

APPRÉCIATION TECHNIQUE D'EXPÉRIMENTATION

ATEX de cas a

Numéro de référence : 2352

Note liminaire : Cette appréciation est limitée aux procédés d'étanchéité et de production photovoltaïque définis dans le Dossier Technique.

Selon l'avis du Comité d'Experts, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- Demandeur : SOLARDIS,
- Technique objet de l'expérimentation : Procédé complet de toiture étanchée composé d'un complexe d'étanchéité bitumineux fixé mécaniquement, de modules photovoltaïques cadrés et d'un système de montage incluant des plots soudés sur le complexe d'étanchéité et des étriers maintenant les modules,

donne lieu à une :

APPRÉCIATION TECHNIQUE D'EXPÉRIMENTATION FAVORABLE

Remarque importante : Cette appréciation est délivrée pour une durée de validité jusqu'au 30 juin 2020.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1 SECURITE

1.1 STABILITE ET SECURITE DES USAGERS

- a) Le procédé n'est valable qu'avec les tôles d'acier nervurées de la société ArcelorMittal, profilé SOPRASTYL 74 (tôles pleines) et SOPRASTYL 74 P (tôles perforées). Les tableaux de charges portées des profilés SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74 P présentés au Dossier Technique ont fait l'objet d'une vérification calculatoire par le CSTB, et sont en conséquence valables suivant les dispositions précisées au Dossier Technique.
- b) Les isolants utilisés sur ces TAN sont de type Rockacier C Nu de la société Rockwool, Efigreen Acier de la société Soprema SAS. Les isolants Efigreen Acier peuvent être associés avec un panneau de perlite Fesco C nu de la société Sitek.

Lorsque les isolants Rockacier C Nu et Efigreen Acier se situent entre deux nervures et se trouvent chargés par les plots du procédé, il est admis une résistance à 17 kPa pour les panneaux Rockacier C Nu et 31,5 kPa pour les panneaux Efigreen Acier. Ces résistances correspondent à des charges de neige normales :

- de 600 Pa en calepinage standard et 910 Pa en calepinage densifié pour les isolants Rockacier C Nu.
- de 1190 Pa en calepinage standard et 1780 Pa en calepinage densifié pour les isolants Efigreen Acier avec ou sans panneau de perlite Fesco C nu.

Note : Calepinage standard : 2 plots sur une longueur de modules – Calepinage densifié 3 plots sur une longueur de modules.

- c) Les dispositions prévues permettent d'escompter d'un comportement satisfaisant au vent du procédé pour les charges de vent normales suivantes :

- 952 Pa en calepinage standard et 1142 Pa en calepinage densifié pour le profil SOPRASTYL 74.
- 762 Pa en calepinage standard et densifié pour le profil SOPRASTYL 74 P.

Ainsi dans l'ensemble de ces conditions, la stabilité semble assurée.

1.2 SECURITE EN CAS D'INCENDIE

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

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

Un protocole d'essai Broof (t3) pour les toitures photovoltaïques a été validé en commission CECMI en 2012.

Le classement de tenue au feu Broof (t3) du procédé photovoltaïque SOPRASOLAR FIX EVO TAN n'est toutefois pas connu.

Vis-à-vis du feu intérieur

Les dispositions réglementaires à considérer sont fonction de la destination des locaux, de la nature et du classement de réaction au feu de l'isolant et de son support.

Le présent document comporte 3 pages et deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

290 route des Lucioles – BP 209 – 06904 Sophia Antipolis cedex

Tél. : +33 (0)4 93 95 67 00 – Siret 775 688 229 00068 – www.cstb.fr

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Établissement public à caractère industriel et commercial – RCS Meaux 775 688 229 – TVA FR 70 775 688 229

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

1.3 SECURITE DES INTERVENANTS

La mise en œuvre de ce procédé impose les dispositions relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur. A cet égard, ce système n'impose pas de dispositions autres que celles habituellement requises pour la mise en œuvre des toitures.

La surface des membranes est glissante lorsque celle-ci est humide.

1.4 SECURITE ELECTRIQUE

Les modules photovoltaïques "RECxxxPE" (avec xxx allant de 240 à 265 Wc) de la société REC Solar bénéficient de certificats et rapports de conformité aux normes NF EN 61215 et NF EN 61730. Les modules sont de classe d'Application A selon la norme NF EN 61730 : ils sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II.

Les modules photovoltaïques sont équipés de connecteurs débrochables (MULTICONTACT MC4 – IP67) permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C 15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des connecteurs électriques.

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

Une liaison équipotentielle des masses des cadres des modules photovoltaïques.

La sécurité électrique semble donc avérée.

1.5 DURABILITE

- Le tableau 1 du Dossier Technique, "Guide de choix des matériaux du système de fixation en toiture selon l'exposition atmosphérique", permet de s'assurer de l'adéquation entre la composition des profilés aluminium et les atmosphères extérieures. L'anodisation des cadres des modules est adaptée pour permettre une mise en œuvre entre 3 et 10 km du littoral.

- Les plots Soprasolar Fix Evo se composent d'une partie avec plastron 300 x 300 mm en liant bitumineux SEBS armé polyester et d'une partie polyamide PA6 chargée en fibre de verre. Ces plots ont fait l'objet d'essais en température. Les parties en fibre de verre ont fait l'objet d'essais UV au Xenotest (3 000 heures à 10700 MJ/m²). Les résultats obtenus ne montrent pas de dégradation des propriétés mécaniques du plot, et laissent donc présager d'un comportement satisfaisant de la tenue des plots vis-à-vis des UV et de la température. La partie plastron en bitume SEBS présente des performances satisfaisantes vis-à-vis de la durabilité, ces performances restant valables pour la composition présentée au Dossier Technique.

- Les cache plots figurant aux extrémités du procédé sont en matière TPO et ont été évalués par des essais UV selon le Guide UEATc de 2001.

2 FAISABILITE

2.1 PRODUCTION

- La fabrication des modules étant réalisée par la société REC Solar, ces derniers suivent un cahier des charges précis et la constance de fabrication semble assurée.

- La fabrication des étriers est réalisée par la société IPS-Tec GmbH, ces éléments font l'objet de contrôles dimensionnels. Ils n'appellent pas de remarque particulière.

- La fabrication du plot est réalisée par la société ALLAINE, le plastron bitumineux par Soprema, la partie mécanique et l'assemblage sont réalisés par la société Allaine. Ces plots font l'objet d'un autocontrôle et laissent présager d'une constance de fabrication satisfaisante.

- La fabrication du revêtement d'étanchéité SOPRAPHIX HP + SOPRALENE FLAM 180 AR/SOPRALENE FLAM 180 Alu, de l'isolant Efigreen Acier est effectuée par la société Soprema SAS. Ces produits sont sous Avis Technique. Ils n'appellent pas de remarque particulière quant à la constance de fabrication.

- La fabrication des isolants Rockacier C nu est effectuée par la société Rockwool. Ces produits sont sous Avis Technique, Ils n'appellent pas de remarque particulière quant à la constance de fabrication.

- Les profilés SOPRASTYL sont fabriqués par la société ARCELORMITTAL CONSTRUCTION FRANCE, sur son site de production d'Haironville. Ils n'appellent pas de remarque particulière quant à la constance de fabrication.

2.2 MISE EN ŒUVRE

La société SOLARDIS présente une expérience dans la pose d'un système de montage photovoltaïque sur étanchéité bitumineuse. La mise en œuvre requiert une attention particulière concernant la soudure des plots Soprasolar Fix Evo. En ce sens, elle doit être réalisée par une société d'étanchéité qualifiée.

3 RISQUES DE DESORDRES

- Tout défaut de soudure du plastron sur le revêtement d'étanchéité (reflux local des paillettes ou pelage de la feuille d'aluminium insatisfaisant) induira un risque sur la solidité de l'ouvrage. En ce sens, la mise en œuvre doit être soignée.
- Les isolants en laine de roche Rockacier C Nu sont sollicités par des charges ponctuelles et cela sur un support discontinu. Compte-tenu que la tenue en compression des panneaux est indépendante des variations de température et que la charge de neige normale est adaptée pour un tassement inférieur à 2 mm sous un support discontinu, le risque de déformations importantes du Rockacier C Nu semble limité.
- Le dimensionnement des profilés SOPRASTYL pour les cas non prévus au Dossier Technique doit être effectuée par le service technique d'ArcelorMittal Construction France.

4 CONCLUSION

En conclusion, le Comité d'Experts considère que :

- la sécurité pourrait être assurée,
- la faisabilité serait réelle,
- les risques de désordres seraient limités pour les emplois considérés

Sophia Antipolis, le 22 février 2018
La Présidente du Comité d'Experts,

Coralie NGUYEN

ANNEXE 1 À L'APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Référence ATEEx n° 2352 du 26 juin 2017

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION ⁽¹⁾

- Demandeur :
SOLARDIS
62 rue Transversale
FR-92238 GENNEVILLIERS CEDEX

- Fabricants :
 - Modules : REC :
Usine de Singapour
 - Plots : ALLAIN SA :
85 rue de la Traille
FR-01700 MIRIBEL
 - Etriers : IPS-Tec GmbH :
Poststrasse 1
08459 Neukirchen - Allemagne
 - Revêtement d'étanchéité SOPRAFIX Bicouche : SOPREMA :
14 rue de Saint Nazaire
CS 60121
FR-67025 Strasbourg Cedex
 - Isolants
ROCKWOOL
111 rue Château des Rentiers
FR-75013 PARIS
Et
SOPREMA
14 rue de Saint Nazaire
CS 60121
FR-67025 Strasbourg Cedex
 - Bacs support SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P : ARCELORMITTAL :
16 route de la Forge
FR-55000 HAIRONVILLE

- Distributeur :
SOLARDIS
62 rue Transversale
FR-92238 GENNEVILLIERS CEDEX

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Système de montage pour modules photovoltaïques "RECxxxPE" (avec xxx allant de 240 à 265 Wc) de marque REC Solar se mettant en œuvre sur toiture étanchée en association avec le revêtement bicouche Soprafix Bicouche fixé mécaniquement. Le procédé s'applique en climat de plaine, en France européenne, en travaux neufs et de réfection complète de toiture, sur toiture-terrasse plate ou inclinée (terrasses-techniques inaccessibles, techniques ou à zones techniques), de pentes minimales conformes au NF DTU 43.3 (élément porteur en tôles d'acier nervurées).

Constitution du système :

Modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques, de dénomination commerciale "RECxxxPE" (avec xxx allant de 240 à 265 Wc) sont fabriqués par la société REC Solar. Ils sont de dimensions hors-tout : 1665 mm x 991 mm et possèdent 60 cellules. Les boîtes de connexion sont munies de deux câbles électriques de 1,5 mètre de longueur pour la polarité négative et 1,2 mètre pour la polarité positive, chacun équipé de connecteur débrochable avec système de verrouillage.

Plot SOPRASOLAR FIX EVO

Les plots SOPRASOLAR FIX EVO sont livrés prémontés sur le chantier et sont constitués d'un plastron 300x300mm en membrane bitume SOPRALENE FLAM 250 PLASTRON SOPRASOLAR, d'une embase et d'une tête en polyamide chargé de fibre de verre.

Cache Plot

Il est constitué d'une membrane d'étanchéité TPO et permet de protéger le plot du rayonnement UV solaire se trouvant en extrémité de rangées de modules photovoltaïques.

Etriers

Ces éléments assurent la fixation des modules photovoltaïques aux plots. Ils sont fournis préassemblés avec une vis en acier inoxydable. Ils sont de deux types : étriers intermédiaires en partie courante et étriers finaux en périphérie du champ photovoltaïque.

Revêtement d'étanchéité

Il est constitué d'une feuille d'étanchéité SOPRAPHIX HP de première couche et d'une feuille de seconde couche SOPRALENE FLAM 180 AR/SOPRALENE FLAM 180 Alu fournies par la société SOPREMA

Isolant

Isolant non porteur en laine minérale nue ROCKACIER C NU de la société ROCKWOOL défini par son Document Technique d'Application 5/16-2523 épaisseur allant de 60 à 260 mm.

Isolant non porteur en mousse rigide de polyisocyanurate expansée EFIGREEN ACIER de la société SOPREMA SAS défini par son Document Technique d'Application 5/15-2438 épaisseur allant de 30 mm à 200 mm en association ou non avec un écran thermique de 50 mm en perlite expansée (fibrée) nue FESCO C de la société Sitek.

Bac support

Bac support en tôle d'acier nervuré pleine SOPRASTYL 74 et en tôle d'acier nervuré perforée SOPRASTYL 74 P fourni par la société ArcelorMittal d'épaisseur 0,75 mm, 0,88 mm, 1 mm et 1,25 mm. Les fiches techniques des bacs sont définies au Dossier d'Atex.

⁽¹⁾ La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEX 2352.

ANNEXE 2 À L'APPRÉCIATION TECHNIQUE D'EXPÉRIMENTATION

Référence ATEx n° 2352 du 26 juin 2017

SOPRASOLAR FIX EVO TAN

Ce document comporte 92 pages

« Dossier Technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

A été enregistré au CSTB sous le numéro d'ATEx 2352

**Dossier Technique
de demande d'Appréciation Technique
d'Expérimentation (ATEx) de cas "a"**

n°2352

pour le procédé

SOPRASOLAR FIX EVO TAN

EDITION SOLARDIS DU 11/01/2018

SOMMAIRE

1 DESCRIPTION GÉNÉRALE	4
1.1 Identification du demandeur	4
1.2 Dénomination commerciale du procédé	4
1.3 Description succincte	5
1.4 Domaine d'emploi	7
1.5 Atmosphères extérieures	14
2 ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS.....	17
2.1 Module photovoltaïque.....	24
2.1.1 Face avant.....	24
2.1.2 Intercalaire encapsulant.....	24
2.1.3 Cellules photovoltaïques.....	25
2.1.4 Face arrière.....	25
2.1.5 Boîte de connexion	25
2.1.6 Diodes Bypass	26
2.1.7 Câbles électriques.....	26
2.1.8 Connecteurs électriques.....	26
2.1.9 Cadre du module photovoltaïque	27
2.2 Système de montage	28
2.2.1 Le plot SOPRASOLAR FIX EVO	29
2.2.2 Le cache plot.....	31
2.2.3 Les étriers	33
2.3 Autres éléments	34
2.3.1 Bac support d'étanchéité (TAN).....	34
2.3.2 Pare Vapeur	39
2.3.3 Panneaux isolant.....	40
2.3.4 Revêtement d'étanchéité	40
2.3.5 Câbles de mise à la terre	42
2.3.6 Chemin de câbles.....	42
2.3.7 Support de chemin de câble.....	42
2.3.8 Crosse de passage de câble	43
3 MISE EN ŒUVRE.....	44
3.1 Généralités	44
3.2 Compétences des installateurs	44
3.3 Sécurité des intervenants	44
3.4 Spécifications électriques	45
3.4.1 Généralités	45
3.4.2 Connexion des câbles électriques	45
3.5 Mise en œuvre EN TOITURE	47
3.5.1 Conditions préalables à la pose	47
3.5.2 Calepinage et préparation de la toiture	47
3.5.3 Pose du procédé.....	54
4 JUSTIFICATIONS DU PROCÉDÉ ET RÉSULTATS D'EXPÉRIMENTATION	82
5 CONDITIONNEMENT, ÉTIQUETAGE, STOCKAGE.....	84
5.1 Modules photovoltaïques.....	84
5.2 Système de montage	84
5.3 Les autres constituants du procédé	85
6 CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES	86
7 CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES.....	87
7.1 Conformité à la norme NF EN 61215	87
7.2 Sécurité électrique.....	87
7.3 Performances électriques	87
8 FABRICATION ET CONTRÔLES.....	88
8.1 Cadre des modules photovoltaïques	88
8.2 Module photovoltaïques.....	88
8.3 système DE MONTAGE.....	88
8.4 L'ÉLÉMENT PORTEUR	89
8.5 LES ISOLANTS	89
8.6 LES FEUILLES BITUMINEUSES (PARE VAPEUR et REVETEMENT d'ÉTANCHEITE)	89
9 FORMATION	90

