JI-SOPRA/NERVO-SOPRA.

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur le fait que, pour tous les procédés avec TAN PT (perforées totales), celles-ci doivent être mises en œuvre avec des plaquettes sous tête de fixation.

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur le fait que, lorsque la finition aluminium est présente dans les chemins de circulation prévus, il ne peut pas être exclu l'apparition de plis de l'aluminium. Si cette présence de plis n'est pas acceptable pour le Maître d'Ouvrage, une autre solution que les prescriptions décrites dans cet Avis Technique est à prévoir.

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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Les Tôles d'Acier Nervurées qui peuvent être associées à cet Avis Technique sont listées dans la Grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN n° 21/Tn/21-75_V7 (indiquant qu'il s'agit de la nème version de la grille) en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

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

2.1.2. Identification

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

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

2.1.3. Livraison

Le système de traçabilité du titulaire doit permettre de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés, des éléments suivants :

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

La notice de montage et de câblage des modules photovoltaïques entre eux, un plan d'exécution - calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO et des modules photovoltaïques - doivent être fournis avec le procédé pour chaque projet par la société SOPRASOLAR.

L'installateur doit prévoir :

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

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé (cf. Figure 1 et Figure 2) SOPRASOLAR FIX EVO – TAN DTU, SOPRASOLAR FIX EVO TILT – TAN DTU (noté SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU dans la suite du document) est un dispositif permettant la surimposition, en toitures isolées-étanchées, de modules photovoltaïques rigides, fixés sur leurs grands côtés et posés parallèlement (FIX EVO) ou inclinés (FIX EVO TILT) par rapport au plan de la toiture (pente de 10° pour la structure support des modules photovoltaïques) sur un ensemble de plots en polymère PA6 GF30, éventuellement équipés d'un système de rehausses en aluminium ou en polymère PA6 GF30 (pour système FIX EVO TILT), liaisonnés à un revêtement d'étanchéité bicouche en bitume SBS fixé mécaniquement de la société SOPREMA, sans avoir à perforer ce dernier afin de réaliser des installations productrices d'électricité renouvelable solaire.

Le procédé intègre :

- un élément porteur :
    - en Tôles d'Acier Nervurées conforme au DTU 43.3 :

        - SOPRASTYL 40, 40PP, 46, 46PP, 56, 56PP, 74, 74PP, 74PA, 74PT du fournisseur ArcelorMittal Building Solutions France,
        - SOPRALTEO Bitume 42, 49, 49PP, 59, 59PP, 59PA, 59PT, 73, 73PP, 73PA, 73PT du fournisseur Bacacier,
        - JI-SOPRA 56/56PP, 73/73PP, 50/50PP, 42/42PP du fournisseur JORIS IDE,
        - NERVO-SOPRA 42, 48, 48AC, 57, 72 & 72AC du fournisseur MONOPANEL,
    - en panneaux bois à usage structurel (CLT) sous DTA visant l'utilisation comme élément porteur pour terrasses avec étanchéité avec protection par dalles sur plots.
- un pare-vapeur (lorsque nécessaire) conforme au DTA "SOPRAFIX Bicouche" de SOPREMA,
- des panneaux isolants non porteurs (les épaisseurs minimales et les associations possibles isolants/TAN sont précisées au Tableau 8) :
    - en laine minérale nue ROCKACIER C NU conforme au DTA ROCKACIER C NU de la société ROCKWOOL,
    - en laine minérale nue ROCKACIER C NU Energy conforme au DTA ROCKACIER C NU ENERGY de la société ROCKWOOL,
    - en laine minérale nue PANOTOIT TEKFI 2 conforme au DTA PANOTOIT TEKFI2 de la société ISOVER,
    - en laine minérale nue SMARTROOF C (38) conforme au DTA SMARTROOF C de la société KNAUF INSULATION,
    - en laine minérale nue SMARTROOF C (37) conforme au DTA SMARTROOF C de la société KNAUF INSULATION,
    - en laine minérale nue ROCTERM - COBERLAN C (NU) conforme au DTA ROCTERM - COBERLAN C (NU) de la société BM France,
    - en PIR EFIGREEN ACIER conforme au DTA EFIGREEN ACIER fixé mécaniquement de la société SOPREMA,
    - en association SMARTROOF C (38) / SMARTROOF C (37) / ROCTERM - COBERLAN C (NU) / PANOTOIT TEKFI 2 + EFIGREEN ACIER conforme aux DTA EFIGREEN ACIER fixé mécaniquement avec écran (DTA 5.2/20-2669_V1) de la société SOPREMA,
- un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux fixé mécaniquement constitué d'une première couche de SOPRAFIX HP associée à une deuxième couche :
    - SOPRALENE FLAM 180 AR (Fe),
    - SOPRALENE FLAM 180 ALU
      conforme au DTA "SOPRAFIX Bicouche" 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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Les Tôles d'Acier Nervurées qui peuvent être associées à cet Avis Technique sont listées dans la Grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN n° 21/Tn/21-75_V7 (indiquant qu'il s'agit de la nème version de la grille) en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Tous les éléments décrits dans les paragraphes 2.2.2 et 2.2.3 font partie de la livraison du procédé assurée par la société SOPRASOLAR. Le détail de la fourniture se trouve au Tableau 2.

2.2.2. Modules photovoltaïques

2.2.2.1. Généralités

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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

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 sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique (cf § 1.2.10).

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

2.2.2.2. Caractéristiques dimensionnelles

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

Groupe A :

- Longueur comprise entre 1 585 et 2 000 mm,
- Largeur comprise entre 950 et 1 150 mm,
- Surface maximale de 2,30 m²,
- Hauteur du cadre compris entre 30 et 42 mm,
- Masse spécifique comprise entre 10,3 et 13,5 kg/m².

2.2.2.3. Face arrière

Face arrière faite d'un film de sous-face ou bien module bi-verre, faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.4. Cellules photovoltaïques

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

2.2.2.5. Intercalaire encapsulant

Référence faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.6. Vitrage

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

2.2.2.7. Constituants électriques

2.2.2.7.1. Boîte de connexion

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

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

Elle possède les caractéristiques minimales suivantes :

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

2.2.2.7.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques de 900 mm minimum chacun dont la section est de 4 mm2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés. Ces câbles ont les spécifications minimales suivantes :

- tension assignée : 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme EN 50618:2014 ou IEC 62930:2017,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

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

2.2.2.7.3. Connecteurs électriques

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

- indice de protection (connecté) : IP 67 minimum,
- tension assignée de 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62852:2014,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

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

2.2.2.8. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium de série supérieure ou égale à 6000, d'état métallurgique au moins T5, T6 ou T66, 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 du cadre sur le laminé est indiquée dans la grille de vérification des modules.

2.2.3. Système de montage

2.2.3.1. Fourniture

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société SOPRASOLAR et sont fournis par la société SOPRASOLAR. Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société SOPRASOLAR à l'exception (cf. § 2.2.4) :

- du revêtement d'étanchéité "SOPRAFIX Bicouche" et de l'écran pare-vapeur directement fourni par la société SOPREMA,
- des attelages de fixation mécaniques du revêtement d'étanchéité, fournis en général par l'étancheur en charge de la pose de l'étanchéité,
- de l'isolant ROCKACIER C NU fourni par la société ROCKWOOL,
- de l'isolant ROCKACIER C NU ENERGY fourni par la société ROCKWOOL,
- de l'isolant PANOTOIT TEKFI 2 fourni par la société ISOVER,
- de l'isolant SmartRoof C (38) fourni par la société KNAUF INSULATION,
- de l'isolant SmartRoof C (37) fourni par la société KNAUF INSULATION,
- de l'isolant ROCTERM - COBERLAN C (NU) fourni par la société BM FRANCE,
- de l'isolant EFIGREEN ACIER fourni par la société SOPREMA,
- des profilés SOPRASTYL fournis par la société ArcelorMittal Building Solutions France,
- des profilés SOPRALTEO fournis par la société BACACIER,
- des profilés JI-SOPRA fournis par la société JORIS IDE,
- des profilés Nervo-Sopra fournis par la société MONOPANEL SAS,
- des panneaux bois à usage structurel (CLT) sous DTA visant l'utilisation comme élément porteur pour terrasses avec étanchéité avec protection par dalles sur plots,
- des fixations sur la charpente ainsi que des fixations de couture des TAN fournis en général par l'étancheur en charge de la pose de l'étanchéité.

2.2.3.2. Plot SOPRASOLAR FIX EVO (cf Tableau 3)

2.2.3.2.1. Généralités

Le plot SOPRASOLAR FIX EVO permet de liaisonner les modules photovoltaïques (via des étriers) au revêtement d'étanchéité. Réglable avec un débattement permettant d'obtenir une hauteur finale variant de 120 à 160 mm.

Il existe en 2 versions, la version standard et la version -6-.

Le plot SOPRASOLAR FIX EVO est préassemblé en usine et constitué des éléments suivants :

2.2.3.2.2. Plastron SOPRASOLAR (bitume SEBS avec armature polyester non-tissé) – identique pour la version standard et la version -6-

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 5.

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 préparation de ce dernier.

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

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 40 mm.

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

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

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

La tête peut être vissée et dévissée dans l'embase afin de régler la hauteur totale du plot par pas de 2,5 mm. Une butée de fin de course permet de ne pas désolidariser la tête de l'embase lors du dévissage sur chantier (cf. Figure 20).

- Tête standard :
  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 (étriers – cf § 2.2.3.4) et présentant 2 ailettes latérales pour fixer les câbles électriques.
- Tête -6- :
  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 (étriers – cf § 2.2.3.4) et présentant 2 ailettes latérales pré percées afin d'accueillir un système de fixation de câble.

2.2.3.3. Set de rehausse

2.2.3.3.1. Set en aluminium : Rehausse 45, Rehausse 200 ou Réhausse 210, Bloqueur de rehausse (cf.Tableau 6, Figure 16, Figure 17, Figure 18)

Les rehausses 45, rehausses 200 et 210 et bloqueurs de rehausse sont en aluminium EN AW-6060 T6 brut (ou anodisé à 20 µm pour les zones à moins de 3km des côtes – cf. Tableau 1).

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).

2.2.3.3.2. Set en polymère : Rehausse 45 V2, Rehausse 210 V2 (cf. Tableau 7, Figure 19, Figure 20)

Les rehausses polymères 45 et 210 sont en polyamide 6 chargé à 30% fibre de verre. Un repose-câble sur la réhausse 210 permet de fixer les câbles à l'aide de collier type COLSON.

Un perçage de diamètre 9mm au milieu de la réhausse 210 permet la fixation d'élément par boulonnage (comme un optimiseur).

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).

Les réhausses polymères ont une résistance à l'arrachement minimale de 500 daN à l'état neuf et 290 daN après un vieillissement de 2 000 h à 85°C.

2.2.3.4. Étriers (cf. Figure 12, Figure 13, Figure 14, Figure 15)

Ces pièces en aluminium EN AW-6063 T66 permettent de fixer les modules photovoltaïques aux têtes de plot ou aux rehausses. En fonction de leur position sur l'installation, plusieurs sortes d'étriers peuvent être mis en œuvre :

- Étrier intermédiaire STIB
  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 3 mm et comportent un perçage de diamètre 8 mm sur leur fond.
  Le rebord de l'étrier est de 10,1 x 60 mm.
  Chaque étrier est fourni préassemblé avec une vis CHC M8 × 20 en acier inoxydable A2 associée à un écrou prisonnier en acier inoxydable A2.
  Dimensions hors-tout (L×l×H) : 60 x 40 x 53 mm.
- Étrier final STIB
  Ce type d'étrier est mis en œuvre en extrémité de sous-ensemble de modules photovoltaïques.
  Ils sont d'épaisseur 3 mm et comportent un perçage de diamètre 8 mm sur leur fond.
  Le rebord de l'étrier est de 10,1 x 60 mm.
  Chaque étrier est fourni préassemblé avec une vis CHC M8 × 20 en acier inoxydable A2 associée à un écrou prisonnier en acier inoxydable A2.
  Il existe en 2 variantes :
  - Pour cadre de 30 mm d'épaisseur : dimensions hors-tout (L×l×H) : 60 x 33 x 53 mm.
  - Pour cadre de 35 mm d'épaisseur : dimensions hors-tout (L×l×H) : 60 x 33 x 57 mm.
- Étrier universel
  Il y a deux fournisseurs d'étrier universel, les deux références ont la même fonctionnalité et ne diffèrent que par leur forme et conception.
  Ils sont d'épaisseur 3 mm pour l'étrier STIB et pour l'étrier FATH.
  Le rebord de l'étrier est de 6,5 x 60 mm pour l'étrier STIB et de 10,5 x 60 mm pour l'étrier FATH.
  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 inoxydable 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 : étrier STIB,
  - 60 × 43,4 × 59 mm : étrier FATH.

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 3 km des côtes (cf. Tableau 1).

2.2.4. Autres éléments

2.2.4.1. Liminaire

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

Les éléments suivants, non fournis par la société SOPRASOLAR, sont toutefois indispensables (hormis la Terragrif, cf. § 2.2.4.10) à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé :

2.2.4.2. Élémentporteur

2.2.4.2.1. Profils SOPRASTYL

Les Tôles d'Acier Nervurées (profils SOPRASTYL 40/40PP, 46/46PP, SOPRASTYL 56/56PP, SOPRASTYL 74/74PP/74PA/74PT de la société ARCELORMITTAL BUILDING SOLUTIONS FRANCE) sont utilisées avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU. Ces profils éléments porteurs d'étanchéité sont commercialisés et fournis directement par la société ArcelorMittal Building Solutions France.

Ils sont fabriqués à partir de tôles d'acier comportant un revêtement métallique nu ou prélaqué. Les revêtements métalliques peuvent être de deux natures :

- galvanisé répondant aux normes NF EN 10346 et NF P 34-301 lorsqu'il est nu, ou aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169 lorsqu'il est revêtu,
- revêtu du revêtement "ZMevolution®" nu ou prélaqué possédant une Etude Technique Préalable de Matériau à caractère favorable (n°19/0064).

Les guides de choix des revêtements sont donnés au § 2.12.2.3.1, Tableau 11 et Tableau 12. Les profils perforés SOPRASTYL 40PP, 46PP, 56PP, 74PP, 74PA et 74PT ne sont pas autorisés en forte hygrométrie. La très forte hygrométrie est exclue pour tous les profils.

L'épaisseur nominale de l'acier est au moins égale :

- à 0,75 mm pour l'acier galvanisé et galvanisé prélaqué ;
- aux valeurs correspondantes indiquées dans l'E.T.P.M. relative au revêtement "ZMevolution®" défini dans l'ETPM n°19/0064.

La nuance minimale d'acier selon la norme NF EN 10346 est S320 GD.

Les tolérances sur épaisseur sont décalées et conformes à la norme NF EN 10143.

Il convient de contacter le fabricant pour connaître le classement de réaction au feu des revêtements.

Les profils SOPRASTYL 40, 40PP, 46, 46PP, 56, 56PP, 74,74PP, 74PA et 74PT sont conformes au DTU 43.3 P1-2 et à la norme NF P 34-401-2, en termes de forme, de dimensions et tolérances. La géométrie ainsi que les caractéristiques de perforation sont données dans les fiches techniques. Les portées maximales d'utilisation ainsi que les caractéristiques mécaniques détaillées sont données dans les fiches techniques (cf. § 2.12.2.3.8).

2.2.4.2.2. Profils SOPRALTEO

Les Tôles d'Acier Nervurées (profils SOPRALTEO 42.1010 Bitume, SOPRALTEO 49.950 & 49.950PP Bitume, SOPRALTEO 59.900 & 59.900PP & 59.900PA & 59.900PT Bitume, SOPRALTEO 73.780 Bitume et SOPRALTEO 73.780PP & 73.780PA & 73.780PT Bitume de la société BACACIER) sont utilisées avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT - TAN DTU. Ces profils éléments porteurs d'étanchéité sont commercialisés et fournis directement par la société BACACIER.

Les TAN SOPRALTEO sont fabriquées à partir de bobines d'acier galvanisées ou prélaquées conformément aux normes :

- NF EN 10346 et NF P 34-310 lorsqu'elles sont galvanisées,
- NF P 34-301 lorsqu'elles sont prélaquées.

L'épaisseur nominale de l'acier est au moins égale à 0,75 mm.

La nuance minimale d'acier utilisée, selon la norme NF EN 10346, est S320 GD pour le SOPRALTEO 42.1010 et S350 GD pour les SOPRALTEO 49.950,59.900,73.780 et 73.780PP. Les tolérances sur l'épaisseur sont décalées et conformes à la norme NF EN 10143.

Il convient de contacter le fabricant pour connaître le classement de réaction au feu des revêtements.

Les profils SOPRALTEO sont conformes au DTU 43.3 P1-2 et à la norme NF P 34-401-2, en termes de forme, de dimensions et tolérances. Les portées maximales d'utilisation sont données dans les fiches techniques (cf. § 2.12.2.4.8).

2.2.4.2.3. Profils JI-SOPRA

Les Tôles d'Acier Nervurées JI-SOPRA 42 & 42PP, JI-SOPRA 50 & 50PP, JI-SOPRA 56 & 56PP, JI-SOPRA 73 & 73PP de la société Joris Ide NV sont utilisées avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU. Ces profils éléments porteurs d'étanchéité sont commercialisés et fournis directement par la société Joris Ide NV.

Les TAN JORIS IDE sont fabriquées à partir de bobines d'acier galvanisées ou prélaquées conformément aux normes :

- NF EN 10346 et NF P 34-310 lorsqu'elles sont galvanisées ;
- NF EN 10169 et NF P 34-301 lorsqu'elles sont prélaquées.

L'épaisseur nominale de l'acier est au moins égale à 0,75 mm.

La nuance minimale d'acier utilisée est S 320 GD selon la norme NF EN 10346. Les tolérances sur épaisseur sont décalées et conformes à la norme NF EN 10143.

Il convient de contacter le fabricant pour connaître le classement de réaction au feu des revêtements.

Les profils JI-SOPRA sont conformes au DTU 43.3 P1-2 et à la norme NF P 34-401-2, en termes de forme et de dimensions et tolérances. La géométrie ainsi que les caractéristiques de perforation sont données dans les fiches techniques. Les portées maximales d'utilisation sont données dans les fiches techniques (cf. § 2.12.2.5.8).

2.2.4.2.4. ProfilsNERVO-SOPRA

Les Tôles d'Acier Nervurée NERVO-SOPRA 42, NERVO-SOPRA 48, NERVO-SOPRA 48AC, NERVO-SOPRA 57, NERVO-SOPRA 72 & 72AC de la société MONOPANEL SAS sont utilisées avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/ FIX EVO TILT – TAN DTU. Ces profils éléments porteurs d'étanchéité sont commercialisés et fournis directement par la société MONOPANEL SAS.

Les TAN NERVO-SOPRA sont fabriquées à partir de tôles d'acier comportant un revêtement métallique nu ou prélaqué. Les revêtements métalliques sont galvanisés répondant :

- aux normes NF EN 10346 et NF P 34-310 lorsqu'il est nu,
- aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169 avec revêtement organique,
- à l'ETPM n° 17/0041_V2 avec revêtement MagiZinc®.

Les guides de choix des revêtements sont donnés au Tableau 20 et Tableau 21.

L'épaisseur nominale de l'acier est au moins égale à 0,75 mm.

La nuance minimale d'acier selon la norme NF EN 10346 est S320 GD.

Les tolérances sur épaisseur sont spéciales et conformes à la norme NF EN 10143.

Il convient de contacter le fabricant pour connaître le classement de réaction au feu des revêtements.

Les profils NERVO-SOPRA sont conformes au DTU 43.3 P1-2 et à la norme NF P 34-401-2, en termes de forme, de dimensions et tolérances. La géométrie est donnée dans les fiches techniques. Les portées maximales d'utilisation ainsi que les caractéristiques mécaniques détaillées sont données dans les fiches techniques au § 2.12.2.6.8.

2.2.4.2.5. Fixations à la structure porteuse

Les fixations sont conformes au § 5.5.1 de la norme NF DTU 43.3 P1-2.

Les clous à scellement ne sont pas admis dans le cadre du procédé décrit par cet Avis Technique.

2.2.4.2.6. Fixations de couture

Les fixations, y compris les plaquettes sous tête, sont conformes au § 5.5.1 de la norme NF DTU 43.3 P1-2.

Les fixations de couture des TAN perforées sont conformes aux Tableaux 7 et 8 du DTU 43.3 P1-2, la fixation se fait avec des vis de diamètre 5,5 mm mini dans un trou de la TAN recouvrante. Aucune autre perforation n'est autorisée hors d'un trou de perforation existant pour la TAN seule ou recouvrante.

2.2.4.2.7. Plaquette sous tête destinées aux TAN à Perforation Totale

La fixation des TAN à Perforation Totale (PT) à la charpente nécessite d'être réalisée obligatoirement avec des plaquettes sous la tête de la vis.

Les plaquettes doivent être conformes au DTU 43.3 P1-2 § 5.1.1.2 – Tableau 7 :

Les attelages comportent :

- un élément de liaison à l'ossature (exemple de référence : GOLDOCIS TH/2C d'ETANCO)
- Une plaquette de dimensions minimales 15mm x 30mm x 1,5mm (exemple de référence : PLAQUETTE BAC d'ETANCO 30mm x 15mm trou Ø7) pincée entre une vis collerette de Ø15 et la TAN PT.

2.2.4.3. Cas de l'élément porteur CLT

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

2.2.4.4. Pare vapeur

Le pare-vapeur doit être conforme au DTA SOPRAFIX Bicouche.

Ils sont constitués de matériaux en feuilles. Les solutions pare-vapeur par bandes autoadhésives mises en œuvre sur les recouvrements longitudinaux ne sont pas autorisées.

Le choix de la mise en œuvre du pare-vapeur se fait conformément au DTU 43.3 amendement A1.

2.2.4.5. Panneaux isolants

2.2.4.5.1. Attelages de fixation mécanique préalable pour panneaux isolants

Ce sont des attelages de fixation mécanique constitués de vis auto-perceuse ou rivet à expansion et de plaquette de répartition métalliques conformes aux NF DTU 43.3 P1-2.

Les attelages de fixation mécanique préalable des panneaux isolants doivent être du type « solide au pas » pour les isolants en laine minérale.

2.2.4.5.2. Isolant ROCKACIER C NU

L'isolant non porteur en laine minérale mono-densité nue ROCKACIER C NU de la société ROCKWOOL défini par son DTA est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT - TAN DTU. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue par l'intermédiaire du plot SOPRASOLAR FIX EVO de 20 kPa.

L'épaisseur minimale est conforme au Tableau 8 et va jusqu'à 160 mm en 1 lit et jusqu'à 260mm en 2 lits.

2.2.4.5.3. Isolant ROCKACIER C NU ENERGY

L'isolant non porteur en laine minérale mono-densité nue ROCKACIER C NU ENERGY de la société ROCKWOOL défini par son DTA est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue par l'intermédiaire du plot SOPRASOLAR FIX EVO de 20 kPa.

L'épaisseur minimale est conforme au Tableau 8 et va jusqu'à 200 mm en 1 lit et jusqu'à 260mm en 2 lits.

2.2.4.5.4. Isolant PANOTOIT TEKFI 2

L'isolant non porteur en laine minérale mono-densité nue TEKFI 2 de la société ISOVER défini par son DTA est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue par l'intermédiaire du plot SOPRASOLAR FIX EVO de 20 kPa.

L'épaisseur minimale est conforme au Tableau 8 et va jusqu'à 160 mm en 1 lit et 260 mm en 2 lits.

2.2.4.5.5. Isolant SMARTROOF C (38)

L'isolant non porteur en laine minérale nue SMARTROOF C (38) mono-densité de la société KNAUF INSULATION défini par son DTA est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue par l'intermédiaire du plot SOPRASOLAR FIX EVO de 20 kPa.

L'épaisseur minimale est conforme au Tableau 8 et va jusqu'à 90 mm en 1 lit et jusqu'à 180 mm en 2 lits.

2.2.4.5.6. Isolant SMARTROOF C (37)

L'isolant non porteur en laine minérale nue SMARTROOF C (37) bi-densité de la société KNAUF INSULATION défini par son DTA est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue par l'intermédiaire du plot SOPRASOLAR FIX EVO de 20 kPa.

L'épaisseur minimale est conforme au Tableau 8 et va jusqu'à 200 mm en 1 lit et jusqu'à 260 mm en 2 lits.

2.2.4.5.7. Isolant ROCTERM – COBERLAN C (NU)

L'isolant non porteur en laine minérale mono-densité nue ROCTERM – COBERLAN C (NU) de la société BM France défini par son DTA est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue par l'intermédiaire du plot SOPRASOLAR FIX EVO de 20 kPa.

L'épaisseur minimale est conforme au Tableau 8 et va jusqu'à 140 mm en 1 lit et 260 mm en 2 lits.

2.2.4.5.8. Isolant EFIGREEN ACIER

L'isolant non porteur en mousse rigide de polyisocyanurate expansée EFIGREEN ACIER de la société SOPREMA défini par son DTA est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT - TAN DTU. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue de 25 kPa.

L'épaisseur minimale est conforme au Tableau 8 et va jusqu'à 160 mm en 1 lit et 240 mm en 2 lits.

2.2.4.5.9. Associations d'isolants

Les associations d'isolants définis par leurs DTA :

- SMARTROOF C (38) + EFIGREEN ACIER,
- SMARTROOF C (37) + EFIGREEN ACIER,
- ROCTERM – COBERLAN C (NU) + EFIGREEN ACIER,
- PANOTOIT TEKFI2 + EFIGREEN ACIER.

sont validées pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT - TAN DTU. Elles présentent des caractéristiques sous charge maintenue de 20 kPa.

L'épaisseur minimale est conforme au Tableau 8 et les épaisseurs maximales sont conformes au tableau ci-dessous :

Écran + Efigreen Acier	Support TAN & CLT		
	Épaisseur de l'écran	Épaisseur de l'Efigreen Acier maximale	Épaisseur Totale maximale
SmartRoof C (38)	60 mm	130 mm	190 mm
SmartRoof C (37)	100 mm	140 mm	240 mm
Rocterm Coberlan C (Nu)	60 mm	160 mm	220 mm
Panotoit Tekfi2	60 mm / 80mm	140 mm / 120 mm	200 mm

Les exigences du DTA « EFIGREEN ACIER fixé mécaniquement avec écran » (DTA 5.2/20-2669_V1) doivent être respectées.

2.2.4.6. Revêtement d'étanchéité

2.2.4.6.1. Caractéristiques générales

Le revêtement d'étanchéité est un revêtement bicouche, à base de bitume modifié par élastomère SBS, fixé mécaniquement. Il est fabriqué et fourni directement par la société SOPREMA.

2.2.4.6.2. Première couche

Elle est constituée d'une feuille d'étanchéité SOPRAFIX HP de la société SOPREMA qui sera fixée mécaniquement conformément au § 2.4.4.3.3 par des attelages conformes au présent chapitre.

2.2.4.6.3. Attelages pour fixation mécanique de la première couche du revêtement d'étanchéité

Les attelages (cf. Figure 29) comportent :

- un élément de liaison à l'élément porteur,
- une plaquette de répartition Ø40 mm, d'épaisseur 0,8 mm ou une plaquette de répartition 82 x 40 R DF, d'épaisseur 1 mm.

Ils sont conformes au DTA "SOPRAFIX Bicouche", répondent aux exigences de l'e-Cahier du CSTB 3563 et présentent une valeur minimale à l'arrachement de :

Élément porteur	Présence de la ligne de fixation complémentaire en milieu de lès du SOPRAFIX HP	Caractéristique minimum des vis	
		$P_{kft\ mini}$*et $Ø_{vis\ mini}$	Exemple de référence
TAN pleine (non perforée et non crevée) ou perforée âme **SOPRASTYL 40, 46, 56, 74, 74PA** **SOPRALTEO 42, 49, 59, 59PA, 73, 73PA Bitume,** **JI-SOPRA 42, 50, 56, 73** **NERVO-SOPRA 42, 48, 57, 72**	OUI	152 daN ; 4,8 mm	EVDF 0,8 Ø4,8 mm de ETANCO France
	NON	135 daN ; 4,8 mm	EVB DF 0,8 Ø4,8 mm de ETANCO France
TAN perforée plage ou total **SOPRASTYL 40PP, 46PP, 56PP, 74PP, 74PT** **SOPRALTEO 49PP,59PP, 59PT, 73PP, 73PT Bitume** **JI-SOPRA 42PP, 50PP, 56PP, 73PP** **NERVO-SOPRA 48AC, 72AC**	OUI	150 daN ; 6,5 mm	FASTOVIS TF 2036 DF 2x1 Ø6,5 mm de ETANCO France
	NON		
CLT	OUI	150 daN ; 4,8 mm	EVDF 0,8 Ø4,8 mm de ETANCO France
	NON	134 daN ; 4,8 mm	IR2-4.8 Ø4,8 mm de SFS EVDF 0,8 Ø4,8 mm de ETANCO France

* selon la NF P 30-313

Les attelages font l'objet d'une fiche technique établie par le fabricant de fixations, précisant notamment la résistance caractéristique P_{kft}de l'attelage selon la norme NF P 30-313 et le diamètre minimum de l'élément de liaison (vis).

Les attelages (comportant les éléments de liaison et plaquettes associées) dits « solides au pas » sont obligatoires pour la mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT - TAN DTU, uniquement pour les isolants en laine minérale.

Le terme « solide au pas » pour les isolants en laine minérale s'applique à un attelage 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.

2.2.4.6.4. Deuxième couche apparente

Elle est constituée d'une feuille d'étanchéité apparente SOPRALENE FLAM 180 AR (Fe) ou SOPRALENE FLAM 180 ALU de la société SOPREMA qui sera soudée en plein sur la première feuille SOPRAFIX HP conformément au § 2.4.4.3.3.

2.2.4.7. 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 aux guides UTE 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 inoxydable A2 sur les rehausses aluminium 200 ainsi que d'un système vis-écrou en acier inoxydable 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 aluminium 200 (cf § 2.2.4.10 et Figure 26).

2.2.4.8. 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 22). 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.
- 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 21).

2.2.4.9. Crosse de passage de câble (cf. Figure 24)

Les traversées de câbles vers l'intérieur du bâtiment doivent être réalisées avec des crosses conformes aux préconisations du DTU 43.3 de diamètre à choisir en fonction du nombre et du diamètre des câbles à acheminer vers l'intérieur du bâtiment.

2.2.4.10. Terragrif

L'agrafe Terragrif est un dispositif en acier inoxydable (nuance X10CrNi 18-8) de mise à la terre des rehausses aluminium 200 et 210 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.

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

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et de câblage des modules photovoltaïques entre eux, les plans d'exécution comprenant le calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO, des réhausses ainsi que des modules photovoltaïques.

Les plans d'exécution sont fournis par le bureau d'études de SOPRASOLAR.

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

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

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

Avant chaque projet, le devoir de conseil de l'installateur lui impose d'attirer l'attention du Maître d'ouvrage sur le fait qu'une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du Maître d'ouvrage 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.

Dans le cadre de la réfection, il est rappelé qu'il appartient au Maître d'ouvrage ou à son représentant, assisté du Maître d'œuvre, 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.

La mise en œuvre est prévue pour être exécuté sur des structures porteuses :

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

- en acier, conformément à la norme NF EN 1993-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites maximales à prendre en compte pour les flèches verticales sont celles de la ligne "Toiture en général" du Tableau 1 de la clause 7.2.1(1)B de la norme NF EN 1993-1-1/NA.

- en béton avec insert métallique de 2,5 mm minimum d'épaisseur. Les classes de tolérances fonctionnelles de montage doivent être de classe 1 selon la NF EN 13670.

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

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

Comme tous les procédés comprenant des plaques métalliques non structurales utilisées en toiture, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués dans les plaques, mais dans la structure porteuse. De plus, le traitement des pénétrations ponctuelles engendrées par les potelets des lignes de vie doit se faire conformément aux DTU série 43.

2.3.2. Caractéristiques dimensionnelles

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

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

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques			
	Configuration FIX EVO (panneaux PV à plat)	Configuration FIX EVO TILT (panneaux PV inclinés)	
Nb = Nombre de module	Module en portrait (étrier sur le grand côté)	Inclinaison simple shed – module en portrait (étrier sur le grand côté)	Inclinaison double shed – module en portrait (étrier sur le grand côté)
Calcul de la dimension du champ photovoltaïque (cm) dans le sens de la longueur des modules photovoltaïques	L x Nb + 1,9 x (Nb-1)	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		
Dimension limite du champ photovoltaïque	300 m²		

Avec :

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

L : longueur du module photovoltaïque,

l : largeur du module photovoltaïque.

La taille du champ photovoltaïque ne doit pas faire plus de 30 m de longueur et sa surface doit être inférieure à 300 m².

2.3.3. Conditions préalables à la pose

Il est important de noter que le procédé induit des sollicitations ponctuelles différentes des charges réparties subies par la toiture et que la structure porteuse du bâtiment doit intégrer dans son dimensionnement les charges additionnelles apportées par le procédé photovoltaïque SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU (à savoir 12 daN/m² en charge ascendante et 15 daN/m² en charge descendante).

2.3.4. Calepinage et préparation de la toiture

Le calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO avec ou sans les rehausses (et les bloqueurs de rehausse aluminium associés à celles-ci) ainsi que des modules photovoltaïques est nécessaire et doit impérativement respecter une largeur de chemin de circulation de 0,9 m minimum autour des champs photovoltaïques et 1 m minimum à la périphérie de toiture. La réglementation peut imposer des valeurs différentes. Les DPM peuvent définir les périphéries de toitures comme chemins de circulation. Dans ce cas, le Maître d'ouvrage, assisté du Maître d'œuvre, 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 50 cm de part et d'autre du fil d'eau, ainsi que le pourtour des évacuations d'eaux pluviales sur une emprise globale de 50 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 42 à Figure 45).

2.3.5. Dimensionnement des tôles d'acier nervurées

Se reporter au paragraphe 2.12.2.

2.3.6. Dimensionnement des support CLT

Le dimensionnement de l'élément porteur CLT nécessite une note de calcul spécifique réalisée par un bureau d'étude et qui prend en compte les spécificités du projet (dont la présence du système SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU).

Les panneaux structuraux CLT sont destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335. Le dimensionnement devra être réalisé en conformité avec le cahier du CSTB 3802_P2 et le cahier du CSTB 3814 ainsi qu'à l'Annexe A des DTA du procédé CLT concerné.

Soprasolar fournit à son client une note de calcul spécifiant la descente de charge sur les plots, ainsi qu'un plan de calepinage donnant les entraxes entre ceux-ci et leurs distributions sur la toiture.

Une attention particulière doit être portée à la conception des planchers support d'étanchéité et notamment à l'emplacement des charges ponctuelles.

2.3.7. Caractéristiques électriques

2.3.7.1. Conformité à la norme NF EN 61215

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

2.3.7.2. Sécurité électrique

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

2.3.7.3. 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*).

2.3.8. Spécifications électriques

2.3.8.1. Généralités

Les spécifications relatives à l'installation électrique décrites au Dossier Technique doivent être respectées.
La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100 et guides UTE C 15-712.
Les câbles électriques et les connecteurs ne doivent pas reposer dans les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

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

Le nombre maximum de modules pouvant être raccordés en série est limité par la tension DC maximum d'entrée de l'onduleur tandis que le nombre maximum de modules ou de séries de modules pouvant être raccordés en parallèle est limité par le courant DC maximum d'entrée de l'onduleur. La tension maximum du champ photovoltaïque est aussi limitée par une tension de sécurité de 1000 à 1 500 V (liée à la classe II de sécurité électrique).

2.3.8.2. Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 25.

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 27, au cadre des modules photovoltaïques...) ou en étant posés dans des chemins de câbles capotés prévus à cet effet : ils ne sont donc jamais exposés au rayonnement solaire. Les câbles et les connecteurs 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 (Figure 26)
  La liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en récupérant, au fur et à mesure de la pose des composants, selon le tableau ci-dessous :
  - les masses métalliques des cadres des modules,
  - les masses métalliques du système de montage.

<table>
<tr><td></td><td colspan="3">Éléments à mettre à la terre</td></tr>
<tr><td></td><td>Module</td><td>Réhausse aluminium 200 et 210</td><td>Réhausse polymère 210</td></tr>
<tr><td>Soprasolar Fix Evo</td><td rowspan="2">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 d'un clip type Rayvolt® de ARaymond</td><td colspan="2">Réhausses non utilisées</td></tr>
<tr><td>Soprasolar Fix Evo TILT</td><td>Masses métalliques du système de montage
par l'intermédiaire de cosses de masse à œil en cuivre, rondelles bimétal et d'une vis autoperceuse en acier inoxydable A2
ou
par l'intermédiaire d'agrafe Terragrif</td><td>Matériau non conducteur d'électricité</td></tr>
</table>

- 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 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 43.3 (cf § 2.2.4.8),
  - 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 au § 2.2.4.7, 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 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, ...

2.3.8.3. Cas d'une mise en œuvre de micro-onduleurs ou optimiseurs

Le micro-onduleur/optimiseur est fixé sur une plaque en alliage d'aluminium d'épaisseur minimum 1,5 mm, celle-ci est ensuite fixée sur la rehausse aluminium 200/210 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.

Avec la rehausse polymère 210, un perçage de diamètre 9mm permet de fixer par boulonnage avec un ensemble vis-écrou M8 (non fournis) le dispositif (cf. Figure 28), le serrage doit être suffisant pour qu'il ne bouge pas.

2.3.9. Tôles d'acier nervurées

Le choix et le dimensionnement des TAN sont pilotés par les caractéristiques suivantes (cf. Tableau 13, Tableau 16, Tableau 19, Tableau 22) :

- largeur minimale d'appui,
- utilisation ou non de plaquettes de répartition,
- isolants et leurs épaisseurs minimales,
- dimensions des modules photovoltaïques.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Conditions préalables à la pose

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 § 2.3.4*).*

Le délai maximal entre la pose de l'étanchéité et le soudage des plots est de 18 mois dans le cas d'une deuxième couche apparente de SOPRALENE FLAM 180 AR (Fe) et de 24 mois dans le cas d'une deuxième couche apparente de SOPRALENE FLAM 180 ALU. Avant de procéder à la mise en œuvre des plots (§2.4.4.4) il faudra suivre la procédure suivante :

- Balayer la zone où les plots seront implantés.

- Vérifier que le bitume du revêtement existant est de qualité suffisante pour être chauffé au chalumeau. Absence de défauts ponctuels (cloques, plis, fissures).

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 § 1.2.3.2.1 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.

2.4.2. Compétences des installateurs

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

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 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.

2.4.3. Sécurité des intervenants

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

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

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

2.4.4. Mise en œuvre en toiture

2.4.4.1. Mise en place des tôles d'acier nervurées

Se reporter aux paragraphes 2.12.2.3, 2.12.2.4, 2.12.2.5 et 2.12.2.6.

Cas particulier des TAN perforées totales (PT) : il faut prévoir un usage systématique des plaquettes pour la fixation de ces TAN.

2.4.4.2. Mise en place des CLT

Il faudra se reporter aux DTA du procédé CLT utilisé.

2.4.4.3. Mise en place du complexe isolant-étanchéité

2.4.4.3.1. Mise en place du pare-vapeur

Le choix de la mise en œuvre du pare-vapeur se fait conformément au DTU 43.3 amendement A1. Il est mis en œuvre conformément au DTA « SOPRAFIX Bicouche ».

La mise en œuvre de bandes auto-adhésives comme solution pare-vapeur n'est pas autorisée.

2.4.4.3.2. Mise en place de l'isolant

2.4.4.3.2.1. Liminaire

Les épaisseurs des couches isolantes doivent être telles que le point de rosée se situe toujours au-dessus des TAN et du pare-vapeur.

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

Aucun panneau ne devra être utilisé s'il est humidifié dans son épaisseur.

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

Le tableau du § 1.1.1 donnant la limite de la charge climatique de neige normale maximale suivant les règles N65 de février 2009 admissible par le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT - TAN DTU tient compte des contraintes admissibles sous charge maintenue des panneaux isolants soit :

- 20 kPa pour l'isolant ROCKACIER C NU, ROCKACIER C NU ENERGY, PANOTOIT TEKFI 2, SMARTROOF C (38), SMARTROOF C (37), ROCTERM – COBERLAN C (NU),

- 20 kPa pour les associations d'isolants SMARTROOF C (38)+EFIGREEN ACIER, SMARTROOF C (37)+EFIGREEN ACIER, PANOTOIT TEKFI2 + EFIGREEN ACIER et ROCTERM – COBERLAN C (NU)+EFIGREEN ACIER,
- 25 kPa pour l'isolant EFIGREEN ACIER,

Se reporter au Tableau 8 pour associer les isolants aux TAN et déterminer les épaisseurs minimales des complexes.

Sauf précision spécifiée dans le présent Avis Technique, le panachage entre références d'isolants n'est pas autorisé.

2.4.4.3.2.2. Cas de l'isolant ROCKACIER C NU en laine minérale nue

Les panneaux ROCKACIER C NU sont posés conformément à leur DTA.

Se reporter au Tableau 8 pour associer les isolants aux TAN et déterminer les épaisseurs minimales des complexes.

- En un lit d'épaisseur 60 à 160 mm
- Ou en plusieurs lits sur un premier lit de ROCKACIER C NU d'épaisseur minimale 60 mm pour une épaisseur totale maximale de 260 mm.

Le joint filant est perpendiculaire aux nervures des TAN, quelle que soit la TAN. Le bord le plus long des panneaux est obligatoirement perpendiculaire aux ondes de l'élément porteur (cf. Figure 1 & Figure 2). Le bord le plus court marqué par ligne horizontale est parallèle aux ondes de l'éléments porteur.

2.4.4.3.2.3. Cas de l'isolant ROCKACIER C NU ENERGY en laine minérale nue

Les panneaux ROCKACIER C NU ENERGY sont posés conformément à leur DTA.

Se reporter au Tableau 8 pour associer les isolants aux TAN et déterminer les épaisseurs minimales des complexes.

- En un lit d'épaisseur 80 à 200 mm
- Ou en plusieurs lits sur un premier lit de ROCKACIER C NU ENERGY d'épaisseur minimale 80 mm pour une épaisseur totale maximale de 260 mm.

Le joint filant est perpendiculaire aux nervures des TAN, quelle que soit la TAN. Le bord le plus long des panneaux est obligatoirement perpendiculaire aux ondes de l'élément porteur (cf. Figure 1 & Figure 2). Le bord le plus court marqué par ligne horizontale est parallèle aux ondes de l'éléments porteur.

2.4.4.3.2.4. Cas de l'isolant PANOTOIT TEKFI 2

Les panneaux PANOTOIT TEKFI2 sont posés conformément à leur DTA.

Se reporter au Tableau 8 pour associer les isolants aux TAN et déterminer les épaisseurs minimales des complexes.

- En un lit d'épaisseur 60 à 160 mm
- Ou en plusieurs lits sur un premier lit de PANOTOIT TEKFI2 d'épaisseur minimale 60 mm pour une épaisseur totale maximale de 260 mm.

Les panneaux PANOTOIT TEKFI 2 sont mis en œuvre en quinconque, jointifs et fixés mécaniquement à l'élément porteur (se reporter aux prescriptions de son DTA en vigueur).

La ligne continue marquée par brûlage sur le panneau (dans le sens de la largeur des panneaux) est obligatoirement parallèle aux nervures des TAN. La ligne continue des joints (dans le sens de la longueur des panneaux) doit être perpendiculaire aux nervures.

2.4.4.3.2.5. Cas de l'isolant SmartRoof C (38)

Les panneaux SmartRoof C (38) sont posés conformément à leur DTA.

Se reporter au Tableau 8 pour associer les isolants aux TAN et déterminer les épaisseurs minimales des complexes.

- En un lit d'épaisseur 60 à 90 mm
- Ou en plusieurs lits sur un premier lit de SmartRoof C (38) d'épaisseur minimale 60 mm pour une épaisseur totale maximale de 180 mm.

Les panneaux SmartRoof C (38) sont disposés en quinconce, jointifs et préalablement fixés (par fixations mécaniques) selon les dispositions définies dans le DTA de l'isolant.

Lors de la pose du premier lit d'isolant, la ligne continue des joints entre panneaux doit être perpendiculaire aux nervures. La face supérieure des panneaux est repérée par un marquage permettant son orientation (la ligne continue imprimée sur la face supérieure doit être parallèle aux nervures).

Dans le cas d'une pose en plusieurs lits, les panneaux sont posés face supérieure au-dessus et les panneaux des lits supérieurs sont disposés en quinconce, par rapport au lit inférieur.

2.4.4.3.2.6. Cas de l'isolant SmartRoof C (37)

Les panneaux SmartRoof C (37) sont posés conformément à leur DTA.

Se reporter au Tableau 8 pour associer les isolants aux TAN et déterminer les épaisseurs minimales des complexes.

- En un lit d'épaisseur 100 à 200 mm
- Ou en plusieurs lits sur un premier lit de SmartRoof C (37) d'épaisseur minimale 100 mm pour une épaisseur totale maximale de 260 mm.

Les panneaux SmartRoof C (37) sont disposés en quinconce, jointifs et préalablement fixés (par fixations mécaniques) selon les dispositions définies dans le DTA de l'isolant.

Lors de la pose du premier lit d'isolant, la ligne continue des joints entre panneaux doit être perpendiculaire aux nervures. La face supérieure des panneaux est repérée par un marquage permettant son orientation (la ligne continue imprimée sur la face supérieure doit être parallèle aux nervures).

Dans le cas d'une pose en plusieurs lits, les panneaux sont posés face supérieure au-dessus et les panneaux des lits supérieurs sont disposés en quinconce, par rapport au lit inférieur.

2.4.4.3.2.7. Cas de l'isolant ROCTERM - COBERLAN C (NU) en laine minérale nue

Les panneaux ROCTERM - COBERLAN C (NU) sont posés conformément à leur DTA en vigueur.

Se reporter au Tableau 8 pour associer les isolants aux TAN et déterminer les épaisseurs minimales des complexes.

- En un lit d'épaisseur 60 à 140 mm
- Ou en plusieurs lits sur un premier lit de ROCTERM - COBERLAN C (NU) (d'épaisseur minimale de 60 mm – cf. Tableau 8) pour une épaisseur totale maximale de 260 mm.

Les panneaux isolants ROCTERM - COBERLAN C (NU) sont posés jointifs et en quinconce. Les panneaux de chaque lit sont posés à joints décalés.

Une flèche au minimum dessinée sur chaque panneau sert à identifier le sens de pose de celui-ci.

Cette flèche doit être perpendiculaire au sens des ondes de l'élément porteur.

2.4.4.3.2.8. Cas de l'EFIGREEN ACIER en polyisocyanurate

Les panneaux EFIGREEN ACIER sont posés conformément à leur DTA EFIGREEN ACIER fixé mécaniquement.

L'EFIGREEN ACIER se met en œuvre uniquement selon le Tableau 8 et avec les dimensions minimales suivantes :

- 1er lit panneau de 80 mm (minimum) à 160 mm
- 2ème lit pour une épaisseur maximale de 240 mm (avec un premier lit de 80 mm minimum).

Les panneaux isolants sont posés jointifs et en quinconce. Les panneaux de chaque lit sont posés à joints décalés. Les joints filants des panneaux EFIGREEN ACIER sont posés perpendiculairement aux nervures (grands côtés du panneau perpendiculaire aux nervures).

2.4.4.3.2.9. Cas des associations d'isolants

Les panneaux isolants Panotoit Tekfi2, SmartRoof C (38), SmartRoof C (37), Rocterm – Coberlan C (Nu) et EFIGREEN ACIER sont posés conformément à leur DTA.

L'association se met en œuvre uniquement selon le Tableau 8 et avec les dimensions suivantes :

- 1er lit :
    - panneau de Tekfi2 d'épaisseur 60 mm (Format 1 200 mm x 1 000 mm)
    - panneau de SmartRoof C (38) d'épaisseur 60 mm (Format 1 200 mm x 1 000 mm)
    - panneau de SmartRoof C (37) d'épaisseur 100 mm (Format 1 200 mm x 1 000 mm)
    - panneau de ROCTERM - COBERLAN C (NU) d'épaisseur 60 mm (Format 1 200 mm x 1 000 mm)
- 2ème lit d'EFIGREEN ACIER fera 80 mm d'épaisseur minimum et 160 mm maximum (Formats 2 500 mm x 1 200mm ou 1 200 mm x 1 000 mm) en fonction de la configuration choisie,

L'épaisseur maximale du complexe doit être conforme au tableau du §2.2.4.5.9.

Les panneaux isolants sont posés jointifs et en quinconce. Les panneaux de chaque lit sont posés à joints décalés. Les joints filants des panneaux EFIGREEN ACIER sont posés perpendiculairement aux nervures (grands côtés du panneau perpendiculaire aux nervures).

Pour les panneaux isolants constituant l'écran et l'éventuel lit supérieur, il convient de se reporter aux dispositions prévues par le DTA du panneau isolant pour leur pose sur TAN.

2.4.4.3.2.10. Détermination de la résistance thermique utile de l'isolant

Pour les bâtiments répondant aux exigences de la Réglementation Thermique en vigueur, il y a lieu de se référer aux Règles de calcul Th-U (fascicules 1 à 5), permettant de déterminer le coefficient de transmission surfacique global de la toiture (Up).

Pour ce calcul, il faut se reporter aux DTA des isolants respectifs.

2.4.4.3.3. Mise en place du revêtement d'étanchéité

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux descriptions du DTA "SOPRAFIX Bicouche" avec mise en œuvre d'une deuxième couche composée exclusivement d'un revêtement apparent SOPRALENE FLAM 180 AR (Fe) / SOPRALENE FLAM 180 ALU.

L'usage en seconde couche du SOPRALENE FLAM 180 ALU n'appelle pas l'utilisation de précaution particulière des intervenants outre l'utilisation d'un tapis isolant pour le raccordement final de la rallonge des modules du champ photovoltaïque.

Il est rappelé que l'étancheur n'est pas habilité à intervenir sur l'installation photovoltaïque.

Le port des EPI et le respect de la mise en œuvre de la partie électrique décrite au § 2.3.8 assure la sécurité des intervenants.

Le support doit être propre et sec. Il est impératif de veiller à l'absence d'humidité sur la surface des panneaux isolant, notamment par temps froid.

- Pose de la première couche SOPRAFIX HP
  Les feuilles de première couche SOPRAFIX HP sont déroulées perpendiculairement aux nervures de la tôle d'acier nervurée et positionnées à recouvrement longitudinal de 10 cm.

Un lignage de recouvrement (repère A sur la Figure 29), tracé sur la feuille, guide le recouvrement.
Les recouvrements transversaux sont de 10 cm.
Les fixations (attelages comportant éléments de liaison et plaquettes associées) utilisables sont décrites au § 2.2.4.6.3.
Les attelages dits « solides au pas » sont obligatoires pour la mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT - TAN DTU.
Les feuilles SOPRAFIX HP sont fixées mécaniquement

- En lisière sous le recouvrement longitudinal (Figure 29) à raison d'un attelage de fixation mécanique par plage des TAN. Aucune règle d'adaptation de la densité de fixation n'est autorisée.
- À mi-lé, si la résistance au vent requise l'exige, avec des attelages et un espacement entre attelage identiques à ceux des fixations en lisière (une par plage de profil). Ces fixations complémentaires sont protégées par une pièce d'étanchéité de 0,15 m x 0,15 m ou une bande de 0,15 m de largeur, en SOPRAFIX HP soudée.
- Au pied de tous les relevés (acrotères, édicules, lanterneaux...), les attelages sont situés conformément à la Figure 30, avec l'extrémité de la plaquette à plus de 1 cm du bord du lé. Leur écartement dépend de la position du lé de SOPRAFIX HP. Lorsque le sens longitudinal du lé de SOPRAFIX HP est :
  - Parallèle au relief ; leur écartement est de 22 cm,
  - Perpendiculaire au relief ; il faut 3 fixations par lé, indépendamment de celle située dans le recouvrement.

- Pose de la seconde couche SOPRALENE FLAM 180 AR (Fe) / SOPRALENE FLAM 180 ALU
  Les feuilles de seconde couche sont soudées sur toute leur surface et les recouvrements longitudinaux sont d'au moins 6 cm soudés, décalés d'au moins 10 cm par rapport à ceux de la première couche ou croisés.
  Les recouvrements transversaux sont de 10 cm, décalés entre eux d'au moins 20 cm : les jonctions en croix sont interdites et seules les jonctions en T sont admises.
- Mise hors d'eau en fin de journée
  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 SOPRAFIX HP.
  - 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 (500 g/m² ±50 g/m²). Le relevé d'étanchéité en procédé FLASHING (900 g/m2 + 700 g/m2) est ensuite mis en œuvre, sur cette deuxième couche bitumineuse, avec un talon ≥ à 0,15 m.
  - La partie courante interrompue doit être fermée :
    - en la raccordant sur le pare-vapeur s'il existe un pare-vapeur adhérent par auto adhésivité (avec une bande de SOPRAFIX HP soudée sur le pare-vapeur, par exemple),
    - en la soudant sur la TAN sur environ 10 cm de large en l'absence de pare vapeur, ou dans le cas d'un pare-vapeur indépendant.
  - 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 SOPRAFIX Bicouche (Figure 30).

2.4.4.4. Mise en place du système de montage

Pose du plot SOPRASOLAR FIX EVO sur la membrane d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR (Fe)/ SOPRALENE FLAM 180 ALU

- Traçage
  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/FIX EVO TILT – TAN DTU établi par SOPRASOLAR.
  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 37 et Figure 38).
  Les entraxes entre les plots SOPRASOLAR FIX EVO et la densité en plots SOPRASOLAR FIX EVO sous chaque module sont définis sur les Figure 4 à Figure 11 ainsi que schématisés sur les Figure 31 à Figure 36.
- Soudage du plastron des plots
  - Sur le revêtement avec une finition ardoisée SOPRALENE FLAM 180 AR (Fe), 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.
    La Figure 37 illustre la procédure.
  - Sur le revêtement avec une finition aluminium SOPRALENE FLAM 180 ALU, il suffit de découper la zone qui accueille le plot avec un cutter et de retirer la partie aluminium en la chauffant à l'aide d'un chalumeau et en la décollant totalement à partir des coins à l'aide d'une spatule.
    Le plastron de chaque plot doit alors être soudé en plein sur les zones noircies et chauffées au chalumeau.

La Figure 38 illustre la procédure.

Mise en œuvre des rehausses et bloqueurs de rehausse dans le cas d'une pose avec modules inclinés TILT (cf Figure 39)

- Le plan de calepinage établi par SOPRASOLAR définit la position des plots SOPRASOLAR FIX EVO devant recevoir une rehausse. Sur la base de ce plan, elles sont mises en place par coulissement dans la tête du plot en forme de rail.
- Si les réhausses sont en aluminium, un bloqueur de rehausse est mis en place sur chaque plot afin d'éviter que les rehausses ne puissent sortir du plot. L'utilisation des réhausses polymère ne nécessite pas de bloqueur.

Mise en œuvre des modules photovoltaïques

Le procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU 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 et des bloqueurs de rehausse aluminium dans le cas d'une pose TILT, 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 éventuellement équipés de rehausse basse ou rehausse haute et de bloqueur de rehausse (dans le cas des rehausses aluminium) en respectant les porte-à-faux définis sur les Figure 4 à Figure 10. 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 avec un jeu inférieur à 1,2 mm entre le plan défini par le module photovoltaïque et la zone d'appui du plot : au serrage des étriers, les modules ne doivent pas être vrillés ou gauchis.

La connexion des modules photovoltaïques se fait conformément au § 2.3.8 au fur et à mesure de la pose des modules photovoltaïques avant leur fixation sur les plots ou les rehausses basses et hautes équipant les plots SOPRASOLAR FIX EVO.

Les modules photovoltaïques sont fixés sur les plots ou les rehausses par l'intermédiaire d'étriers (voir § 2.2.3.4) :

- 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 de la tête de plot ou des rehausses (Figure 39). Ils doivent être serrés sur les têtes de plot ou les rehausses et les modules photovoltaïques avec un couple de serrage égal à 14 ± 2 N.m (Figure 40).

La liaison équipotentielle des réhausses aluminium et du module est réalisée par exemple (cf. § 2.3.8.2) à l'aide d'une agrafe Terragrif sur la réhausse. Dans ce cas, l'agrafe Terragrif se clipse sur la réhausse autour de l'étrier (avant le positionnement du module). Le câble de terre est 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 26 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 (cf Figure 27) et/ou sur les modules photovoltaïques à l'aide de clip se fixant sur le retour du cadre aluminium des modules (cf Figure 41) 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.

2.5. Utilisation, entretien et réparation

2.5.1. Généralités

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

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

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

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

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

En cas d'intervention sur le procédé photovoltaïque nécessitant la dépose d'un module photovoltaïque, la procédure de déconnexion et de reconnexion électrique appliquée lors du remplacement d'un module doit être respectée (cf. § 2.5.4).

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

L'entretien des toitures est celui décrit par les DTU 43.3 et 43.5. Dans le 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/FIX EVO TILT – TAN DTU ou toute entreprise agréée par la société SOPRASOLAR.

2.5.2. 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.

2.5.3. Maintenance électrique

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

2.5.4. Remplacement d'un module

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

- Avant 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 photovoltaïque et l'onduleur.
- Démonter le module photovoltaïque au niveau des 4 ou 6 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.

2.5.5. 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 DTA du revêtement d'étanchéité SOPRAFIX Bicouche.
- La rehausse devra être réinsérée sur le plot avec son bloqueur (dans le cas d'un système TILT).
- Le montage des modules photovoltaïques sera réalisé conformément au présent Dossier Technique.

2.5.6. Remplacement de l'étanchéité

- Dans la zone concernée, retirer les modules conformément à la description du § 2.5.4, les plots conformément à la description du § 2.5.5.
- Remettre le revêtement d'étanchéité conformément au DTA SOPRAFIX Bicouche.
- Le montage des plots SOPRASOLAR FIX EVO et des modules photovoltaïques sera réalisé conformément au présent Dossier Technique.

2.6. Traitement en fin de vie

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

photovoltaïques reprend gratuitement ou fait reprendre gratuitement pour son compte les équipements usagés dont le consommateur se défait, dans la limite de la quantité et du type d'équipement vendu.

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

2.7. Fabrication et contrôles

2.7.1. Modules photovoltaïques

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

2.7.2. Composants de la structure support du module photovoltaïque

- Les parties en polyamide 6 chargé 30% fibre de verre des plots SOPRASOLAR FIX EVO (embase + tête) ainsi que les rehausses 45 et 210 en polymère sont réalisées par injection plastique sur des presses à injecter selon les plans de la société SOPRASOLAR 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 de suivi sont réalisés par le laboratoire qualité de l'entreprise ALLAINE S.A. Un suivi externe est également fait en prélevant 2x12 plots de lots différents par an (essai à 23°C et après vieillissement 2 000 h à 85°C),l'essai est réalisé 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 et 500 daN pour les réhausses.
  - 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 par extrusion d'aluminium sur le site de la société STIB à Neuville sur Ain, certifié ISO 9001:2015.
- Les étriers universels STIB sont fabriqués sur le site de la société STIB à Neuville sur Ain certifié ISO 9001:2015.
  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 étriers universels FATH sont fabriqués sur le site de la société FATH MACHINE Components à Shanghai certifié ISO 9001:2015.
  Les pièces sont contrôlées selon une procédure interne « F0-QS-005e ».
- Les rehausses 45, rehausses 200 et 210 en aluminium et bloqueurs de rehausse sont fabriqués sur le site de la société HYDRO certifié ISO 9001:2015 exclusivement pour SOPRASOLAR par procédé de filage d'aluminium à travers une filière à l'aide de presse d'extrusion. L'usine de fabrication se trouve à Le Garric.
  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.
- La société SOPRASOLAR est certifiée ISO 9001:2015 et ISO 14001.

2.7.3. Éléments porteurs

2.7.3.1. TAN SOPRASTYL d'ArcelorMittal Building Solutions France

Les TAN SOPRASTYL sont fabriqués par la société ARCELORMITTAL BUILDING SOLUTIONS FRANCE, sur ses sites de production d'Haironville et Contrisson (Meuse) :

- Les contrôles des bobines d'acier revêtues utilisées lors de la fabrication sont effectués en production tout au long des différents stades industriels conformément aux normes NF EN 10346 et NF P 34-301. Le contrôle des bobines revêtues du ZMevolution® nu ou avec revêtement organique utilisées lors de la fabrication sont effectués en production tout au long des différents stades industriels conformément à l'E.T.P.M (n° 19/0064).
- Lors de l'opération de profilage, à la fin de chaque montage machine, le contrôle géométrique des profils SOPRASTYL est effectué afin de réceptionner le montage avant la mise en production (cf. norme NF EN 14782). La production est systématiquement contrôlée conformément aux exigences de la norme NF EN 14782, complétées par un minimum de 3 contrôles par poste.

L'aspect général du produit est contrôlé en continu, de façon visuelle.

2.7.3.2. TAN SOPRALTEO de BACACIER

Les TAN SOPRALTEO sont fabriqués par la société BACACIER, sur ses sites de production de :

- SOPRALTEO 42.1010 Bitume : Les Roches Prémaries (86), Aigueperse (63), Bourg-Saint-Andéol (07), Rang-du-Fliers (62), Villers-la-Montagne (54) ;
- SOPRALTEO 49.950 & 49.950 PP Bitume, 59.900 & 59.900PP/PA/PT Bitume, 73.780 & 73.780PP/PA/PT Bitume Aigueperse (63).

Les contrôles des bobines d'acier revêtues utilisées lors de la fabrication sont effectués en production tout au long des différents stades industriels conformément aux normes NF EN 10346 et NF P 34-301.

Lors de l'opération de profilage, à la fin de chaque montage machine, le contrôle géométrique des profils SOPRALTEO est effectué afin de réceptionner le montage avant la mise en production (cf. norme NF EN 14782). La production est systématiquement contrôlée conformément aux exigences de la norme NF EN 14782, complétées par un minimum de 3 contrôles par poste.

L'aspect général du produit est contrôlé en continu, de façon visuelle.

2.7.3.3. TAN JI-SOPRA de JORIS IDE

Les TAN JI-SOPRA sont fabriquées par la société Joris Ide NV, sur le site de production de Zwevezele (Belgique).

Les contrôles des bobines d'acier revêtues utilisées lors de la fabrication sont effectués en production tout au long des différents stades industriels conformément aux normes NF EN 10346 et NF P 34-301.

Lors de l'opération de profilage, à la fin de chaque montage machine, le contrôle géométrique des profils JORIS IDE est effectué afin de réceptionner le montage avant la mise en production (cf. norme NF EN 14782). La production est systématiquement contrôlée conformément aux exigences de la norme NF EN 14782.

L'aspect général du produit est contrôlé en continu, de façon visuelle.

2.7.3.4. TAN NERVO-SOPRA de Monopanel SAS

Les TAN NERVO-SOPRA sont fabriquées par la société MONOPANEL SAS, sur le site de production de Chauny (02).

Le contrôle de production en usine du matériau de base (bobines) et du produit fini est réalisé conformément aux exigences de la NF EN 14782 : 2006.

L'aspect général du produit est contrôlé en continu, de façon visuelle.

2.7.3.5. Support CLT

Les éléments d'informations sur la fabrication et le contrôle des supports CLT, sous DTA visant l'utilisation comme élément porteur pour terrasses avec étanchéité avec protection par dalles sur plots, se retrouvent dans leurs DTA.

2.7.4. Isolants

L'isolant support d'étanchéité est fabriqué conformément à la description de son DTA.

2.7.5. Feuilles bitumineuses (pare vapeur et revêtement d'étanchéité)

Le revêtement d'étanchéité est fabriqué par l'entreprise SOPREMA conformément à la description du DTA "SOPRAFIX Bicouche".

2.8. Conditionnement, étiquetage, stockage

2.8.1. Modules photovoltaïques

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

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

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

Le stockage sur chantier s'effectue de préférence au sec, sous abri, mais il est possible de réaliser un stockage à l'extérieur en protégeant des intempéries les palettes de module avec une bâche.

2.8.2. Ensemble "système d'intégration"

Les quantités exactes de chacun des éléments du système de montage sont déterminées 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.
  Les plots Soprasolar Fix Evo -6- sont conditionnés sur palette rangés par cube de 6 plots. Il y a 60 cubes sur une palette donc 360 plots par palette maximum.
  Lors de la livraison, chaque carton/cube 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.

2.8.3. Autres constituants du procédé

- Profilés en tôles d'acier nervurées élément porteur d'étanchéité
  - SOPRASTYL
    - Les profils SOPRASTYL sont conditionnés en colis. Chaque colis comporte un étiquetage complété par une D.O.P. par poste de produit, précisant au minimum :
      - fabricant,
      - client,
      - références chantier,
      - numéro de commande,
      - repère du colis dans la commande,
      - poids,
      - nombre d'éléments,
      - longueur,
      - géométrie du profil SOPRASTYL,
      - caractéristiques matières,
      - épaisseur,
      - les éléments relatifs au marquage CE,
      - les éléments relatifs à l'émission des COV dans l'air intérieur.
    - Le marquage CE des éléments porteurs d'étanchéité est réalisé conformément à la norme NF EN 14782 et au Règlement Produits de Construction n° 305/2011. L'arrêté du 19 Janvier 2007 fixe les modalités d'application de cette norme sur le marché Français.
      Les profils SOPRASTYL sont conditionnés en fardeaux. Les fardeaux sont à manutentionner en prenant appui aux points prévus à cet effet. L'approvisionnement en toiture respectera les dispositions prévues au § 6.1.2 du DTU 43.3 P1-1.
      Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés dans un abri ventilé, sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques nervurées.
  - SOPRALTEO
    - Les profils SOPRALTEO sont conditionnés en colis selon la commande du client. Chaque colis comporte un étiquetage précisant au minimum :
      - fabricant,
      - client,
      - numéro de commande,
      - poids,
      - nombre d'éléments,
      - longueur,
      - épaisseur,
    - Le marquage CE des éléments porteurs d'étanchéité est réalisé conformément à la norme NF EN 14782. L'arrêté du 19 Janvier 2007 fixe les modalités d'application de cette norme sur le marché Français.
      Les colis de TAN sont stockés sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques. Lors de la manipulation, il est conseillé de prendre des précautions pour ne pas détériorer les produits en adaptant l'écartement des fourches. L'approvisionnement en toiture respectera les dispositions prévues au § 6.1.2 du DTU 43.3 P1-1.
  - JI-SOPRA
    - Les profils JI-SOPRA sont conditionnés en colis selon la commande du client. Une fiche d'identification est collée sur chaque colis et précise au minimum :
      - Marquage CE ;
      - Déclaration de Performances (DdP) ;
      - Nom du fabricant ;
      - Référence commande client ;
      - Référence de l'ordre de commande ;
      - Nom du client ;

        - Date de fabrication ;
        - Poids du fardeau ;
        - Contenu du fardeau (nombre et longueur) ;
        - Numéro de teinte.
        - Nom du profil
        - Épaisseur du profil
    - Le marquage CE des éléments porteurs d'étanchéité est réalisé conformément à la norme NF EN 14782 et au Règlement Produits de Construction n° 305/2011. L'arrêté du 19 Janvier 2007 fixe les modalités d'application de cette norme sur le marché Français.
      Les profils JORIS IDE sont conditionnés en fardeaux. Les fardeaux sont à manutentionner en prenant appui aux points prévus à cet effet. L'approvisionnement en toiture respectera les dispositions prévues au § 6.1.2 du DTU 43.3 P1-1.
      Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés dans un abri ventilé ou sous une bâche sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques nervurées.
- NERVO-SOPRA
    - Les profils NERVO-SOPRA sont conditionnés en colis selon la commande du client. Une fiche d'identification est collée sur chaque colis et précise au minimum :
        - Marquage CE ;
        - Déclaration de Performances (DdP) ;
        - Nom du fabricant ;
        - Référence commande client ;
        - Référence de l'ordre de commande ;
        - Nom du client ;
        - Date de fabrication ;
        - Poids du fardeau ;
        - Contenu du fardeau (nombre et longueur) ;
        - Numéro de teinte ;
        - Nom du profil ;
        - Épaisseur du profil.
    - Le marquage CE des éléments porteurs d'étanchéité est réalisé conformément à la norme NF EN 14782 et au Règlement Produits de Construction n° 305/2011. L'arrêté du 19 Janvier 2007 fixe les modalités d'application de cette norme sur le marché Français.
      Les profils NERVO-SOPRA sont conditionnés en fardeaux. Les fardeaux sont à manutentionner en prenant appui aux points prévus à cet effet. L'approvisionnement en toiture respectera les dispositions prévues au § 6.1.2 du DTU 43.3 P1-1.
      Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés dans un abri ventilé ou sous une bâche sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques nervurées.

- Isolant
  Les panneaux isolants sont conditionnés en piles, emballés et étiquetés conformément à leur DTA en vigueur.
- Revêtements d'étanchéité, pare-vapeur
  Les feuilles bitumineuses sont conditionnées en rouleaux, emballées et étiquetées conformément au DTA SOPRAFIX Bicouche.

2.9. Formation

La société SOPRASOLAR impose à ses nouveaux 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/FIX EVO TILT - TAN DTU (lecture des plans de calepinage mise en œuvre des plots dont réglage en hauteur, fixation des modules photovoltaïques). Cette formation consiste en l'intervention de démonstrateurs sur chantier, ceci pour l'ensemble du processus de mise en œuvre (hormis la partie raccordement électrique des modules et mise à la terre de ceux-ci qui relèvent de la compétence d'un électricien).

Ces travaux pratiques permettent de travailler sous conditions réelles et selon les règles techniques en vigueur.

À l'issue de cette formation, la société SOPRASOLAR délivre une attestation nominative pour l'entreprise avec le nom du procédé (pour lequel la formation est donnée) pour la mise en œuvre uniquement, des plots et/ou des modules photovoltaïques ; le dimensionnement de l'ouvrage fait et le raccordement électrique/mise à la terre n'en font pas partie.

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

2.10. Assistance technique

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

SOPRASOLAR propose à tout client pour sa première installation photovoltaïque une assistance technique sur chantier, avec l'intervention pendant une journée d'un technicien formé. La société SOPRASOLAR assure ensuite 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 peut aussi apporter son assistance sur la partie étanchéité.

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

Toute anomalie ou erreur constatée sur le plan de calepinage doit être signalée avant la pose du procédé photovoltaïque.

SOPRASOLAR centralisera les remontées d'informations des différents chantiers quel que soit l'élément du procédé incriminé. En fonction de la complexité du sujet, SOPRASOLAR répondra directement ou sollicitera les services techniques des sociétés :

- ArcelorMittal Building Solutions France
- BACACIER
- JORIS IDE
- MONOPANEL SAS
- ROCKWOOL
- ISOVER
- KNAUF INSULATION
- BM France
- SOPREMA SAS

2.11. Mention des justificatifs

2.11.1. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques ont été vérifiés par le CSTB selon les critères d'acceptation du présent Avis Technique. La liste des références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7 (voir § 1.2.10),
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques. La charge à laquelle les essais de charge mécanique MQT 16 ont été réalisés doit être au moins égale à 5 400 Pa (charge d'essai).
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe II de sécurité électrique jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).
- Le procédé photovoltaïque a été testé selon la norme NF EN 12179 pour des essais de résistance à la pression du vent avec les modules de la grille de vérification.
- Essais de résistance à l'arrachement de la soudure du plastron SOPRASOLAR sur le revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR à 23°C et 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 (rapports MECASEM n° OS/14/2230 et OS/15/0895).
- Essais de résistance à l'arrachement de la soudure du plastron SOPRASOLAR sur le revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 ALU à 23°C et 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 (rapports MECASEM n° 16-0341-OS-END et 16-0548-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 par MECASEM (rapports d'essais n° 16-1592-OS-END-B, 19-2375-OD-END, END-OD-22-1212).
- Essais de tenue au vent du procédé selon l'ETAG006 (rapports CSTC n° CAR-15-166-3, CAR-19-186-6, CAR-19-186-7, CAR-19-186-10, TDI-20-018-02, TDI-20-018-03.

- Essais de résistance à la compression sous charge maintenue sur support discontinu TAN DTU
    - Rockacier C Nu : P172798-7 et P165240
    - Rockacier C Nu Energy : P209682-6
    - Panotoit Tekfi 2 : P226723-4 et P226723-5
    - SmartRoof C (38) : P221310 et P232978-1
    - SmartRoof C (37) : P239472-3
    - ROCTERM - COBERLAN C (NU) : P237265
    - EFIGREEN ACIER : END-OD-02-0531-1
    - SmartRoof C (38) + EFIGREEN ACIER : P233320
- Étude de de la résistance mécanique des Tôles d'Acier Nervurées SOPRASTYL (notes de calcul de la société ARCELORMITTAL BUILDING SOLUTIONS FRANCE et rapports SOCOTEC n°1809GP021000004, 1509GP021000032, 221211020000010, 1907GP0210000028, 220711020000019-1 à -6, 1812GP0210000038, 2023-72-FA/-1/-2, 2023-81-AD/-2/-3, 2024-84-AD/-1/-2, 2024-09-FA/-1/-2, provisoires 25xx xxxxx xxxxxx-1 à -5 pour TAN 40, 25xx xxxxx xxxxxx-1 à -5 pour TAN 46, 25xx xxxxx xxxxxx-1 à -4 pour TAN 46PP, 25xx xxxxx xxxxxx-1 à -5 pour TAN 56PP, 25xx xxxxx xxxxxx-1 à -4 pour TAN 74)
- Etude de la résistance mécanique des TAN SOPRALTEO (rapports APAVE n° 13170877-001-1, QUALICONSULT n° ALTEO1800074PV-SYST1, SOCOTEC n°N02M0/18/4096, APAVE n°R134904210-001-1)
- Etude de la résistance mécanique des TAN JI-SOPRA (rapport d'étude CSTB DEB/R2EB-2022-097-HB/FL/NZ et rapports d'essais Bureau VERITAS Laboratoires N° 8188189/1A, 9676960/1A, 21743898/1A, 21946034/1A, 21199701/1A, 21199598/1A, 25493944-3/1/1A, 25493944/8/1A)
- Etude de la résistance mécanique des TAN NERVO-SOPRA (rapport d'étude CSTB DEB/R2EB-2023-015-HB/EH, DEB/R2EB-25-158-HB/EH et rapports d'essais Bureau VERITAS Laboratoire N° 11666657/1A, 11666657/1B, 11666657/1C, 11666657/1D, 25317608-6-1A, 25317608-16-1A, 25317608-17-1A, 25317608-23-1A, 25317609-4-1A)
- Essai de cisaillement sur bicouche bitumineux (rapport MECASEM OD-END-21-0891 & OD-END-21-1097-1, OD-END-21-1187 & OD-END-21-1275-1, OD-END-21-1583)
- Essai réhausse polymère en traction et compression MAT0020556-1 et MAT0020556-2, essai NF EN 12179 réhausse polymère BEB1.M.4090-1
- Étude du comportement en photovieillissement – rapport CNEP n°R2019-0373 SOPRASOLAR AT SC.
- Etude de l'évolution des propriétés mécaniques du matériau du plot SOPRASOLAR FIX EVO en photovieillissement – rapport CNEP n°R2020-0192 SB Jli AT.
- Rapport LCIE 174638-772244 sur l'agrafe de mise à la terre Terragrif
- Étude de de la résistance mécanique des Tôles d'Acier Nervurées SOPRALTEO (dossier de justification de la société BACACIER intitulé « Performances mécaniques des TAN sous PV_modèle calcul_ind1 » et rapports SOCOTEC n° N02M0/18/4096, QUALICONSULT n° ALTEO1800074PV-SYST1 et APAVE n° 11678813-001-3).
- RAPPORT D'ESSAIS N° 8188189/1A & 9676960/1A Bureau Veritas Laboratoire - Rapport Joris Ide DEB/R2EB-2022-097-HB/FL/NZ du CSTB
- Etude de la résistance mécanique des TAN MONOPANEL (rapport d'étude CSTB DEB/R2EB-2023-015-HB/EH et rapports d'essais Bureau VERITAS Laboratoire N° 11666657/1E, 11666657/1F)
- PV du CSTB BroofT3 RA 20-0021 du 21/01/2021.

2.11.2. Références chantiers

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis décembre 2013 pour la configuration SOPRASOLAR FIX EVO - TAN DTU et depuis début 2017 pour la configuration SOPRASOLAR FIX EVO TILT - TAN DTU.

Plusieurs millions de m² du procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT - TAN DTU ont été installés en France à ce jour.