10	ASSISTANCE TECHNIQUE.....	90
10.1	Elément porteur SOPRASTYL74 et SOPRASTYL 74P	90
10.2	LE COMPLEXE Isolant-ETANCHEITE.....	90
10.2.1	ROCKACIER C NU.....	90
10.2.2	EFIGREEN ACIER.....	90
10.2.3	Le revêtement d'étanchéité SOPRAFIX BICOUCHE.....	90
10.3	Le système de montage SOPRASOLAR FIX EVO	90
11	UTILISATION, ENTRETIEN ET RÉPARATION	91
11.1	Maintenance du champ photovoltaïque	91
11.2	Maintenance électrique.....	91
11.3	Réparabilité.....	91
11.3.1	Remplacement d'un module	91
11.3.2	Remplacement d'un plot SOPRASOLAR FIX EVO.....	92
11.3.3	Remplacement de l'étanchéité	92
12	RÉFÉRENCES.....	92

DOSSIER TECHNIQUE (Établi par le demandeur)

1 DESCRIPTION GÉNÉRALE

1.1 IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société : SOLARDIS

Raison sociale : SOLARDIS SAS

Adresse : 62 Rue Transversale, 92238 GENNEVILLIERS CEDEX

Téléphone : 01 46 88 01 80

Fax : 01 46 88 01 89

Adresse WEB : www.soprasolar.com

Email : info@soprasolar.com

Localisation de (ou des) l'usine(s) :

SOPREMA : Strasbourg (67), Val-de-Reuil (27), Sorgues (84), Saint-Julien-du-Sault (89)

REC : Singapour

ROCKWOOL : Saint Eloy Les Mines (63), Caparosso (Espagne),

ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION FRANCE: HIRONVILLE(55)

1.2 DÉNOMINATION COMMERCIALE DU PROCÉDÉ

SOPRASOLAR FIX EVO TAN

AVEC PROFIL SOPRASTYL 74 ou SOPRASTYL 74P

PROCÉDÉ D'ÉTANCHEITE PHOTOVOLTAÏQUE SANS PERCEMENT AVEC MEMBRANE BITUMINEUSE SBS FIXÉE MÉCANIQUEMENT POUR TOITURE TERRASSE AVEC ÉLÉMENT PORTEUR EN TOLES D'ACIER NERVURÉES SOPRASTYL 74 OU SOPRASTYL 74P ET MODULES PHOTOVOLTAÏQUES RIGIDES CADRES REC xxx PE.

1.3 DESCRIPTION SUCCINCTE

<i>Nature des modules photovoltaïques</i>
Module standard verre/polymère
<i>Nature de la mise en œuvre associée</i>
Mise en œuvre en apposition
Mise en œuvre en toiture terrasse étanchée

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en travaux neufs, en toitures-terrasses de pente conforme à la norme NF DTU 43.3 P1-1 (norme NF P 84-206-1-1) sur éléments porteurs en Tôle d'Acier Nervurée (TAN) SOPRASTYL 74 (bac plein) et SOPRASTYL 74P (bac à plages perforées) avec panneaux isolants thermiques non porteurs ROCKACIER C NU ou EFIGREEN ACIER et revêtement d'étanchéité bicouche SBS autoprotégé fixé mécaniquement « Soprafix Bicouche » à l'aide d'attelages de fixations solides au pas, destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire sans nécessité d'ajout de lestage et sans perforation de la membrane d'étanchéité.

Il intègre :

- un élément porteur en Tôle d'Acier Nervurée conforme à la norme NF DTU 43.3 P1-1 (norme NF P 84-206-1-1) SOPRASTYL 74 ou SOPRASTYL 74P de la société ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION FRANCE
- suivant les cas du Tableau 4 en page 39, un pare-vapeur, conforme au chapitre 2.3.2
- des panneaux isolants non porteurs titulaires d'un Document Technique d'Application
 - ROCKACIER C NU autorisant la mise en œuvre sous un revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement, de classe de compressibilité C à 80°C
 - ou EFIGREEN ACIER autorisant la mise en œuvre sous un revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement, de classe de compressibilité C à 80°C associé selon le cas à un écran thermique FESCO C nu de 50 mm d'épaisseur.
- un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux SBS semi indépendant fixé mécaniquement constitué d'une première couche SOPRAFIX HP et d'une deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR ou SOPRALENE FLAM 180 ALU selon les cas du tableau 1 en page 7, de classement L4D3 (I5) et conforme au Document Technique d'Application « 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 REC xxx PE, de puissance comprise entre 240 Wc et 265 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium.



1.4 DOMAINE D'EMPLOI

- Utilisation en France européenne :
 - pour des altitudes inférieures à 900 m (climat de plaine).
 - au-dessus de locaux à faible, moyenne ou forte hygrométrie selon le tableau 4 en page 39 en se référant aux limites éventuelles propres à l'élément porteur SOPRASTYL 74 et au Document Technique d'Application de l'isolant (voir Annexe 3 en pages 52 et 53). Le cas de la très forte hygrométrie est exclu.
 - au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie selon le tableau 4 en page 39 en se référant aux limites éventuelles propres à l'élément porteur SOPRASTYL 74P et au Document Technique d'Application de l'isolant (voir Annexe 3 en pages 52 et 53). Les cas de la forte et de la très forte hygrométrie sont exclus.
- Mise en œuvre :
 - sur bâtiment ouvert ou fermé
 - sur toitures terrasses de pente conforme à la norme NF DTU 43.3 P1-1 (norme NF P 84-206-1-1) à l'exclusion des toitures gauches (définies aux schémas C1 et C2 en annexe C de la norme NF DTU 43.3 P1-1), plates ou inclinées, inaccessibles, techniques ou à zones techniques en Tôle d'Acier Nervurées conforme à la norme NF DTU 43.3 P1-1 (norme NF P 84-206-1-1) SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P de la société ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION FRANCE dont les portées et entraxes sont définies aux figures 10 et 11 en page 35 à 38.

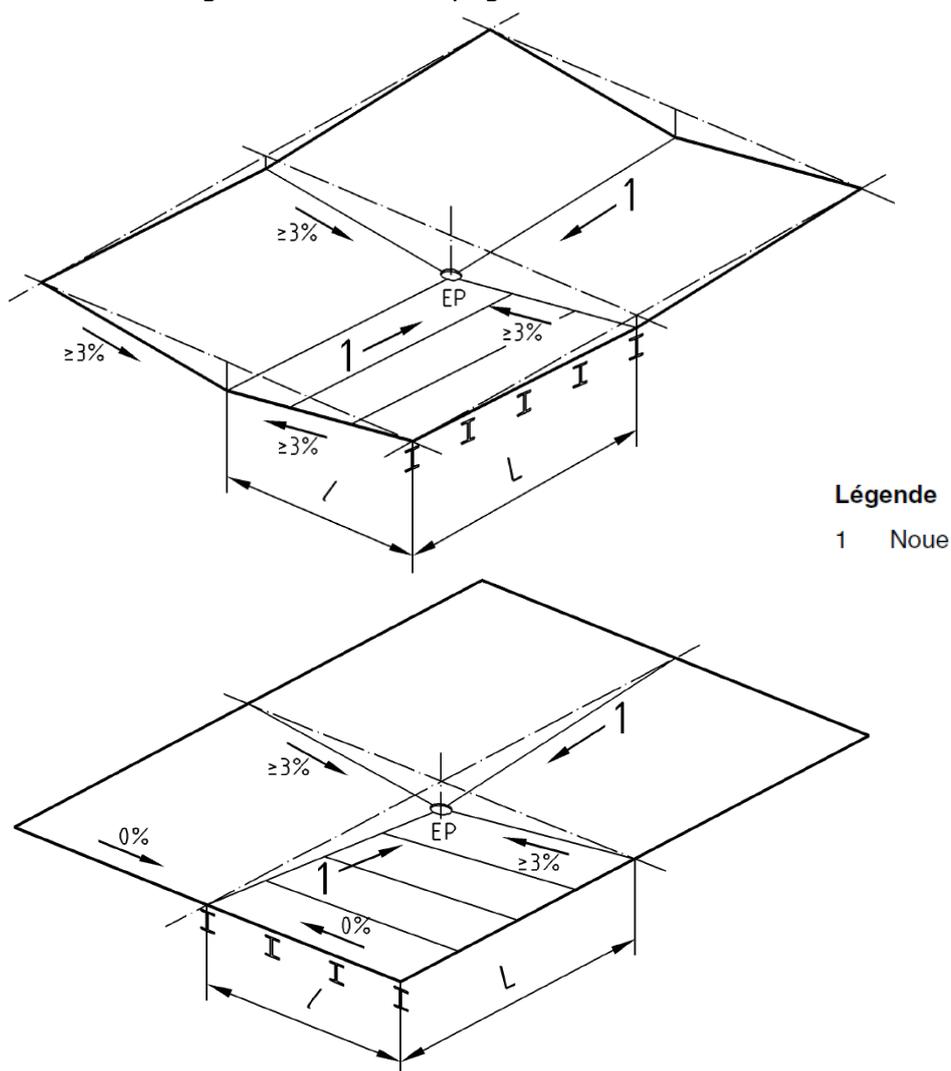


Figure 1 : toiture gauche définie en annexe C de la norme NF DTU 43.3 P1-1

- exclusivement en travaux neufs et de réfection avec dépose complète de l'ensemble du complexe Tôles d'Acier Nervurées – isolant – étanchéité existant.
- avec isolants thermiques non porteurs
 - o soit ROCKACIER C NU en un ou plusieurs lits pour une épaisseur totale maximale de 260mm
 - o soit EFIGREEN ACIER en un ou plusieurs lits pour une épaisseur totale maximale de 200mm associé, le cas échéant (voir Annexe 3 en pages 52 et 53), à un écran thermique en perlite expansée (fibrée) nue FESCO C d'épaisseur de 50mm
- La toiture d'implantation doit présenter des versants de pente, imposée par la toiture, comprise entre :

Toiture	Pente minimale de toiture	Pente maximale de toiture	Feuille d'étanchéité apparente
Inaccessible	3% (1,7°)	10% (5,7°)	SOPRALENE FLAM 180 AR ou SOPRALENE FLAM 180 ALU
Technique ou à zone(s) technique(s)	3% (1,7°)	5% (2,8°)	SOPRALENE FLAM 180 AR

- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
 - en mode "paysage", ou « portrait » (voir Figure 2, 2bis, 3 et 3bis en page 20 à 23) avec les plots SOPRASOLAR FIX EVO et les fixations positionnées sur le grand côté du module photovoltaïque
 - en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (voir le chapitre 3.5.2 et Figures 16, 17, 18 et 19 en page 48 à 51),
 - sur des toitures soumises à des sollicitations climatiques sous vent normal n'excédant pas (voir Annexe 1, Etape 1 en page 10) :
 - o 952 Pa soit 1667 Pa de vent extrême (selon les règles NV 65 modifiées 2009) avec le profil SOPRASTYL 74 et la mise en œuvre en calepinage standard des plots SOPRASOLAR FIX EVO (voir figure 32 en page 73),
 - o 1142 Pa soit 2000 Pa de vent extrême (selon les règles NV 65 modifiées 2009) avec le profil SOPRASTYL 74 et la mise en œuvre en calepinage densifié des plots SOPRASOLAR FIX EVO (voir figure 33 en page 74),
 - o 762 Pa soit 1333 Pa de vent extrême (selon les règles NV 65 modifiées 2009) avec le profil SOPRASTYL 74P et la mise en œuvre en calepinage standard et densifié des plots SOPRASOLAR FIX EVO (voir figure 32 et 33 en page 73 et 74),

Calepinage	Sollicitation climatique de vent maximale selon NV65 modifiées admissible par le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN			
	Profil SOPRASTYL 74		Profil SOPRASTYL 74 P	
	Normale	Extrême	Normale	Extrême
Standard (voir figure 32 page 73)	952 Pa	1667 Pa	762 Pa	1333 Pa
Densifié (voir figure 33 page 74)	1142 Pa	2000 Pa		

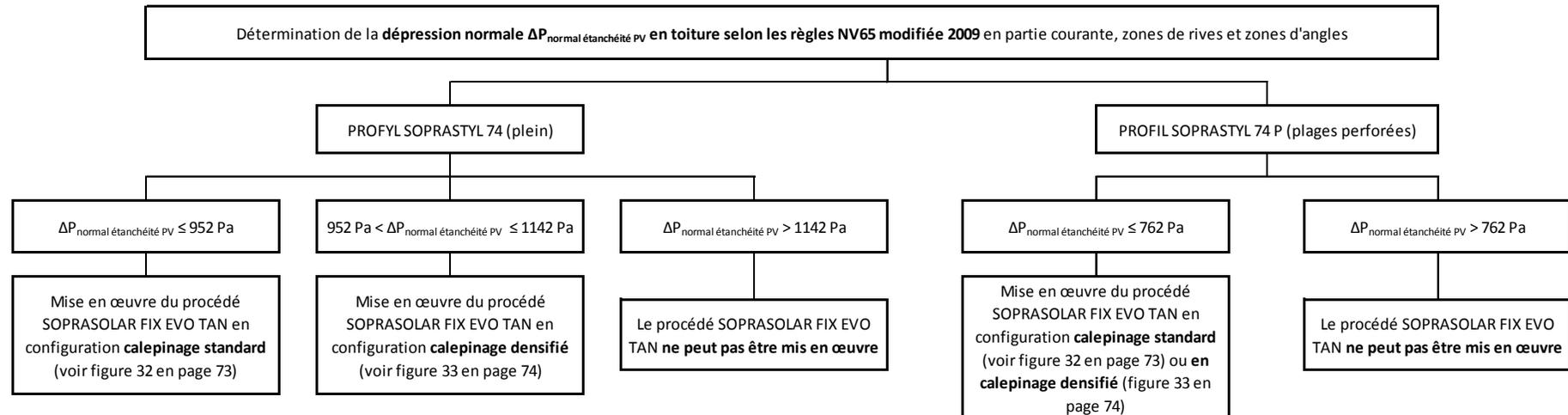
- sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (selon les règles NV 65 modifiées, voir Annexe 1, étape 2 en page 10) n'excédant pas
 - 600 Pa avec l'isolant ROCKACIER C NU d'épaisseur totale allant de 60 à 260 mm et la mise en œuvre en calepinage standard des plots SOPRASOLAR FIX EVO (voir Figure 32 page 73),
 - 910 Pa avec l'isolant ROCKACIER C NU d'épaisseur totale allant de 60 à 260 mm et la mise en œuvre en calepinage densifié des plots SOPRASOLAR FIX EVO (voir Figure 33 page 74),
 - 1190 Pa avec l'isolant EFIGREEN ACIER d'épaisseur allant de 30mm à 200mm avec ou sans écran thermique FESCO C de 50mm et la mise en œuvre en calepinage standard des plots SOPRASOLAR FIX EVO (voir Figures 32 page 73),
 - 1780 Pa avec l'isolant EFIGREEN ACIER d'épaisseur allant de 30mm à 200mm avec ou sans écran thermique FESCO C de 50mm et la mise en œuvre en calepinage densifié des plots SOPRASOLAR FIX EVO (voir Figures 33 page 74),