2.12. Annexe du Dossier Technique

2.12.1. Tableaux

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

Composants concernés	**Matériau**	**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*	
Rehausse, étrier, cadre des modules photovoltaïques	Aluminium 6060 T6, 6060 T66, 6063 T6 Série ≥ 6000	●	●	-	●	●	□	-	□
	Aluminium 6060 T6 Série ≥ 6000 anodisé	●	●	-	●	●	●	-	□
Rehausse polymère et plot Soprasolar Fix Evo	Polyamide 6 – Chargé à 30% en FV	●	●	-	●	●	□	-	□
Visserie	Acier inoxydable A2	●	●	-	●	●	□	-	□
Visserie	Acier inoxydable A4	●	●	-	●	●	●	-	□
Terragrif	Acier inoxydable X10CrNi18-8	●	●	-	●	●	□	-	□

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 titulaire de l'Avis Technique.*

- : Matériau non adapté à l'exposition

** : à l'exception du front de mer*

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

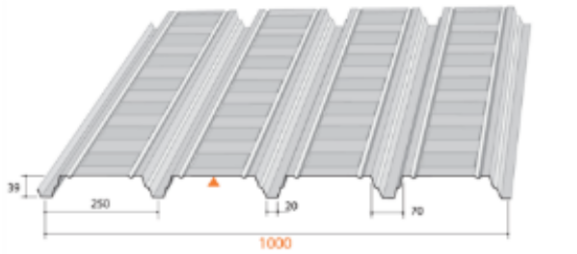
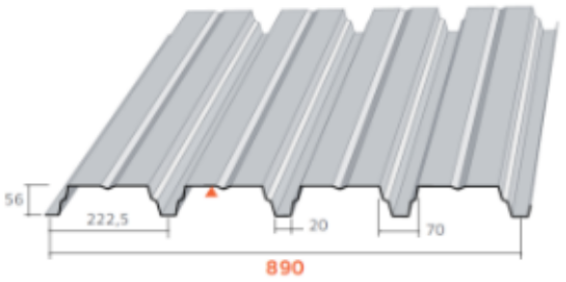
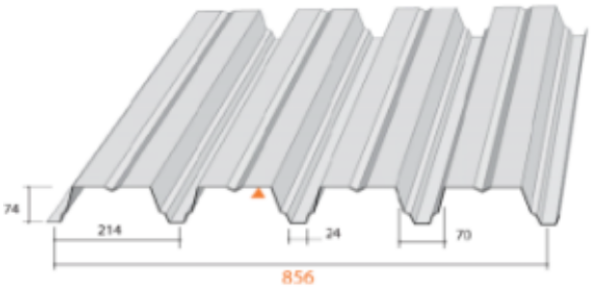
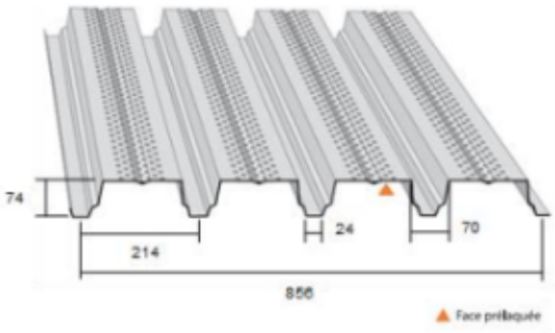
Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
TAN élément porteur d'étanchéité SOPRASTYL 40/40PP,46/46PP, 56/56PP, 74/74PP 74PA/74PT Nota : seule la TAN 74PP est représentée pour les TAN perforées	-	ARCELORMITTAL BUILDING SOLUTIONS FRANCE	    	§2.2.4.2.1

Tableau 2 – Quantitatif des composants du système

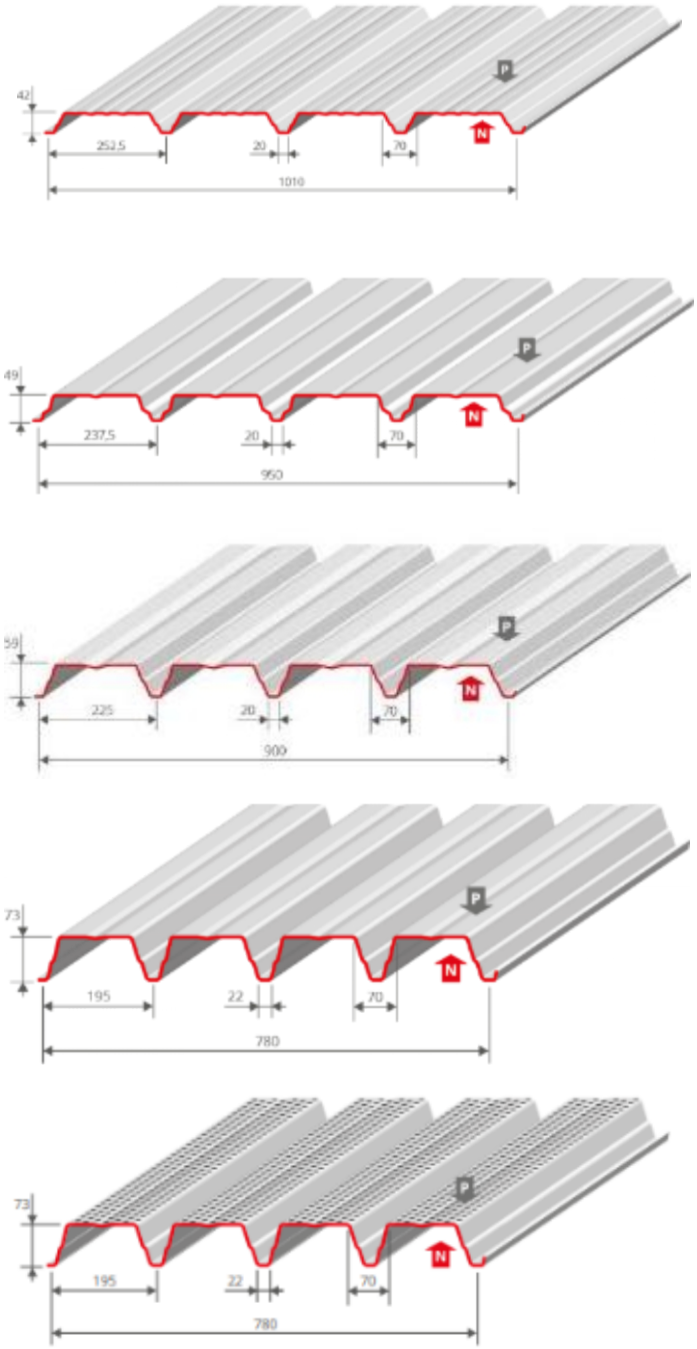
Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
TAN élément porteur d'étanchéité SOPRALTEO 42.1010 Bitume, 49.950 & 49.950 PP Bitume, 59.900 & 59.900PP/PA/PT Bitume, 73.780 & 73.780PP/PA/PT Bitume Nota : seule la TAN 73.780PP est représentée pour les TAN perforées	-	BACACIER		§2.2.4.2.2

Tableau 2 (suite) – Quantitatif des composants du système

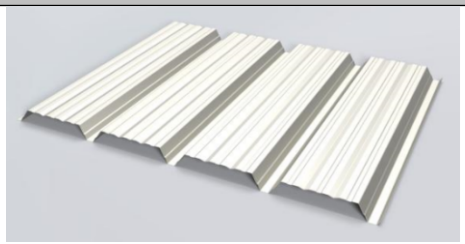
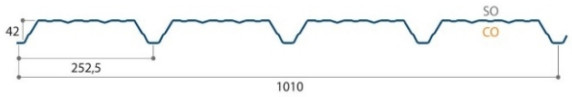
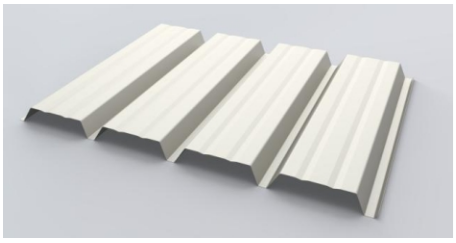
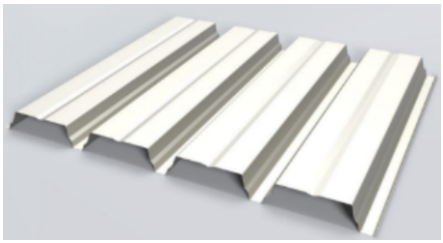
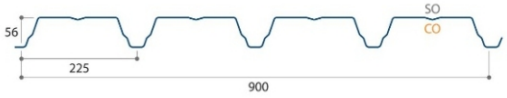
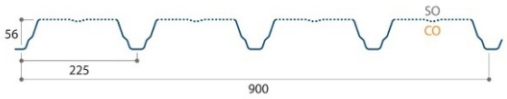
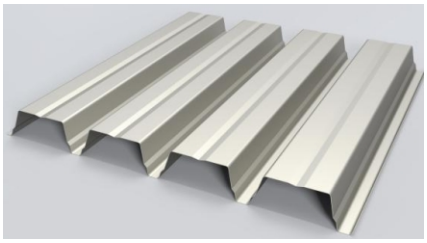
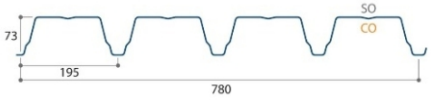
Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
TAN élément support d'étanchéité JI-SOPRA 42/42PP 50/50PP 56/56PP 73/73PP Nota : seule la TAN 56PP est représentée pour les TAN perforées	-	JORIS IDE NV	        	§2.2.4.2.3

Tableau 2 (suite) – Quantitatif des composants du système

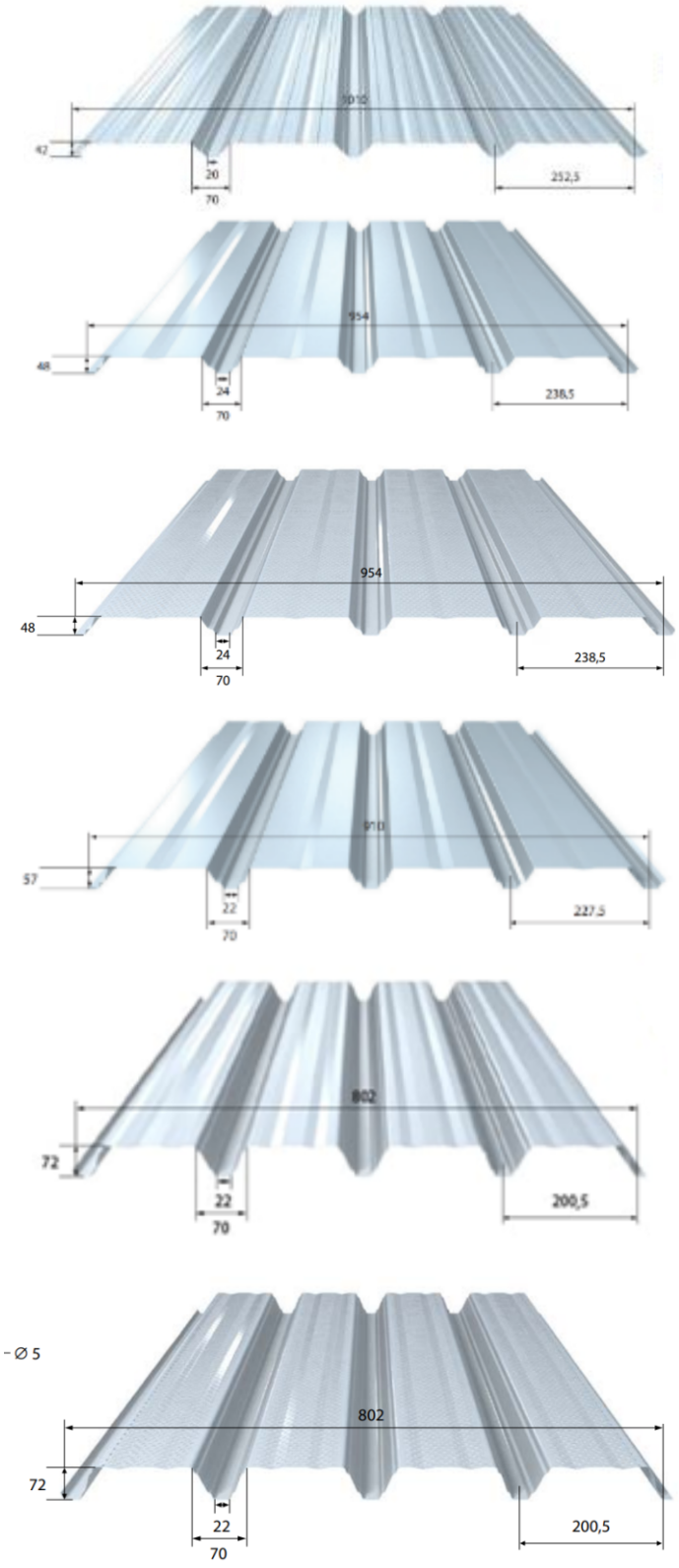
Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
TAN élément porteur d'étanchéité NERVO-SOPRA 42, 48/48AC, 57, 72/72AC	-	MONOPANEL SAS		§2.2.4.2.4

Tableau 2 (suite) – Quantitatif des composants du système

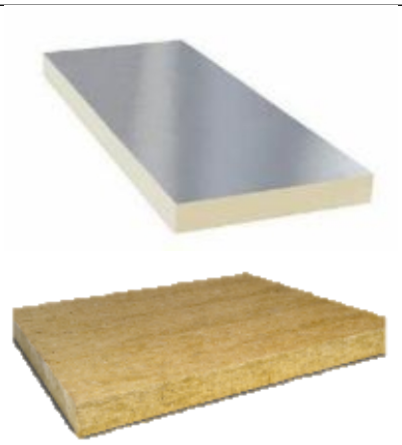
Composant	Quantité	Fournisseur	Image		Voir dans dossier technique
Pare vapeur	-	SOPREMA			§2.2.4.4
			Exemple : Elastovap	Exemple : Sopravap Stick ALU	
Écran Thermique	-	KNAUF INSULATION BM France ISOVER			§2.2.4.5
Isolant EFIGREEN ACIER/ ROCKACIER C NU/ ROCKACIER C NU ENERGY/ TEKFI 2/ SMARTROOF C (38)/ SMARTROOF C (37)/ ROCTERM – COBERLAN C (NU)	-	SOPREMA/ ROCKWOOL/ ISOVER/ KNAUF INSULATION BM France			§2.2.4.5

Tableau 2 (suite) – Quantitatif des composants du système

Composant	Quantité	Fournisseur	Image			Voir dans dossier technique
Revêtement d'étanchéité	-	SOPREMA				§2.2.4.6
			Soprafix HP	Sopralène Flam 180 AR (FE)	Sopralène Flam 180 ALU	

Tableau 2 (suite) – Quantitatif des composants du système

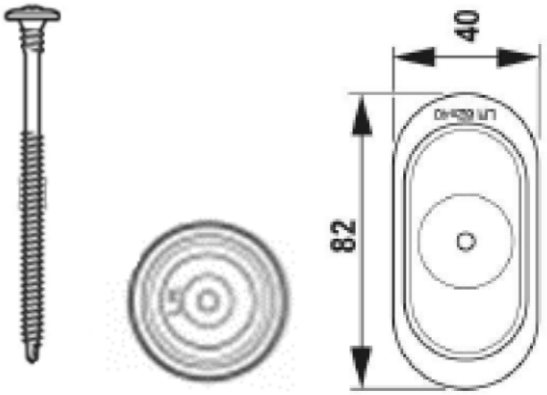
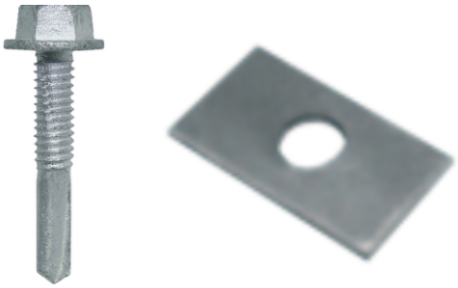
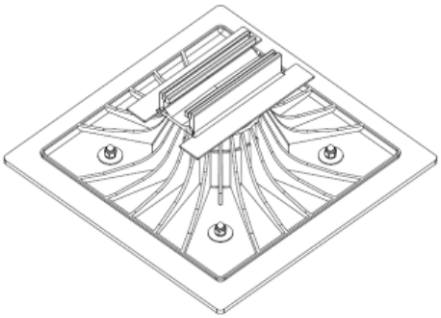
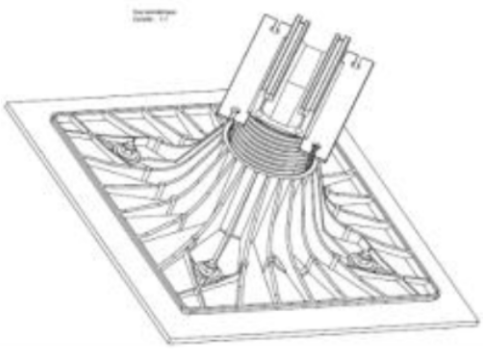
Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
Attelage de fixation mécanique (vis + rondelles solides au pas) de la première couche d'étanchéité SOPRAFIX HP	-	-		§2.2.4.6.3
Attelage de fixation mécanique (vis collerette + plaquette) des TAN PT sur ossature				§2.2.4.2.7
Plot Soprasolar Fix EVO	p : nombre de plots m : nombre de module p = 2m+2 (pour le cas 2 plots par grands côtés de modules) p = 3m+3 (pour le cas 3 plots par grands côtés de modules)	Soprasolar	 	§2.2.3.2

Tableau 2 (suite) – Quantitatif des composants du système

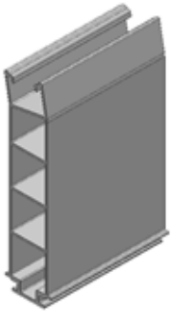
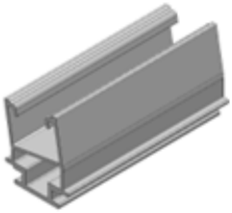
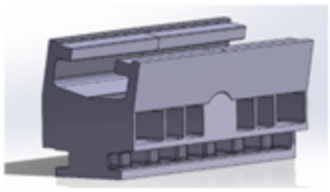
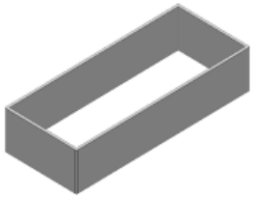
Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
(uniquement dans le cas des modules inclinés) Rehausse aluminium 200 mm & 210mm Rehausse polymère 210mm	p/2	Soprasolar	  Aluminium 200 & 210 polymère V2	§2.2.3.3
(uniquement dans le cas des modules inclinés) Rehausse aluminium 45 mm Rehausse polymère 45mm	p/2	Soprasolar	  Aluminium polymère V2	§2.2.3.3
Bloqueur de rehausse (à utiliser avec réhausse aluminium)	p	Soprasolar		§2.2.3.3.1

Tableau 2 (suite) – Quantitatif des composants du système

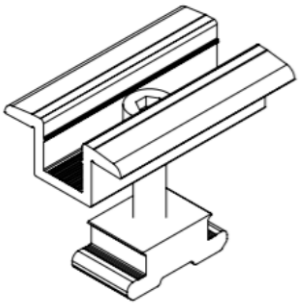
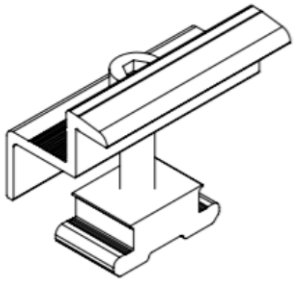
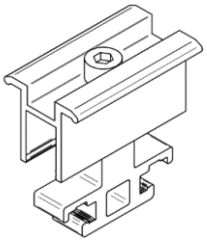
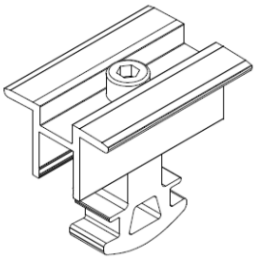
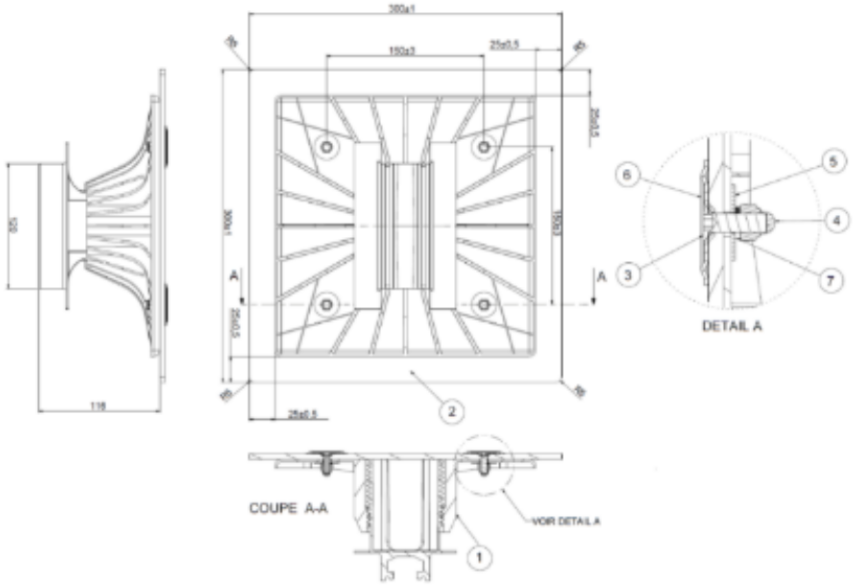
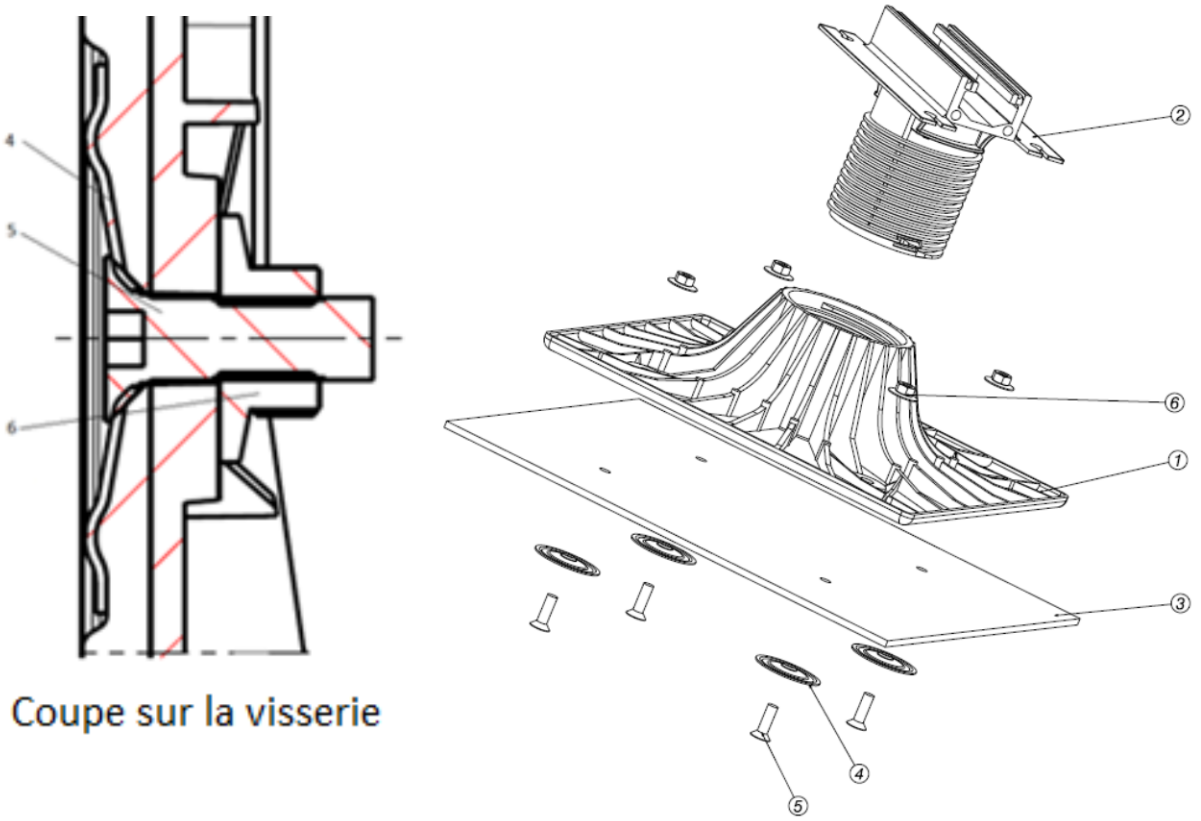
Composant	Quantité	Fournisseur	Image	Voir dans dossier technique
Étrier intermédiaire STIB	i : nombre d'étrier intermédiaire m≥2 i = 2m-2 (pour le cas 2 plots par grands côtés de modules) i = 3m -3 (pour le cas 3 plots par grands côtés de modules)	Soprasolar		§2.2.3.4
Étriers finaux STIB	4 par ligne ininterrompu de module (pour le cas 2 plots par grands côtés de modules) 6 par ligne ininterrompu de module (pour le cas 3 plots par grands côtés de modules)	Soprasolar		§2.2.3.4
Étriers universels STIB (remplace les étriers intermédiaires et finaux si choisi)	u: nombre d'étrier universel u = 2m+2 (pour le cas 2 plots par grands côtés de modules) u = 3m+3 (pour le cas 3 plots par grands côtés de modules)	Soprasolar		§2.2.3.4
Étriers universels FATH (remplace les étriers intermédiaires et finaux si choisi)	u: nombre d'étrier universel u = 2m+2 (pour le cas 2 plots par grands côtés de modules) u = 3m+3 (pour le cas 3 plots par grands côtés de modules)	Soprasolar		§2.2.3.4
Modules photovoltaïques	m	Soprasolar		Voir grille des modules associée à cet Avis Technique

Tableau 2 (suite) – Quantitatif des composants du système

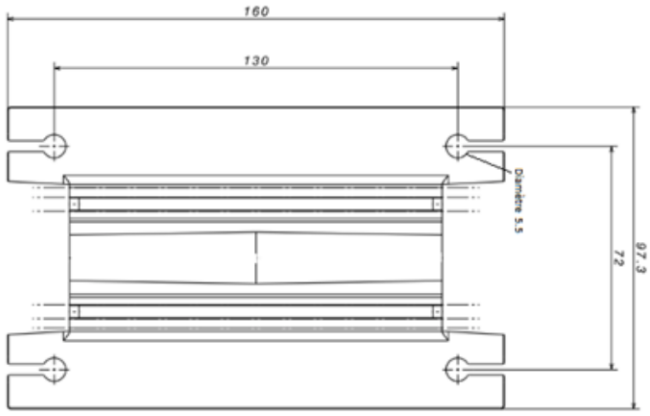


Item	Désignation	Quantité	Matériau
1	Embase et tête réglables	1	Polyamide 6 chargé à 30% de fibres de verre
2	Plastron SOPRASOLAR	1	SEBS avec armature polyester non-tissé
3	Vis métaux M6×20 TX30 avec frein filet	4	inox A2
4	Écrou borgne frein M6	4	inox A2
5	Rondelle 24×6,4×1,2	4	inox A2
6	Rondelle 40×6×1,2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

Tableau 3 – Plot SOPRASOLAR FIX EVO



Coupe sur la visserie



Vue du dessus de la tête du plot (2)

Item	Désignation	Quantité	Matériau
1	Embase	1	Polyamide 6 chargé à 30% de fibres de verre
2	Tête réglable accessoirisable	1	Polyamide 6 chargé à 30% de fibres de verre
3	Plastron SOPRASOLAR	1	SEBS avec armature polyester non-tissé
4	Rondelle 40×6×1,2	4	inox A2
5	Vis métaux M6×20 TX30 avec frein filet	4	inox A2
6	Écrou avec rondelle intégré M6	4	inox A2

Tableau 4 – Plot SOPRASOLAR FIX EVO -6-

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
Épaisseur 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 - État 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) - État neuf - État 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	

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 1/10 mm	-
Température limite de pliage à froid	≤ -10°C	≤ 0°

Tableau 5 – Caractéristique du plastron du plot SOPRASOLAR FIX EVO

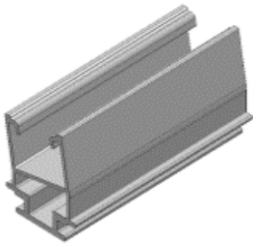
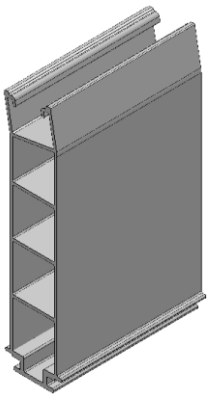
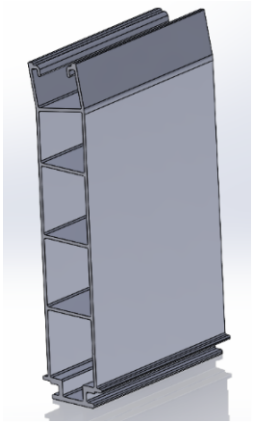
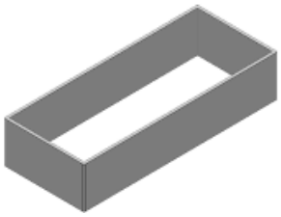
Composant	REHAUSSE 45	REHAUSSE 200 & 210		BLOQUEUR REHAUSSE
Matériaux	Aluminium 6060 T6 brut ou anodisation 20µm	Aluminium 6060 T6 brut ou anodisation 20µm		Aluminium 6060 T6 brut ou anodisation 20µm
Section	Environ 534 mm²	Environ 1 335 mm²	Environ 1 391 mm²	Environ 591 mm²
Hauteur	58 mm	206 mm	220 mm	27 mm
Longueur	120 mm	120 mm		125 mm
Masse d'une pièce	0,17 kg	0,43 kg	0,45 kg	0,04 kg
Visuel				

Tableau 6 – Caractéristiques des rehausses aluminium et bloqueur

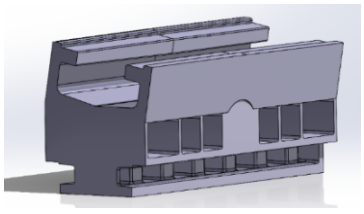
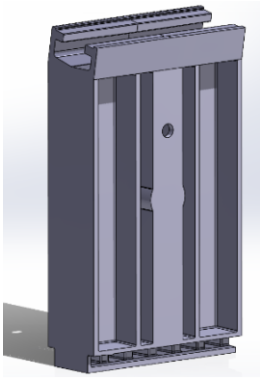
Composant	REHAUSSE 45 polymère V2	REHAUSSE 210 polymère V2
Matériaux	PA6 FV 30%	PA6 FV 30%
Hauteur	46 mm	211 mm
Longueur	123 mm	123 mm
Masse d'une pièce	0,17 kg	0,53 kg
Visuel		

Tableau 7 – Caractéristiques des rehausses en polymère

Isolant	ARCELOR							BACACIER	JORIS IDE			MONOPANEL		CLT
	40/40PP	46/46PP	56/56PP	74	74PA	74PP	74PT	42-49/49PP-59/59PP/59PA/59PT - 73/73PP/73PA/73PT	42/42PP-50/50PP-73/73PP	56/56PP -module 1850x1150	56/56PP -module 2000x1150	42-48-57-72/72AC	48AC	
Rockacier C Nu	60	60	60	60	-	60	-	80(1)	80	60	60	60	60	60
Rockacier C Nu ENERGY	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	-	80	80	80
Panotoit Tekfi 2	60	60	60	60	80	60	80	80	80	80	80	80	80	60
SmartRoof C (38)	60	60	60	60	60	60	-	60	60	60	-	60	80	60
SmartRoof C (37)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Roctherm Coberlan C (Nu)	60	60	60	60	80	80	100	80	80	80	80	60	80	60
Efigreen Acier	80	80	80	80	80	80	100	80	80	80	80	80	80	80
Panotoit Tekfi2 + Efigreen Acier*	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+100	60+80	60+80	60+80	60+80	80+80	80+80	60+80
Smartroof C (38) + Efigreen Acier*	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+100	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80
Smartroof C (37) + Efigreen Acier*	100+80	100+80	100+80	100+80	100+80	100+80	100+100	100+80	100+80	100+80	100+80	100+80	100+80	100+80
Roctherm Coberlan C (nu) + Efigreen Acier*	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+100	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80	60+80

- : pose non admise ;

(1) : 60mm pour 42/49/59/73/73PP ;

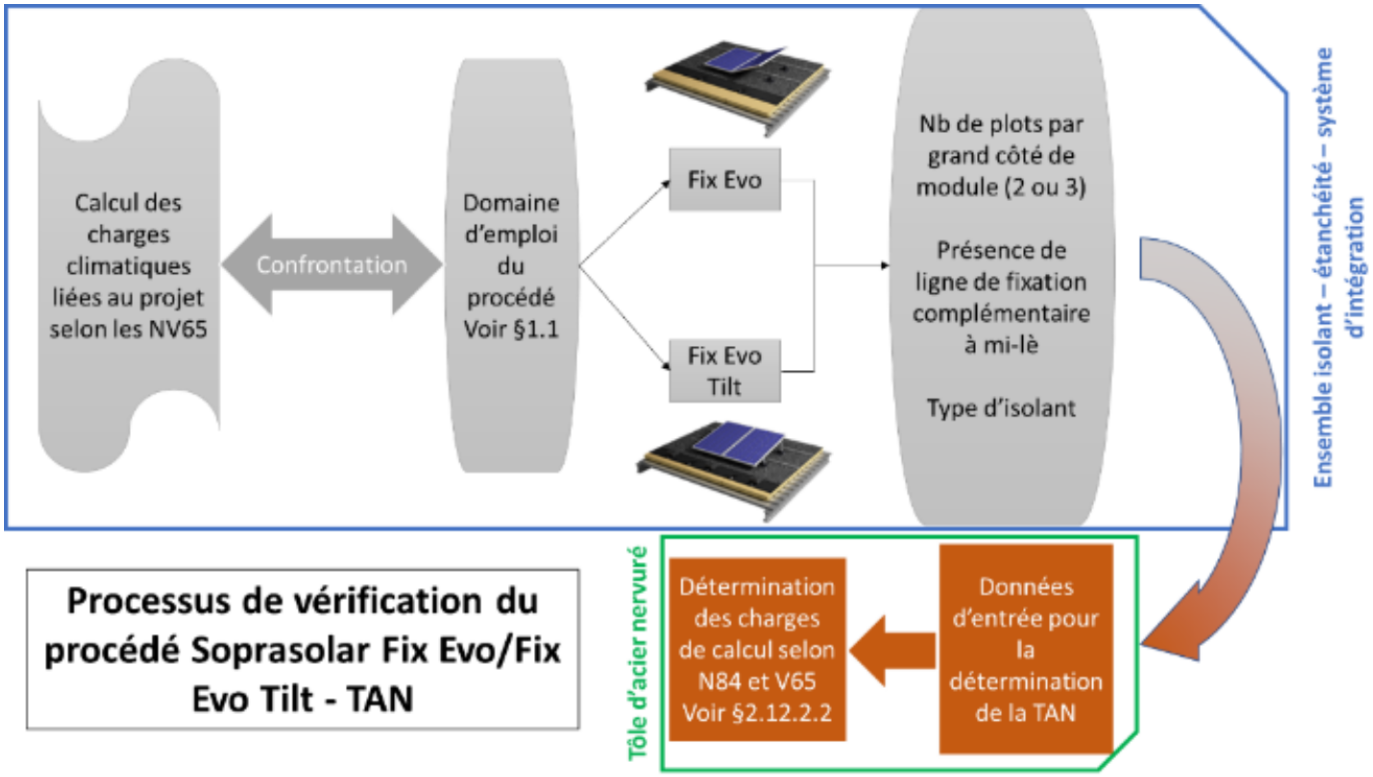
* : voir le § 2.2.4.5.9 pour les épaisseurs maximales d'isolants.

Voir les FT pour avoir les paramètres de pose de la TAN (largeur d'appui mini et présence ou non de plaquette de répartition, taille du module photovoltaïque) : se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Tableau 8 – Associations possibles isolants/TAN et épaisseur minimum d'isolant

2.12.2. Dimensionnement

2.12.2.1. Processus de vérification du procédé



2.12.2.2. Détermination des charges de calcul pour les TAN - Généralités

- Charge de montage :
  Les charges de montage utilisées pour la détermination des portées utiles sont celles du DTU 43.3 P1-1 ;
- Charges permanentes :
  Les charges permanentes comprennent l'ensemble des charges dues au complexe d'isolation et du revêtement d'étanchéité ainsi que l'ensemble du procédé SOPRASOLAR FIX EVO/FIX EVO TILT – TAN DTU et des panneaux photovoltaïques, mis en œuvre sur les TAN. Le poids propre du profil est directement intégré aux vérifications ;
- Charges descendantes d'exploitation et charge climatique de neige :
  La charge descendante de calcul en situation normale est la charge de neige normale déterminée conformément aux prescriptions des Règles Neige N 84 (modificatif de février 2009) avec un minimum de 50 daN/m² ;
- Charges ascendantes pour les profils élément porteur d'étanchéité (lorsque nécessaire) :
  Les valeurs de dépression normale à prendre en compte pour la vérification des TAN sont celles dues au vent sur les rives de la toiture sous un vent parallèle aux génératrices en appliquant la majoration de rives à l'ensemble de la toiture y compris pour les parties courantes. Des valeurs précalculées, obtenues par l'application des règles simplifiées, sont données dans le Tableau 9 ci-dessous.

Type de bâtiment	Hauteur en mètre	Zones (vent)							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Bâtiments fermés	≤ 10	47	64	57	73	71	88	85	101
	≤ 15	52	70	62	81	78	97	93	112
	≤ 20	56	75	67	87	84	105	100	120
Bâtiments ouverts	≤ 10	69	94	83	108	104	130	125	149
	≤ 15	76	103	92	119	114	143	137	164
	≤ 20	82	111	99	128	123	154	148	177

Tableau 9 – Valeur de dépression en daN/m² à prendre en compte en vent normal pour la vérification des TAN (selon les règles V65 modifiées 2009)

- Les valeurs de dépression normale à prendre en compte pour la vérification des fixations des TAN sur la charpente sont celles dues au vent dans les parties courantes ainsi que sur les rives de la toiture sous un vent perpendiculaire aux génératrices, les rives étant comptées sur une largeur égale au 1/10 de la hauteur du bâtiment sans être inférieure

à 2 m. Des valeurs précalculées, pour les zones de rive, obtenues par l'application des règles simplifiées, sont données dans le Tableau 10 ci-dessous.

Type de couverture	Type de bâtiment	Hauteur en mètre	Zones (vent)							
			1		2		3		4	
			Site		Site		Site		Site	
			Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Versants plans	Bâtiments fermés	≤ 10	76	103	91	118	114	142	137	164
		≤ 15	84	113	100	130	125	156	150	180
		≤ 20	90	122	108	141	135	169	162	194
	Bâtiments ouverts	≤ 10	89	121	107	139	134	167	161	193
		≤ 15	98	133	118	153	147	184	177	212
		≤ 20	106	143	127	165	159	199	191	229

Tableau 10 – Valeur de dépression en daN/m² à prendre en compte en vent normal pour la vérification des fixations des TAN sur la charpente (selon les règles V65 modifiées 2009)

Dans tous les cas la détermination des charges ascendantes s'effectue en fonction :

- des caractéristiques géométriques du bâtiment à savoir : son élancement (proportions), la perméabilité à l'air de ses parois (bâtiment ouvert ou fermé), sa hauteur au faîtage ;
- de la zone de vent (1, 2, 3, ou 4) et du site (normal ou exposé), la notion de site protégé n'est pas prise en compte pour ce procédé.

On entend par bâtiment d'élancement courant ($\lambda \leq 2,5$), un bâtiment dont les dimensions respectent toutes les conditions suivantes :

- toiture à un ou deux versants ;
- $\gamma_0 < 1$ au sens des Règles V 65 avec modificatif n°4 de février 2009 ;
- h/a < 2,5 avec a = longueur du bâtiment et h = hauteur du bâtiment ;
- f ≤ h/2, avec f = flèche de la toiture du bâtiment.

2.12.2.3. Partie spécifique aux TAN SOPRASTYL - Mise en œuvre et dimensionnement

2.12.2.3.1. Revêtement des profils

Le choix du revêtement des profils doit être conforme au guide de choix présenté au Tableau 11 et au Tableau 12 ci-dessous, et aux préconisations d'ARCELORMITTAL BUILDING SOLUTIONS FRANCE dans les cas où l'avis du fabricant est sollicité.

■ : revêtement adapté

○ : revêtement dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et accord de la société ArcelorMittal Building Solutions France

▬ : revêtement non adapté.

GUIDE DE CHOIX DES REVETEMENTS VIS-A-VIS DES AMBIANCES INTERIEURES

	Matière			Non agressive			Faiblement agressive
	Revêtement métallique	Revêtement organique	Catégorie selon NF P 34-301	Faible hygrométrie	Moyenne hygrométrie	Forte hygrométrie	Forte hygrométrie
METALLIQUES	Z 180	/	/	■	▬	▬	▬
	Z 275	/	/	■	■	○	▬
	ZM EVOLUTION 80	/	/	■	▬	▬	▬
	ZM EVOLUTION 120	/	/	■	■	▬	▬
	ZM EVOLUTION 175	/	/	■	■	○	▬
ORGANIQUES (envers de bande : classe II)	Z 100	Intérieur 12	II	■	○	▬	▬
	Z 225	Intérieur 12	II	■	■	▬	▬
	ZM EVOLUTION 60		/				
	Z 225	Hairplus	IIIa	■	■	○	▬
	ZM EVOLUTION 100		/				
	Z 225	Hairultra	IIIa	■	■	■	▬
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Authentic	IIIa	■	■	■	▬
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Edyxo	IIIa	■	■	■	▬
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Naturel	IIIa	■	■	■	▬
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Hairflon 25	IIIa	■	■	○	▬
	ZM EVOLUTION 100		/				
	Z 225	Hairflon 35	IVb	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Keyron 150	IVb	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Keyron 200	IVb	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Hairexcel	IVb	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Intense	Vc	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Pearl	Vc	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 275	Sinéa	Vc	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/				
	Z 225	Irysa	IIIa	■	■	■	▬
	ZM EVOLUTION 120		/				
	ZM EVOLUTION 140	R'Unik	/	■	■	■	■

Note : les revêtements ZM EVOLUTION sont définis dans l'ETPM « ZMevolution® »
Les TAN perforées ne sont pas admises en forte hygrométrie.

Tableau 11– Guide de choix des aciers revêtus pour les profils SOPRASTYL

GUIDE DE CHOIX DES REVETEMENTS VIS-A-VIS DES ATMOSPHERES EXTERIEURES POUR LES BÂTIMENTS OUVERTS ET LES AUVENTS										
	Matière			Rurale non polluée	Urbaine et industrielle		Marine			
	Revêtement métallique	Revêtement organique	Catégorie selon NF P 34-301		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (3 à 1 km) (1)	Mixte
METALLIQUE	Z 350	/	/	■	○	–	○	–	–	–
	ZM EVOLUTION 175	/	/	■	○	–	○	–	–	–
	ZM EVOLUTION 250	/	/	■	■	○	■	○	○	○
	ZM EVOLUTION 275	/	/	■	■	○	■	○	○	○
ORGANIQUES (envers de bande : classe II)	Z 225	Hairplus	IV	■	■	–	■	○	–	–
	ZM EVOLUTION 100		/	■	■	○	■	■	–	–
	Z 225	Hairultra	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 225	Authentic	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 225	Edyxo	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 225	Naturel	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 225	Hairfion 25	IV	■	■	–	■	○	–	–
	ZM EVOLUTION 100		/	■	■	○	■	■	–	–
	Z 225	Hairfion 35	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 225	Kayron 200	V	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Hairexcel	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 225	Intense	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 225	Pearl	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 275	Sinéa	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	Z 225	Iryea	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/							
	ZM EVOLUTION 140	R'Unik	/	■	■	○	■	■	■	○
(1) Pour les zones situées à moins de 1 km du littoral, nous consulter										

Note : les revêtements ZM EVOLUTION sont définis dans l'ETPM « ZMevolution® »

Tableau 12– Guide de choix des aciers revêtus pour les profils SOPRASTYL - utilisation des TAN Perforées Totales interdite en bâtiments ouverts et auvents

2.12.2.3.2. Détermination des charges de calcul

Se reporter au § 2.12.2.2.

Pour les TAN SOPRASTYL, la charge descendante de calcul en situation accidentelle est déterminée conformément aux prescriptions des Règles Neige N84 (modificatif de février 2009).

2.12.2.3.3. Mise en œuvre des profils SOPRASTYL

La mise en œuvre des profils est conforme à le DTU 43.3 P1-1, modifiée ou complétée par ce dossier technique.

- Cas général
  Le dimensionnement de l'élément porteur du complexe de toiture constitué d'un profil SOPRASTYL doit comprendre ces 3 vérifications :
  - vérification des portées sous charges descendantes (normales et accidentelles),
  - vérification des portées sous charges ascendantes,
  - vérification de la densité de fixations à l'ossature.
- Les vérifications des portées de profil sont à réaliser à l'aide des fiches techniques spécifiques données au § 2.12.2.3.8. Pour les cas non prévus par ces dernières (autres charges, travées inégales, chargements non uniformes, etc), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique d'ARCELORMITTAL BUILDING SOLUTIONS FRANCE.
- Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles du DTU 43.3 (1/10e de la portée, limité à 0,30 m), avec un couturage de la partie en porte-à-faux à 10 cm environ de l'extrémité du profil.

2.12.2.3.4. Fixation à la structure porteuse

Toutes les nervures des profils SOPRASTYL sont fixées sur chaque appui avec des fixations conformes au § 2.2.4.2.5.

La vérification forfaitaire à réaliser est la suivante, et tient compte des particularités de transmission des charges propres au système SOPRASOLAR FIX EVO :

$$K_p \times L \times (1{,}75 \times D - (p_{PL} + g + p_{UR})) \leq 1{,}70 \times Pk / \gamma_m$$

avec

- Kp : coefficient dépendant du profil SOPRASTYL :
  - 1,35 : profils SOPRASTYL 40, 40PP, 74PT
  - 1,30 : profils SOPRASTYL 46, 46PP, 56, 56PP, 74, 74PA, 74PP
- L (m) : portée d'utilisation du profil SOPRASTYL,
- D (daN/m²) : dépression calculée due au vent normal selon les règles NV65 modifiées 2009 en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices de toiture équipée de modules photovoltaïques (cf Tableau 10),
- p_{PL} (daN/m²) : charge permanente appliquée par les plots sur le profil,
- g (daN/m²) : poids propre du profil,
- p_{UR} (daN/m²) : charge permanente appliquée uniformément sur le profil,
- P_k (daN) : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314,
- γm: coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'élément porteur:
  - γm = 1,20 dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm,
  - γm = 1,35 dans l'élément porteur acier d'épaisseur ≥ 1,5 mm et ≤ 3 mm, et dans le bois.

Dans tous les cas, les vérifications précises peuvent être réalisées au cas par cas par l'assistance technique d'ARCELORMITTAL BUILDING SOLUTIONS FRANCE.

2.12.2.3.5. Couturage des profils

Chaque profilé élément porteur d'étanchéité SOPRASTYL sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au § 5.5.2 du DTU 43.3 P1-2 et avec un entraxe maximum entre fixation de 75 cm dans le sens longitudinal des recouvrements. Dans le cas de coupe longitudinale des tôles, lorsque la nervure doit être reconstituée (porte-à-faux de la plage coupée supérieur à 0,10 m), l'assemblage est assuré par couturage tous les 50 cm (voir DTU 43.3 P1-1).

Dans tous les cas, la répartition des coutures entre appuis doit rester équilibrée.

2.12.2.3.6. Points singuliers

Les points singuliers, en ce qui concerne les profils SOPRASTYL, sont conformes à la norme NF DTU 43.3 P1-1.

2.12.2.3.7. Guide de vérification du domaine d'emploi pour la partie tôle d'acier nervurée – profils SOPRASTYL

La toiture équipée de modules photovoltaïques avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT-TAN doit présenter une portée maximale admissible pour les profils SOPRASTYL 40/40PP, 46/46PP, 56/56PP, 74/74PP/74PA/74PT correspondant à la plus petite valeur de portées déterminées par les méthodes ci-après présentées à l'étape 1 (neige normale et accidentelle) et à l'étape 2 (vent).

Remarque : ne pas omettre la vérification de la fixation des TAN sur la charpente (voir étape 2)

- Étape 1 : vérification en charge descendante (charge de neige normale et accidentelle)

Diagramme de vérification à la charge de neige normale « s »

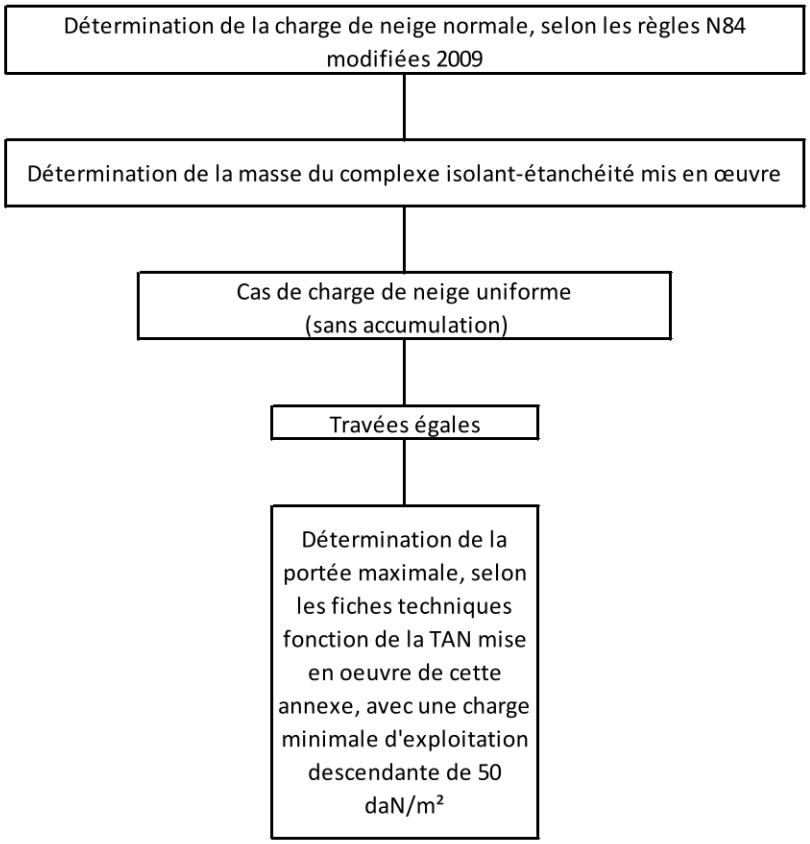
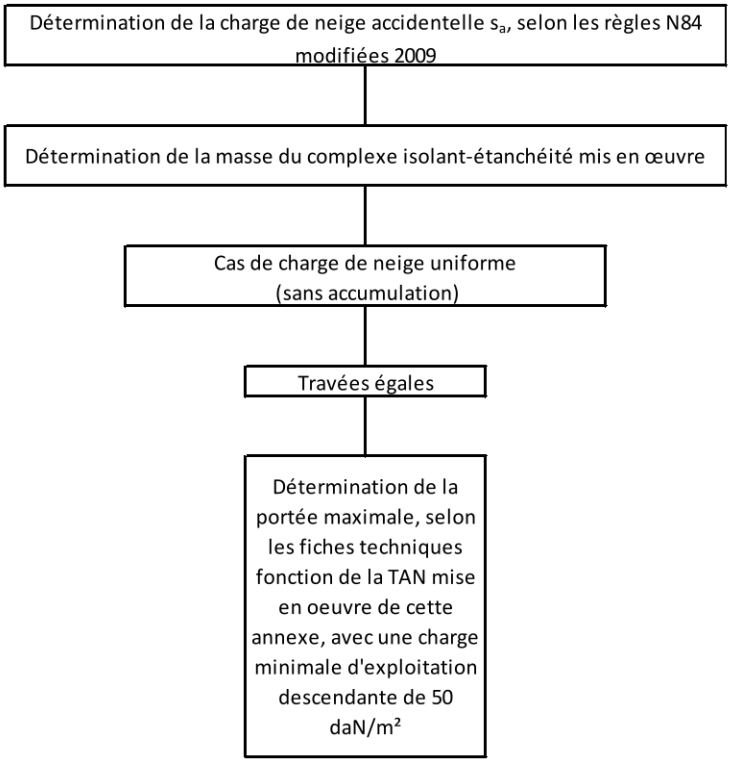
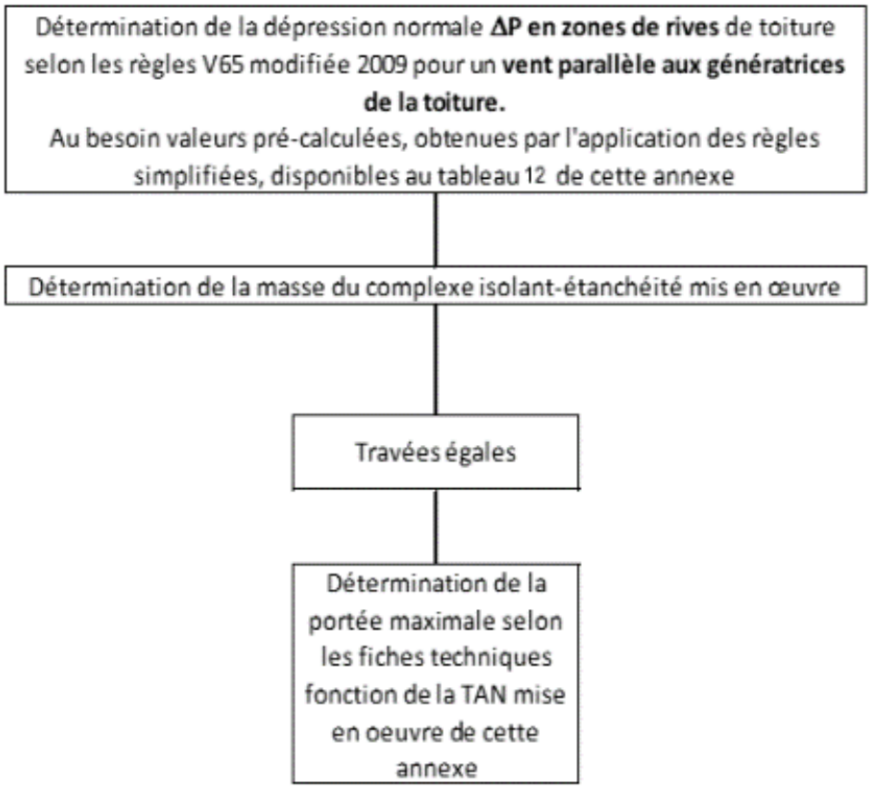


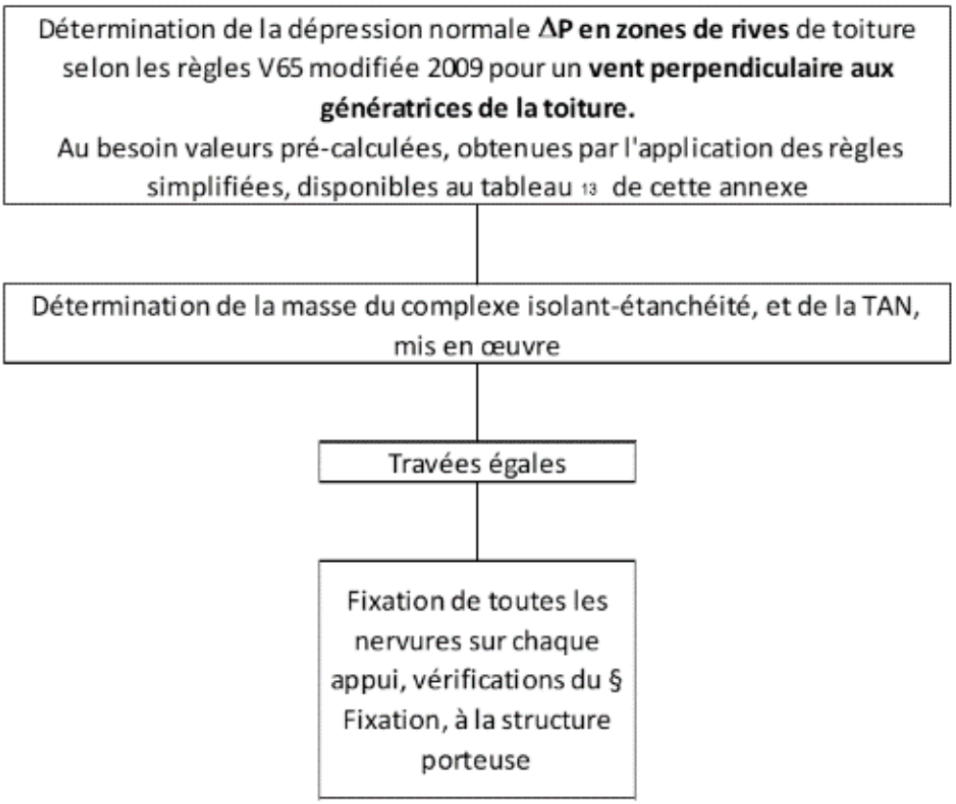
Diagramme de vérification à la charge de neige accidentelle « s_a »



- Étape 2 : vérification en charge ascendante (dépression)
  - Vérification des portées des TAN



-
  - Vérification des fixations des TAN sur la charpente



2.12.2.3.8. Fiche technique et tableau de portée des profils SOPRASTYL

Se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Elles donnent des valeurs enveloppe couvrant toutes les dispositions de montage revendiquées.

Les charges nécessaires à l'utilisation des tableaux de portées sont :

- charge descendante : valeur de neige normale issue des Règles N84 (modificatif de février 2009),
- charge accidentelle : valeur de neige accidentelle éventuelle issue des Règles N84 (modificatif de février 2009),
- charge ascendante : valeur de dépression due à l'effet du vent normal issue des Règles V65 (modificatif de février 2009), l'application de règles simplifiées permet d'obtenir les valeurs pré-calculées du Tableau 9,
- poids cumulés de l'isolation thermique, du pare vapeur éventuel et du revêtement d'étanchéité.

Les charges permanentes dues au poids propre du profil SOPRASTYL et au poids propre du procédé photovoltaïque sont prises en compte implicitement dans ces tableaux de portées. Les valeurs retenues pour l'obtention des portées maximales d'utilisation sont :

- 15 daN/m² pour les vérifications sous la charge descendante et sous la neige accidentelle,
- 12 daN/m² pour les vérifications sous les charges ascendantes.

Le dimensionnement du profil SOPRASTYL doit comprendre les vérifications suivantes :

- vérification des portées sous charge descendante ;
- vérification des portées sous charge de neige accidentelle éventuelle ;
- vérification des portées sous charge ascendante ;
- vérification de la tenue à l'arrachement des fixations à l'ossature.

Liste des fiches techniques :

Paramètres de pose communs à toutes les TAN SOPRASTYL :

- Appui minimal :60 mm
  Sans plaquette de répartition (sauf pour les TAN totalement perforées)
- Fixation complète sur appui
- Espacement de couturage maximale de 0,75 m

Numéro de la fiche technique	Taille module (mm)	Isolant avec épaisseur minimale supportée
Soprastyl 40 FT 1850x1150 Et Soprastyl 40PP FT-1850x1150	1850x1150 pour une pose à plat 1879 x 1150 pour une pose en Tilt	Rockacier C Nu : 60mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm
Soprastyl 40 FTG 2000x1150 Et Soprastyl 40PP FTG 2000x1150	2000 x 1150 pour une pose à plat ou en TILT	
Soprastyl 46 FT-A 1850x1150 Et Soprastyl 46 PP FT-A 1850x1150	1850x1150 pour une pose à plat 1879 x 1150 pour une pose en Tilt	Rockacier C Nu : 60mm
Soprastyl 46 FT-B 1850x1150 Et Soprastyl 46 PP FT-B 1850x1150		Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm

Tableau 13 – Liste des fiches techniques des TAN Soprastyl

Numéro de la fiche technique	Taille module (mm)	Isolant avec épaisseur minimale supportée
Soprastyl 46 FTG-A 2000x1150 Et Soprastyl 46PP FTG-A 2000x1150	2000 x 1150 pour une pose à plat ou en TILT	Rockacier C Nu : 60mm
Soprastyl 46 FTG-B 2000x1150 Soprastyl 46PP FTG-B 2000x1150		Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm
Soprastyl 56 FT 1850x1150	1850x1150 pour une pose à plat 1879 x 1150 pour une pose en Tilt	Rockacier C Nu : 60mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm
Soprastyl 56 FTG 2000x1150	2000 x 1150 pour une pose à plat ou en TILT	
Soprastyl 56PP FT-A 1850x1150	1850x1150 pour une pose à plat 1879 x 1150 pour une pose en Tilt	Rockacier C Nu : 60mm
Soprastyl 56PP FT-B 1850x1150		Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm

Tableau 13 (suite) – Liste des fiches techniques des TAN Soprastyl

Numéro de la fiche technique	Taille module (mm)	Isolant avec épaisseur minimale supportée
Soprastyl 56PP FTG-A 2000x1150	2000 x 1150 pour une pose à plat ou en TILT	Rockacier C Nu : 60mm
Soprastyl 56PP FTG-B 2000x1150		Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm
Soprastyl 74 FT-A	1850x1150 pour une pose à plat 1879 x 1150 pour une pose en Tilt	Rockacier C Nu : 60mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm C+ Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (38)+ Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm
Soprastyl 74 FT-B		Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 100mm Efigreen Acier : 100mm Rocterm C+ Efigreen Acier : 60mm + 100mm SmartRoof C (38)+ Efigreen Acier : 60mm + 100mm Panotoit Tekfi2 + Efigreen Acier : 60mm + 100mm
Soprastyl 74 FT-C		SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 120mm Rocterm C+ Efigreen Acier : 60mm + 120mm SmartRoof C (38)+ Efigreen Acier : 60mm + 120mm Panotoit Tekfi2 + Efigreen Acier : 60mm + 120mm SmartRoof C (37)+ Efigreen Acier : 100mm + 80mm

Tableau 13 (suite) – Liste des fiches techniques des TAN Soprastyl

Numéro de la fiche technique	Taille module (mm)	Isolant avec épaisseur minimale supportée
Soprastyl 74 FTG-A	2000 x 1150 pour une pose à plat ou en TILT	Rockacier C Nu : 60mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm C+ Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (38)+ Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm
Soprastyl 74 FTG-B		Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 100mm Efigreen Acier : 100mm Rocterm C+ Efigreen Acier : 60mm + 100mm SmartRoof C (38)+ Efigreen Acier : 60mm + 100mm Panotoit Tekfi2 + Efigreen Acier : 60mm + 100mm
Soprastyl 74 FTG-C		SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 120mm Rocterm C+ Efigreen Acier : 60mm + 120mm SmartRoof C (38)+ Efigreen Acier : 60mm + 120mm Panotoit Tekfi2 + Efigreen Acier : 60mm + 120mm SmartRoof C (37)+ Efigreen Acier : 100mm + 80mm
Soprastyl 74PA FT	1850x1150 pour une pose à plat 1879 x 1150 pour une pose en Tilt	SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm
Soprastyl 74PA FTG	2000 x 1150 pour une pose à plat ou en TILT	
Soprastyl 74PP FT-A 1850x1150	1850x1150 pour une pose à plat 1879 x 1150 pour une pose en Tilt	Rockacier C Nu : 60mm
Soprastyl 74PP FT-B 1850x1150		SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm

Tableau 13 (suite) – Liste des fiches techniques des TAN Soprastyl

Numéro de la fiche technique	Taille module (mm)	Isolant avec épaisseur minimale supportée
Soprastyl 74PP FTG-A 2000x1150	2000 x 1150 pour une pose à plat ou en TILT	Rockacier C Nu : 60mm
Soprastyl 74PP FTG-B 2000x1150		SmartRoof C (38) : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier: 100mm + 80mm
Soprastyl 74PT FT-A 1850x1150	1850x1150 pour une pose à plat 1879 x 1150 pour une pose en Tilt	Rockacier C Nu Energy: 80mm Panotoit Tekfi 2: 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 100mm Efigreen Acier: 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +100mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 100mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 100mm
Soprastyl 74PT FT-B 1850x1150		SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 120mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +120mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 120mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 120mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm
Soprastyl 74PT FTG-A 2000x1150	2000 x 1150 pour une pose à plat ou en TILT	Rockacier C Nu Energy: 80mm Panotoit Tekfi 2: 80mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 100mm Efigreen Acier: 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +100mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 100mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 100mm
Soprastyl 74PT FTG-B 2000x1150		SmartRoof C (37) : 100mm Efigreen Acier : 120mm Rocterm - Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm +120mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 120mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm + 120mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm

Tableau 13 (suite) – Liste des fiches techniques des TAN Soprastyl

2.12.2.3.9. Exemple de dimensionnement d'un profil SOPRASTYL

Les données de l'exemple traité sont :

- situation du projet :
  - région de neige C2,
  - altitude inférieure à 200 m,
  - zone de vent 2,
  - site normal,
- données bâtiment :
  - structure porteuse en acier d'épaisseur supérieure à 3 mm,
  - pente de versants de 3,1%,
  - versants plans,
  - dimensions permettant l'application simplifiée des règles V 65 ,
  - hauteur 15 mètres,
  - bâtiment fermé,
- procédé photovoltaïque :
  - implantation de la centrale photovoltaïque en partie courante de toiture, avec module photovoltaïque de 1 850 x 1 150 mm en pose à plat,
  - poids surfacique du procédé compris entre 12 daN/m² et 15 daN/m²,
- système de toiture :
  - profil SOPRASTYL 56 en épaisseur de 0,75 mm,
  - isolant thermique pour un poids surfacique de 26,5 daN/m²,
  - revêtement d'étanchéité pour un poids surfacique de 8,5 daN/m².

La détermination des charges de calcul s'effectue comme suit :

- charge descendante : neige normale qui vaut 65 x 0,8 + 10 = 62 daN/m² : lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m²,
- charge de neige accidentelle : valant 135 x 0,8 + 10 = 118 daN/m² : lecture dans le tableau d'utilisation avec 125 daN/m2,
- Calcul avec une accumulation de neige liée à une acrotère de 1 m avec une zone neutre de 1 m :
  - Sur 2/4 appuis
    - s_0 = 65 daN/m² donc μ_1= 0,8 ; μ_2 = (2 x 1) / 0,65 = 3,08 limité à 1,6 ; l = 2 x 1 = 2 limité à 5 m et μ' = (1,6 – (0,8 / 5)) x 1 = 1,44
    - Donc la charge d'exploitation descendante pour 2 appuis vaut : $\mu' \times s_0 + s_1$ = 1,44 x 65 + 10 = 103,6 daN : lecture dans le tableau d'utilisation avec 125 daN/m²,
  - Sur 3 appuis
    - s_0 = 65 daN/m² donc μ_1= 0,8 ; μ_2 = (2 x 1) / 0,65 = 3,08 limité à 1,6 ; l = 2 x 1 = 2 limité à 5 m et μ' = (1,6 – (0,8 / 5)) x 1 = 1,44
    - Donc la charge d'exploitation descendante pour 3 appuis vaut : $(\mu' - \mu_1) \times 1{,}15 \times s_0 + \mu_1 \times s_0 + s_1$ = (1,44 – 0,8) x 1,15 x 65 + 0,8 x 65 + 10 = 109,84 daN : lecture dans le tableau d'utilisation avec 125 daN/m².
- charge ascendante applicable au profil : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du Tableau 9, 62 daN/m2 : lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m²,
- charges ascendantes applicables aux assemblages des profilés SOPRASTYL sur la structure porteuse : vent normal qui vaut 59 daN/m² pour la partie courante et, selon les valeurs pré-calculées du Tableau 10, 100 daN/m2 pour les zones de rive,
- poids de l'isolation thermique et du revêtement d'étanchéité : 26,5 + 8,5 = 35 daN/m² : lecture dans les tableaux d'utilisation avec 35 daN/m².

L'ensemble de la toiture doit être vérifié en usage traditionnel, sans la centrale photovoltaïque, conformément au DTU 43.3. En effet, la centrale photovoltaïque n'occupe pas la totalité de la toiture et l'installation de celle-ci peut être décalée dans le temps.

La détermination des différentes portées maximales d'utilisation s'effectue comme suit :

Cas dit « courant » :

- sous l'effet de la charge descendante :
  - sur 2 appuis : 2,50 m ;
  - sur 3 appuis : 3,25 m ;
  - sur 4 appuis et plus : 3,05 m ;
- sous l'effet de la charge de neige accidentelle :
  - sur 2 appuis : 2,70 m ;
  - sur 3 appuis : 3,00 m ;
  - sur 4 appuis et plus : 3,00 m ;
- sous l'effet de la charge ascendante :
  - sur 2 appuis : 2,75 m ;
  - sur 3 appuis : 3,60 m ;

- sur 4 appuis et plus : 3,35 m.

Cas d'un acrotère :

- sous l'effet de la charge de neige avec acrotère :
  - sur 2 appuis : 2,20 m ;
  - sur 3 appuis : 2,50 m ;
  - sur 4 appuis et plus : 2,50 m .

La détermination de la portée maximale d'utilisation définitive s'effectue en retenant le minimum admissible pour chaque cas de pose :

- Partie courante :
  - sur 2 appuis : minimum (2,50 m ; 2,70 m ; 2,75 m) = 2,50 m ;
  - sur 3 appuis : minimum (3,25 m ; 3,00 m ; 3,60 m) = 3,00 m ;
  - sur 4 appuis et plus : minimum (3,05 m ; 3,00 m ; 3,35 m) = 3,00 m.
- Zone d'acrotère :
  - sur 2 appuis : minimum (2,20 m ; 2,70 m ; 2,75 m) = 2,20 m ;
  - sur 3 appuis : minimum (2,50 m ; 3,00 m ; 3,60 m) = 2,50 m ;
  - sur 4 appuis et plus : minimum (2,50 m ; 3,00 m ; 3,35 m) = 2,50 m.

La détermination forfaitaire de la résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages des profilés SOPRASTYL sur la structure porteuse s'effectue comme suit :

$1{,}30 \times 3{,}00 \times (1{,}75 \times 100 - (12 + 8 + 35)) \leq 1{,}70 \times Pk / 1{,}20$; soit une valeur minimale pour Pk de 331 daN.

2.12.2.4. Partie spécifique aux TAN SOPRALTEO - Mise en œuvre et dimensionnement

2.12.2.4.1. Revêtement des profils

Le choix du revêtement des profils doit être conforme aux Tableau 14 et Tableau 15, aux spécificités du chantier et aux préconisations de BACACIER dans les cas où l'avis du fabricant est sollicité.

Revêtement métallique	**Ambiance intérieure**				
	Ambiance saine			***Ambiance faiblement agressive et forte hygrométrie***	**Ambiance agressive et très forte hygrométrie**
	Hygrométrie faible	***Hygrométrie moyenne***	***Hygrométrie forte***		
Z180 – Z200 – Z225	•	-	-	-	-
Z275	•	•	-	-	-
Z350	•	•	•	-	-

• : Revêtement adapté à l'exposition.

: Revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant.

- : Revêtement non adapté.

Les profils perforés sont admis uniquement en ambiance non agressive d'hygrométrie faible à moyenne.

Systèmes de revêtements			**Ambiance intérieure**				
			Ambiance saine			**Ambiance faiblement agressive et forte hygrométrie**	**Ambiance agressive et très forte hygrométrie**
Acier Galvanisé de base	**Revêtement organique**	**Catégories atteintes**	**Hygrométrie faible**	***Hygrométrie moyenne***	***Hygrométrie forte***		
Z100	Polyester 15 µm	II	•	•	-	-	-
Z225	Polyester 25 µm	IIIa	•	•	•*	-	-
	Polyester 35 à 40 µm	IIIa	•	•	•*	-	-
	Polyuréthane 50 à 55 µm	IVb	•	•	•*		
	Polyuréthane 70 à 75 µm	IVb	•	•	•*		

• : Revêtement adapté à l'exposition.

: Revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant.

- : Revêtement non adapté.

* : avec envers en polyester 15 µm minimum.

Les profiles perforés sont admis uniquement en ambiance non agressive d'hygrométrie faible à moyenne.

Tableau 14 - : Guides de choix des aciers revêtus pour les profils SOPRALTEO

Revêtement métallique	Atmosphères extérieures[a]							
	Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale
		Normale	*Sévère*	*20km à 10km*	*10km à 3km*	*Bord de mer (<3km)[b]*	*Mixte*	*Particulière*
Z180 – Z200 – Z225	-	-	-	-	-	-	-	-
Z275	□	□	-	-	-	-	-	-
Z350	•	□	-	□	-	-	-	-

• : Revêtement adapté à l'exposition.

□ : Revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant.

- : Revêtement non recommandé.

(a) : cf. annexe B de la norme NF P 34-310.

(b) : A l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultations et accord du producteur.

Systèmes de revêtements			Atmosphères extérieures[a]							
			Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale
Acier Galvanisé de base	Revêtement organique	Catégories atteintes		*Normale*	*Sévère*	*20km à 10km*	*10km à 3km*	*Bord de mer (<3km)[b]*	*Mixte*	*Particulière*
Z225	Polyester 25 µm	III	•	•	-	•	□	-	-	□
	Polyester 35 à 40 µm	IV	•	•	□	•	•	□	-	□
	Polyuréthane 50 à 55 µm	VI	•	•	□	•	•	•	□	□
	Polyuréthane 70 à 75 µm	VI	•	•	□	•	•	•	□	□

• : Revêtement adapté à l'exposition.

□ : Revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant.

-: Revêtement non recommandé.

(a) : cf. annexe B de la norme NF P 34-301 d'avril 2017.

(b) : A l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultations et accord du producteur.

Tableau 15 - : Guides de choix des aciers revêtus pour les profils SOPRALTEO en fonction de l'atmosphère extérieure (bâtiments ouverts et auvents)- utilisation des TAN Perforées Totales interdite en bâtiments ouverts et auvents

2.12.2.4.2. Détermination des charges de calcul

Se reporter au § 2.12.2.2.

Charges descendantes d'exploitation et charge climatique de neige : la charge descendante de calcul en situation normale est la plus élevée entre la charge de neige normale déterminée conformément aux prescriptions des Règles Neige N 84 (modificatif de février 2009) et la charge d'entretien conformément à la NF DTU 43.3.

La largeur minimale d'appui des TAN SOPRALTEO est de 60 mm.

2.12.2.4.3. Mise en œuvre des profils SOPRALTEO

La mise en œuvre des profils est conforme à le DTU 43.3 P1-1, modifiée ou complétée par ce dossier technique.

- Cas général
  Le dimensionnement de l'élément porteur du complexe de toiture constitué d'un profil SOPRALTEO doit comprendre une vérification des portées sous charges descendantes normales et une vérification de la densité de fixations à l'ossature. La vérification sous charges accidentelles est implicite.
  Les vérifications des portées de profil sont à réaliser à l'aide des fiches techniques spécifiques données au § 2.12.2.4.8. Pour les cas non prévus par ces dernières (autres charges, travées inégales, chargements non uniformes, etc), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique de BACACIER.
- Porte-à-faux
  Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles du DTU 43.3 (1/10e de la portée, limité à 0,30 m).

2.12.2.4.4. Fixation à la structure porteuse

Toutes les nervures des profils SOPRALTEO sont fixées sur chaque appui avec des fixations conformes au § 2.2.4.2.5.

La vérification à réaliser est la suivante, et tient compte des particularités de transmission des charges propres au système SOPRASOLAR FIX EVO :

$$1{,}35 \times L \times (1{,}75 \times D - (p_{PV} + g + p_{perm})) \leq 2 \times Pk / \gamma m$$

avec

- L (m) : portée d'utilisation du profil SOPRALTEO,
- D (daN/m²) : dépression calculée due au vent normal selon les règles NV65 modifiées 2009 en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices de toiture équipée de modules photovoltaïques,
- P_{PV} (daN/m²) : charge permanente appliquée par le système d'intégration sur le profil,
- g (daN/m²) : poids propre du profil,
- p_{perm} (daN/m²) : charges permanentes appliquées uniformément sur le profil,
- P_k (daN) : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314,
- γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'élément porteur :
  - γ_m = 1,20 dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm,
  - γ_m = 1,35 dans l'élément porteur acier d'épaisseur ≥ 1,5 mm et ≤ 3 mm, et dans le bois.

2.12.2.4.5. Couturage des profils

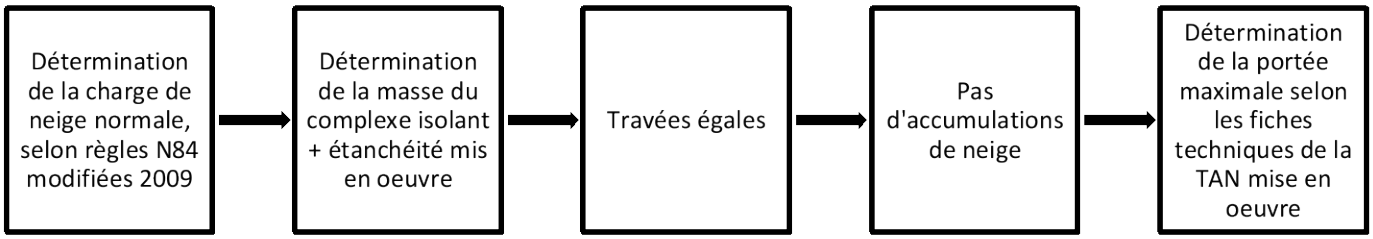
Chaque profilé élément porteur d'étanchéité SOPRALTEO sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au § 5.5.2 du DTU 43.3 P1-2 et avec un entraxe maximum entre fixation de 50 cm dans le sens longitudinal des recouvrements.

2.12.2.4.6. Points singuliers

Les points singuliers, en ce qui concerne les profils SOPRALTEO, sont conformes au DTU 43.3 P1-1.

2.12.2.4.7. Guide de vérification du domaine d'emploi pour la partie tôle d'acier nervurée

- Charge de neige normale



- Charge de neige accidentelle
  La charge accidentelle de neige selon les règles N84 (février 2009) est implicitement vérifiée pour les zones A, B et C. Pour la zone D, elle est vérifiée en prenant une charge de neige de 110 daN/m² minimum.

2.12.2.4.8. Fiche technique et tableau de portée des profils SOPRALTEO

Se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Elles donnent des valeurs enveloppe couvrant toutes les dispositions de montage revendiquées.

Les charges nécessaires à l'utilisation des tableaux de portées sont :

- valeur de neige normale issue des Règles N84 (modificatif de février 2009),
- poids cumulés de l'isolation thermique, du pare vapeur éventuel, du revêtement d'étanchéité et du procédé photovoltaïque (15 daN/m²).