Type d'ISOLANT	Epaisseur d'isolant	Calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO	Charge climatique de neige normale admissible par le procédé selon NV65 modifiées	
			daN/m ²	Pa
ROCKACIER C NU	60 à 260mm	Standard (cf figure 32 en page 73)	60 daN/m ²	600 Pa
		Densifié (cf figure 33 en page 74)	91 daN/m ²	910 Pa
EFIGREEN ACIER (+ selon cas FESCO C nu)	30 à 200mm (+ 50 mm)	Standard (cf figure 32 en page 73)	119 daN/m ²	1190 Pa
		Densifié (cf figure 33 en page 74)	178 daN/m ²	1780 Pa

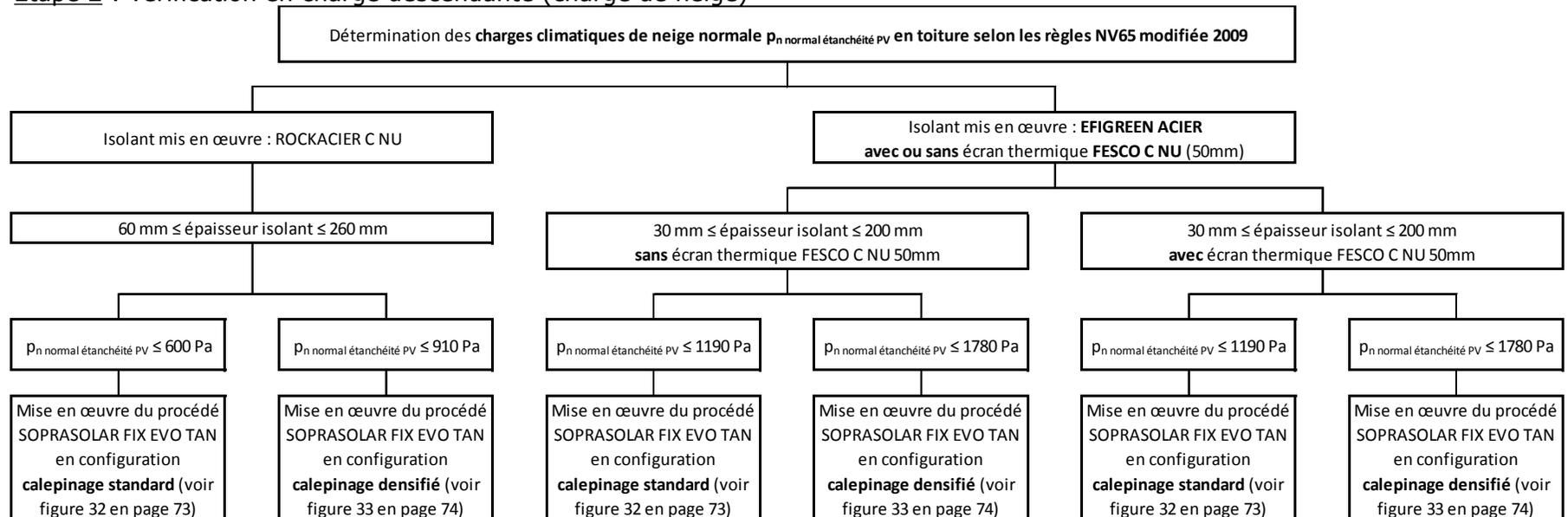
- les portées maximales admissibles et les fixations sur la charpente des profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P doivent
 - pour les charges descendantes (neige), être déterminées selon les règles N84 modifiées 2009 (voir logigramme en annexe 2, Etape 1 en pages 11 et 12)
 - pour les charges ascendantes (vent), être déterminées selon les règles V65 modifiées 2009 (voir logigramme en annexe 2, Etape 2 en pages 13)
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 et les Tableaux 2-a et 2-b en page 14 à 16, précisent les atmosphères extérieures permises

Annexe 1 : Guide de vérification du domaine d'emploi pour la partie isolant – étanchéité – modules photovoltaïques avec système de fixation (plots et étriers)

- Etape 1 : vérification en charge ascendante (dépression)



- Etape 2 : vérification en charge descendante (charge de neige)

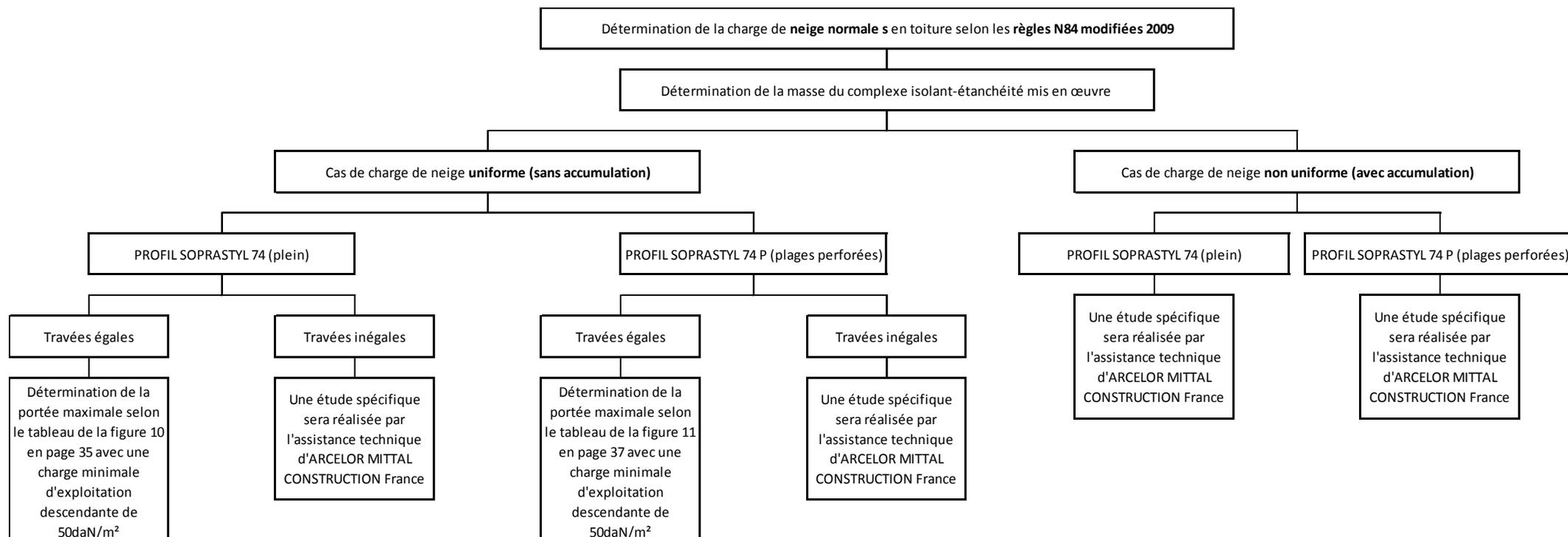


Annexe 2 : Guide de vérification du domaine d'emploi pour la partie Tôle d'Acier Nervurée – profil SOPRASTYL 74 et profil SOPRASTYL 74P

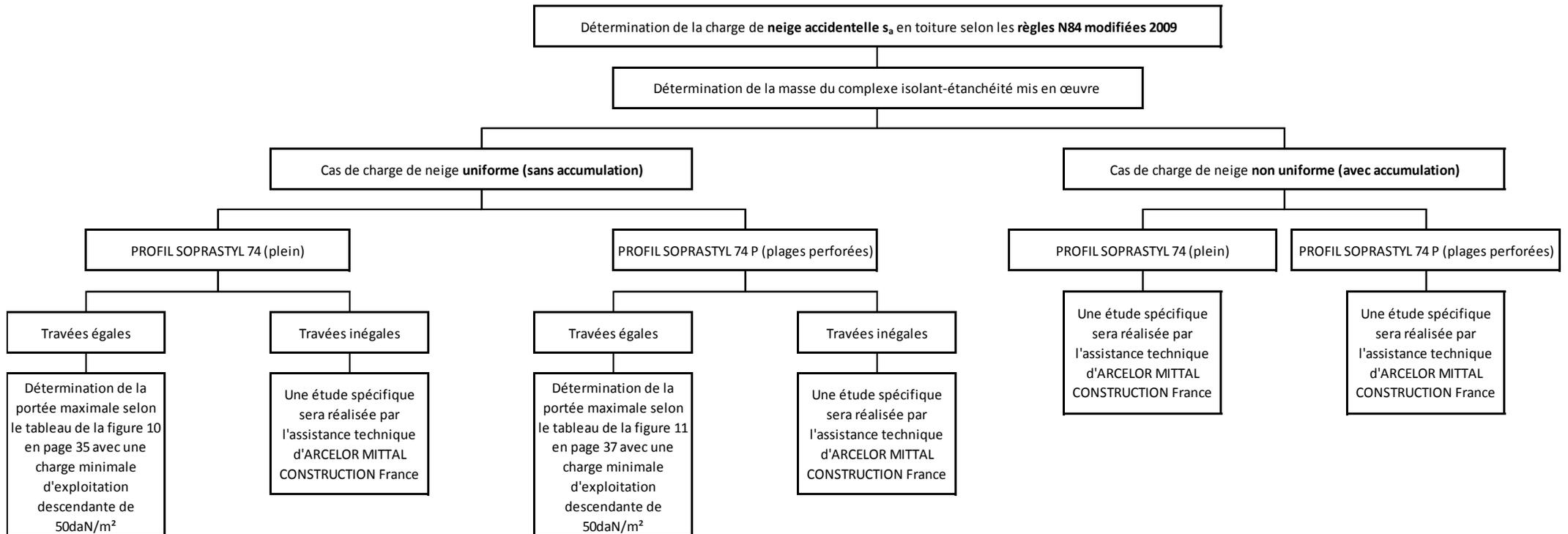
La toiture équipée de modules photovoltaïques avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN doit présenter une portée maximale admissible pour les profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P correspondant à la plus petite valeur de portées déterminées par les méthodes ci-après (en pages 11, 12 et 13) présentées à 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 en page 13 ci-après).

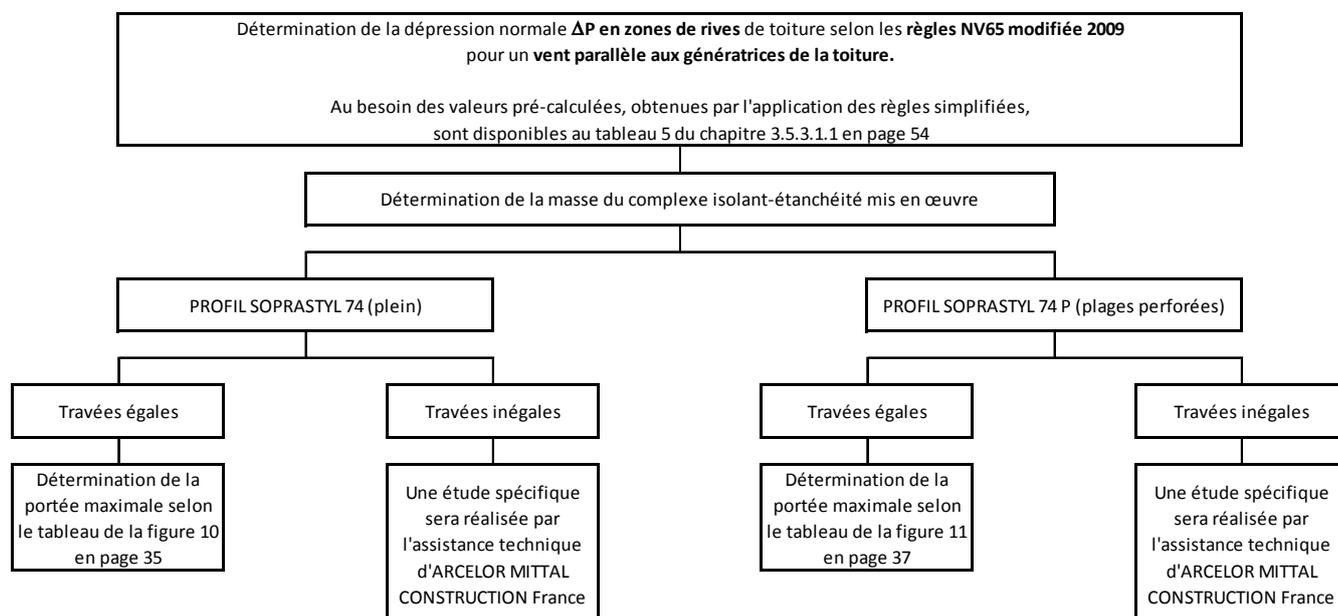
- Etape 1 : vérification en charge descendante (charge de neige)
 - Vérification de la charge de neige normale : portées des TAN



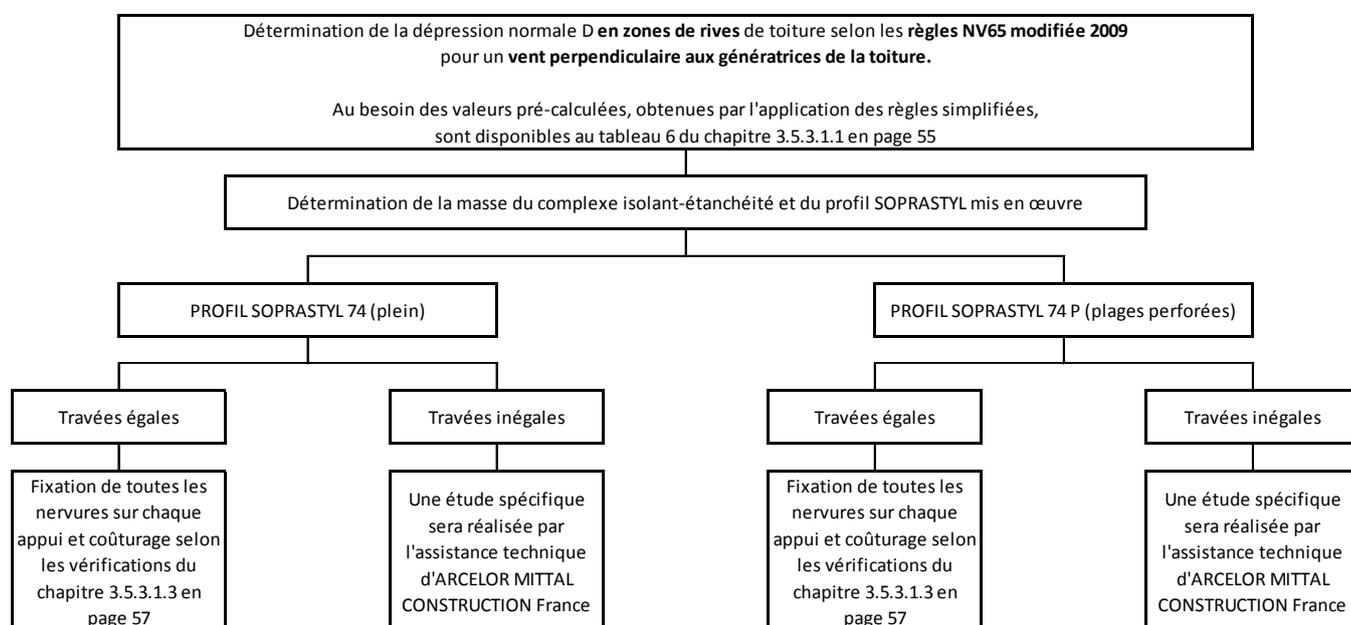
○ Vérification de la charge de neige accidentelle : portées des TAN



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



- Vérification des fixations des TAN sur la charpente



1.5 ATMOSPHÈRES EXTÉRIEURES

Tableau 1 : Guide de choix des matériaux du système de fixation des modules photovoltaïques en toiture selon l'exposition atmosphérique

Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Éléments du procédé concernés	Atmosphères extérieures							Spéciale
			Rurale non pollué	Industrielle ou urbaine		Marine				
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Aluminium 6063 T6	Brut	Étriers intermédiaire et finaux	•	•	-	•	•	□	-	□
Aluminium	Anodisé 15 µm	cadre des modules photovoltaïques	•	•	•	•	•	□	-	□
Acier Inoxydable Inox A2	-	Visserie générale du plot SOPRASOLAR FIX EVO	•	•	□	•	•	□	□	□
PA6 GF30	-	Partie réglable du plot SOPRASOLAR FIX EVO	•	•	-	•	•	□	-	□
TPO	-	Cache plot	•	•	□	•	•	•	□	□

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

• : Matériau adapté à l'exposition

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

- : Matériau non adapté à l'exposition.