Les charges permanentes dues au poids propre des profils SOPRALTEO sont prises en compte implicitement dans ces tableaux de portées.

Le dimensionnement des profils SOPRALTEO doit comprendre les vérifications suivantes :

- vérification des portées sous charge descendante,
- vérification de la tenue à l'arrachement des fixations à l'ossature

Liste des fiches techniques :

Paramètres de pose communs à toutes les TAN SOPRALTEO :

- Appui minimal :60 mm
  Sans plaquette de répartition (sauf pour les TAN totalement perforées)
- Fixation complète sur appui
- Espacement de couturage maximale de 0,75 m

Numéro de la fiche technique	Type de TAN SOPRALTEO	Surface maximale du module [m²]	Isolant avec épaisseur minimale supportée
TPB-42	42.1010 Bitume	2,3 m²	Rockacier C Nu : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm SmartRoof C (38) : 60mm SmartRoof C (37) : 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm Efigreen Acier : 80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm Rocterm -Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi2 +Efigreen Acier : 60mm + 80mm
TPB-49	49.950 Bitume	2,3 m²	
TPB-59	59.900 Bitume	2,3 m²	
TPB-73	73.780 Bitume	2,3 m²	
TPB-73PP	73.780PP Bitume	2,3 m²	
TPB-49PP	49.950PP Bitume	2,3 m²	Rockacier C Nu : 80mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm SmartRoof C (38) : 60mm SmartRoof C (37) : 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm Efigreen Acier : 80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm Rocterm -Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi2 +Efigreen Acier : 60mm + 80mm
TPB-59PP	59.900PP Bitume		
TPB-59PA	59.900PA Bitume		
TPB-59PT	59.900PT Bitume		
TPB-73PA	73.780PA Bitume		
TPB-73PT	73.780PT Bitume		

Tableau 16 – Liste des fiches techniques des TAN Sopralteo

2.12.2.4.9. Exemple de dimensionnement d'un profil SOPRALTEO

Les données de l'exemple traité sont :

- situation du projet :
  - région de neige : A2,
  - altitude : 350 m,
  - zone de vent 2,
  - site normal,
- données bâtiment :
  - structure porteuse en acier d'épaisseur supérieure à 3 mm,
  - pente de versants de 3,1%,
  - versants plans,
  - dimensions permettant l'application simplifiée des règles V 65 ,
  - hauteur 15 mètres,
  - bâtiment fermé,
- procédé photovoltaïque :
  - implantation de la centrale photovoltaïque en partie courante de toiture soit à au moins 5 m d'une accumulation de neige,
  - module photovoltaïque jusqu'à 1,82 m²,
  - poids surfacique du procédé : 15 daN/m²,
- système de toiture :
  - profil SOPRALTEO 59.900 Bitume en épaisseur de 0,75 mm,
  - isolant Rockacier C Nu épaisseur 100 mm soit un poids surfacique de 14,2 daN/m²,
  - revêtement d'étanchéité bitume pour un poids surfacique de 8 daN/m².

La détermination des charges de calcul s'effectue comme suit :

- charge descendante : neige normale qui vaut 68 x 0,8 + 10 = 64 daN/m² ☐ lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m²,
- poids de l'isolation thermique, du revêtement d'étanchéité : 14,2 + 8 = 22,2 daN/m² ☐ lecture dans les tableaux d'utilisation avec 25 daN/m²,
- charges ascendantes applicables aux assemblages du SOPRALTEO 59 Bitume sur la structure porteuse : vent normal qui vaut, selon les valeurs précalculées par l'application simplifiée des règles V65, 58,7 daN/m² pour la partie courante et 99,9 daN/m² pour les zones de rive.

L'ensemble de la toiture doit être vérifié en usage traditionnel, sans la centrale photovoltaïque, conformément au DTU 43.3. Les fiches techniques du présent dossier technique prennent en compte cette vérification.

La détermination des différentes portées maximales s'effectue par lecture dans le tableau de la fiche technique de le SOPRALTEO 59 Bitume :

- sur 2 appuis : 2,45 m,
- sur 3 appuis : 2,90 m,
- sur 4 appuis et plus : 2,90m,

La détermination forfaitaire de la résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages du profil SOPRALTEO 59 Bitume sur la structure porteuse s'effectue comme suit :

$$0,5 \times \gamma_m \times 1,35 \times L \times (1,75 \times D - (p_{PV} + g + p_{perm})) \leq Pk$$

$$0,5 \times 1,20 \times 1,35 \times 2,90 \times (1,75 \times 99,9 - (15 + 7,98 + 14,2 + 8)) \leq Pk$$

$$304,5 \leq Pk$$

soit une valeur minimale pour Pk de 305 daN.

2.12.2.5. Partie spécifique aux TAN JI-SOPRA - Mise en œuvre et dimensionnement

2.12.2.5.1. Revêtement

Le choix du revêtement des profils doit être conforme au guide de choix présenté au Tableau 17 et Tableau 18 ci-dessous, et aux préconisations de Joris Ide NV dans les cas où l'usage est soumis à enquête.

Les profils PP sont admis uniquement en faible et moyenne hygrométrie.

			Ambiance intérieure			
			Saine			Agressive
Revêtement organique	[µm]	Catégorie selon NF P 34-301	Faible hygrométrie	Moyenne hygrométrie	Forte hygrométrie	Forte hygrométrie
Interior (Polyester)	15	II	■	■	X	X
Essential (Polyester)	25	IIIa	■	■	○	X
Durable (PVDF)	35	IIIa	■	■	■	X
Ultra (PUR)	60	IVb	■	■	■	■
HPS 200 Ultra® (Plastisol)	200	Vc	■	■	■	■
Revêtement métallique						
Z225			■	X	X	X
Z275			■	■	○	X

■ : Revêtements adaptés

○ : Usage soumis à enquête

X : Revêtements non-adaptés

Tableau 17– Guide de choix des aciers revêtus pour les profils JI-SOPRA en fonction de l'ambiance intérieure dans le cas de bâtiments fermés

Revêtement organique	[µm]	Catégorie selon NF P 34-301	Rurale non-polluée	Urbaine & industrielle		Marine				Spéciale
				Normale	Sévère	20-10km	10-3km	Bord de mer (3-1km)	Mixte	Particulière
Essential (Polyester)	25	III	■	■	X	■	■	X	X	X
Durable (PVDF)	35	IV	■	■	○	■	■	■	○	○
Ultra (PUR)	60	VI	■	■	■	■	■	■	○	○
HPS 200 Ultra® (Plastisol)	200	VI	■	■	■	■	■	■	○	○

■ : Revêtements adaptés

○ : Usage soumis à enquête

X : Revêtements non-adaptés

Revêtement métallique	Rurale non-polluée	Urbaine & industrielle		Marine				Spéciale
		Normale	Sévère	20-10km	10-3km	Bord de mer (3-1km)	Mixte	Particulière
Z275	○	○	X	X	X	X	X	X

■ : Revêtements adaptés

○ : Usage soumis à enquête

X : Revêtements non-adaptés

Tableau 18– Guide de choix des aciers revêtus pour les profils JI-Sopra en fonction de l'atmosphère extérieure dans le cas de bâtiments ouverts et des auvents

2.12.2.5.2. Détermination des charges de calcul

Se reporter au § 2.12.2.2

2.12.2.5.3. Mise en œuvre des profils JI-SOPRA

La mise en œuvre des profils est conforme la NF DTU 43.3, modifiée ou complétée par ce dossier technique.

- Cas général : Le dimensionnement de l'élément porteur du complexe de toiture constitué d'un profil JI-SOPRA doit comprendre ces 3 vérifications :

- Vérification des portées sous charges descendantes (normales) prenant en compte les dispositions simplifiées selon §6,3 des Règles N84 modifiées 2009 pour la vérification sous charge accidentelle ;
- Vérification des portées sous charges ascendantes ;
- Vérification de la densité de fixations à l'ossature.

- Les vérifications des portées de profil sont à réaliser à l'aide des fiches techniques spécifiques données au § 2.12.2.5.8. Pour les cas non prévus par ces dernières (autres charges, chargements non uniformes, etc.), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique de Joris Ide NV.
- Porte-à-faux :
  Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles de la NF DTU 43.3 (1/10ème de la portée et limité à 0,30 m), avec un couturage de la partie en porte-à-faux à 10 cm environ de l'extrémité du profil.

2.12.2.5.4. Fixation à la structure porteuse

Toutes les nervures des profils JI-SOPRA sont fixées sur chaque appui avec des fixations conformes au § 2.2.4.2.5.

La vérification à réaliser est la suivante, et tient compte des particularités de transmission des charges propres au système SOPRASOLAR FIX EVO :

$$1{,}25 \times L \times [1{,}75 \times D - (p_{PV} + g + p_{compl})] \times e \leq n \times P_k / \gamma_m$$

Avec :

- L [m] : portée d'utilisation du profil JI-SOPRA ;
- D [daN/m²] : dépression calculée due au vent normal selon les règles NV65 modifiées 2009 en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices de toiture équipée de modules photovoltaïques (cf Tableau 10) ;
- P_{PV} [daN/m²] : charge permanente appliquée par le procédé photovoltaïque sur le profil. La valeur retenue pour le poids propre du procédé photovoltaïque pour la vérification de la fixation est de 12 daN/m² pour les charges ascendantes et 15 daN/m² pour les charges descendantes ;
- g [daN/m²] : poids propre du profil ;
- p_{compl} [daN/m²] : charge permanente appliquée uniformément sur le profil (isolant + étanchéité) ;
- e [m] : entraxe des nervures ;
- P_k [daN] : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314 ;
- n [-] : nombre de fixations par nervure :
- n = 1 pour les profil JI-SOPRA avec une seule fixation par nervure,
- γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'élément porteur :
  - γ_m = 1,20 dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm,
  - γ_m = 1,35 dans l'élément porteur acier d'épaisseur ≥ 1,5 mm et ≤ 3 mm, et dans le bois.

Il n'est pas nécessaire de placer des plaquettes sous les têtes de fixations des TAN à la charpente.

2.12.2.5.5. Couturage des profils

Chaque profilé élément porteur d'étanchéité JI-SOPRA sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au § 5.1.2 du DTU 43.3 P1-2 et avec un entraxe maximum entre fixation de 1m dans le sens longitudinal des recouvrements. Dans le cas de coupe longitudinale des tôles, lorsque la nervure doit être reconstituée (porte-à-faux de la plage coupée supérieur à 0,10 m), l'assemblage est assuré par couturage tous les 50 cm (voir § 6.2.3 DTU 43.3 P1-1).

Dans tous les cas, la répartition des coutures entre appuis doit rester équilibrée.

2.12.2.5.6. Points singuliers

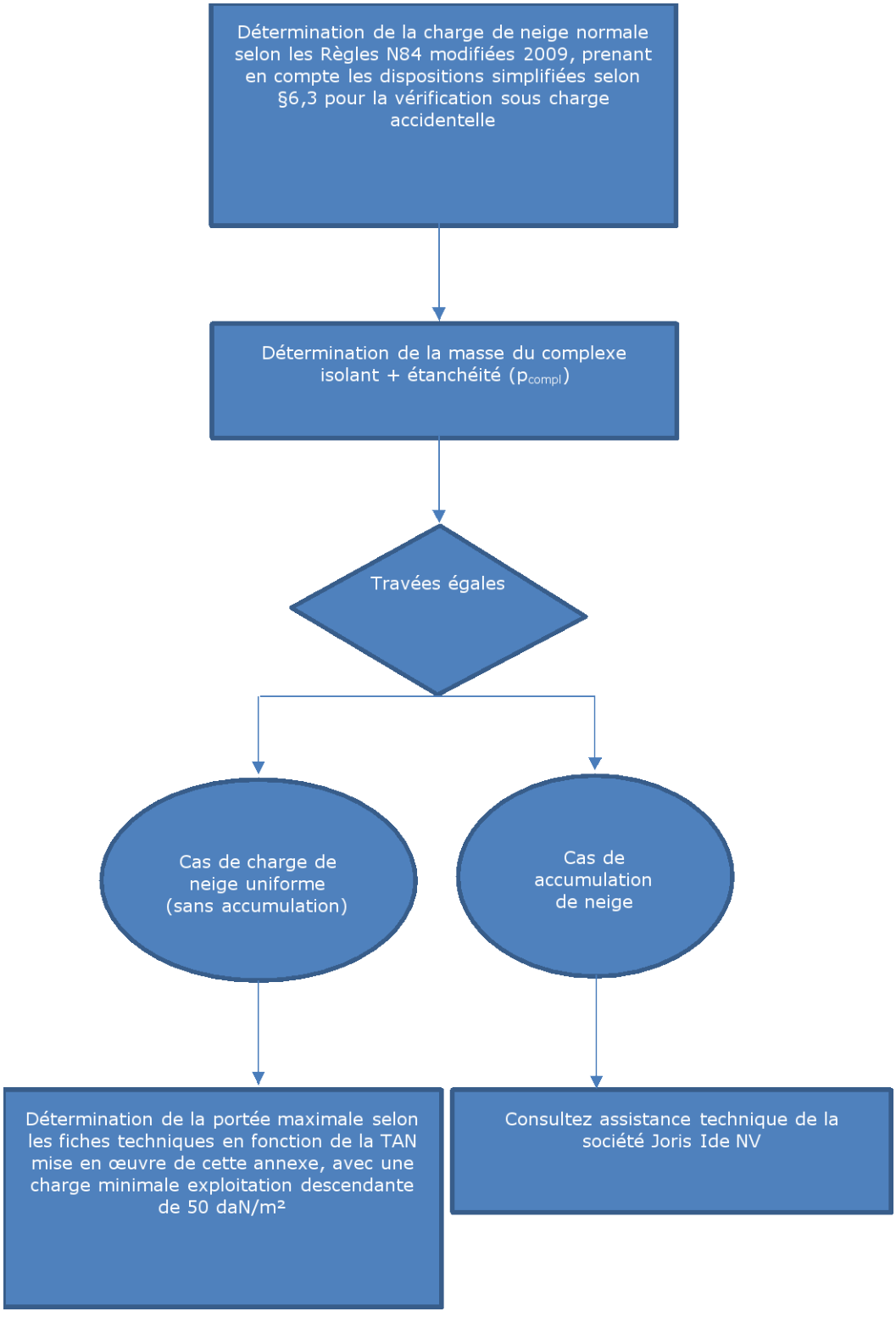
Les points singuliers, en ce qui concerne les profils JI-SOPRA, sont conformes à la norme NF DTU 43.3 P1-1.

2.12.2.5.7. Guide de vérification du domaine d'emploi pour la partie tôle d'acier nervurée – profils JI-Sopra

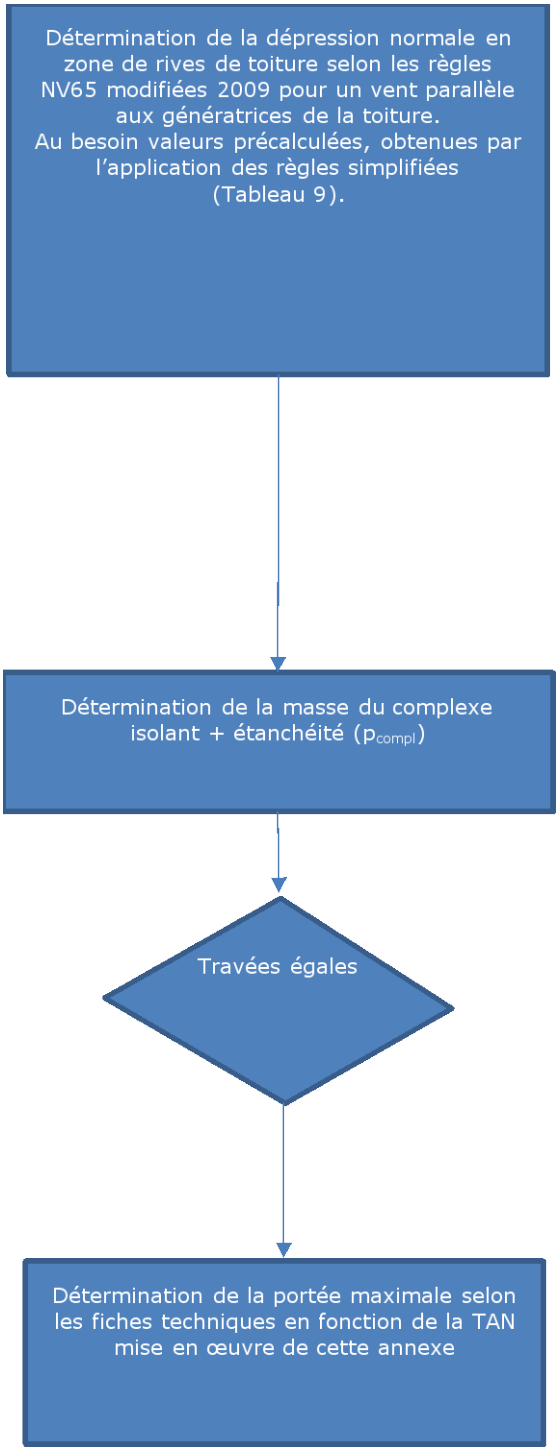
La toiture équipée de modules photovoltaïques avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TILT TAN DTU doit présenter une portée maximale admissible pour les profils JI-SOPRA correspondant à la plus petite valeur de portées déterminées par les méthodes ci-après présentées à l'étape 1 (neige normale) et à l'étape 2 (vent).

Remarque : ne pas omettre la vérification de la fixation des TAN sur la charpente (voir étape 2.2).

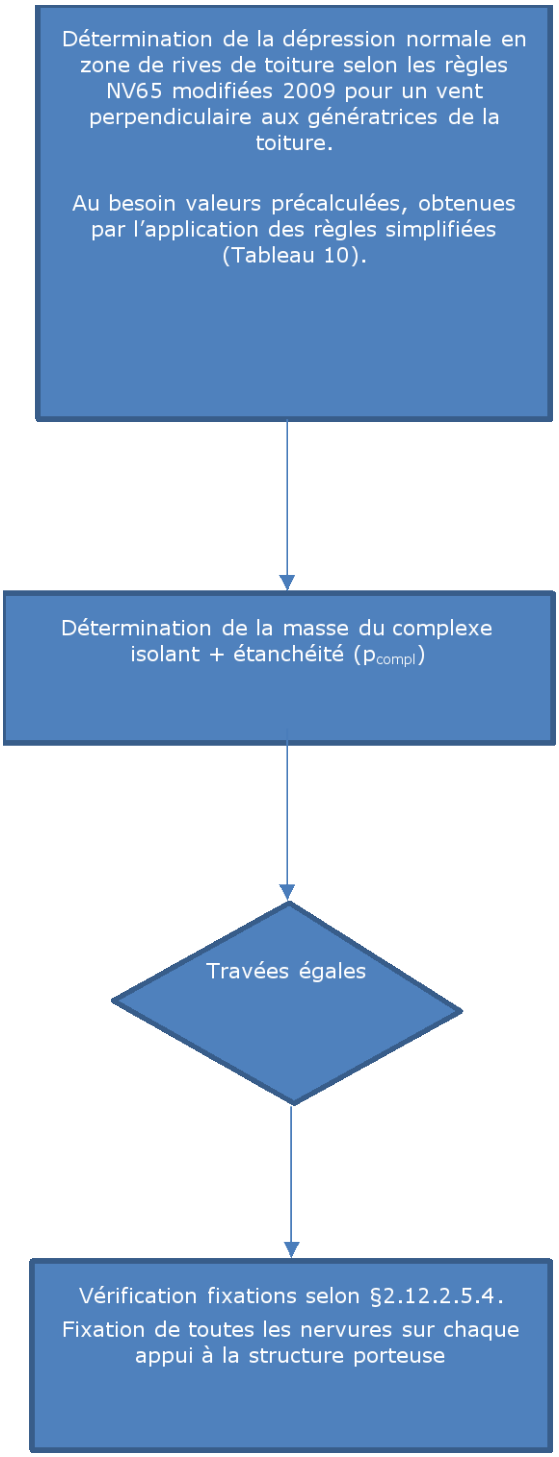
- Étape 1 : vérification en charge descendante (charge de neige normale)



- Étape 2 : vérification en charge ascendante (dépression)
  - Étape 2.1 : Vérification des portées des TAN



- Étape 2.2 : Vérification des fixations des TAN sur la charpente



2.12.2.5.8. Fiche technique et tableau de portée des profils JI-SOPRA

Se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Elles donnent des valeurs enveloppe couvrant toutes les dispositions de montage revendiquées.

Les charges nécessaires à l'utilisation des tableaux de portées sont :

- Charge descendante : valeur de neige normale issue des Règles N84 (modificatif de février 2009) prenant en compte les dispositions simplifiées pour la vérification sous charge accidentelle ;
- Charge permanente : poids cumulés de l'isolation thermique, du pare vapeur lorsque nécessaire et du revêtement d'étanchéité.
- Charge ascendante : valeur de dépression due à l'effet du vent normal issue des Règles V65 (modificatif de février 2009), l'application de règles simplifiées permet d'obtenir les valeurs pré-calculées du Tableau 9;

Les charges permanentes dues au poids propre du profil JORIS IDE et au poids propre du procédé photovoltaïque sont prises en compte implicitement dans ces tableaux de portées. La valeur retenue pour le poids propre du procédé photovoltaïque est de :

- 15 daN/m² pour la vérification sous charge descendante ;
- 12 daN/m² pour la vérification sous charge ascendante.

Le dimensionnement du profil JORIS IDE doit comprendre les vérifications suivantes :

- Vérification des portées sous charge descendante ;
- Vérification des portées sous charge ascendante ;
- Vérification de la tenue à l'arrachement des fixations à l'ossature.

Liste des fiches techniques :

Numéro de la fiche technique	Type de TAN JI-SOPRA	Dimensions maxi modules PV	Isolant avec épaisseur minimale supportée
JI 42-252-1010 2000x1150	42	2000mm x 1150mm	Rockacier C Nu : 80mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm SmartRoof C (38) : 60mm SmartRoof C (37) : 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm Efigreen Acier: 80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm Rocterm – Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm +80mm
JI 42-252-1010 Perfo Plage 2000x1150	42PP	2000mm x 1150mm	
JI 50-239-956 2000x1150	50	2000mm x 1150mm	Rockacier C Nu : 80mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm SmartRoof C (38) : 60mm SmartRoof C (37) : 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm Efigreen Acier: 80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm Rocterm – Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm +80mm
JI 50-239-956 Perfo Plage 2000x1150	50PP	2000mm x 1150mm	
JI 56-225-900 1850 x 1150	56	1 850mm x 1150mm	Rockacier C Nu : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 60mm SmartRoof C (38) : 60mm SmartRoof C (37) : 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm Efigreen Acier: 80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm Rocterm – Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm +80mm
JI 56-225-900 Perfo Plage 1850 x 1150	56PP	1 850mm x 1150mm	

Tableau 19 – Liste des fiches techniques des TAN JI-Sopra

JI 56-225-900 2000 x 1150	56	2000mm x 1150mm	Rockacier C Nu : 60mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm SmartRoof C (37) : 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm Efigreen Acier: 80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm Rocterm – Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm +80mm
JI 56-225-900 Perfo Plage 2000 x 1150	56PP	2000mm x 1150mm	
JI 73-195-780 2000x1150	73	2000mm x 1150mm	Rockacier C Nu : 80mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm SmartRoof C (38) : 60mm SmartRoof C (37) : 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 80mm Efigreen Acier: 80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm Rocterm – Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 + Efigreen Acier : 60mm +80mm
JI 73-195-780 Perfo Plage 2000x1150	73PP	2000mm x 1150mm	

Tableau 19 (suite) – Liste des fiches techniques des TAN JI-Sopra

2.12.2.5.9. Exemple de dimensionnement d'un profil JI-SOPRA

L'exemple suivant est considéré :

- Situation du projet :
  - région de neige A2 ;
  - altitude inférieure à 200 m ;
  - zone de vent 2 ;
  - site normal.
- Données bâtiment :
  - structure porteuse en acier d'épaisseur supérieure à 3 mm ;
  - pente de versants de 3,1% ;
  - versants plans ;
  - dimensions permettant l'application simplifiée des règles V 65 ;
  - hauteur 10 m ;
  - bâtiment fermé.
- procédé photovoltaïque :
  - implantation de la centrale photovoltaïque en partie courante de toiture ;
  - poids surfacique du procédé photovoltaïque 12 daN/m² ;

1. Dimensions modules PV : 1 770 x 1 095mm.
   - système de toiture :
     - profil JI-SOPRA 56-225-900 en épaisseur de 0,75 mm fixé avec une seule fixation par nervure ;
     - isolant thermique pour un poids surfacique de 20 daN/m² ;
     - revêtement d'étanchéité pour un poids surfacique de 7,2 daN/m².

La détermination des charges de calcul s'effectue comme suit :

- charge descendante : neige normale qui vaut 45 x 0,8 + 10 = 46 daN/m². Charge minimale à considérer pour implicitement satisfaire la vérification sous charge accidentelle = 70 daN/m² à lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m2 ;
- charge ascendante applicable au profil : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du Tableau 9, 57 daN/m² à lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m2 ;
- charges ascendantes applicables aux assemblages des profilés JORIS IDE sur la structure porteuse : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du Tableau 10, 91 daN/m² ;
- poids de l'isolation thermique et du revêtement d'étanchéité : 20 + 7,2 = 27,2 daN/m² à lecture dans les tableaux d'utilisation avec 35 daN/m².

L'ensemble de la toiture doit être vérifié en usage traditionnel, sans la centrale photovoltaïque, conformément à la NF DTU 43.3. En effet, la centrale photovoltaïque n'occupe pas la totalité de la toiture et l'installation de celle-ci peut être décalée dans le temps.

La détermination des différentes portées maximales d'utilisation s'effectue comme suit :

- sous l'effet de la charge descendante :
  - sur 2 appuis : 2,40 m ;
  - sur 3 appuis : 3,25 m ;
  - sur 4 appuis et plus : 3,00 m.
- sous l'effet de la charge ascendante :
  - sur 2 appuis : 2,80 m ;
  - sur 3 appuis : 3,55 m ;
  - sur 4 appuis et plus : 3,40 m.

La détermination de la portée maximale d'utilisation définitive s'effectue en retenant le minimum admissible pour chaque cas de pose :

- sur 2 appuis : minimum (2,40 m ; 2,80 m) = 2,40 m ;
- sur 3 appuis : minimum (3,25 m ; 3,55 m) = 3,25 m ;
- sur 4 appuis et plus : minimum (3,00 m ; 3,40 m) = 3,00 m.

La détermination forfaitaire de la résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages des profilés JI-SOPRA sur la structure porteuse s'effectue comme suit :

$$1{,}25 \times 3{,}25 \times \left[1{,}75 \times 91 - (12 + 7{,}82 + 27{,}2)\right] \times 0{,}225 \leq 1 \times \frac{P_K}{1{,}20}$$

soit une valeur minimale pour Pk de 123 daN.

2.12.2.6. Partie spécifique aux TAN NERVO-SOPRA - Mise en œuvre et dimensionnement

2.12.2.6.1. Revêtement du profil

Le choix du revêtement du profil doit être conforme aux Tableau 20 et Tableau 21, aux spécificités du chantier et aux préconisations de MONOPANEL SAS dans les cas où l'avis du fabricant est sollicité.

Revêtement métallique	**Ambiance intérieure**			
	Ambiance saine			**Ambiance agressive**
	Hygrométrie faible	**Hygrométrie moyenne**	**Hygrométrie forte**	**Forte hygrométrie**
Z180 - Z200 - Z225	■	□	×	×
Z275	■	■	□	□
Z350	■	■	□	□
MagiZinc® 140	■	■	×	×

■ : revêtement adapté à l'exposition

○ : revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant

× : revêtement non adapté

- : non applicable

Les profils perforés Nervo-Sopra ne sont pas admis en forte hygrométrie.

Tableau 20– Guides de choix des aciers revêtus pour les profils NERVO-SOPRA

Systèmes de revêtements			Ambiance intérieure			
			Ambiance saine			Ambiance agressive
Acier galvanisé de base	**Revêtement organique**	**Catégories atteintes**	**Hygrométrie faible**	**Hygrométrie moyenne**	**Hygrométrie forte**	**Forte hygrométrie**
Z100	Polyester 15 µm	I	■	○	×	×
Z225	Polyester 15 µm	II	■	■	×	×
	Polyester 25 µm	IIIa	■	■	■	×
	Polyester 35 µm	IIIa	■	■	■	×
	Polyester 50 µm	IVb	■	■	■	○
	Polyester 55 µm	IVb	■	■	■	○
ZA 255	Colorcoat® Prisma	VI	■	■	■	■
	Colorcoat® HPS 200 Ultra	VI	■	■	■	■
MagiZinc® 70	Colorcoat® PE 15	-	■	■	×	×
MagiZinc® 100	Colorcoat® PE 15	-	■	■	×	×
MagiZinc® 120	Colorcoat® PE 25	-	■	■	■	×
MagiZinc® 140	Colorcoat® PE 25	-	■	■	■	×
	Colorcoat® SDP 35	-	■	■	■	×
	Colorcoat® PVDF 25	-	■	■	■	×
	Colorcoat® PVDF 35	-	■	■	■	○

■ : revêtement adapté à l'exposition
○ : revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant
× : revêtement non adapté
- : non applicable
Les profils perforés Nervo-Sopra ne sont pas admis en forte hygrométrie.

Tableau 20 (suite) – Guides de choix des aciers revêtus pour les profils NERVO-SOPRA

Revêtement métallique	**Atmosphères extérieures(1)**							
	Rurale non polluée	**Urbaine ou industrielle**		**Marine**				**Spéciale**
		Normale	**Sévère**	**20 km à 10 km**	**10 km à 3 km**	**<3 km (bord de mer(2))**	**Mixte**	**Particulière**
Z180 - Z200 - Z225	×	×	×	×	×	×	×	×
Z275	○	○	×	×	×	×	×	×
Z350	■	○	×	○	×	×	×	×

■ : revêtement adapté à l'exposition

○ : revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant

× : revêtement non adapté

- : non applicable

(1) : cf. annexe B de la norme NF P 34-301.

(2) : À l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultations et accord du producteur.

Tableau 21 – Guides de choix des aciers revêtus pour les profils NERVO-SOPRA en fonction de l'atmosphère extérieure (bâtiments ouverts et auvents)

Systèmes de revêtements			Atmosphères extérieures(1)							
			Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale
Acier galvanisé de base	Revêtement organique	Catégories atteintes		Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	<3 km (bord de mer(2))	Mixte	Particulière
Z225	Polyester 25 µm	III	■	■	○	■	○	×	×	×
	Polyester 35 µm	IV	■	■	○	■	■	×	○	○
	Polyester 50 µm	IV	■	■	○	■	■	■	○	○
	Polyester 55 µm	IV	■	■	○	■	■	■	○	○
	Colorcoat® Prisma	VI	■	■	■	■	■	■	○	○
ZA 255	Colorcoat® HPS 200 Ultra	VI	■	■	■	■	■	■	○	○
	Colorcoat® PE 25	-	■	■	○	■	×	×	×	×
MagiZinc® 120	Colorcoat® PE 25	-	■	■	○	■	×	×	×	×
MagiZinc® 140	Colorcoat® PE 25	-	■	■	○	■	×	×	×	×
	Colorcoat® SDP 35	-	■	■	○	■	■	■	○	○
	Colorcoat® PVDF 25	-	■	■	○	■	×	×	×	○
	Colorcoat® PVDF 35	-	■	■	○	■	■	■	×	○

■ : revêtement adapté à l'exposition

○ : revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant

× : revêtement non adapté

- : non applicable

(1) : cf. annexe B de la norme NF P 34-301.

(2) : À l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultations et accord du producteur.

Tableau 21 (suite) – Guides de choix des aciers revêtus pour les profils NERVO-SOPRA en fonction de l'atmosphère extérieure (bâtiments ouverts et auvents)

2.12.2.6.2. Détermination des charges de calcul

Se reporter au § 2.12.2.2.

2.12.2.6.3. Mise en œuvre du profil NERVO-SOPRA

La mise en œuvre des TAN est conforme au NF DTU 43.3 P1-1 modifiée ou complétée par ce présent chapitre.

Les vérifications des portées des TAN sont à réaliser à l'aide des fiches techniques spécifiques données § 2.12.2.6.8. Pour les cas non prévus par cette dernière (autres charges, travées inégales, chargements non uniformes, etc.), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique de MONOPANEL SAS.

Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles du DTU 43.3 (1/10e de la portée, limité à 0,30 m), avec un couturage de la partie en porte-à-faux à 10 cm environ de l'extrémité du profil.

La largeur d'appui minimale des TAN NERVO-SOPRA est de 60 mm.

2.12.2.6.4. Fixation à la structure porteuse

Toutes les nervures des TAN NERVO-SOPRA sont fixées sur chaque appui avec des fixations conformes au § 2.2.4.2.5.

La vérification à réaliser est la suivante, et tient compte des particularités de transmission des charges propres au système SOPRASOLAR FIX EVO/ SOPRASOLAR FIX EVO TILT :

$$1{,}25 \times L \times [1{,}75 \times D - (p_{PV} + g + p_{perm})] \times e \leq n \times Pk / \gamma m$$

Avec :

- L [m] : portée d'utilisation du profil NERVO-SOPRA ;
- D [daN/m²] : dépression calculée due au vent normal selon les règles NV65 modifiées 2009 en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices de toiture équipée de modules photovoltaïques (Tableau 10);

- p_{PV} [daN/m²] : charge permanente appliquée par les plots sur le profil ;
- g [daN/m²] : poids propre du profil ;
- p_{perm} [daN/m²] : charge permanente appliquée uniformément sur le profil ;
- e [m] : extraxe des nervures ;
- n : nombre de fixations par nervure (n=1) ;
- Pk [daN] : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314 ;
- γm : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et la nature de l'élément porteur :
    - γm = 1,20 dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm ;
    - γm = 1,35 dans l'élément porteur acier d'épaisseur ≥ 1,5 mm et ≤ 3 mm, et dans le bois.

2.12.2.6.5. Couturage des profils

Chaque profilé élément porteur d'étanchéité NERVO-SOPRA sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au § 5.1.2 du DTU 43.3 P1-2 et avec un entraxe maximum entre fixation de 75 cm dans le sens longitudinal des recouvrements. Dans le cas de coupe longitudinale des tôles, lorsque la nervure doit être reconstituée (porte-à-faux de la plage coupée supérieur à 0,10 m), l'assemblage est assuré par couturage tous les 50 cm (voir DTU 43.3 P1-1).

Dans tous les cas, la répartition des coutures entre appuis doit rester équilibrée.

2.12.2.6.6. Points singuliers

Les points singuliers, en ce qui concerne les profils NERVO-SOPRA, sont conformes à la norme NF DTU 43.3 P1-1.

2.12.2.6.7. Guide de vérification du domaine d'emploi pour la partie tôle d'acier nervurée

Diagramme de vérification sous charge de neige normale :

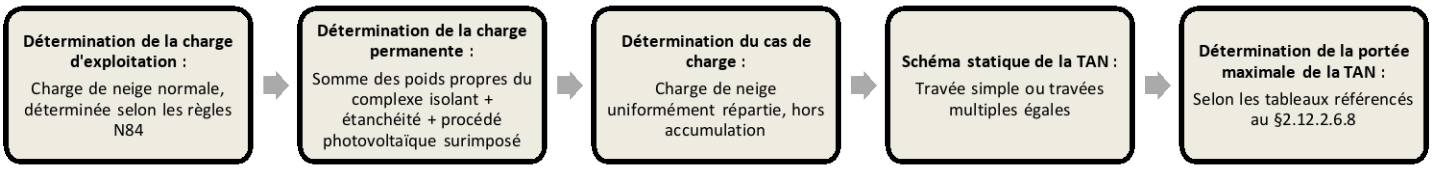


Diagramme de vérification sous charges de vent en dépression :

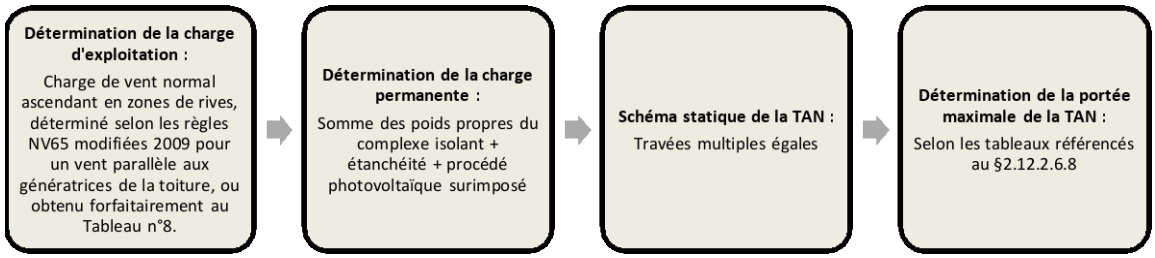
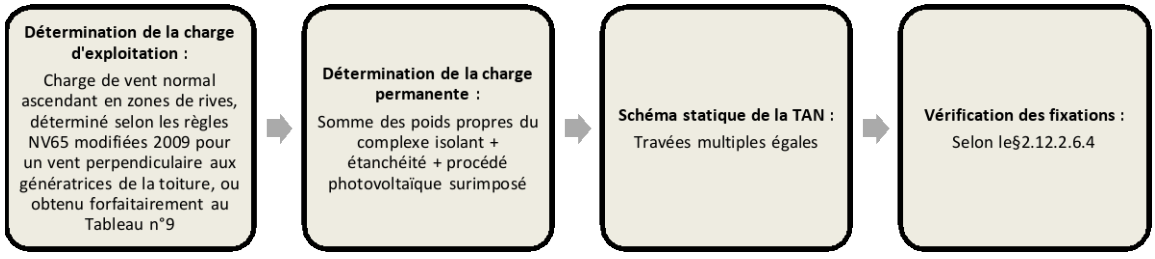


Diagramme de vérification des fixations des TAN sur la charpente :



2.12.2.6.8. Fiche technique et tableau de portée du profil NERVO-SOPRA

Se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/21-75_V7.

Les charges nécessaires à l'utilisation des tableaux de portées sont :

- charge descendante : valeur de neige normale s issue des Règles N84 (modificatif de février 2009) prenant en compte les dispositions simplifiées pour la vérification sous charge accidentelle ;
- charge ascendante : valeur de dépression due à l'effet du vent normal issue des Règles NV65 (modificatif de février 2009), l'application de règles simplifiées permet d'obtenir les valeurs précalculées du Tableau 9;

- poids propres cumulés de l'isolation thermique, du pare-vapeur éventuel, du revêtement d'étanchéité et du procédé photovoltaïque surimposé.

Ces tableaux de portées prennent en compte implicitement :

- la vérification des profils Nervo-Sopra en phases de pose et de montage conformément au NF DTU 43.3
- la vérification des profils Nervo-Sopra en phase d'exploitation sous charges uniformément réparties conformément au NF DTU 43.3 , avec :
    - une charge d'exploitation descendante égale à la charge la plus élevée entre la charge de neige normale issue des Règles N84 et la charge d'entretien de 100 daN/m²,
    - et une charge permanente égale aux poids propres cumulés de l'isolation thermique, du pare-vapeur éventuel et du revêtement d'étanchéité
- les charges permanentes dues au poids propre des profils Nervo-Sopra

Les valeurs du poids propre du procédé photovoltaïque pour l'obtention des portées maximales d'utilisation sont :

- 15 daN/m² pour les vérifications sous les charges descendantes,
- 12 daN/m² pour les vérifications sous les charges ascendantes.

Le dimensionnement doit comprendre les vérifications suivantes :

- vérification des portées des profils Nervo-Sopra sous charges descendantes ;
- vérification des portées des profils Nervo-Sopra sous charges ascendantes ;
- vérification de la tenue à l'arrachement des fixations à l'ossature.

Liste des fiches techniques :

Paramètres de pose communs à toutes les TAN Nervo-Sopra :

- Appui minimal :60 mm
  Sans plaquette de répartition
- Fixation complète sur appui
- Espacement de couturage maximale de 0,75 m

Numéro de la fiche technique	Type de TAN Nervo-Sopra	Taille module PV (mm x mm)	Type de pose	Isolant avec épaisseur minimale supportée
NS 42	42	1850 x 1150	Plat ou TILT double shed ou TILT simple shed	Rockacier C Nu : 60mm Rockacier C Nu Energy : 80mm Panotoit Tekfi 2 : 80mm SmartRoof C (38) : 60mm SmartRoof C (37) : 100mm Rocterm - Coberlan C (Nu) : 60mm Efigreen Acier : 80mm SmartRoof C (38) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm SmartRoof C (37) + Efigreen Acier : 100mm + 80mm Rocterm – Coberlan C (Nu) + Efigreen Acier : 60mm + 80mm Panotoit Tekfi 2 80mm + Efigreen Acier 80 mm
NS 48	48	1850 x 1150	Plat ou TILT double shed ou TILT simple shed	
NS 57	57	1850 x 1150	Plat ou TILT double shed ou TILT simple shed	
NS 72	72	1850 x 1150	Plat ou TILT double shed ou TILT simple shed	
NS 72AC	72AC	1850 x 1150	Plat ou TILT double shed ou TILT simple shed	
NS 48AC	48AC	1850 x 1060	Plat ou TILT double shed ou TILT simple shed	Rockacier C Nu 60mm Rockacier C Nu Energy 80 mm Panotoit Tekfi 2 80mm Knauf Smartroof C38 80mm Knauf Smartroof C37 100mm Coberlan Rocterm C Nu 80mm Soprema Efigreen Acier 80mm Smartroof C38 60 mm + Efigreen Acier 80mm Smartroof C37 100 + Efigreen Acier 80mm Rocterm Coberlan C Nu 60mm + Efigreen Acier 80mm Panotoit Tekfi 2 80mm + Efigreen Acier 80 mm

Tableau 22 – Liste des fiches techniques des TAN Nervo-Sopra

2.12.2.6.9. Exemple de dimensionnement d'un profil NERVO-SOPRA

Les données de l'exemple traité sont :

Situation du projet :

- région de neige A2 ;
- altitude inférieure à 200 m ;
- zone de vent 2 ;
- site normal.

Données bâtiment :

- structure porteuse en acier d'épaisseur supérieure à 3 mm ;
- pente de versants de 3,1% ;
- versants plans ;
- dimensions permettant l'application simplifiée des règles NV 65 ;
- hauteur 15 mètres ;
- bâtiment fermé.

Procédé photovoltaïque :

- implantation de la centrale photovoltaïque aux modules de dimension 1850 mm x 1060 mm en partie courante de toiture hors des accumulations de neige ;
- poids surfacique du procédé compris entre 12 daN/m² et 15 daN/m² (poids propre à ne pas prendre en compte car déjà intégré dans le calcul des tableaux de portées des TAN).

Système de toiture :

- profil Nervo-Sopra 57 en épaisseur de 0,75 mm,
- isolant thermique en laine minérale ROCKACIER C NU épaisseur 100 mm pour un poids surfacique de 14,5 daN/m²,
- revêtement d'étanchéité bitume pour un poids surfacique de 8 daN/m².

La détermination des charges de calcul s'effectue comme suit :

- charge descendante neige normale qui vaut 45 x 0,8 = 36 daN/m², pour une vérification implicite de la charge de neige accidentelle dans cette zone : charge accidentelle = 70 daN/m² → lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m² ;
- poids de l'isolation thermique, du revêtement d'étanchéité et du procédé photovoltaïque : 14,5 + 8 = 22,5 daN/m² → lecture dans les tableaux d'utilisation avec 25 daN/m² ;
- charge ascendante applicable au profil : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du Tableau 9, 62 daN/m² → lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m2 ;
- charges ascendantes applicables aux assemblages des profilés Nervo-Sopra sur la structure porteuse : vent normal qui vaut 62 daN/m² pour la partie courante et 100 daN/m² pour les zones de rive selon les valeurs précalculées du Tableau 10.

L'ensemble de la toiture doit être vérifié en usage traditionnel, sans la centrale photovoltaïque, conformément au DTU 43.3.

La détermination des différentes portées maximales d'utilisation s'effectue comme suit :

Sous l'effet de la charge descendante :

- sur 2 appuis : 2,55 m ;
- sur 3 appuis : 2,90 m ;
- sur 4 appuis et plus : 3,05 m.

Sous l'effet de la charge ascendante :

- sur 2 appuis : 3,10 m;
- sur 3 appuis : 3,80 m ;
- sur 4 appuis et plus : 3,80 m.

La détermination de la portée maximale d'utilisation définitive s'effectue en retenant le minimum admissible pour chaque cas de pose :

- sur 2 appuis : minimum (2,55 m ; 3,10 m) = 2,55 m ;
- sur 3 appuis : minimum (2,90 m ; 3,80 m) = 2,90 m ;
- sur 4 appuis et plus : minimum (3,05 m ; 3,80 m) = 3,05 m.

La détermination forfaitaire de la résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages des profilés Nervo-Sopra sur la structure porteuse sans utilisation de plaquettes s'effectue comme suit :

$$\gamma_m \times 1{,}25 \times L \times [1{,}75 \times D - (p_{PV} + g + p_{perm})] \times e / n \leq P_k$$

$$1{,}50 \times 1{,}25 \times 3{,}05 \times [1{,}75 \times 62 - (12 + 8{,}83 + 14{,}5 + 8)] \times 0{,}227 / 1 \leq Pk$$

$$84{,}60 \leq Pk$$

Soit une valeur minimale pour Pk de 84,60 daN.

3. Annexes graphiques

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

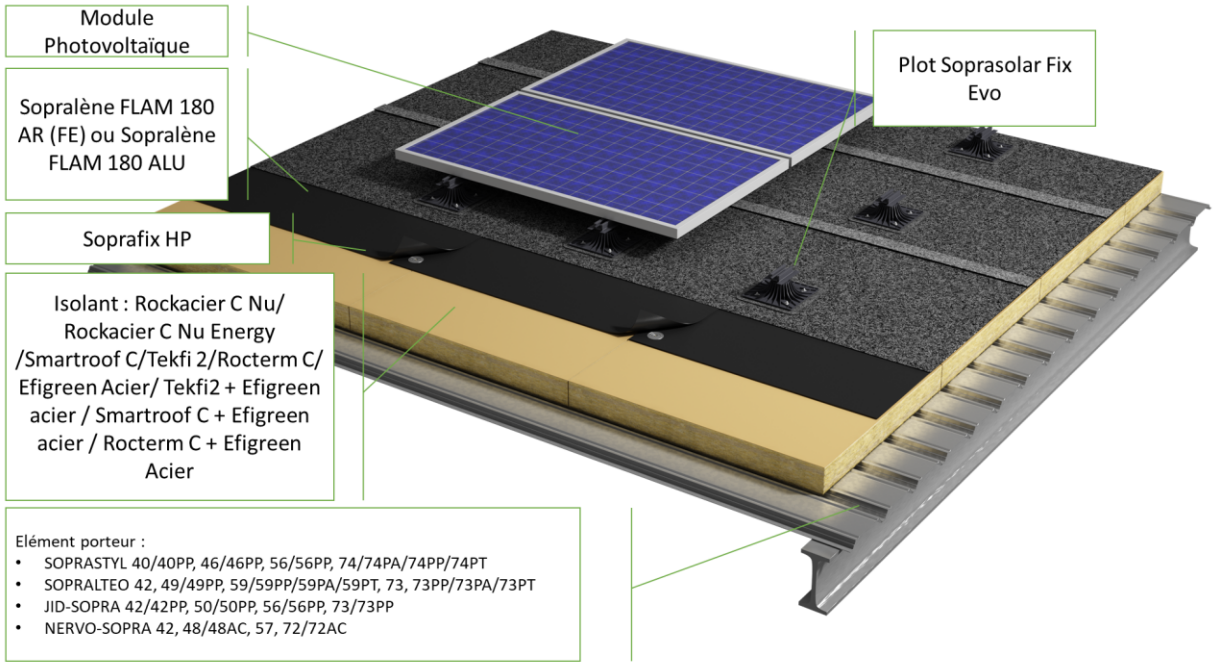


Figure 1 : Procédé en version SOPRASOLAR FIX EVO - TAN DTU sur élément porteur TAN avec revêtement d'étanchéité bicouche fixé mécaniquement et modules photovoltaïques

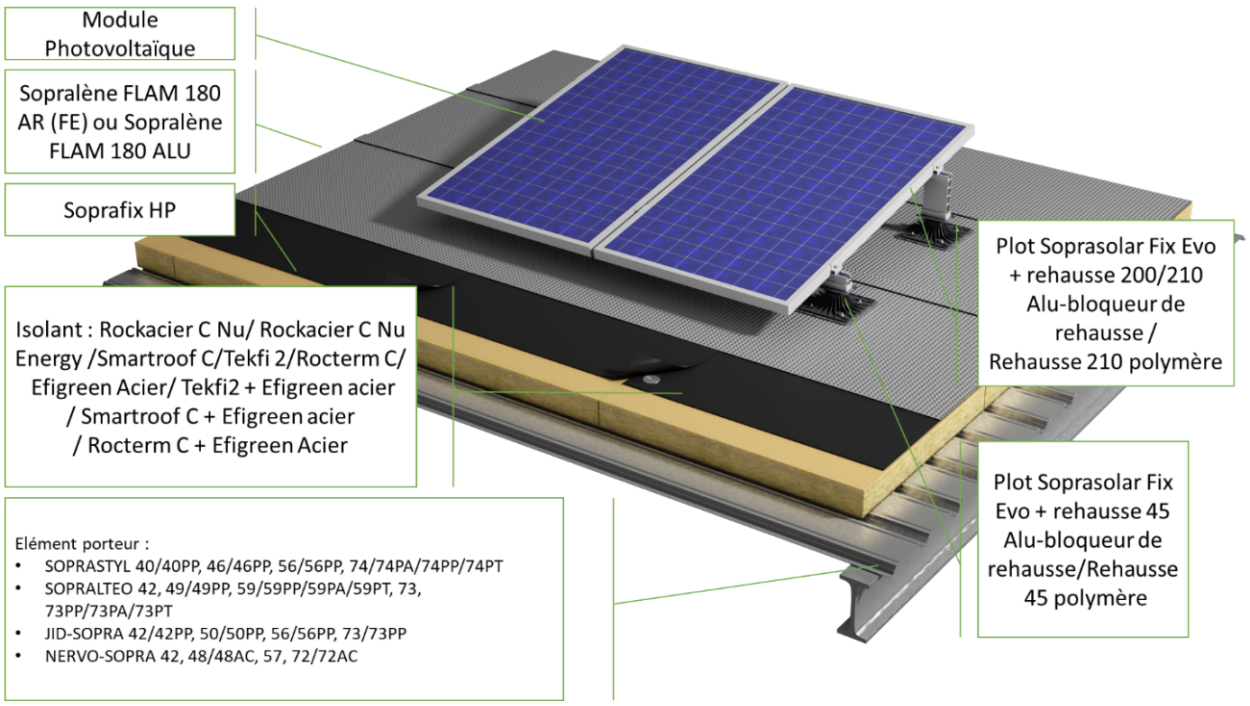


Figure 2 : Procédé en version SOPRASOLAR FIX EVO TILT - TAN DTU sur élément porteur TAN avec revêtement d'étanchéité bicouche fixé mécaniquement et modules photovoltaïques

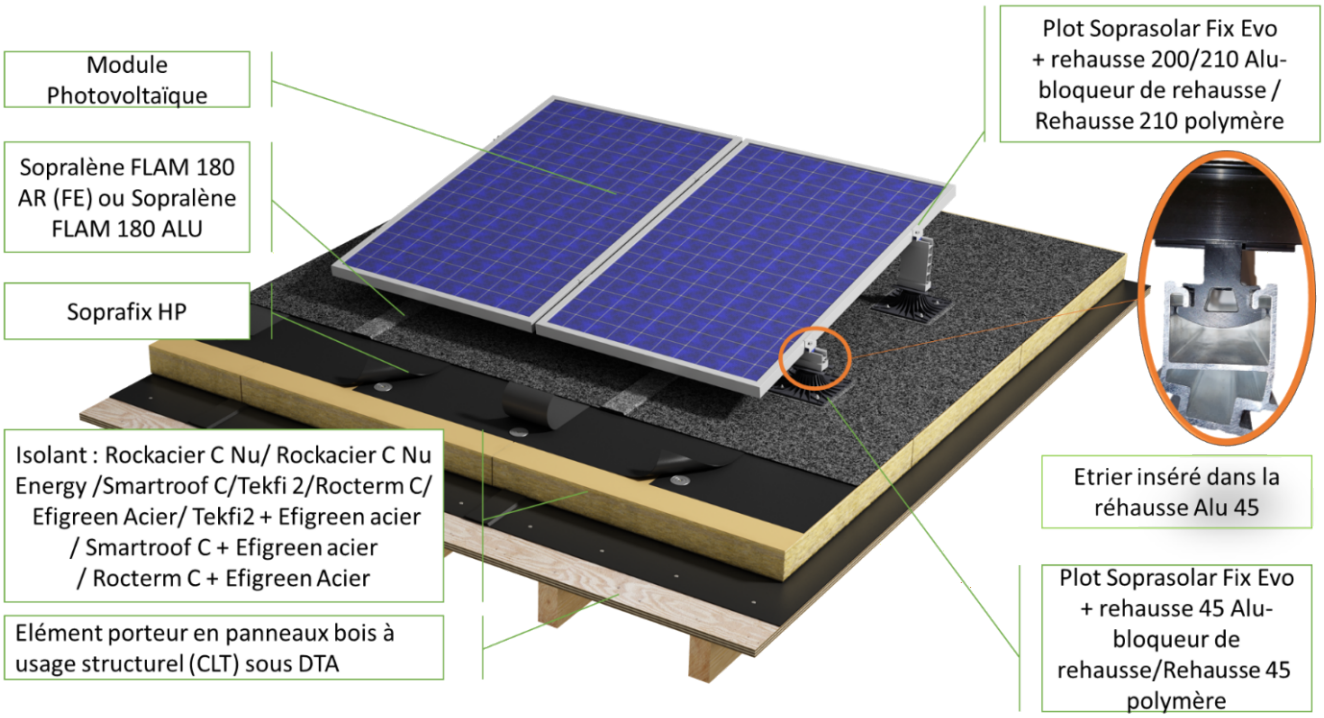


Figure 3 : Procédé en version SOPRASOLAR FIX EVO TILT - TAN DTU sur élément porteur CLT avec revêtement d'étanchéité bicouche fixé mécaniquement et modules photovoltaïques

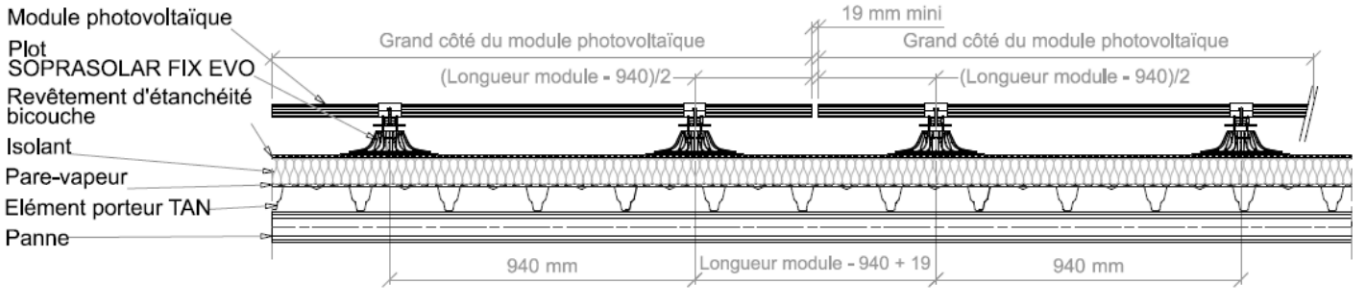


Figure 4 : Vue en coupe (dans le sens de la longueur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques parallèles au plan de toiture (2 plots par grand côté du module)

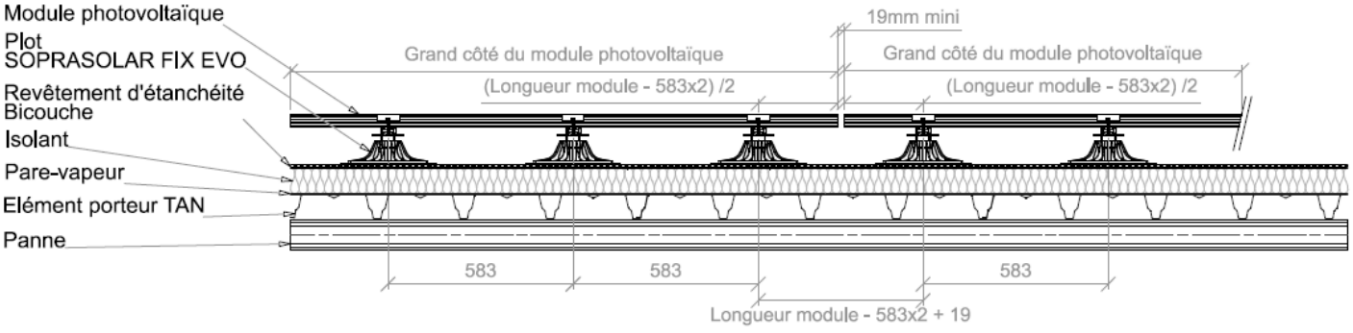


Figure 5 : Vue en coupe (dans le sens de la longueur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques parallèles au plan de toiture (3 plots par grand côté du module)

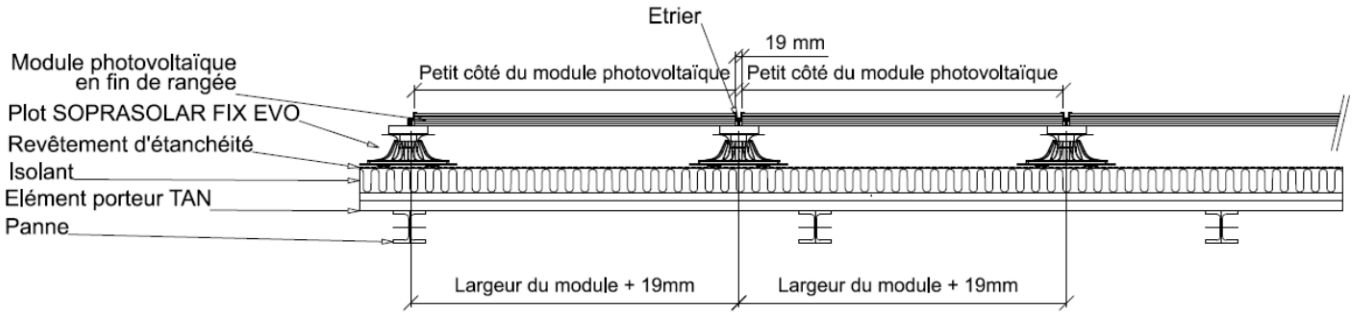


Figure 6 : Vue en coupe (dans le sens de la largeur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques parallèles au plan de toiture (2 ou 3 plots par grand côté du module)

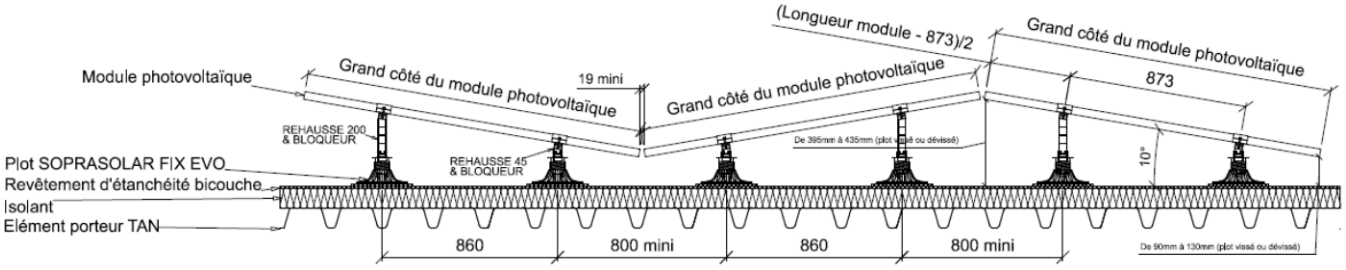


Figure 7 : Vue en coupe (dans le sens de la longueur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques de longueur 1 755 mm en inclinaison double shed – rehausses aluminium 200

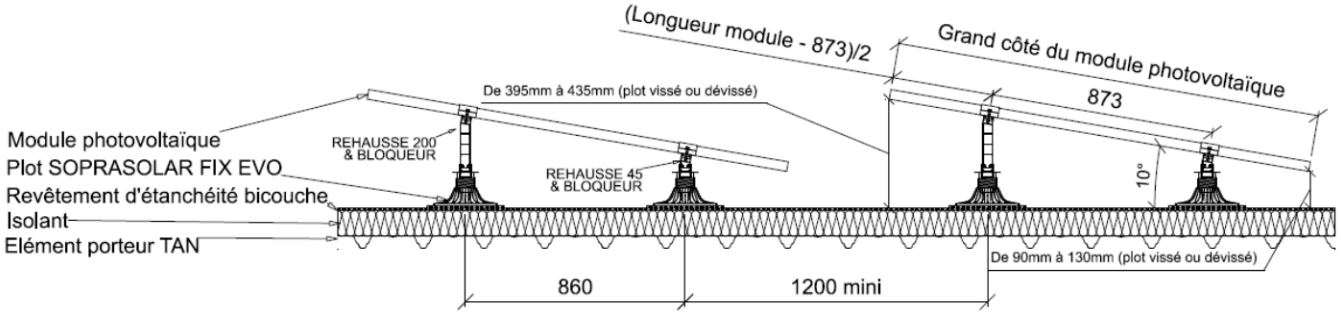


Figure 8 : Vue en coupe (dans le sens de la longueur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques de longueur 1 755 mm en inclinaison simple shed – rehausses aluminium 200

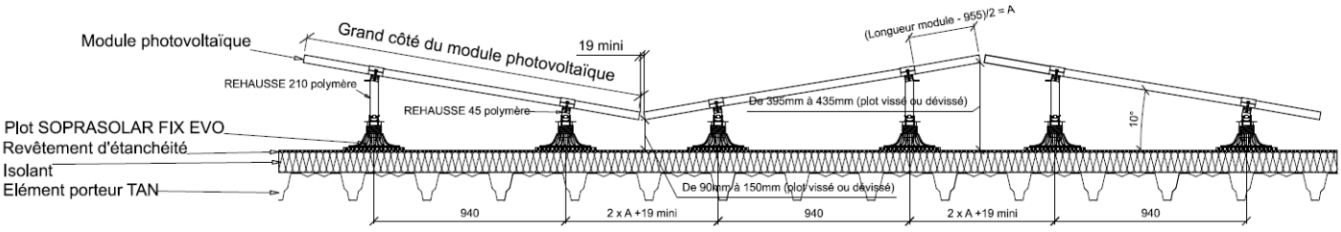


Figure 9 : Vue en coupe (dans le sens de la longueur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques de longueur 1755mm en inclinaison double shed – rehausses polymère 210 et Réhausse aluminium 210

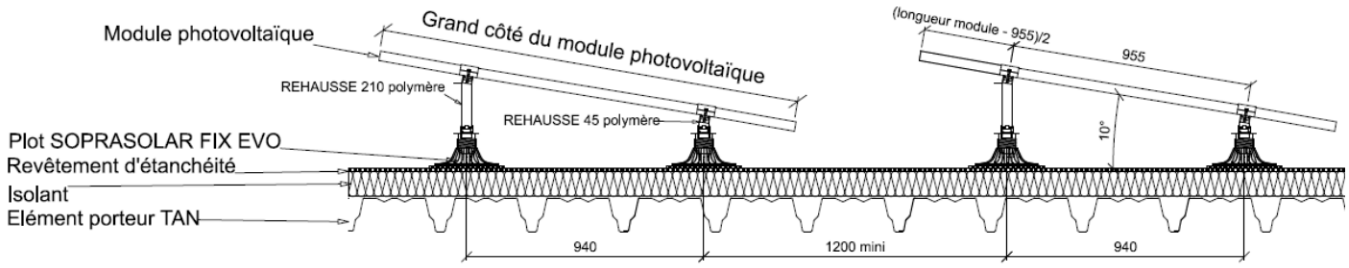


Figure 10 : Vue en coupe (dans le sens de la longueur des modules) du procédé avec modules photovoltaïques de longueur 1755mm en inclinaison simple shed – rehausses polymère 210 et Réhausse aluminium 210

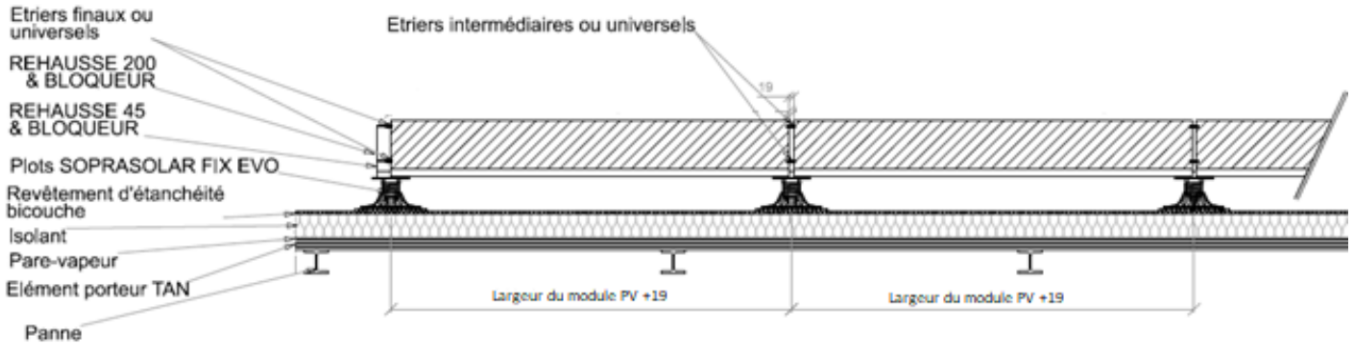


Figure 11 : Vue de face du procédé avec modules photovoltaïques en inclinaison simple shed

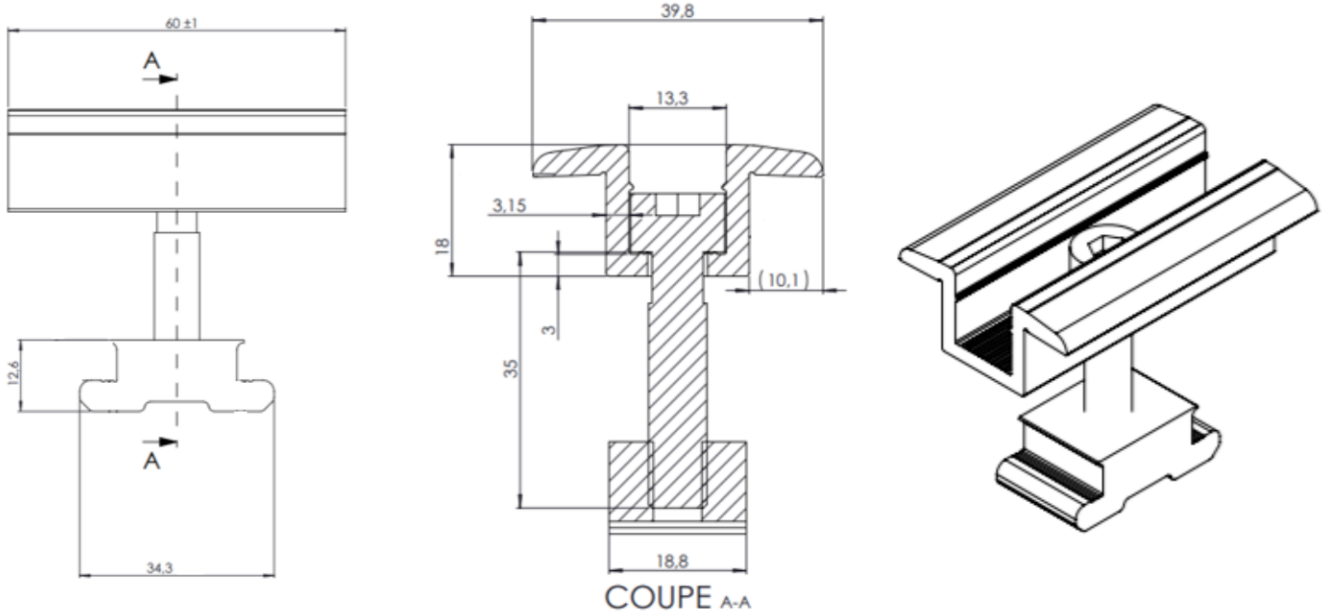
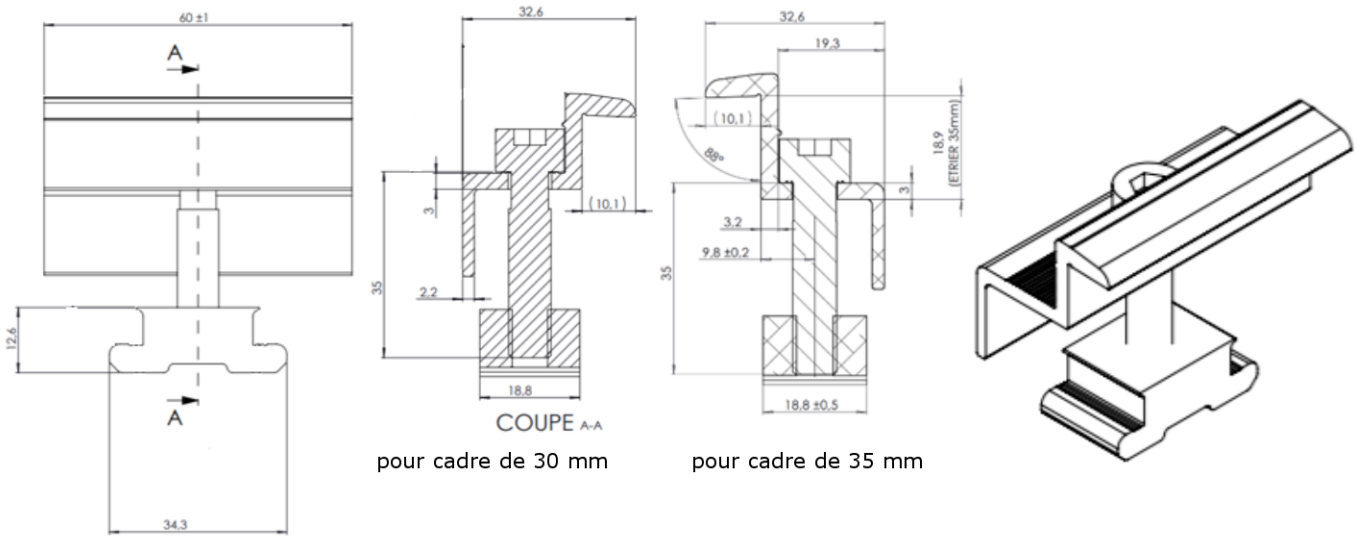