* : à l'exception du front de mer

Tableau 2-a : Guide de choix des aciers revêtus pour les profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P en fonction de l'ambiance intérieure dans le cas de bâtiments fermés

A : revêtement adapté

B : revêtement dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et accord de la société ARCELORMITTAL CONSTRUCTION France

C : revêtement non adapté

GUIDE DE CHOIX DES REVETEMENTS VIS-A-VIS DES AMBIANCES INTERIEURES							
	Matière		Non agressive			Faiblement agressive	Classe émission polluants volatils
	Revêtement métallique	Revêtement organique	Faible hygrométrie	Moyenne hygrométrie	Forte hygrométrie	Forte hygrométrie	
METALLIQUES	Z 180	/	A	C	C	C	A ⁺
	Z 275	/	A	A	B	C	A ⁺
	ZM EVOLUTION 80	/	A	C	C	C	A ⁺
	ZM EVOLUTION 120	/	A	A	C	C	A ⁺
	ZM EVOLUTION 175	/	A	A	B	C	A ⁺
ORGANIQUES (envers de bande : classe II ou CPI2)	Z 100	Intérieur 12	A	B	C	C	A ⁺
	Z 225	Intérieur 12	A	A	C	C	A ⁺
	ZM EVOLUTION 60						
	Z 225	Hairplus	A	A	B	C	A ⁺
	ZM EVOLUTION 100						
	Z 225	Hairultra	A	A	A	C	A
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Authentic	A	A	A	C	A
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Edyxo	A	A	A	C	C
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Naturel	A	A	A	C	A
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Hairflon 25	A	A	B	C	A ⁺
	ZM EVOLUTION 100						
	Z 225	Hairflon 35	A	A	A	A	A ⁺
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Keyron 150	A	A	A	A	C
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Keyron 200	A	A	A	A	C
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Hairexcel	A	A	A	A	A ⁺
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Intense	A	A	A	A	C
	ZM EVOLUTION 120						
	Z 225	Pearl	A	A	A	A	C
ZM EVOLUTION 120							
Z 275	Sinéa	A	A	A	A	C	
ZM EVOLUTION 120							
Z 225	Irysa	A	A	A	C	C	
ZM EVOLUTION 120							
ZM EVOLUTION 140	R'Unik	A	A	A	A	C	

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

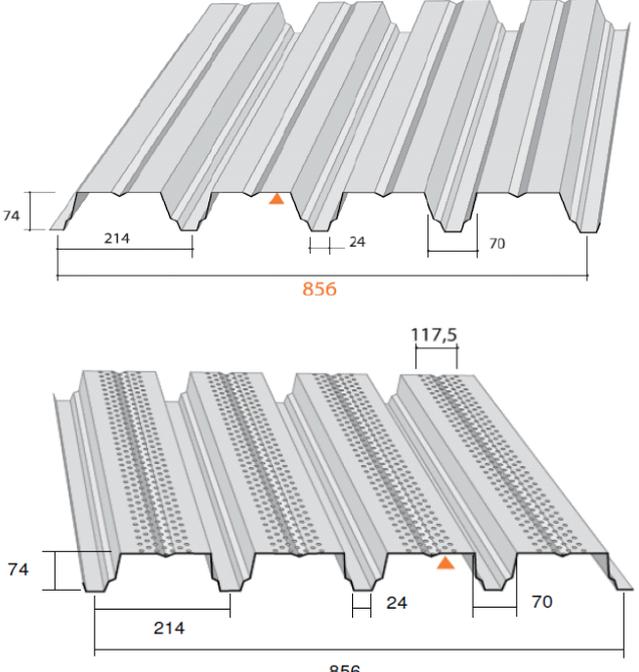
Tableau 2-b : Guide de choix des aciers revêtus pour les profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P en fonction de l'ambiance extérieure, si nécessaire, dans le cas de bâtiment ouvert

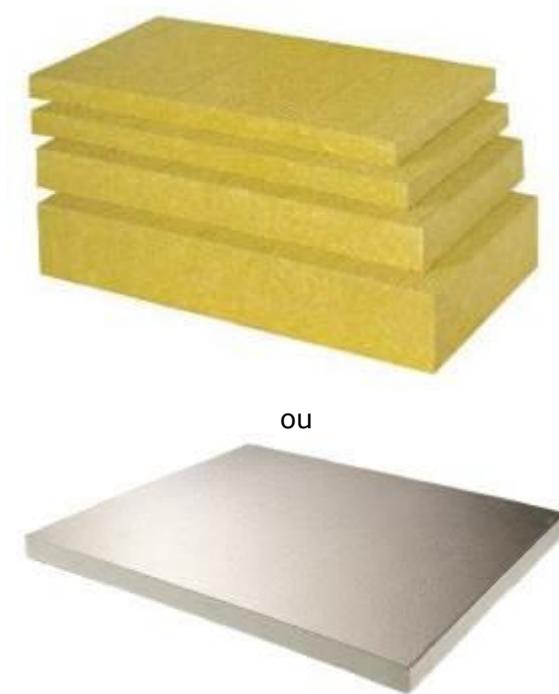
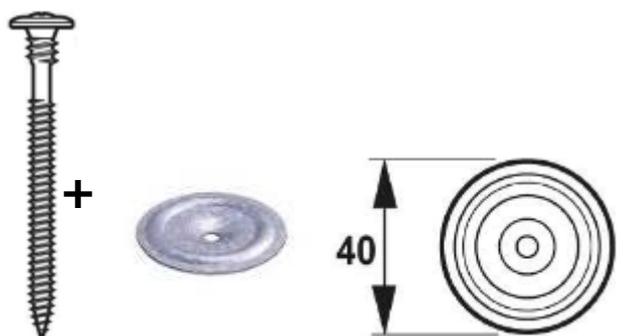
GUIDE DE CHOIX DES REVÊTEMENTS VIS-A-VIS DES ATMOSPHERES EXTERIEURES														
	Matière		Catégorie selon XP P34 301	NF EN 10169		Rurale non polluée	Urbaine et industrielle		Marine			Spéciale		
	Revêtement métallique	Revêtement organique		Catégorie UV	Catégorie corrosion		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (3 à 1 km) (1)	Mixte	Fort U.V.	Particulière
METALLIQUE	Z 350	/	/	/	/	A	B	C	B	C	C	C	(2)	C
	ZM EVOLUTION 175	/	/	/	/	A	B	C	B	C	C	C	(2)	C
	ZM EVOLUTION 250	/	/	/	/	A	A	B	A	B	B	B	(2)	B
	ZM EVOLUTION 275	/	/	/	/	A	A	B	A	B	B	B	(2)	B
ORGANIQUES (envers de bande : classe II)	Z 225	Hairplus	III à IV	RUV3	RC3	A	A	C	A	B	C	C	B	C
	ZM EVOLUTION 100					A	A	B	A	A	C	C	C	C
	Z 225	Hairultra	VI	RUV4	RC4	A	A	B	A	A	A	B	A	B
	ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B
	Z 225	Authentic	VI	RUV4	RC4	A	A	B	A	A	A	B	A	B
	ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B
	Z 225	Edyxo	VI	RUV4	RC4	A	A	B	A	A	A	B	A	B
	ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B
	Z 225	Naturel	VI	RUV4	RC4	A	A	B	A	A	A	B	A	B
	ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B
	Z 225	Hairflon 25	III à IV	RUV4	RC3	A	A	C	A	B	C	C	B	C
	ZM EVOLUTION 100					A	A	B	A	A	C	C	C	B
	Z 225	Hairflon 35	VI	RUV4	RC4	A	A	B	A	A	A	B	A	B
	ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B
	Z 225	Keyron 200	V	RUV3	RC5	A	A	B	A	A	A	B	B	B
	ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	C	B
	Z 225	Hairexcel	VI	RUV4	RC5	A	A	B	A	A	A	B	A	B
	ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B
	Z 225	Intense	VI	RUV4	RC5	A	A	B	A	A	A	B	A	B
	ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B
Z 225	Pearl	VI	RUV4	RC5	A	A	B	A	A	A	B	A	B	
ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B	
Z 275	Sinéa	VI	RUV4	RC5	A	A	B	A	A	A	B	A	B	
ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B	
Z 225	Irysa	VI	RUV4	RC4	A	A	B	A	A	A	B	A	B	
ZM EVOLUTION 120					A	A	B	A	A	A	B	A	B	
ZM EVOLUTION 140	R'Unik	/	/	/	/	A	A	B	A	A	A	B	A	B

(1) Pour les zones situées à moins de 1 km du littoral, nous consulter
(2) Non déterminant pour le choix

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

2 ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS

Composant	Quantité	Fournisseur	Image
<p>Bac support d'étanchéité SOPRASTYL 74 (bac plein) ou SOPRASTYL 74P (plage perforée)</p>	-	ARCELOR MITTAL Construction France	
<p>Ecran pare vapeur (selon cas du tableau 4 en page 39)</p>	-	SOPREMA	
<p>Ecran thermique (selon cas de l'annexe 3 en pages 52 et 53) Perlite expansée (fibrée) nue épaisseur 50mm FESCO C</p>	-	-	

Composant	Quantité	Fournisseur	Image
<p>Isolant support d'étanchéité</p> <p>ROCKACIER C NU</p> <p>ou</p> <p>EFIGREEN ACIER</p>	-	-	
<p>Feuille d'étanchéité</p> <p>- SOPRAFIX HP</p> <p>- SOPRALENE FLAM 180 AR</p> <p>ou</p> <p>SOPRALENE FLAM 180 ALU</p>	-	SOPREMA	
<p>Attelage de fixation mécanique</p> <p>(vis + rondelles solides au pas)</p> <p>de la première couche d'étanchéité SOPRAFIX HP</p>	<p>Selon le §3.5.3.2.3</p> <p>Un attelage de fixation par plage de TAN dans le sens longitudinal de la membrane SOPRAFIX HP</p> <p>+ une rangée d'attelages de fixation mécanique au niveau des recouvrements longitudinaux et une rangée pontée à mi largeur de lé de la membrane SOPRAFIX HP</p>	-	

Composant	Quantité	Fournisseur	Image
<p>Plot SOPRASOLAR FIX EVO</p>	<p>4 par modules photovoltaïques seuls</p> <p>2 ou 3 entre 2 modules adjacents</p> <p>2 ou 3 par grand côté de module en extrémité de rangées de modules</p> <p>(voir Figures 30 et 31 en page 68 et 69)</p>	<p>SOLARDIS</p>	
<p>Cache plot</p>	<p>1 par plot pour les plots se trouvant en extrémité de rangées de modules</p> <p>(voir Figures 32 et 33 en page 73 et 74)</p>	<p>SOLARDIS</p>	
<p>Modules Photovoltaïque REC 2xx PE</p>	<p>-</p>	<p>SOLARDIS</p>	
<p>Etrier intermédiaire</p>	<p>1 par plot SOPRASOLAR FIX EVO pour les plots supportant 2 modules adjacents</p>	<p>SOLARDIS</p>	
<p>Etriers finaux</p>	<p>1 par plot SOPRASOLAR FIX EVO pour les plots supportant 1 seul module</p>	<p>SOLARDIS</p>	

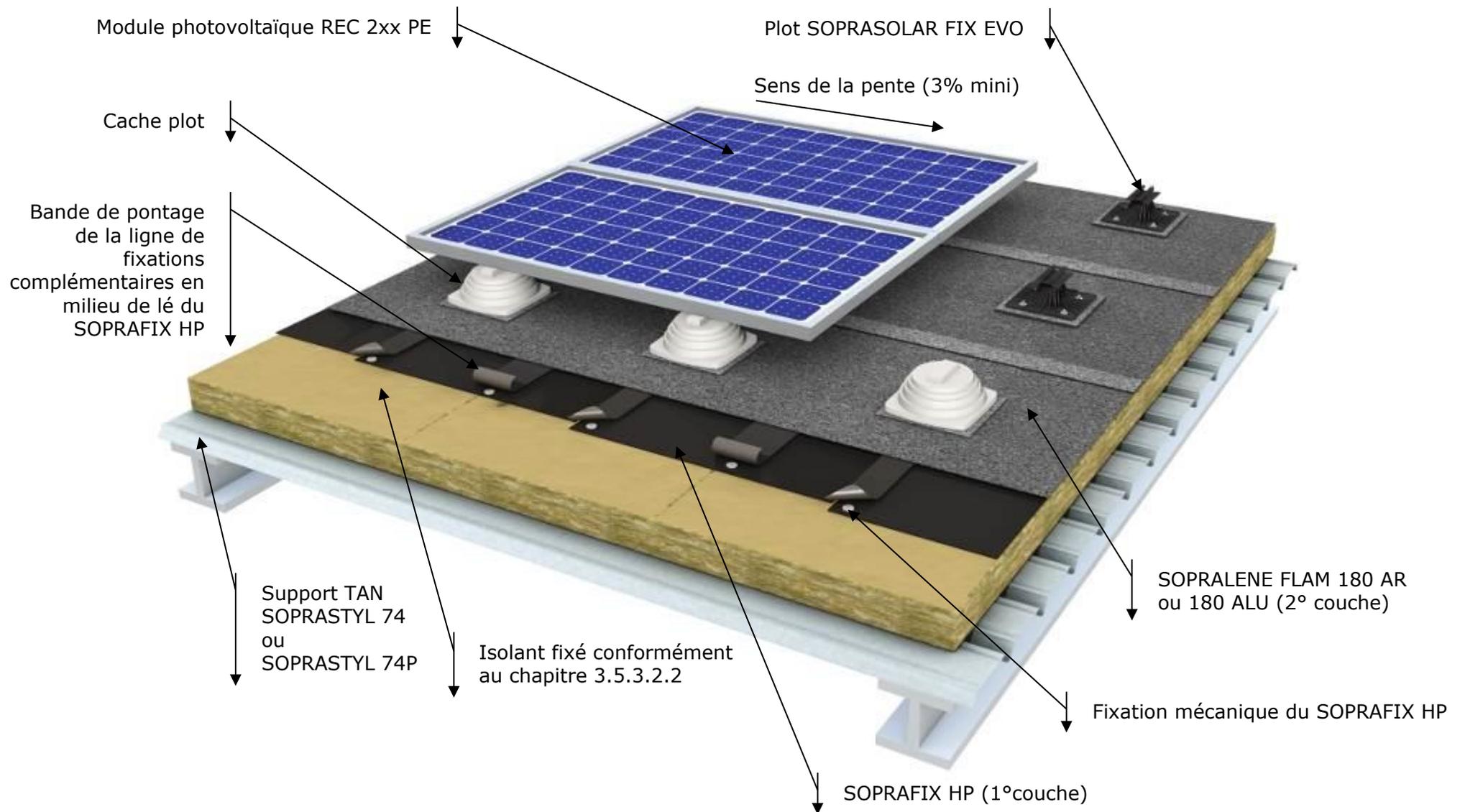


Figure 2 : Procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN avec module photovoltaïque en mode portrait (grand côté parallèle à la ligne de pente)

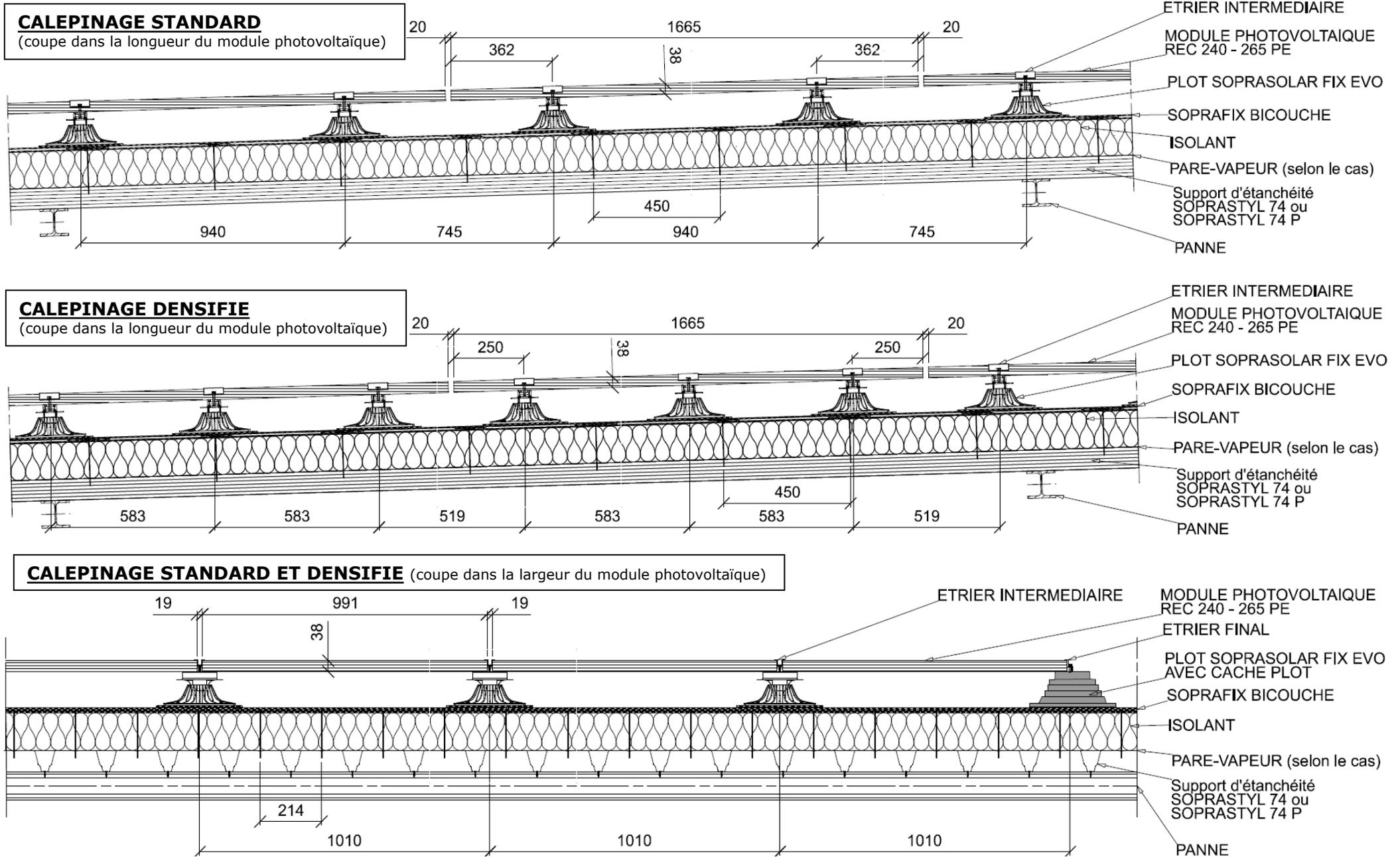


Figure 2bis : Procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN avec module photovoltaïque en mode portrait (grand côté parallèle à la ligne de pente)

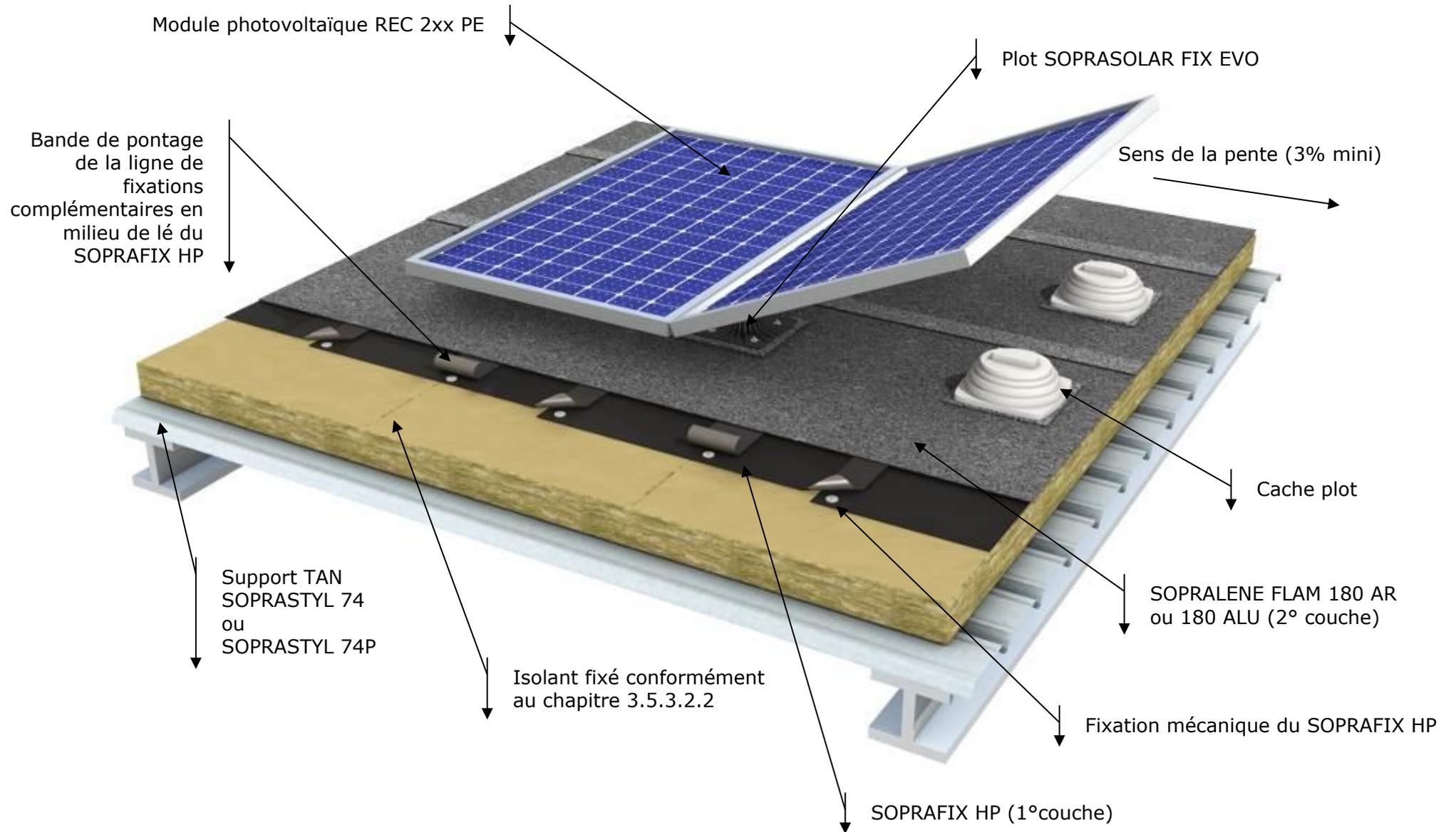


Figure 3 : Procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN avec module photovoltaïque en mode paysage (petit côté parallèle à la ligne de pente)

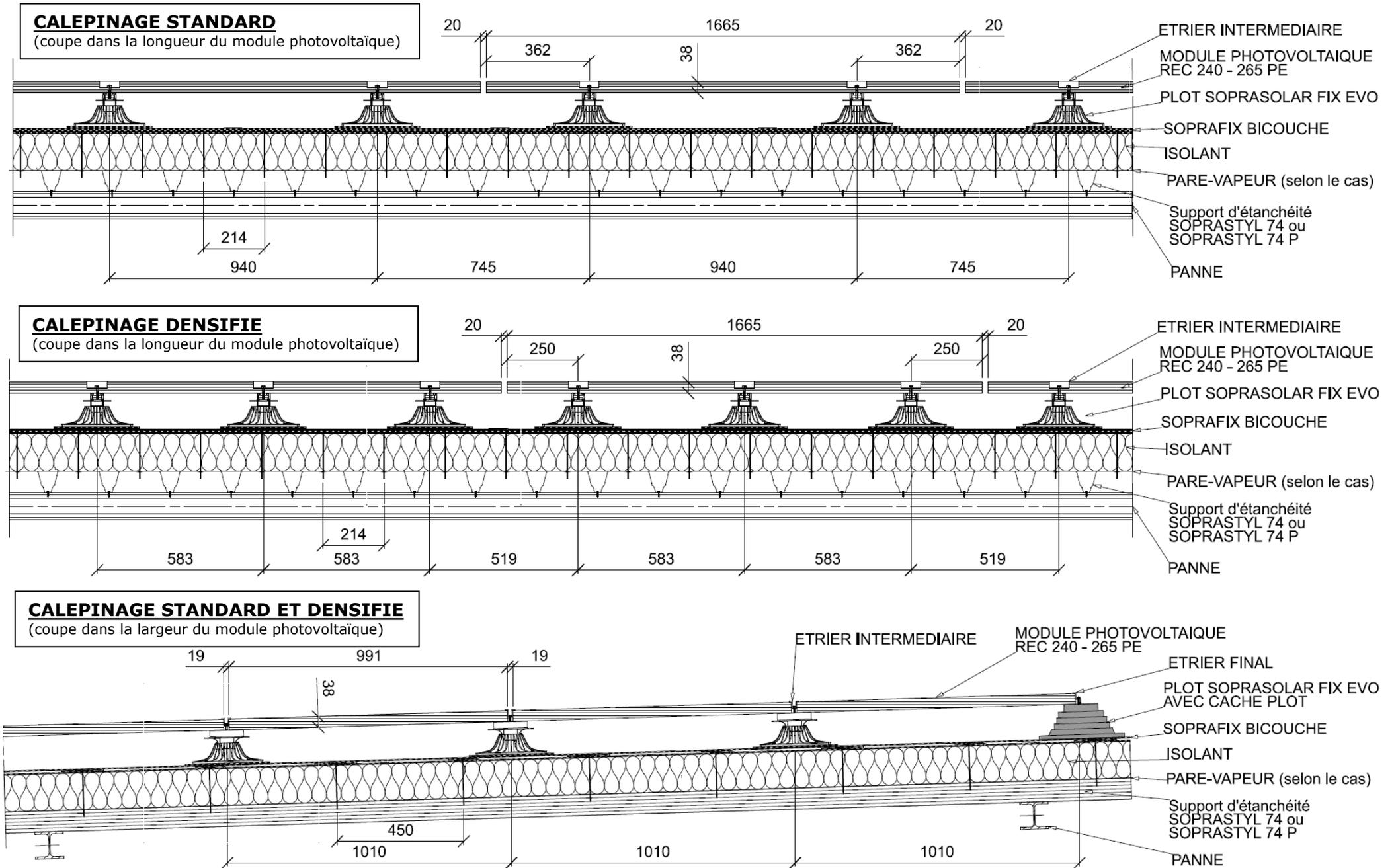
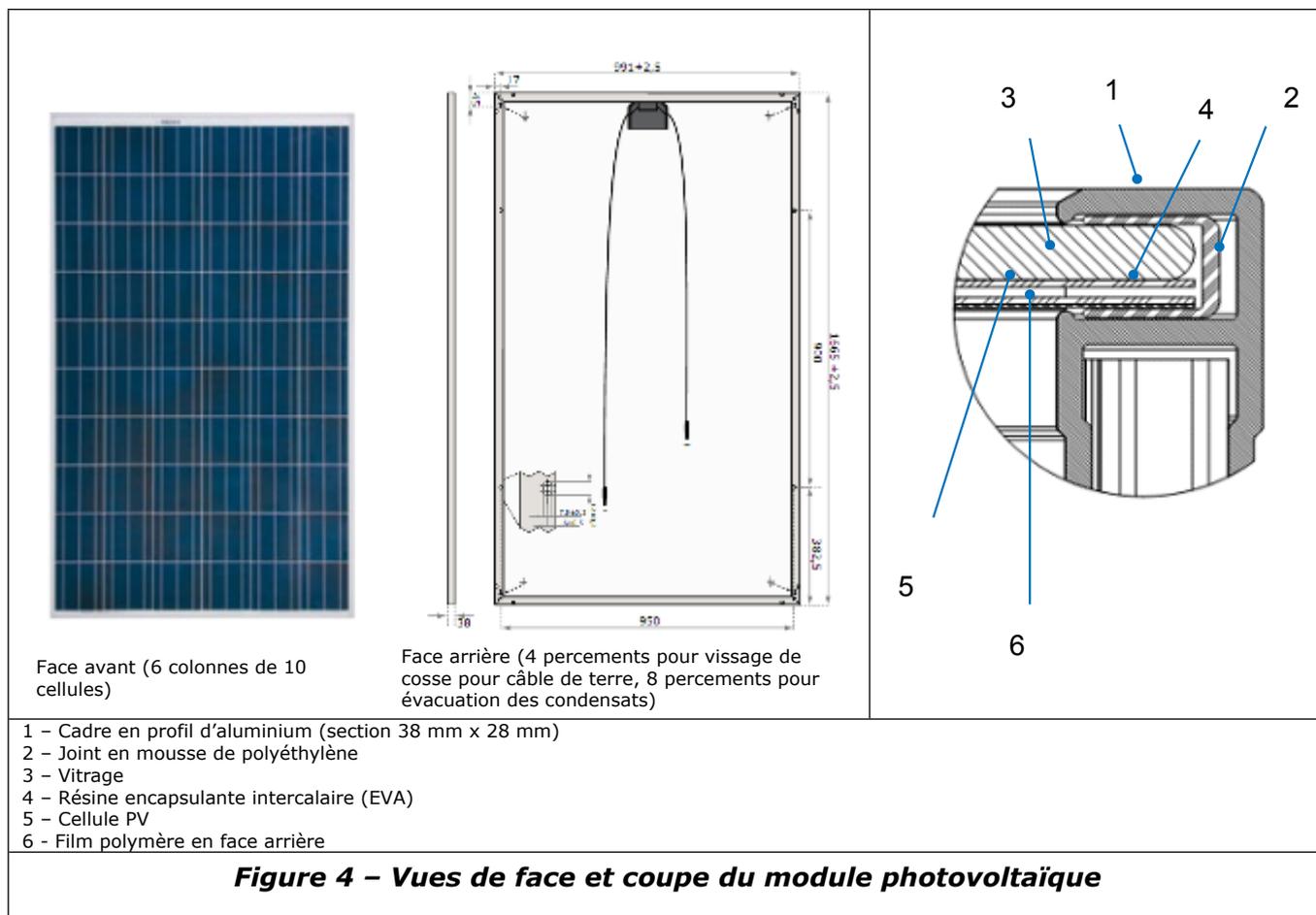