Figure 12 : Étrier intermédiaire STIB



pour cadre de 30 mm pour cadre de 35 mm

Figure 13 : Étrier final STIB

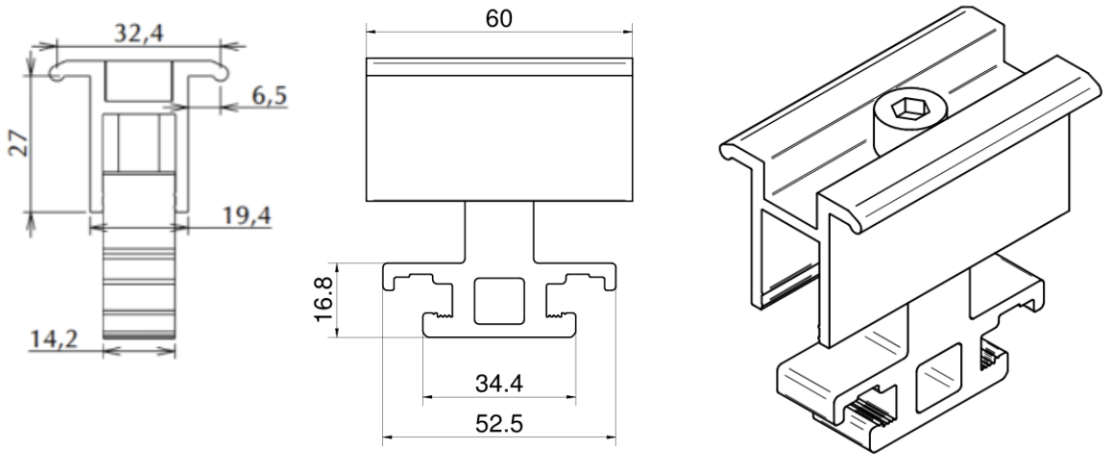


Figure 14 : Étrier universel STIB

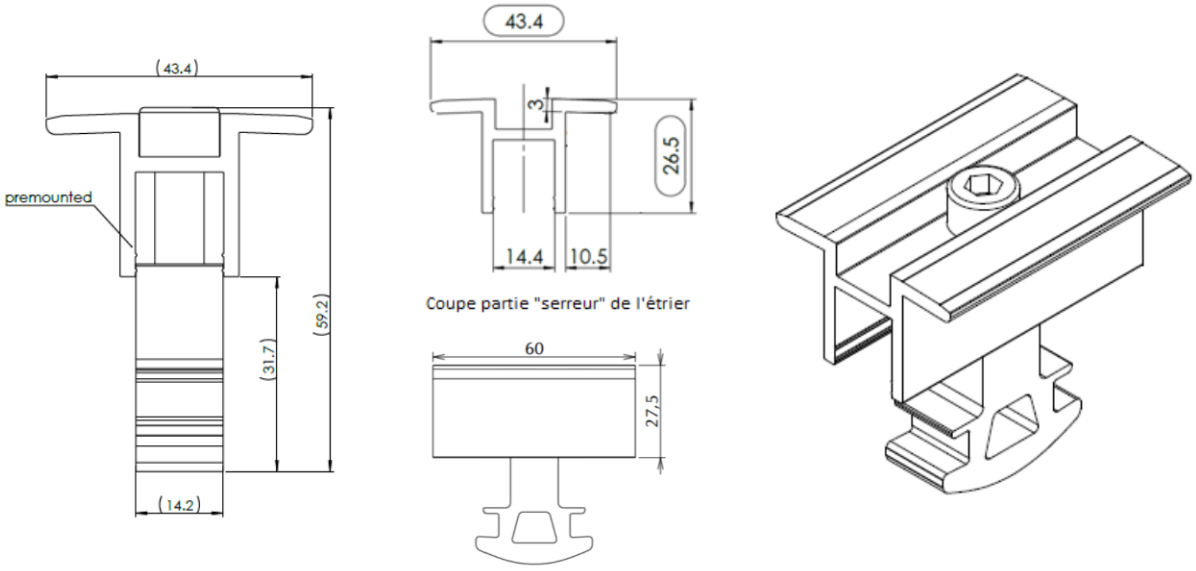


Figure 15 : Étrier universel FATH

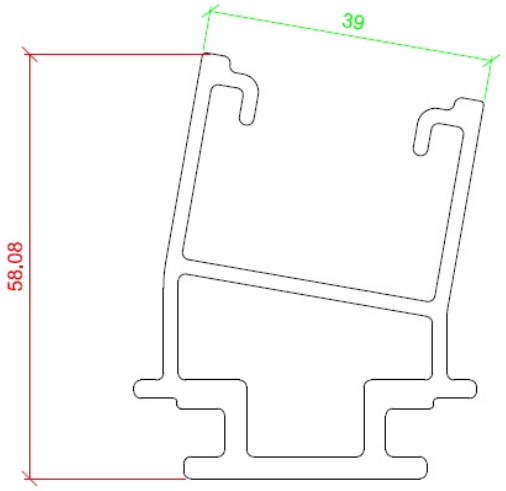


Figure 16 : Plan Réhausse 45 aluminium

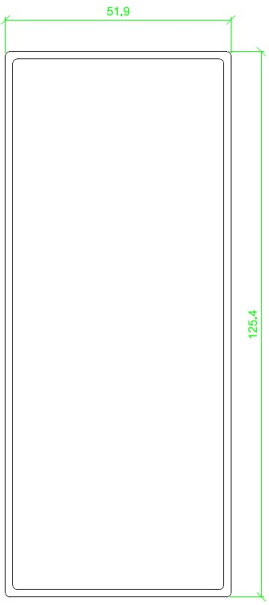


Figure 17 : Plan bloqueur de réhausse

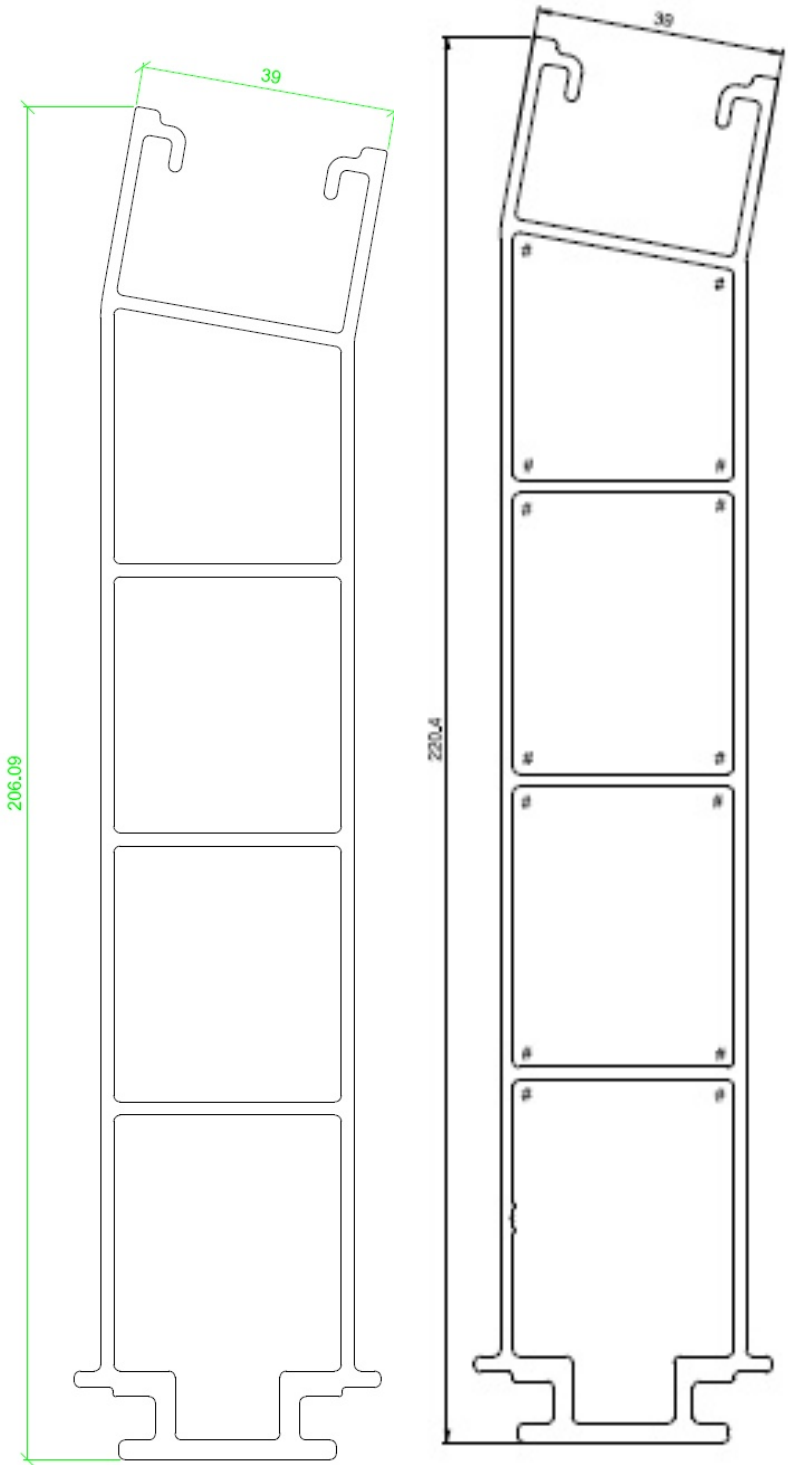


Figure 18 : Plan Réhausse 200 et 210 aluminium

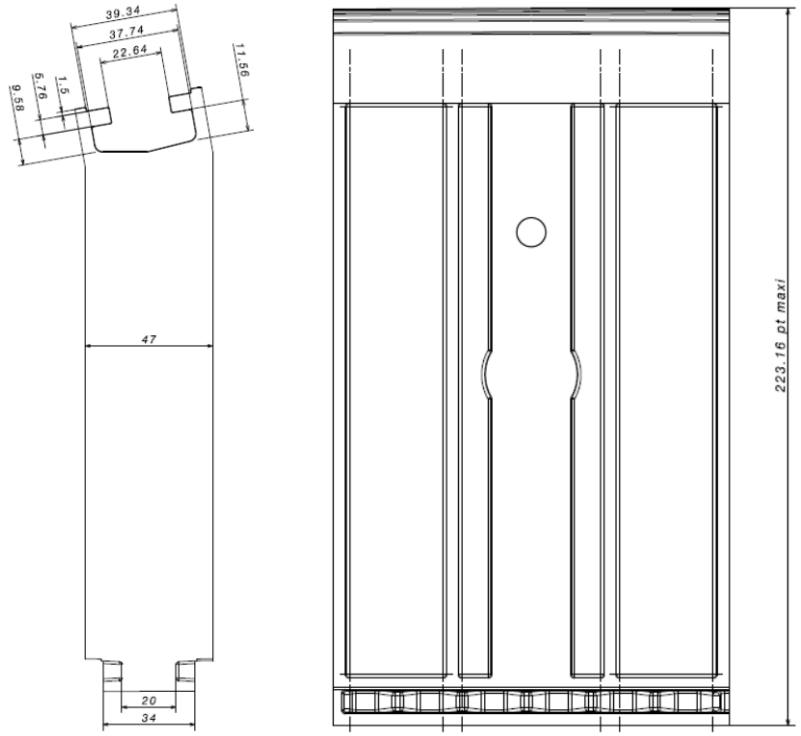


Figure 19 : Plan Réhausse polymère 210 V2 – diamètre du perçage 9mm

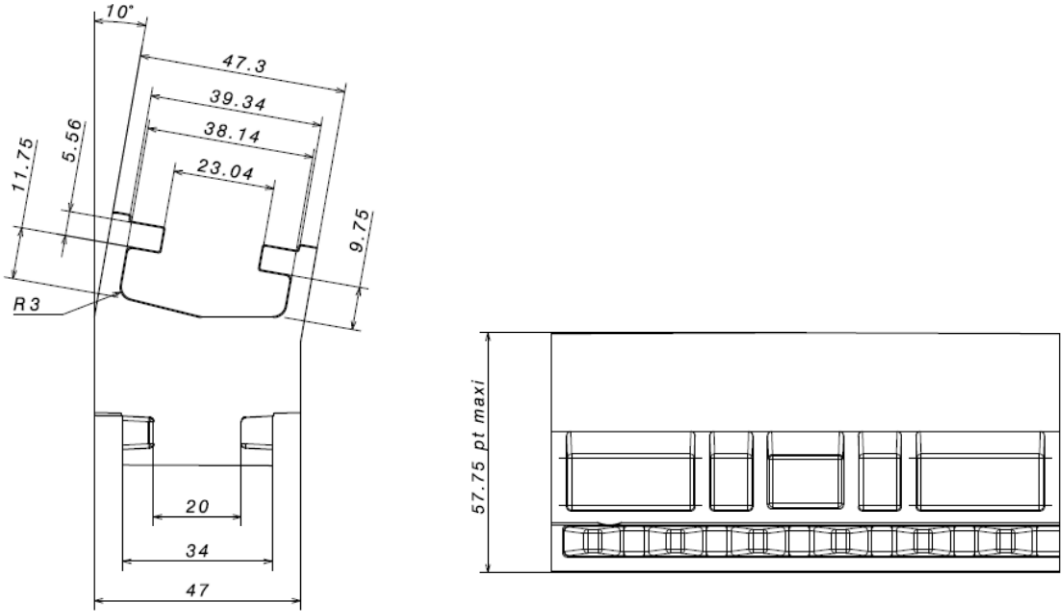


Figure 20 : Plan Réhausse polymère 45 V2



Figure 21 : Plots FIX EVO supports de chemin de câble

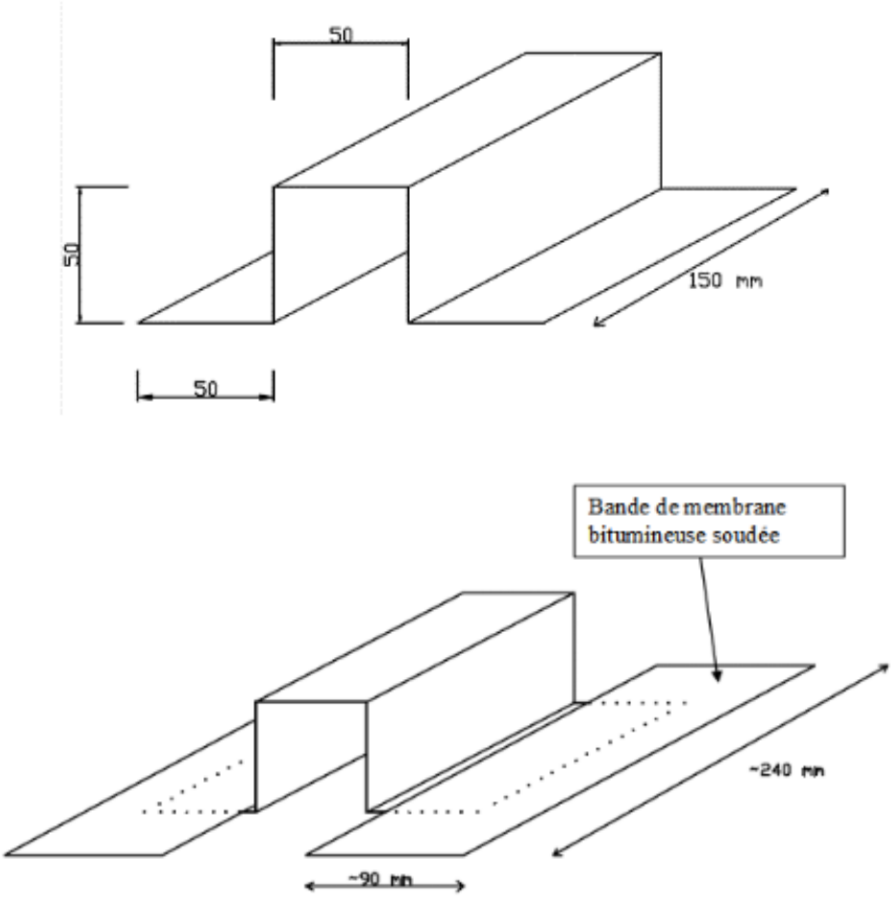


Figure 22 : Supports de chemin de câble par oméga

La partie en forme de rail de la tête du plot doit être orientée perpendiculairement au grand côté du module photovoltaïque



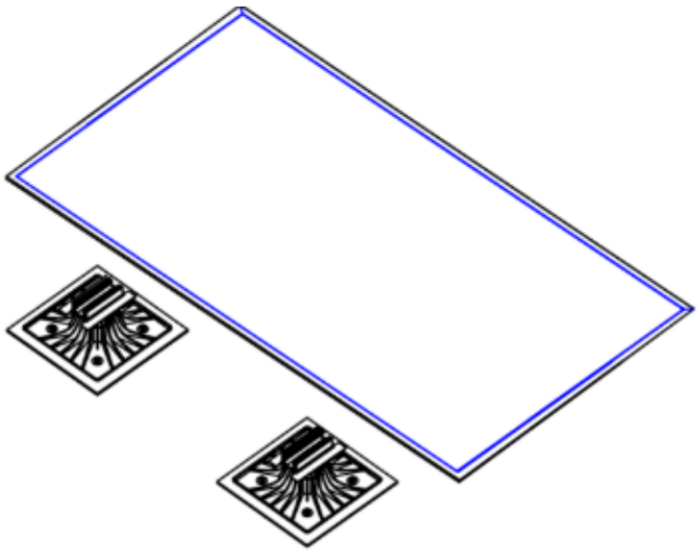
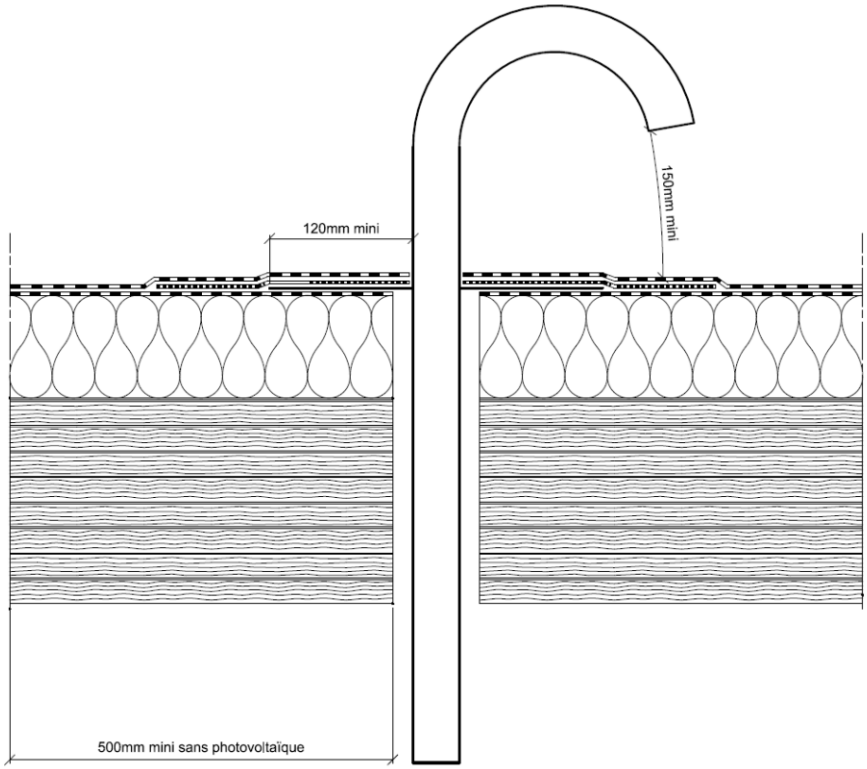
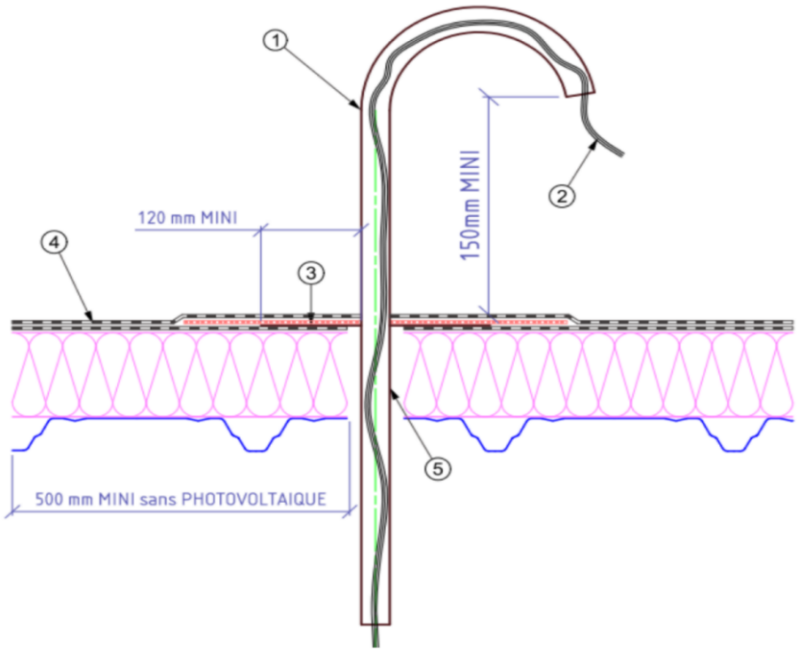


Figure 23 : Orientation de la tête du plot pour la pose du module photovoltaïque





1	Crosse
2	Câble
3	Platine
4	Etanchéité bicouche et couche renfort sur la platine
5	Fourreau pour passage des câbles

Figure 24 : Schéma détail passage de câble à travers l'étanchéité (sur TAN en bas et CLT en haut)

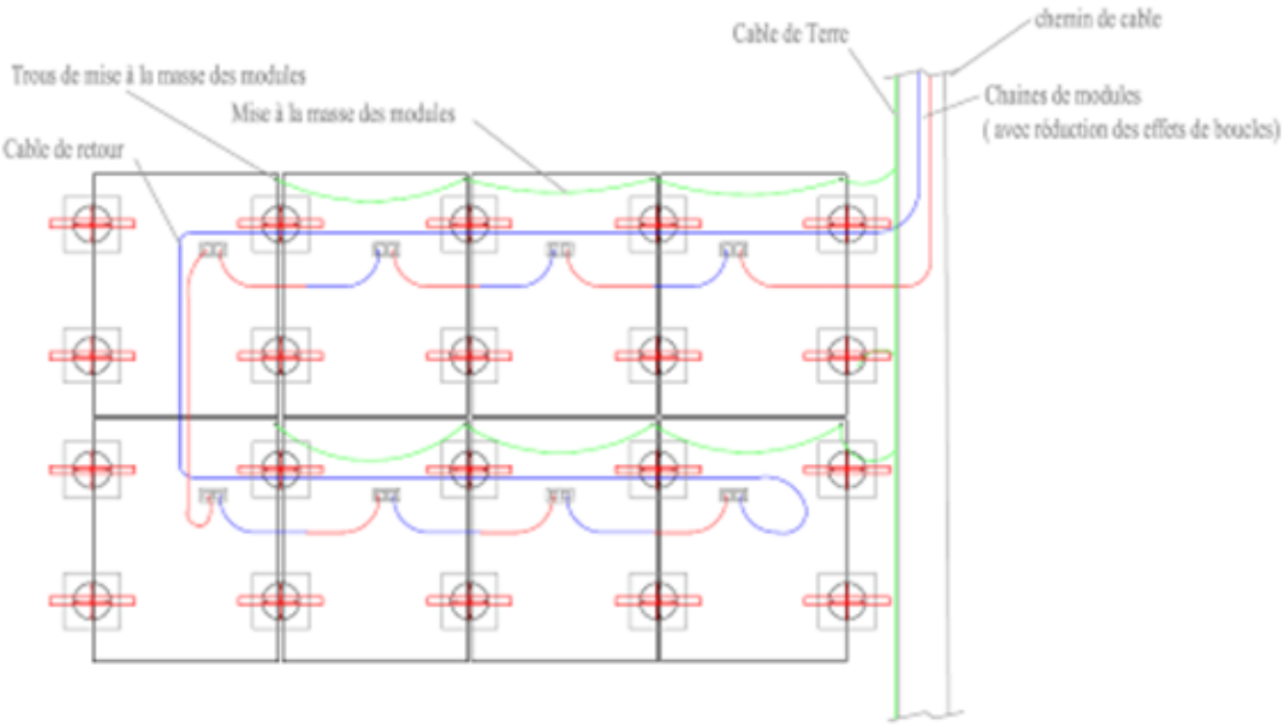
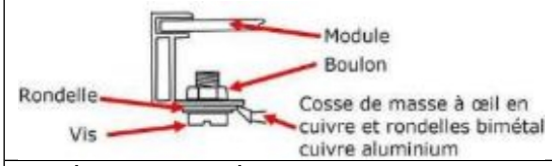
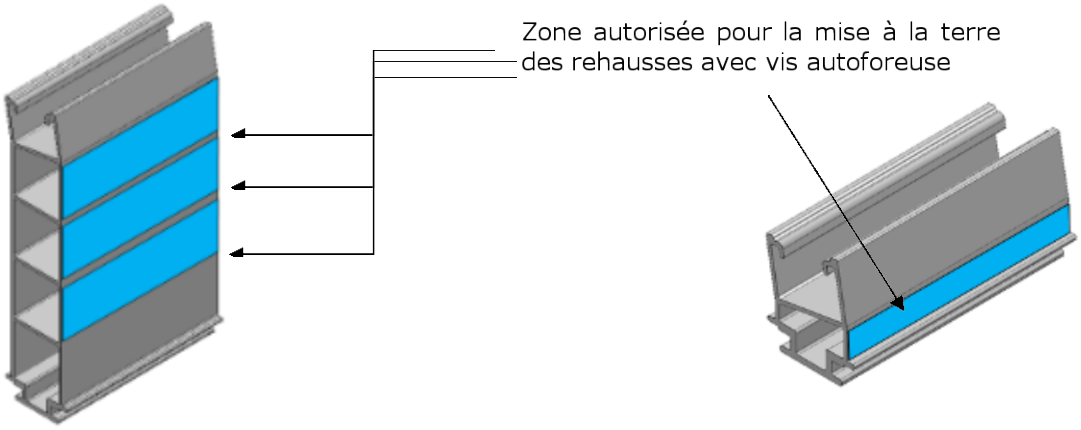


Figure 25 : Schéma de câblage et mise à la terre



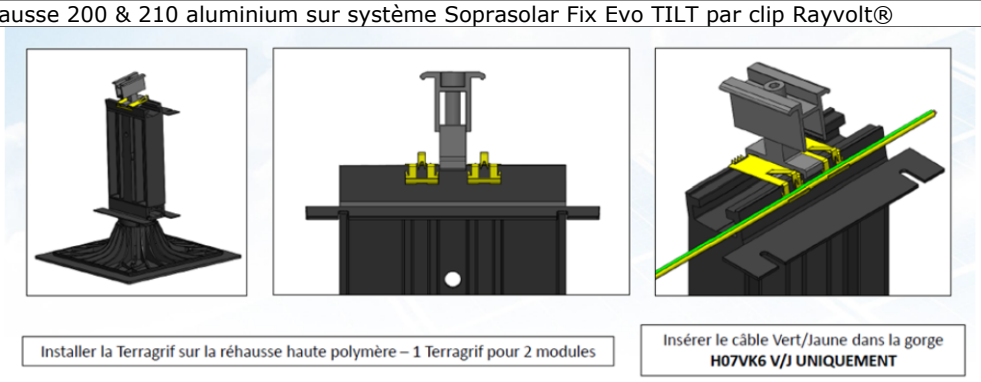
Système de mise à la terre des modules par rondelle et vis

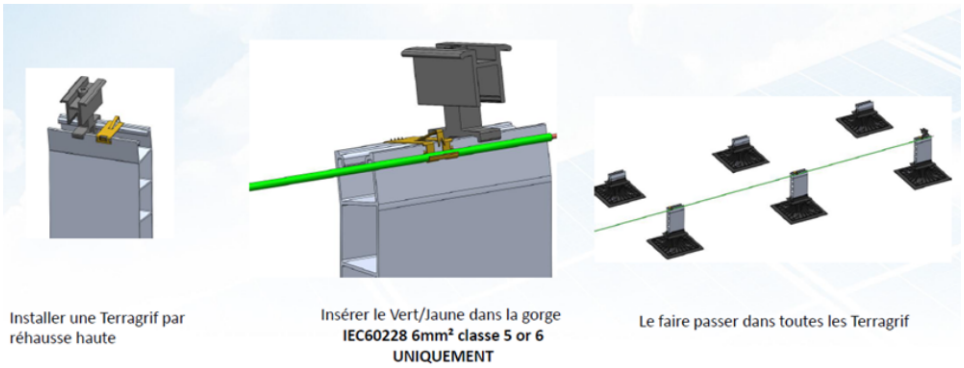


Localisation zone de perçage pour mise à la terre des rehausses Aluminium par vis autoperceuse (mise à la terre de la rehausse 200 & 210 aluminium uniquement)



Mise à la terre réhausse 200 & 210 aluminium sur système Soprasolar Fix Evo TILT par clip Rayvolt®





Système de mise à la terre Terragrif de Mobasolar (QL0.5x20x40 + RL0.6x20x40)

Figure 26 : Système de mise à la terre





Figure 27 : Fixation câble électrique sur le plot standard à l'aide de collier Rislan et plot SOPRASOLAR FIX EVO -6- à l'aide d'un accessoire qui se fixe dans l'encoche de l'ailette

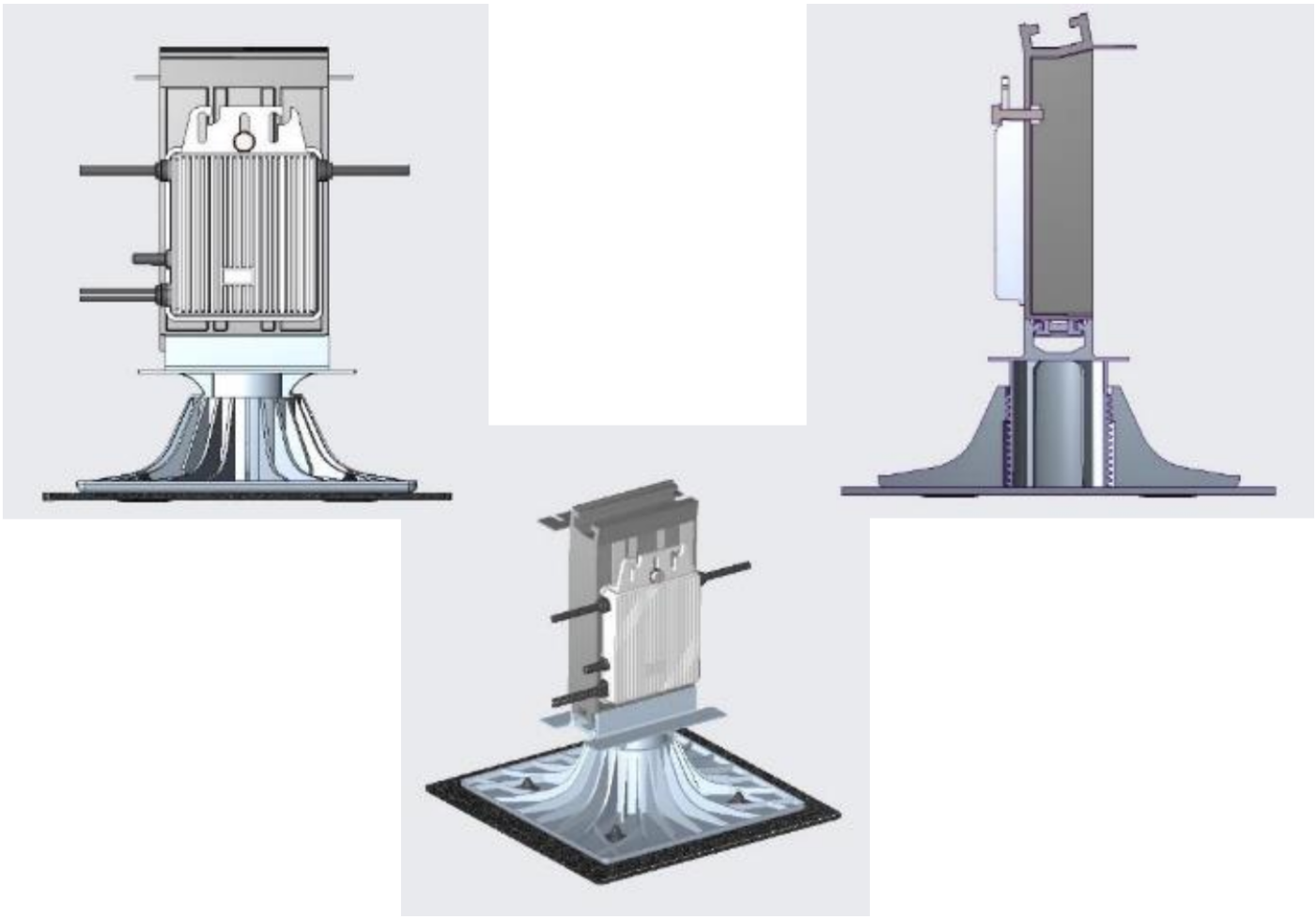
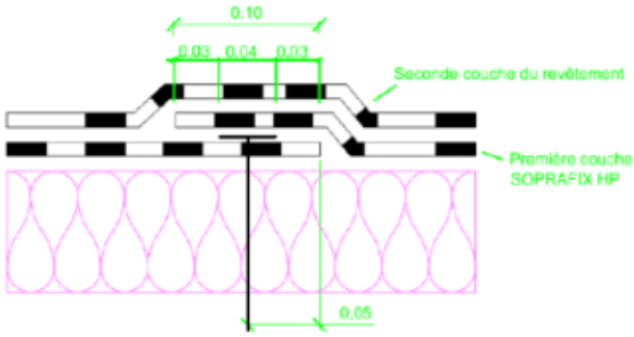
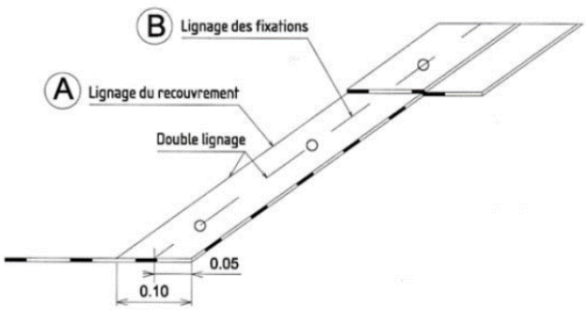
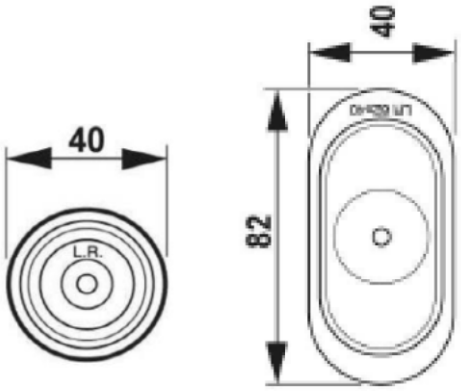


Figure 28 : Mise en place micro onduleur sur réhausse polymère – diamètre du perçage 9mm







Plaquette nervurée ronde diamètre 40mm et ovale 82 x 40



Rondelle pour TAN pleine



Rondelle pour TAN perforée

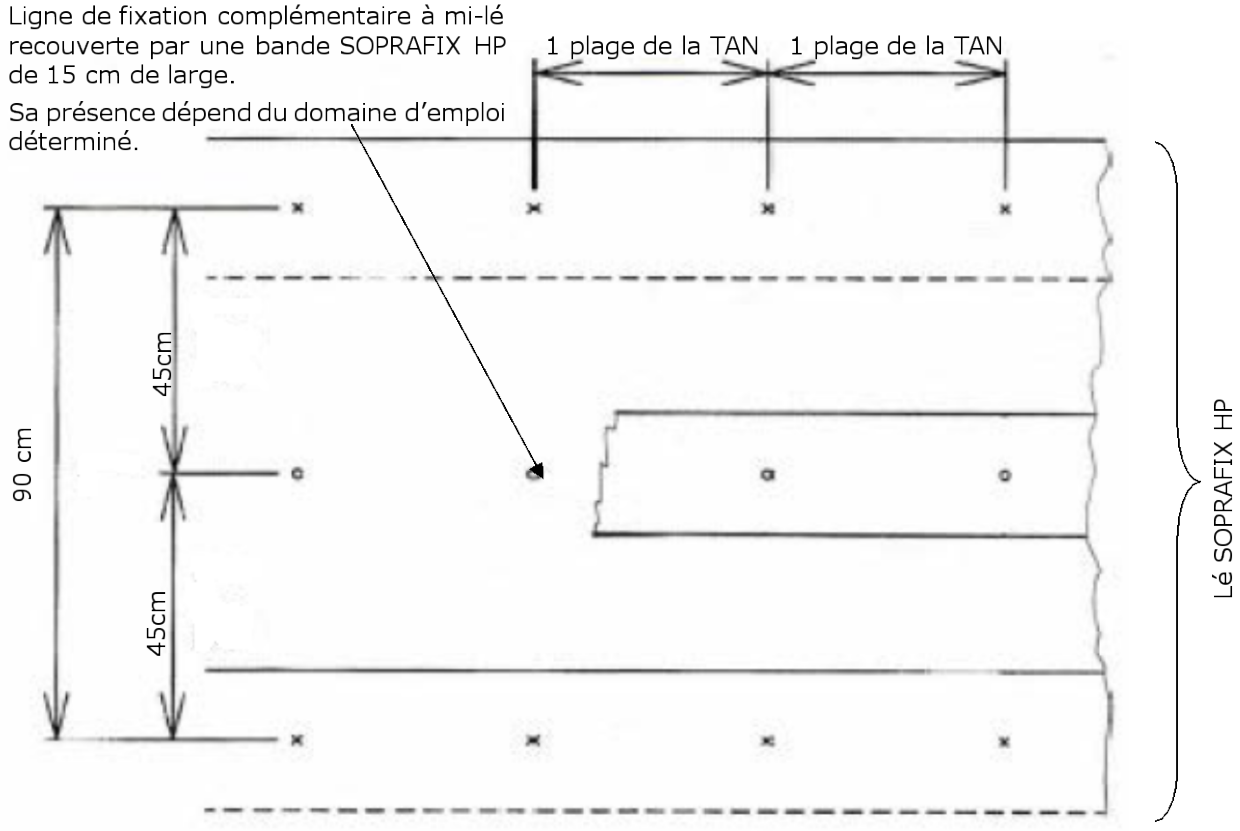
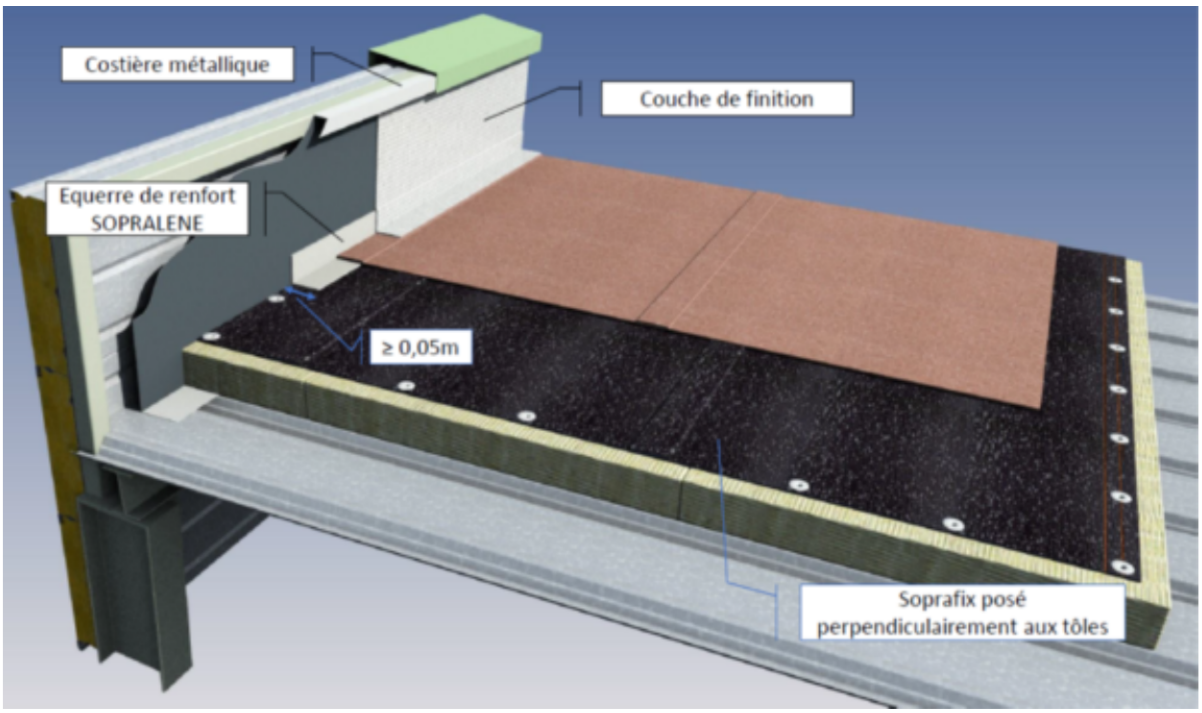


Figure 29 : Mise en œuvre du revêtement d'étanchéité avec première couche SOPRAFIX HP et plaquette de répartition



Relevés en feuille bitumineuse

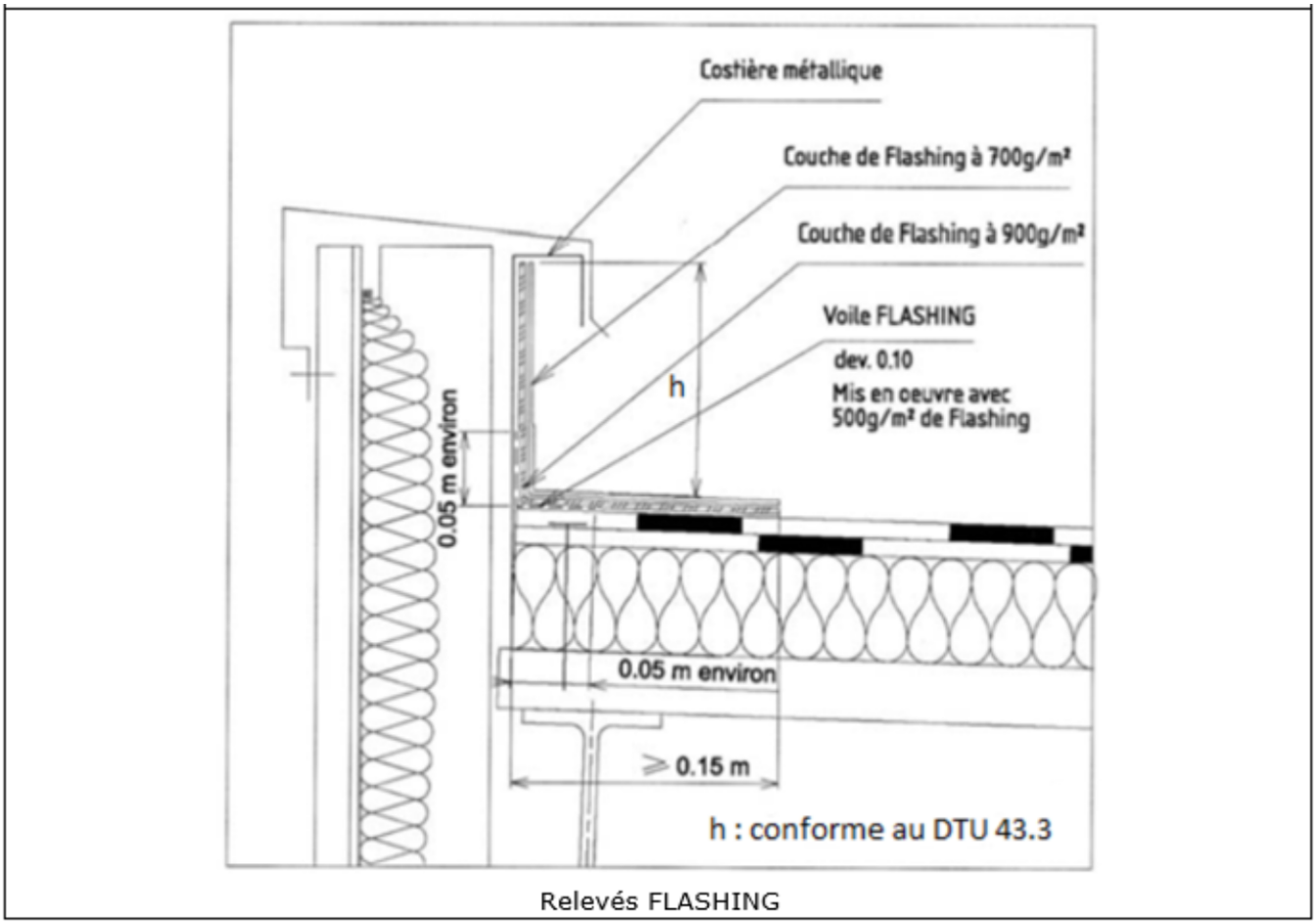


Figure 30 : Relevés en feuilles bitumineuses ou Flashing

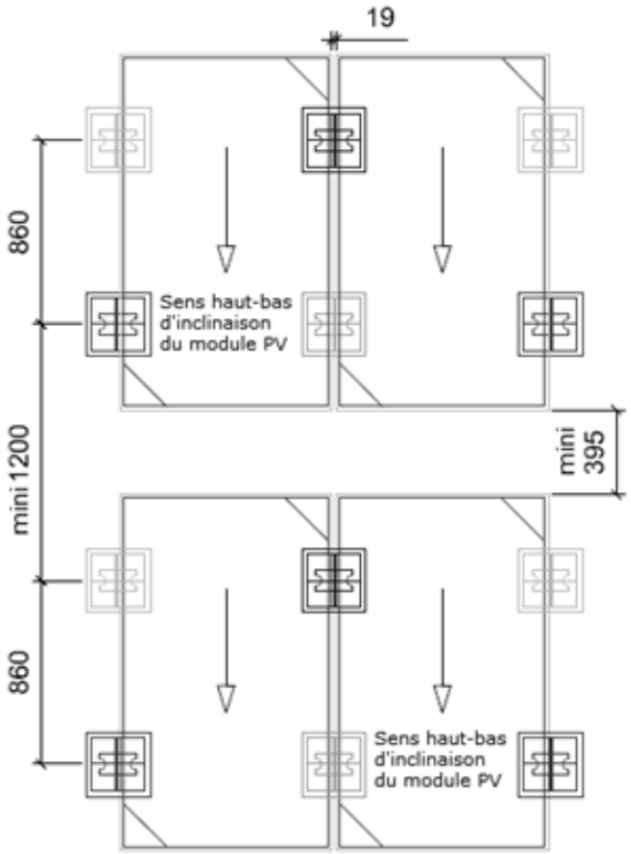


Figure 31 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO avec modules photovoltaïques en inclinaison simple shed avec réhausse 200 aluminium