Figure 3bis : Procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN avec module photovoltaïque en mode paysage (petit côté parallèle à la ligne de pente)

2.1 MODULE PHOTOVOLTAÏQUE

Le module photovoltaïque (voir la Figure 4 ci-après), dont la dénomination commerciale est RECxxxPE, est fabriqué par la société REC. La dénomination commerciale se décline en fonction de la puissance crête "xxx" allant de 240 Wc à 265 Wc, par pas successif de 5 Wc.

Les modules photovoltaïques ne diffèrent que par la puissance.



2.1.1 FACE AVANT

- Nature (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) : verre trempé extra clair conforme à la norme EN 12150 avec une couche antireflet,
- Facteur solaire: 91,5 % à 91,8%,
- Coefficient de transmission thermique U_g : 6 W/(m².K),
- Épaisseur : (3,2 ± 0,2) mm,
- Dimensions : (1657 ±1,5 × 983 ±1,5) mm.

2.1.2 INTERCALAIRE ENCAPSULANT

Résine (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) à base d'EVA (Ethyl Vinyl Acétate) de 0,5 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.1.3 CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les cellules de silicium utilisées (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Appréciations de Techniques expérimentales) sont fabriquées par la société REC Cells.

- Technologie des cellules : polycristalline,
- Dimensions : $(156 \pm 0,5)$ mm x $(156 \pm 0,5)$ mm.

Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules horizontalement : $(2 \pm 0,5)$ mm,
- distance minimale entre cellules verticalement : $(2 \pm 0,5)$ mm,
- distance minimale au bord horizontalement : $(16 \pm 0,2)$ mm,
- distance minimale au bord verticalement : $(24,2 \pm ,2)$ mm.
- Nature des collecteurs entre cellules, modalités de mise en œuvre (assemblage série parallèle...) : définir le circuit électrique à l'intérieur du module photovoltaïque : nombre de cellules en série et nombre de chaînes en parallèle...

2.1.4 FACE ARRIÈRE

Composition (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) : à base de PET (Polyéthylène téréphtalate) entre deux couches de PVF (Polyfluorure de vinyle ou Tedlar®) avec un traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante,

- Épaisseur : $(0,295 \pm 0,01)$ mm,
- Tension diélectrique maximum admissible : 1000 V.

2.1.5 BOÎTE DE CONNEXION

Une boîte de connexion du fabricant ZHENJIANG TONGLIN ELECTRIC Co, Ltd, de dénomination commerciale TL-Box026-F15D3P est collée avec du silicone (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de formuler des Avis Techniques) en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : $(90 \times 90 \times 15)$ mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (voir chapitre 2.1.6) et permet le raccordement aux câbles qui assureront la connexion des modules. Elle est remplie d'un mastic silicone.

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Indice de protection : IP67,
- Tension de système maximum : 1000 V DC entre polarités,
- Courant maximal admissible (intensité assignée) : 10 A,
- Plage de température : $- 40$ °C à $+ 100$ °C.

2.1.6 DIODES BYPASS

3 diodes bypass (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) sont implantées dans chaque boîte de connexion des modules.

Chacune de ces diodes protègent une série de 20 cellules.

Elles permettent de limiter les échauffements dus aux ombrages sur le module en basculant le courant sur la série de cellules suivante et évitent ainsi le phénomène de "point chaud".

- Fournisseur et dénomination commerciale.
- Références aux normes / Certificats.
- Nombre de diodes bypass pour 1 module.

Indiquer l'implantation de ces diodes sur un schéma en précisant le nombre de cellules protégées par diode sur le module photovoltaïque.

2.1.7 CÂBLES ÉLECTRIQUES

Les modules sont équipés de deux câbles électriques (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) de 1,5 m pour la polarité négative et 1,2 m pour la polarité positive 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 (voir chapitre 2.1.8).

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 90 °C,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 30 A,
- Tension assignée : 1000 V,
- Double isolation,
- Certificat 2Pfg1169 : 2007.

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, aux guides UTE C 15-712 en vigueur et les spécifications des onduleurs (longueur et section de câble adaptées au projet).

2.1.8 CONNECTEURS ÉLECTRIQUES

Les connecteurs électriques utilisés sont de types MULTICONTACT de type 4 (MCT4).

Ce sont des connecteurs débrochables avec système de verrouillage de la société MULTICONTACT, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque et de type MULTICONTACT de type 4 (MCT4), ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1000 V,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 30 A,
- Plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
- Résistance de contact < 0,5 mΩ,

Des deux câbles sortant du module, celui dont la polarité est positive est muni d'une fiche femelle tandis que celui dont la polarité est négative est muni d'une fiche mâle.

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.

2.1.9 CADRE DU MODULE PHOTOVOLTAÏQUE

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium EN AW-6060 T6 avec revêtement superficiel argenté obtenu par anodisation (classe d'épaisseur AA15)) pour la fixation au système de montage.

Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux (sur la longueur des modules) et deux profilés transversaux (sur la largeur des modules).

Ces profilés présentent les moments d'inertie suivants :

- $I_x = 0,63 \text{ cm}^4$,
- $I_y = 3,17 \text{ cm}^4$.

Le cadre est percé en usine au niveau de chaque extrémité des profilés longitudinaux du module afin de prévoir la connexion des câbles de mise à la terre.

Un ruban adhésif double face de mousse de polyéthylène (les références de cette colle ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques) est collé sur toute la périphérie de laminé avant insertion dans les profils d'aluminium formant le cadre.

Les profilés sont reliés entre eux grâce à des équerres crantées qui sont ensuite poinçonnées au travers des profilés sur leurs deux côtés.

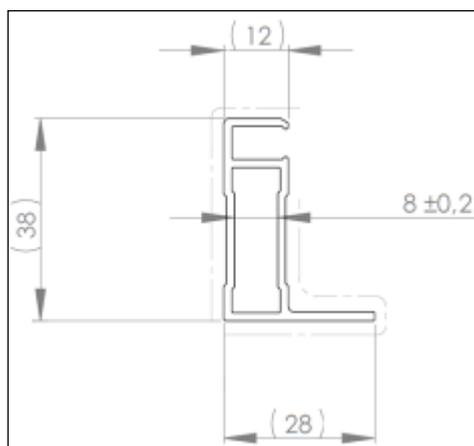


Figure 5 – Schéma du cadre des modules photovoltaïques

2.2 SYSTÈME DE MONTAGE

Le procédé photovoltaïque "SOPRASOLAR FIX EVO TAN" est l'association

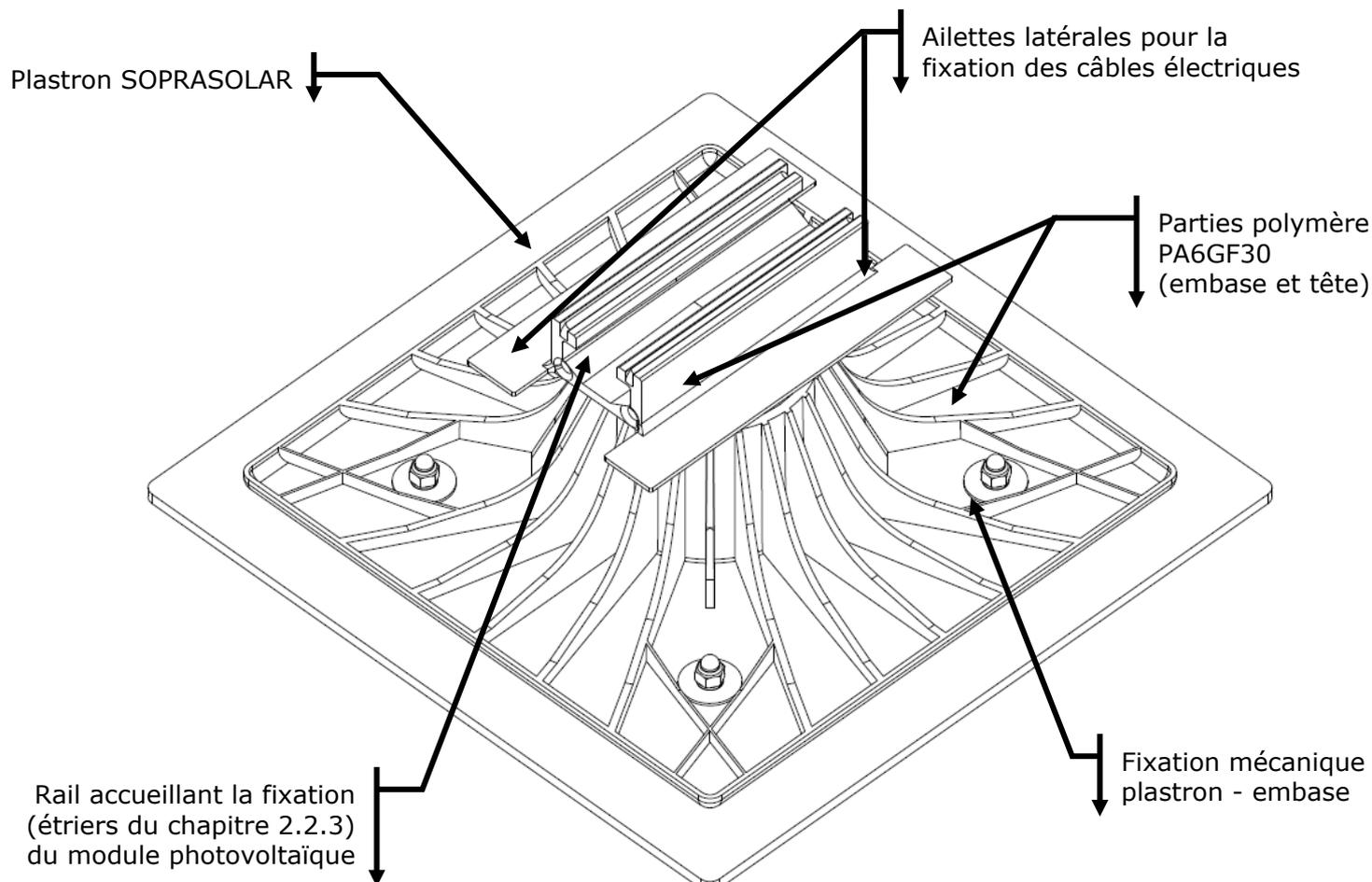
- d'un module photovoltaïque cadré REC 2xx PE
- d'un système de montage spécifique permettant une mise en œuvre en toiture-terrasse du module photovoltaïque avec une étanchéité bicouche en bitume modifié SBS
- d'un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux apparent fixé mécaniquement constitué d'une première couche SOPRAFIX HP et d'une deuxième couche apparente SOPRALENE FLAM 180 AR ou SOPRALENE FLAM 180 ALU conforme au Document Technique d'Application "SOPRAFIX bicouche" de la société SOPREMA.
- d'un isolant support d'étanchéité ROCKACIER C NU ou EFIGREEN ACIER mis en œuvre conformément à son Document Technique d'Application
- selon le cas prévu au chapitre 3.5.3.2.2.2, d'un écran thermique en perlite expansée (fibrée) nue FESCO C d'épaisseur 50mm
- selon le cas du tableau 4 en page 39, d'un pare vapeur
- d'un profilé élément porteur en Tôle d'Acier Nervuré SOPRASTYL 74 (non perforé) ou SOPRASTYL 74P (à plages perforées) mis en œuvre conformément au présent document

Les modules photovoltaïques ainsi que les éléments du système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société SOLARDIS. Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société SOLARDIS à l'exception :

- 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
- de l'isolant ROCKACIER C NU
- de l'isolant EFIGREEN ACIER
- de l'écran thermique FESCO C
- des profilés SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P directement fournis par la société ARCELORMITTAL CONSTRUCTION FRANCE
- des fixations sur la charpente ainsi que des fixations de couture des profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P

2.2.1 LE PLOT SOPRASOLAR FIX EVO

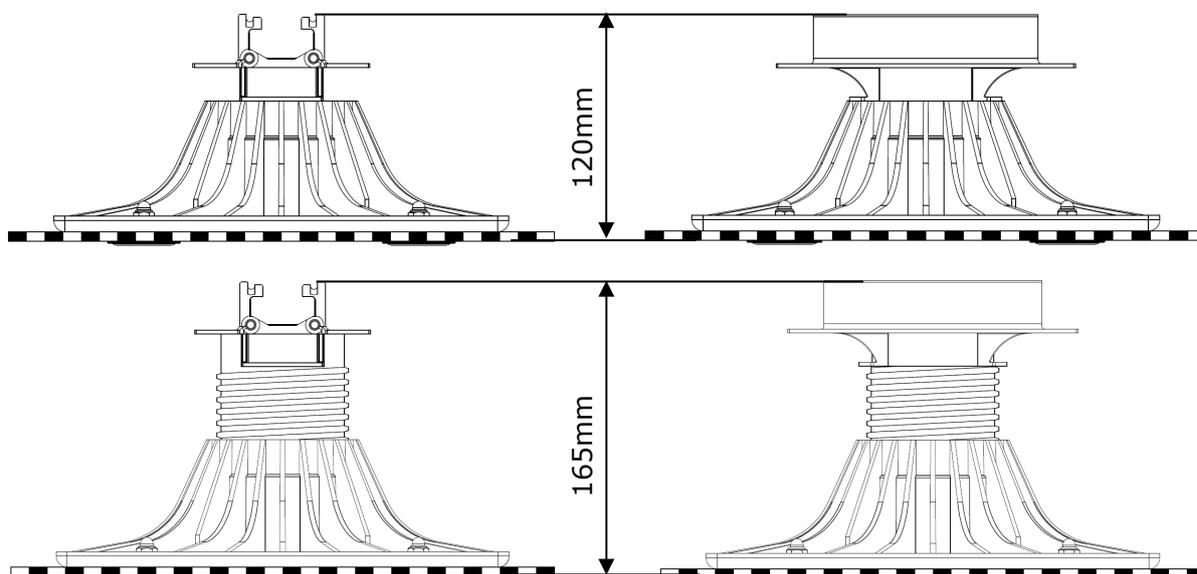
Les plots SOPRASOLAR FIX EVO permettent de liasonner les modules photovoltaïques au revêtement d'étanchéité. Réglable avec un débattement permettant d'obtenir une hauteur finale variant de 120 à 165 mm, ils sont préassemblés en usine et composés des éléments suivants :

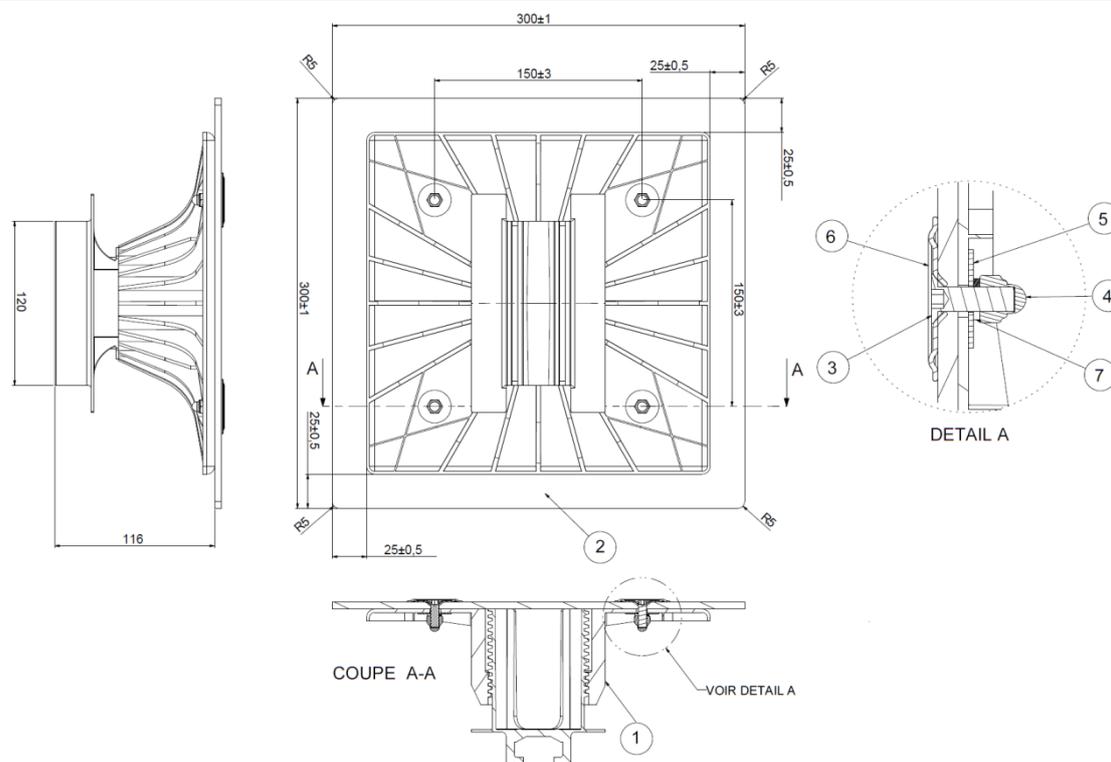


1/2 tour de la tête du plot correspond à une variation de 2,5mm de la hauteur totale du plot

Le plot SOPRASOLAR FIX EVO présente les caractéristiques de résistance mécanique à neuf suivantes (ces valeurs ne sont pas destinées à être utilisées pour vérifier le domaine d'emploi défini au chapitre 1.4) :

$P_{kplot\ traction\ VLF\ neuf}$	450 daN
$P_{kplot\ compression\ VLF\ neuf}$	770 daN





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

PLASTRON SOPRASOLAR	
Composition	
Armature	Polyester non-tissé 250g/m ²
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 - Etat vieilli (6 mois à 70°C) (guide UEATc de dec 2001)	Pas de fissure à -10°C Pas de fissure à 0°C
Tenue à la chaleur à neuf (EN 1110) - à neuf - vieilli (6 mois à 70°C) (guide UEATc de dec 2001)	+ 95°C + 90°C
Résistance au poinçonnement statique (NF P 84-352)	25 kg (L4)
Résistance au poinçonnement dynamique (NF P 84-353)	20 J (D3)
Résistance au pelage avec membrane d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR de Soprema (EN 12316-1) - Etat neuf - Etat vieilli (28 jours à 80°C)	100 N / 5 cm 100 N / 5 cm
* Valeur Limite du Fabricant : valeur susceptible d'être fournie dans le cadre du système qualité	

Figure 6 – Plot SOPRASOLAR FIX EVO

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

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

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

Le plastron est autoprotégé par paillettes d'ardoise noire. La face inférieure du plastron comporte un film thermofusible pour pouvoir être soudé sur le revêtement d'étanchéité après que ce dernier a été préalablement préparé (voir Figure 34 et 34bis en page 75 et 76).

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

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

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

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

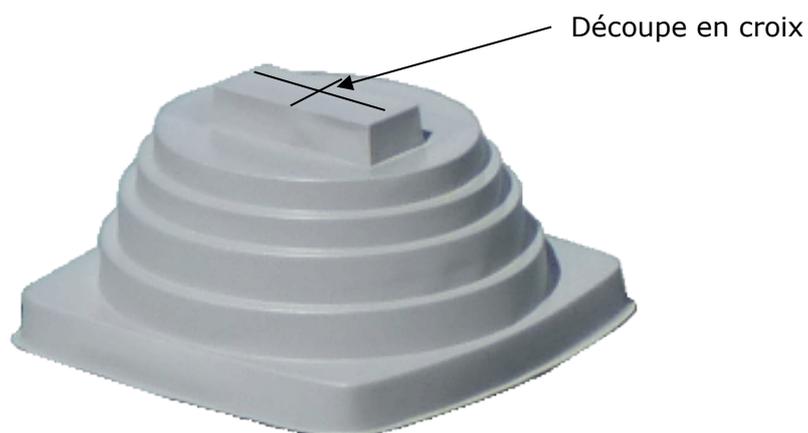
De hauteur totale 116mm, elle comprend une partie inférieure cylindrique de diamètre 73mm et une partie supérieure en forme de rail de longueur 120mm et de largeur 46mm pouvant accueillir les fixations de maintien du module photovoltaïque (étrier intermédiaire ou final du chapitre 2.2.3) et présentant 2 ailettes latérales pour fixer les câbles électriques (voir photo en page 46).

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

2.2.2 LE CACHE PLOT

Le cache plot est constitué d'une membrane d'étanchéité TPO non armée de 1,2mm d'épaisseur qui permet de protéger le plot SOPRASOLAR FIX EVO du rayonnement UV solaire. Il est en forme de soufflet extensible et compressible afin de toujours couvrir la totalité de la partie en PA6 GF30 du plot SOPRASOLAR FIX EVO et ce, quelle que soit la position de la tête du plot : totalement vissée ou totalement dévissée ou partiellement vissée.

Le cache plot possède une découpe en croix sur sa partie supérieure afin de pouvoir positionner les étriers finaux sur la tête du plot SOPRASOLAR FIX EVO.



CARACTERISTIQUES

Force maximale en traction (EN 12311-2) - Longitudinale - Transversale	16 N/mm ² 15 N/mm ²
Allongement à force maximale (EN 12311-2) - Longitudinal - Transversal	700 % 700 %
Souplesse à basse température (EN 495-5) - à neuf - vieilli sous UV (2500h à 45°C) (Guide UEATc de déc 2001)	-40°C -30°C
Résistance à la charge statique (EN 12730/B)	≥ 25 kg
Résistance à l'impact (EN12691-B)	1000mm

Figure 7 – Cache plot SOPRASOLAR FIX EVO

2.2.3 LES ÉTRIERS

Ces pièces permettent de fixer les modules photovoltaïques aux plots SOPRASOLAR FIX EVO. Selon leur position sur l'installation, deux sortes d'étriers peuvent être mis en œuvre :

2.2.3.1 Etriers intermédiaires

Ce type d'étrier est mis en œuvre entre deux modules photovoltaïques adjacents et permet l'obtention d'un espacement entre modules photovoltaïques de 20 mm. De section en forme de U, ils sont d'épaisseur 2 mm et comportent un perçage de diamètre 8 mm sur leur fond.

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

Dimensions hors-tout (L×l×H) : 70 × 33,7 × 60 mm.

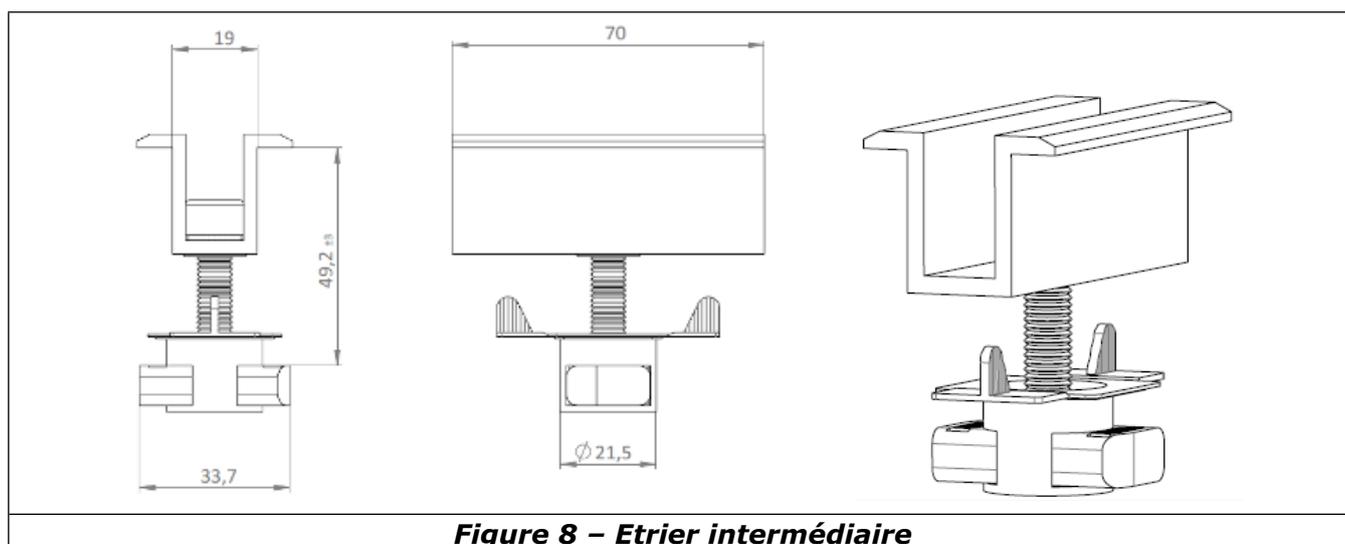


Figure 8 – Etrier intermédiaire

2.2.3.2 Etriers finaux

Ce type d'étrier est mis en œuvre en extrémité de rangées de modules photovoltaïques.

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

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

Dimensions hors-tout (L×l×H) : 70 × 33 × 58 mm.

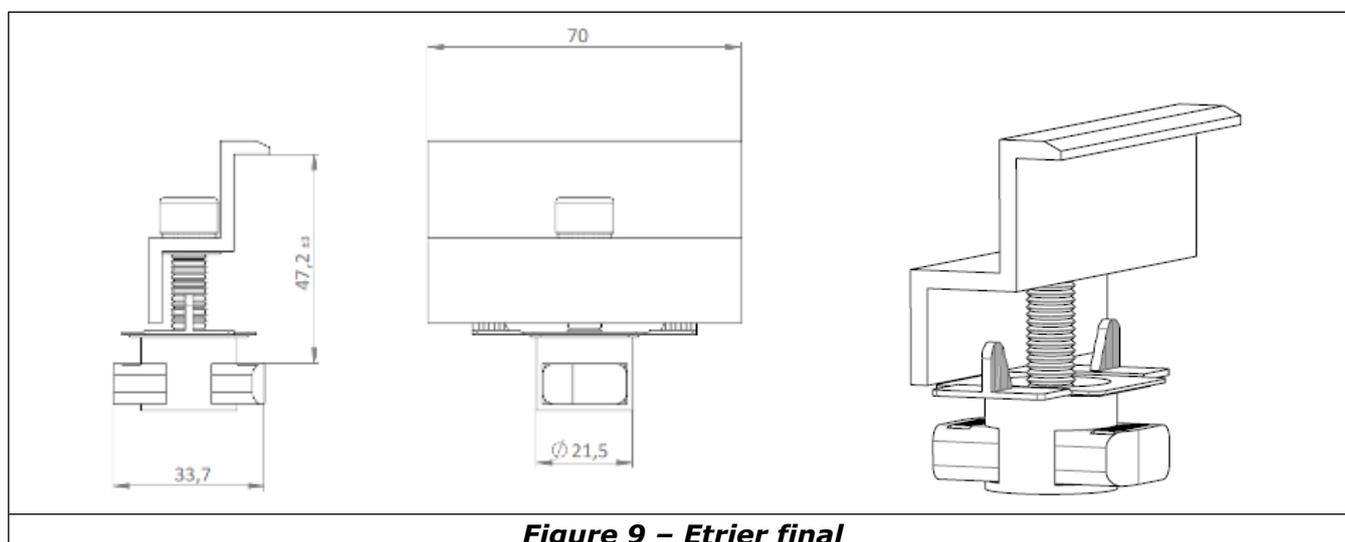


Figure 9 – Etrier final

2.3 AUTRES ÉLÉMENTS

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un procédé 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'Atex qui se limite à la partie électrique en courant continu.

Les éléments suivants, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé qui utilise :

2.3.1 BAC SUPPORT D'ÉTANCHÉITÉ (TAN)

2.3.1.1 Profil SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P

Les Tôles d'Acier Nervurées profil support d'étanchéité SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P de la société ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION France sont utilisées avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN. Ces profils support d'étanchéité sont commercialisés et fournis directement par la société ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION France sous la marque ARVAL.

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 ZM EVOLUTION nu ou prélaqué possédant une Etude Technique Préalable de Matériau à caractère favorable.

Les guides de choix des revêtements sont donnés aux tableaux 2-a et 2-b en page 15 et 16. Les profils perforés SOPRASTYL 74P ne sont pas autorisés en forte et très forte hygrométrie.

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

- 0,75 mm pour l'acier galvanisé et galvanisé prélaqué ;
- les valeurs correspondantes indiquées dans le tableau 3 de l'E.T.P.M. relative au revêtement ZM EVOLUTION défini dans l'ETPM « ZM Evolution ».