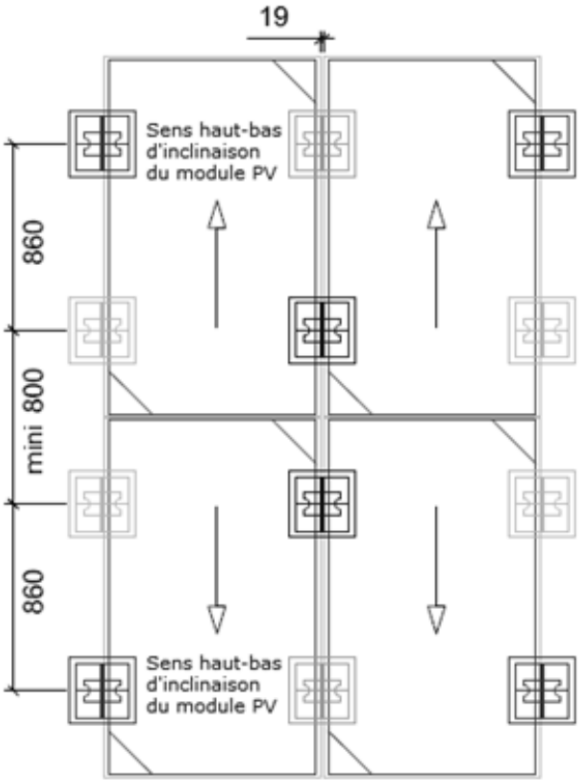


Figure 32 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO avec modules photovoltaïques en inclinaison double shed avec réhausse 200 aluminium

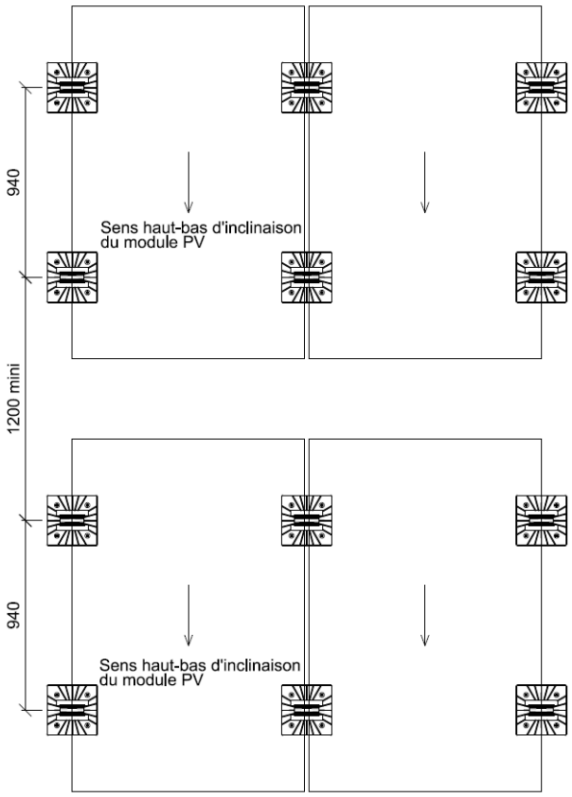


Figure 33 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO avec modules photovoltaïques en inclinaison simple shed – rehausse polymère 210 et réhausse aluminium 210

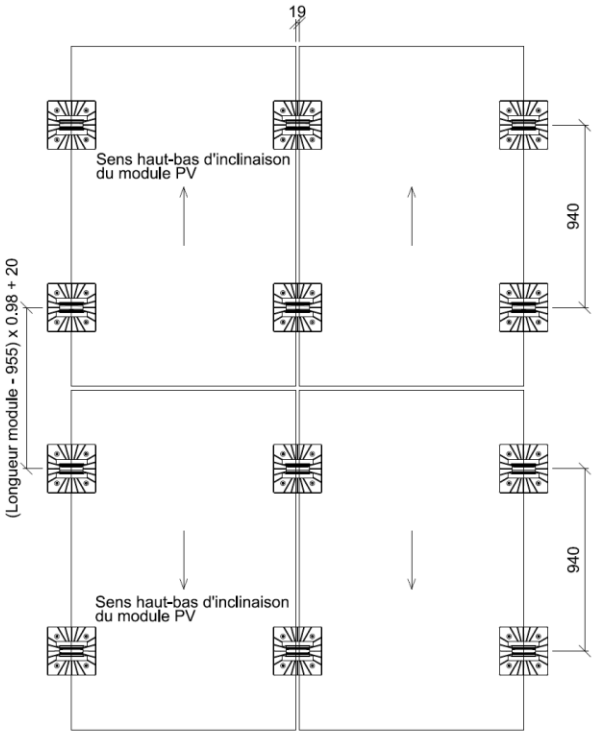


Figure 34 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO avec modules photovoltaïques en inclinaison double shed – rehausse polymère 210 et réhausse aluminium 210

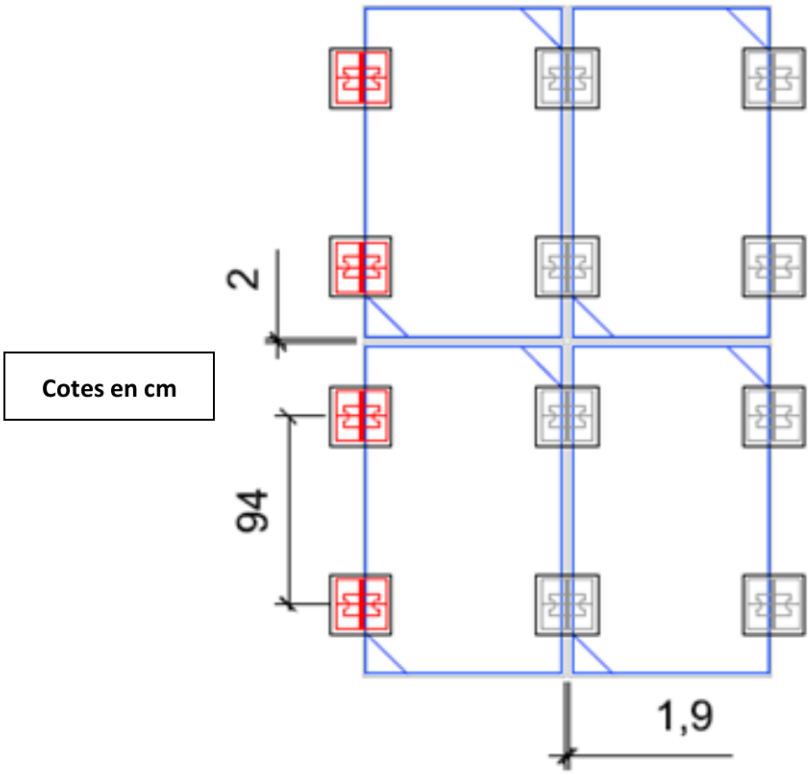


Figure 35 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO en calepinage non densifié

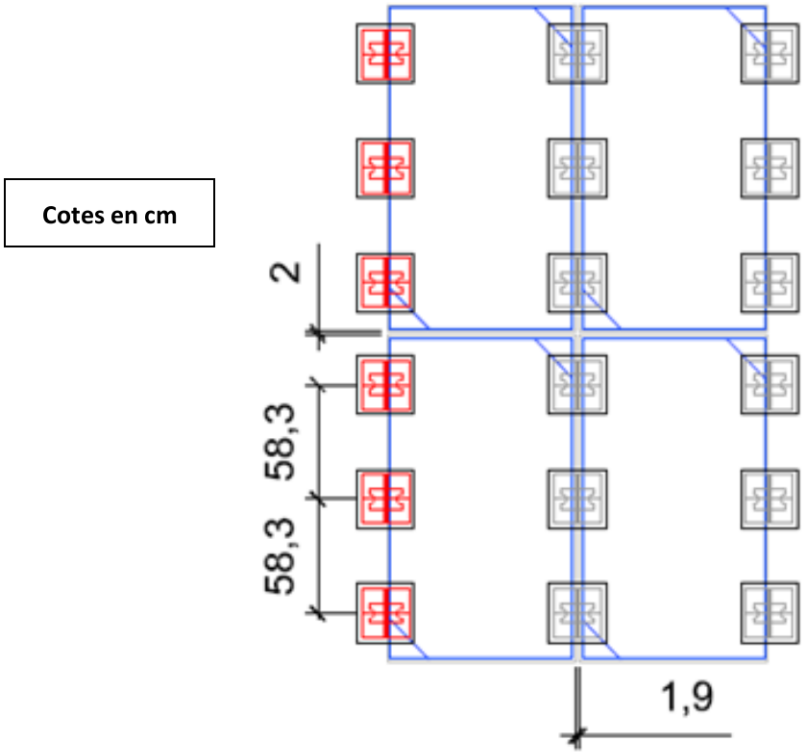


Figure 36 : Implantation des plots SOPRASOLAR FIX EVO en calepinage densifié

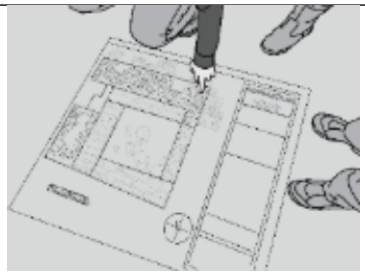
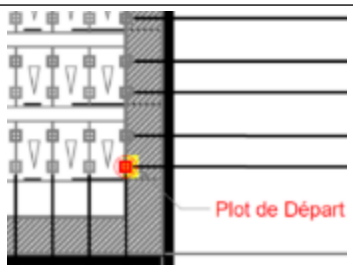
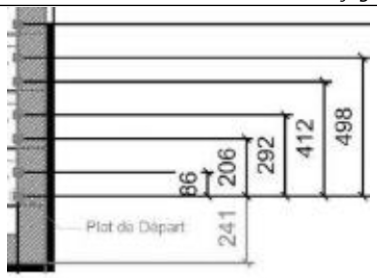
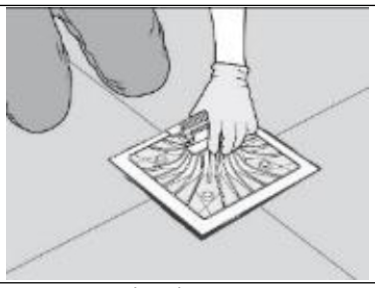
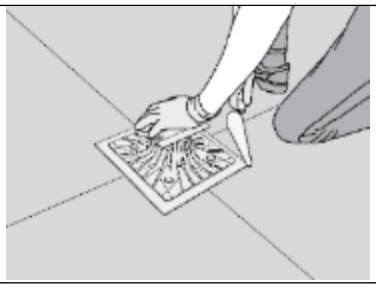
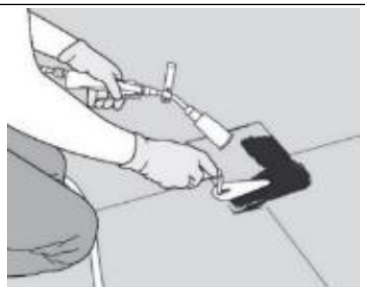
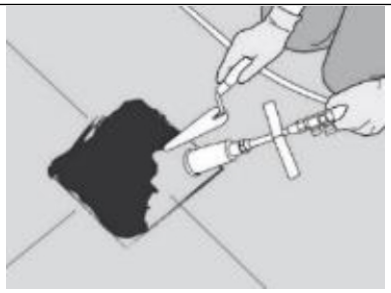
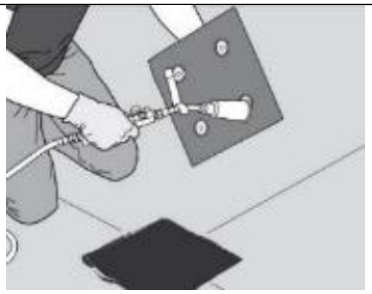
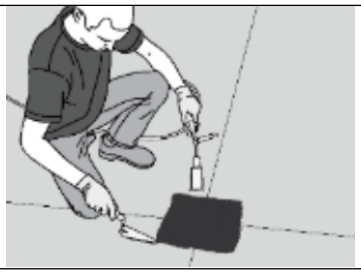
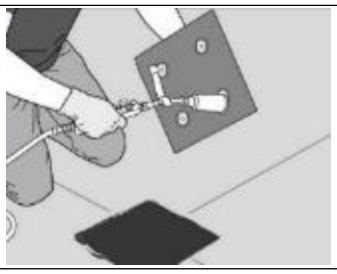
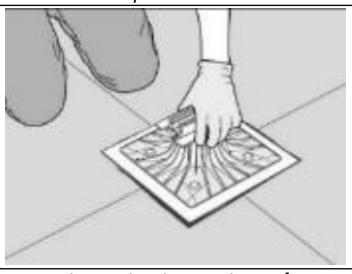
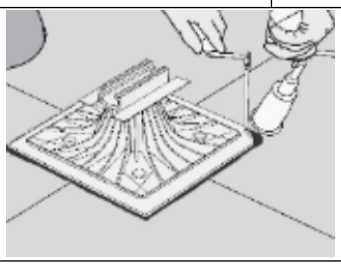
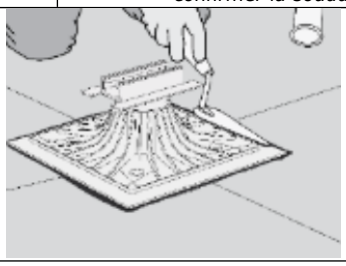
		
1. Vérifier les côtes de la toiture et l'emplacement des émergences par rapport au PLAN D'EXÉCUTION avant tout traçage.	*2. Vérifier l'implantation du plot de départ à l'aide du PLAN D'EXÉCUTION.*	*3. Réaliser l'équerrage de la zone d'implantation au cordeau avec la méthode 3-4-5.*
		
4. Tracer les repères au cordeau en respectant les côtes du PLAN D'EXÉCUTION. Vérifier l'équerrage de l'installation tous les 5 mètres.	*5. Positionner les plots SOPRASOLAR FIX EVO. Le centre de chaque plot est matérialisé par l'intersection des lignes tracées.*	*6. Tracer l'empreinte du plot à l'aide d'une spatule pour repérer sa position sur la toiture.*
		
7. Noircir l'emplacement du plot à l'aide du chalumeau et d'une spatule.	*8. Noyer les paillettes d'ardoises de la feuille d'étanchéité dans le bitume.*	*9. Brûler le film thermofusible à l'aide du chalumeau puis chauffer la face inférieure du plastron.*
		
10. Chauffer la surface noircie du revêtement.	*11. Chauffer une nouvelle fois la face inférieure du plastron.*	*12. Appliquer le plot sur le revêtement d'étanchéité et exercer une pression pour confirmer la soudure.*
		
13. Si nécessaire, confirmer la soudure des coins du plastron.	*14. Confirmer la soudure des bordures du plastron à la spatule.*	

Figure 37 : Traçage et soudage des plots SOPRASOLAR FIX EVO sur membrane d'étanchéité avec finition SOPRALENE FLAM 180 AR(Fe)

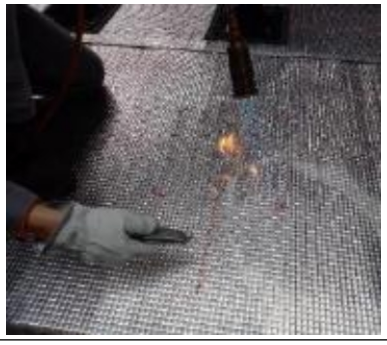
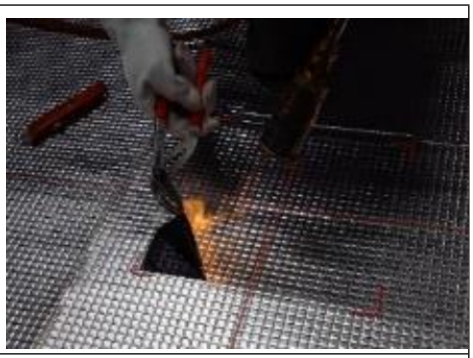
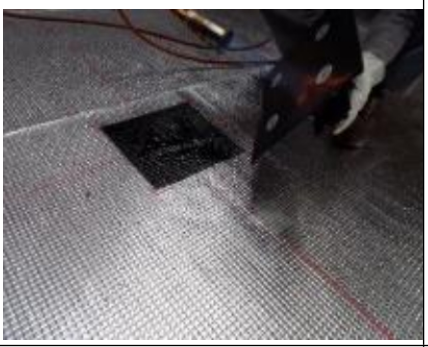
<table>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>1. Découper la feuille d'aluminium sur l'emprise du plastron du plot à l'aide d'un cutter</td><td>2. Chauffer la partie découpée de la feuille d'aluminium de finition à l'aide du chalumeau</td><td>3. Avec une pince décoller la partie découpée et chauffée de la feuille d'aluminium</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4. Finir de retirer partie découpée de la feuille d'aluminium : le bitume doit être à nu</td><td>5. Chauffer le plastron au chalumeau</td><td>6. Appliquer le plot sur le revêtement d'étanchéité et exercer une pression pour confirmer la soudure.</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">7. Confirmer la soudure des bordures du plastron à la spatule.</td></tr>
</table>

Figure 38 : Soudage des plots SOPRASOLAR FIX EVO sur membrane d'étanchéité avec finition aluminium SOPRALENE FLAM 180 ALU

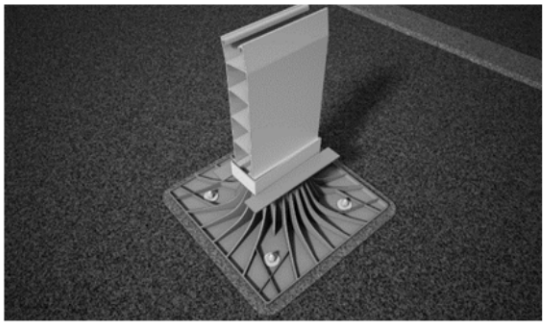




Mise en œuvre des rehausses 45 et rehausses 200 sur les plots



Mise en œuvre du bloqueur sur les rehausses



Vue avec rehausse 200 et bloqueur

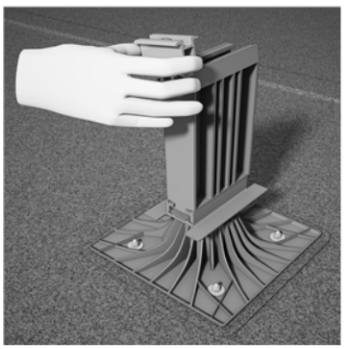




Mise en œuvre des réhausses polymères 45 et polymères 210 sur les plots



Réhausse bloquée sur la tête du plot



Mise en place des étriers

Figure 39 : Mise en œuvre des rehausses et bloqueurs et des étriers

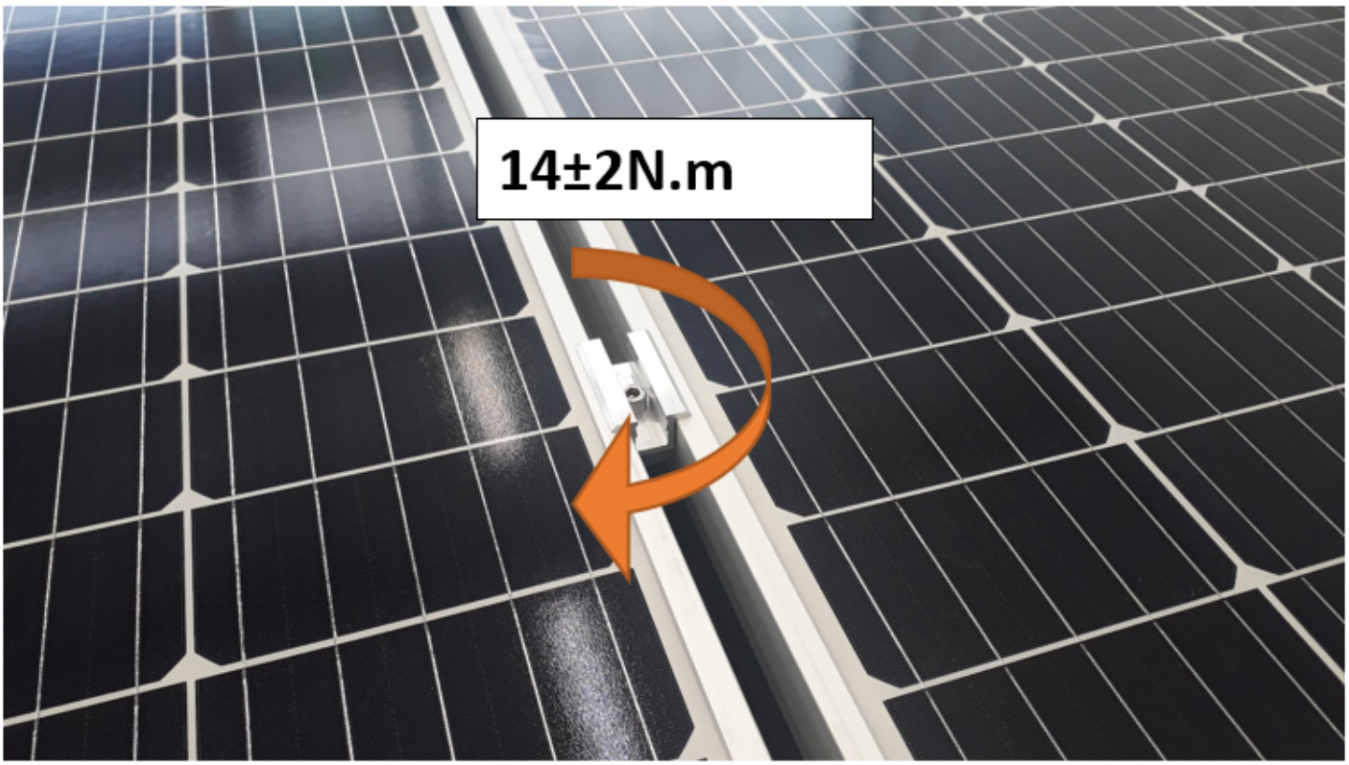


Figure 40: Serrage des étriers



Figure 41 : clip pour fixation des câbles au cadre des modules

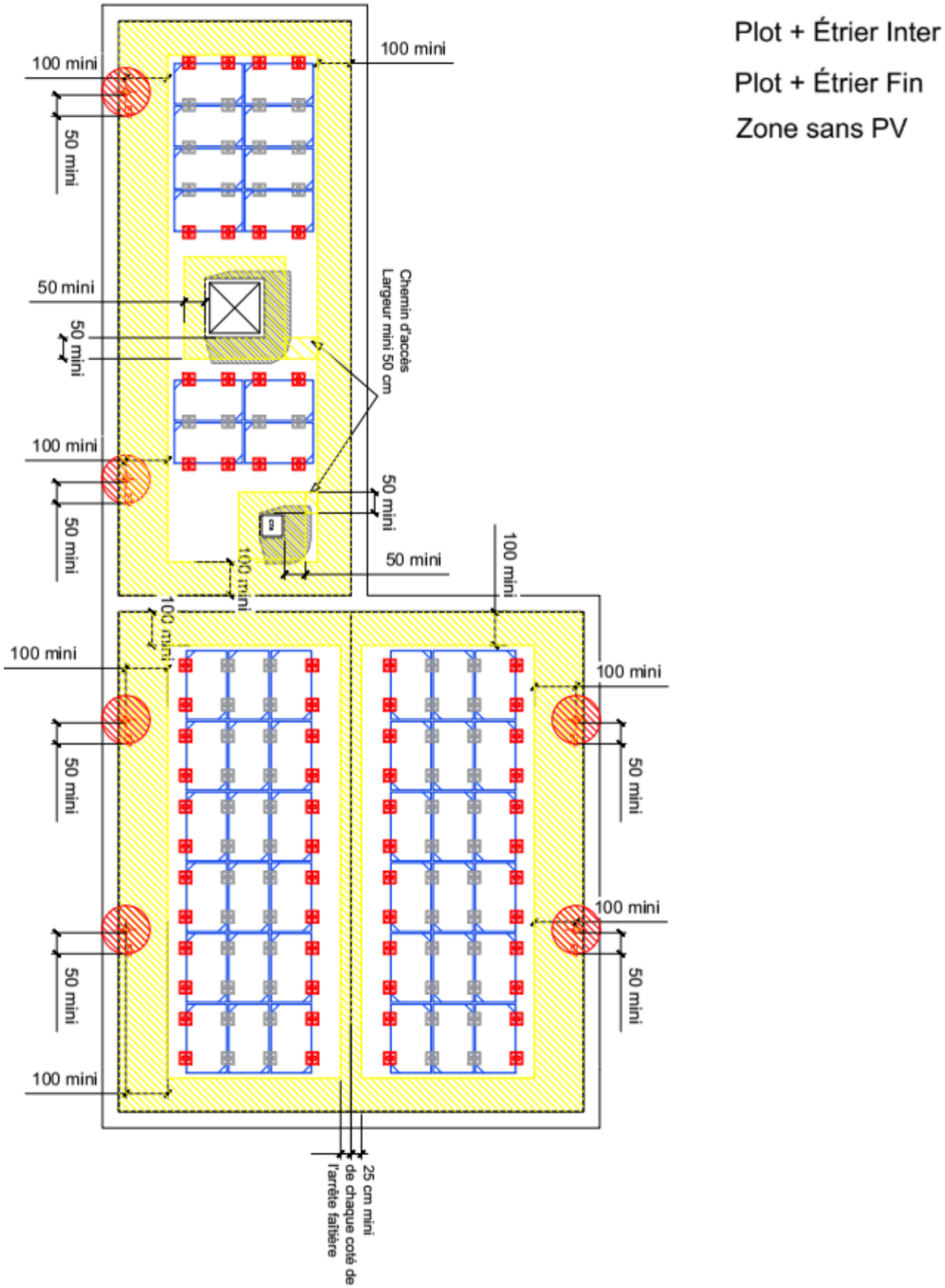


Figure 42 : Exemple calepinage standard (2 plots/grand côté du module) et préparation de la toiture en pose à plat

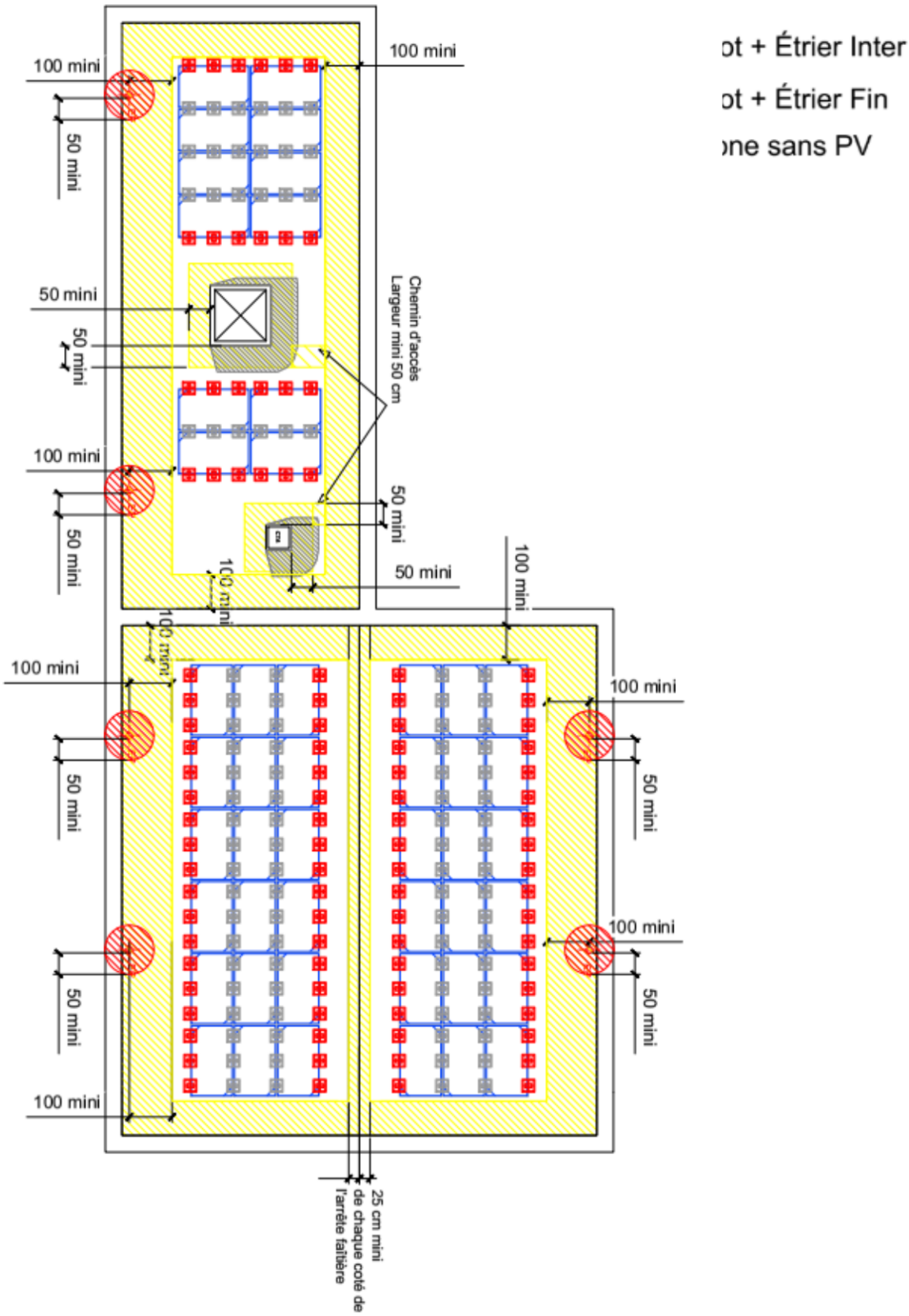


Figure 43 : Exemple calepinage standard (3 plots/grand côté du module) et préparation de la toiture en pose à plat

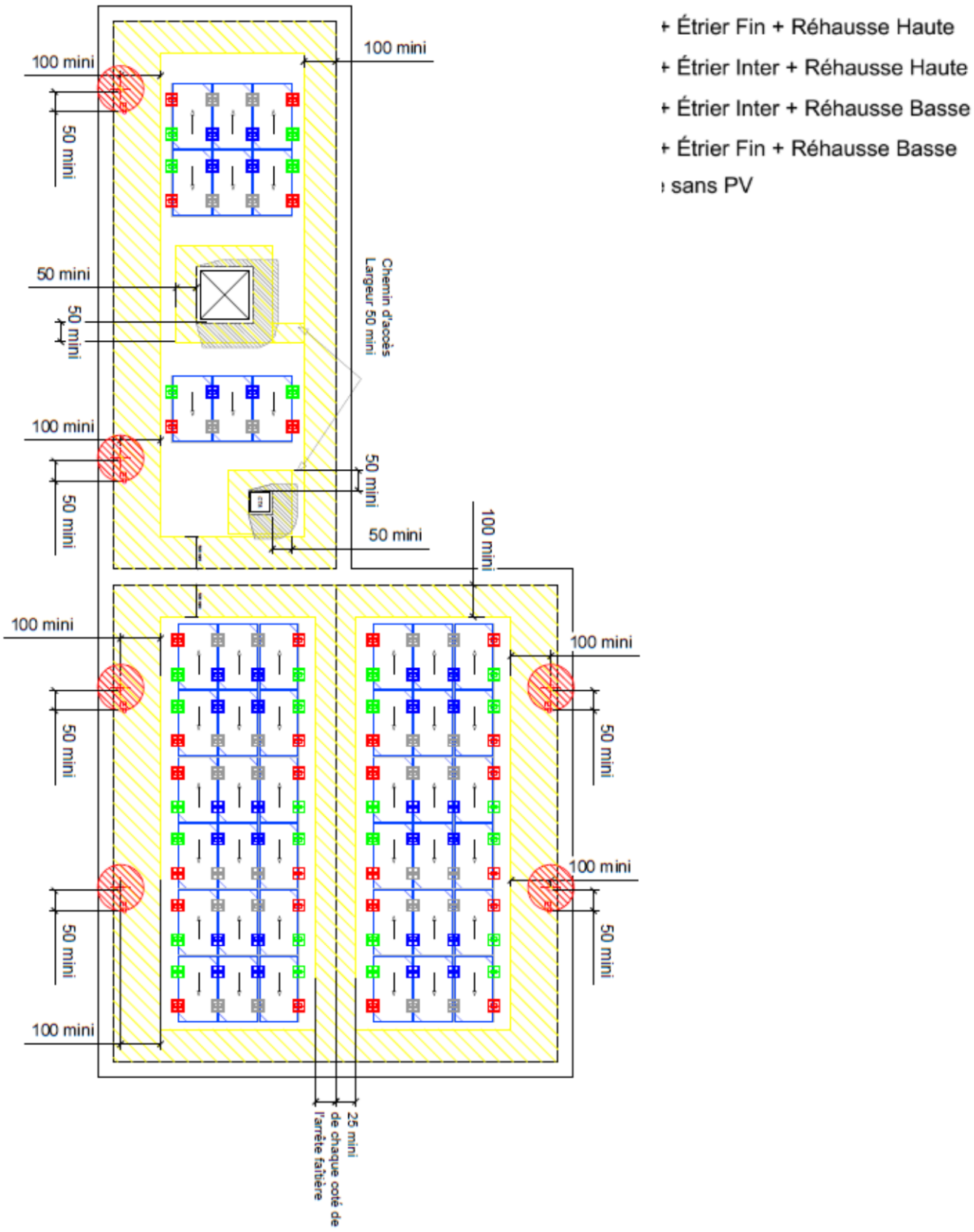


Figure 44 : Exemple calepinage et préparation de la toiture avec modules photovoltaïques inclinés en orientation double shed

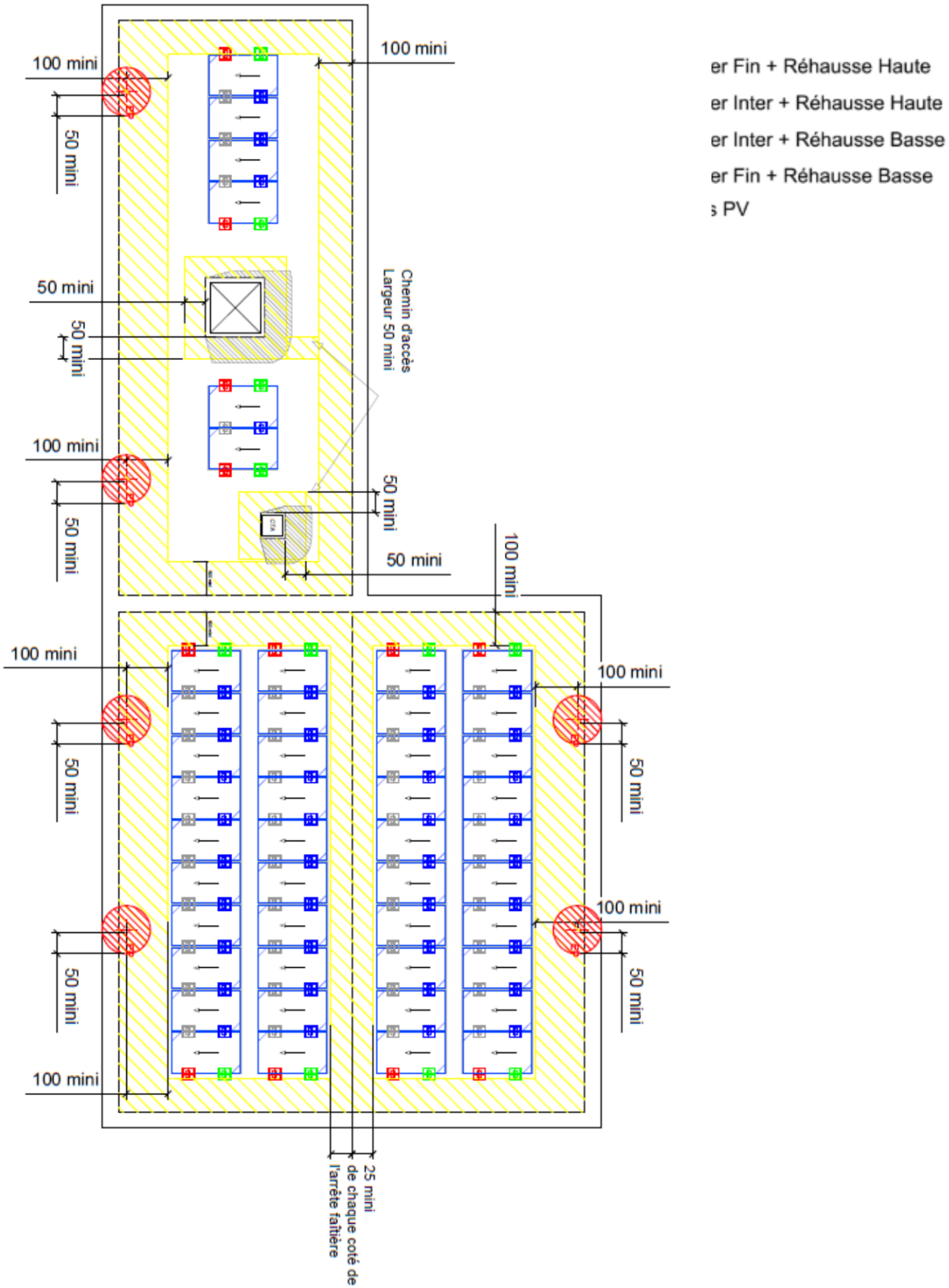


Figure 45 : Exemple calepinage et préparation de la toiture avec modules photovoltaïques inclinés en orientation simple shed