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.

Les classes de réaction au feu de certains revêtements sont données dans le tableau 3.

Tableau 3 : Guide de choix du classement au feu des revêtements des profilés SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P

Revêtement	Epaisseur maxi. profil (mm)	Euroclasse	Origine	Epaisseur maxi. Isolation (MWR,MWG) ⁽¹⁾ (mm)
Métallique	-	A1	CWT (NF EN 14782)	-
Intérieur	1,50	A1	CWFT (NF EN 14782)	160
Hairplus	1,50	A1	CWFT (NF EN 14782)	160
Keyron 100-150	1,00	C-s3,d0	CWFT (NF EN 14782)	160
Keyron 200	1,00	C-s3,d0	CWFT (NF EN 14782)	160

⁽¹⁾ Conditions d'application conformes à la norme NF EN 14782

Les profils SOPRASTYL 74 et 74P sont conformes à la norme NF DTU 43.3 P1-2 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.

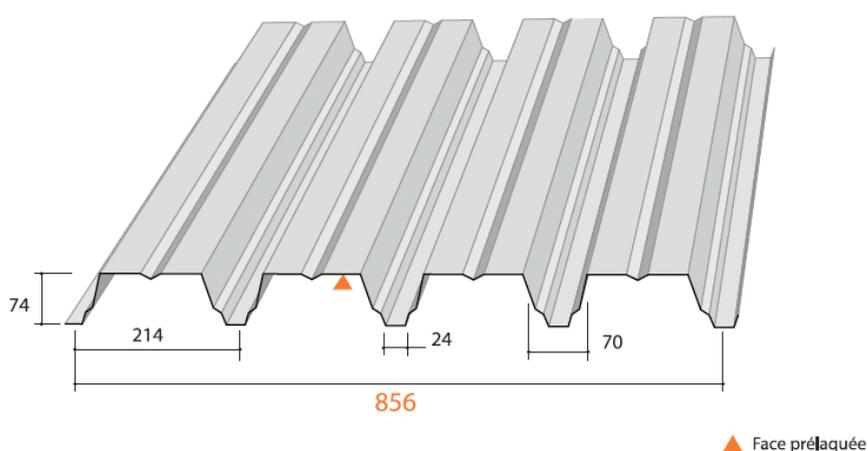
Les profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P font l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) conforme aux normes ISO 14026, NF EN 15804+A1 et son complément national XP P 01-064 / CN. Cette fiche est collective et a fait l'objet d'une auto-déclaration. Elle a été établie en décembre 2015 par l'Enveloppe Métallique du Bâtiment assisté par PwC. Cette fiche est disponible sur simple demande auprès des services techniques d'AMCF. Les données issues des FDES ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits visés sont susceptibles d'être intégrés.

Figure 10 : guide de choix des profilés SOPRASTYL 74

Arval
by ArcelorMittal

Version du 04/08/17

SUPPORT SOPRASTYL 74



MASSE SURFACIQUE

Epaisseur (mm)	0,75	0,88	1,00	1,25
M kg/m ²	8,94	10,49	11,92	14,90

MATERIAU DE BASE

CARACTERISTIQUES DU MATERIAU DE BASE		REFERENTIEL
Nuance d'acier	S 320 GD	NF EN 10346
Revêtements	Galvanisé	NF EN 10346 NF P 34-310
	Galvanisé - Prélaqué	NF EN 10169 + A1 NF P 34-301
	ZM Evolution nu ZM Evolution prélaqué	ETPM en cours de validité

CARACTERISTIQUES DE CALCUL

			ACTION DES CHARGES DESCENDANTES				ACTION DES CHARGES ASCENDANTES			
			EPAISSEUR (mm)							
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Moment d'inertie en travée simple	I_2^s	cm ⁴	38,41	45,07	51,21	64,02	-	-	-	-
Moment d'inertie en deux travées égales	I_3^s	m.daN	28,41	33,33	37,88	47,35	-	-	-	-
Moment d'inertie en continuité	I_m^s	m.daN	33,41	39,20	44,55	55,68	-	-	-	-
Moment de flexion en travée - Système élastique	M_{2T}^s	m.daN	248,16	291,17	330,88	413,60	252,42	296,17	336,56	420,70
Moment de flexion en travée - Système élasto-plastique	M_{3T}^s	m.daN	297,58	349,16	396,77	495,97	326,76	383,40	435,68	544,60
Moment de flexion sur appui	M_{3A}^s	m.daN	232,74	273,08	310,32	387,90	287,23	337,02	382,97	478,72
Réaction d'appui	R_d^s	daN	586,84	688,56	782,45	978,07	-	-	-	-
Effort d'arrachement sur appui	S_a^s	daN	-	-	-	-	693,18	813,33	924,24	1155,30
Résistance à l'écrasement - Ruine	E_{CR}	daN	648,46	760,86	864,61	1080,77	-	-	-	-
Résistance à l'écrasement - plastification	E_{CP}	daN	458,26	537,69	611,01	763,77	-	-	-	-

PARTICULARITES DE MISE EN ŒUVRE

- * Largeur minimale d'appui de 60 mm
- * Fixation complète sur chaque appui
- * Espacement maximum de courrage de 0,75 m

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément au § 3.5.3.1.1

SOPRASTYL 74															
CHARGES DE CALCUL (daN/m ²)	MASSE ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m ²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS					
		EPAISSEUR (mm)													
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25		
CHARGE D'EXPLOITATION DESCENDANTE ⁽¹⁾	50	15	3,40	3,60	3,75	4,00	4,10	4,40	4,55	4,90	3,70	3,90	4,05	4,35	
		30	3,30	3,50	3,65	3,90	3,70	4,10	4,35	4,80	3,65	3,85	4,00	4,30	
		46	3,25	3,40	3,55	3,80	3,20	3,75	4,05	4,50	3,20	3,75	3,90	4,20	
	75	15	3,10	3,25	3,40	3,65	3,35	3,90	4,15	4,45	3,35	3,55	3,70	3,95	
		30	3,05	3,20	3,30	3,55	3,00	3,45	3,90	4,30	3,00	3,45	3,65	3,90	
		46	2,85	3,15	3,25	3,50	2,65	3,10	3,50	4,10	2,65	3,10	3,50	3,85	
	100	15	2,85	3,00	3,15	3,40	2,75	3,20	3,60	4,10	2,75	3,20	3,40	3,65	
		30	2,65	2,95	3,10	3,35	2,50	2,90	3,25	3,95	2,50	2,90	3,25	3,65	
		46	2,40	2,80	3,05	3,30	2,25	2,65	2,95	3,65	2,25	2,65	2,95	3,60	
	125	15	2,45	2,80	2,95	3,15	2,35	2,70	3,05	3,75	2,35	2,70	3,05	3,40	
		30	2,25	2,65	2,90	3,15	2,15	2,50	2,80	3,45	2,15	2,50	2,80	3,40	
		46	2,10	2,45	2,75	3,10	1,95	2,30	2,60	3,20	1,95	2,30	2,60	3,20	
	150	15	2,10	2,45	2,75	2,95	2,05	2,35	2,65	3,30	2,05	2,35	2,65	3,20	
		30	1,95	2,30	2,60	2,95	1,90	2,20	2,50	3,05	1,90	2,20	2,50	3,05	
		46	1,85	2,15	2,40	2,95	1,75	2,05	2,30	2,85	1,75	2,05	2,30	2,85	
	175	15	1,85	2,15	2,45	2,80	1,80	2,10	2,35	2,90	1,80	2,10	2,35	2,90	
		46	1,65	1,90	2,15	2,70	1,55	1,85	2,05	2,55	1,55	1,85	2,05	2,55	
	200	15	/	1,95	2,20	2,70	1,60	1,85	2,10	2,60	1,60	1,85	2,10	2,60	
		46	/	1,75	1,95	2,45	1,40	1,65	1,90	2,30	1,40	1,65	1,90	2,30	
	250	15	/	/	/	2,25	1,35	1,55	1,75	2,15	1,35	1,55	1,75	2,15	
		46	/	/	/	2,05	1,20	1,40	1,60	1,95	1,20	1,40	1,60	1,95	
	CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE ⁽¹⁾	100	15	3,60	3,80	3,95	4,20	3,30	3,85	4,35	5,15	3,30	3,85	4,35	5,15
			30	3,50	3,75	3,95	4,20	3,00	3,50	3,95	4,80	3,00	3,50	3,95	4,80
			46	3,30	3,60	3,80	4,20	2,70	3,15	3,55	4,40	2,70	3,15	3,55	4,40
125		15	3,35	3,60	3,85	4,20	2,80	3,25	3,70	4,50	2,80	3,25	3,70	4,50	
		30	3,20	3,45	3,70	4,10	2,60	3,00	3,40	4,15	2,60	3,00	3,40	4,15	
		46	3,00	3,35	3,55	3,95	2,35	2,75	3,10	3,85	2,35	2,75	3,10	3,85	
150		15	3,10	3,35	3,60	3,95	2,45	2,85	3,20	3,95	2,45	2,85	3,20	3,95	
		30	2,90	3,25	3,45	3,85	2,25	2,65	2,95	3,65	2,25	2,65	2,95	3,65	
		46	2,65	3,10	3,35	3,70	2,10	2,45	2,75	3,40	2,10	2,45	2,75	3,40	
175		15	2,75	3,15	3,35	3,75	2,15	2,50	2,85	3,50	2,15	2,50	2,85	3,50	
		46	2,40	2,80	3,15	3,50	1,90	2,20	2,50	3,05	1,90	2,20	2,50	3,05	
200		15	2,45	2,85	3,20	3,55	1,90	2,25	2,55	3,15	1,90	2,25	2,55	3,15	
		46	2,20	2,55	2,85	3,35	1,70	2,00	2,25	2,80	1,70	2,00	2,25	2,80	
250		15	2,05	2,35	2,70	3,20	1,60	1,85	2,10	2,60	1,60	1,85	2,10	2,60	
		46	1,85	2,15	2,40	3,00	1,45	1,70	1,90	2,35	1,45	1,70	1,90	2,35	
CHARGE DE DEPRESSION ⁽²⁾		75	15	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
			30	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
			46	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,25	4,65	4,85	5,20
	100	15	3,60	3,80	3,95	4,20	4,25	4,60	4,95	5,60	4,25	4,60	4,85	5,20	
		30	3,60	3,80	3,95	4,20	4,45	4,85	5,20	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20	
		46	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20	
	125	15	3,20	3,50	3,70	4,20	3,70	4,00	4,30	4,85	3,70	4,00	4,30	4,85	
		30	3,35	3,60	3,90	4,20	3,85	4,20	4,50	5,05	3,85	4,20	4,50	5,05	
		46	3,50	3,80	3,95	4,20	4,05	4,40	4,70	5,30	4,05	4,40	4,70	5,20	
	150	15	2,90	3,15	3,35	3,75	3,30	3,60	3,85	4,35	3,30	3,60	3,85	4,35	
		30	2,95	3,25	3,45	3,90	3,45	3,75	4,00	4,50	3,45	3,75	4,00	4,50	
		46	3,10	3,35	3,60	4,05	3,55	3,90	4,15	4,65	3,55	3,90	4,15	4,65	
	175	15	2,55	2,85	3,05	3,45	3,05	3,30	3,55	3,95	3,05	3,30	3,55	3,95	
		46	2,80	3,05	3,25	3,65	3,25	3,50	3,75	4,20	3,25	3,50	3,75	4,20	
	200	15	2,20	2,60	2,85	3,20	2,70	3,05	3,30	3,70	2,70	3,05	3,30	3,70	
		46	2,45	2,80	3,00	3,35	2,95	3,20	3,45	3,85	2,95	3,20	3,45	3,85	

(1) : charge permanente due aux panneaux PV et aux plots SOPRASOLAR FIX EVO prise égale à 15 daN/m²

(2) : charge permanente due aux panneaux PV et aux plots SOPRASOLAR FIX EVO prise égale à 12 daN/m²

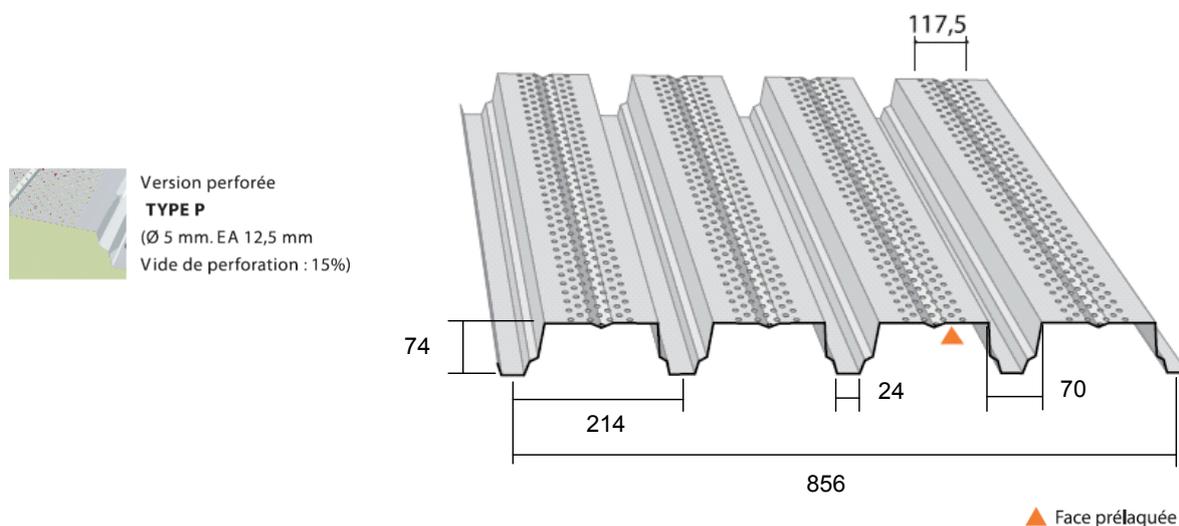
Figure 11 : guide de choix des profilés SOPRASTYL 74P

Arval

by ArcelorMittal

Version du 04/08/17

SUPPORT SOPRASTYL 74 P



MASSE SURFACIQUE

Epaisseur (mm)	0,75	0,88	1,00	1,25
M kg/m ²	8,94	10,49	11,92	14,90

MATERIAU DE BASE

CARACTERISTIQUES DU MATERIAU DE BASE		REFERENTIEL
Nuance d'acier	S 320 GD	NF EN 10346
Revêtements	Galvanisé	NF EN 10346 NF P 34-310
	Galvanisé - Prélaqué	NF EN 10169 + A1 NF P 34-301
	ZM Evolution nu	ETPM en cours de validité
	ZM Evolution prélaqué	

CARACTERISTIQUES DE CALCUL

			ACTION DES CHARGES DESCENDANTES				ACTION DES CHARGES ASCENDANTES			
			EPAISSEUR (mm)							
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Moment d'inertie en travée simple	I_2^S	cm ⁴	34,51	40,49	46,01	57,52	-	-	-	-
Moment d'inertie en deux travées égales	I_3^S	m.daN	24,61	28,88	32,81	41,02	-	-	-	-
Moment d'inertie en continuité	I_m^S	m.daN	29,56	34,68	39,41	49,27	-	-	-	-
Moment de flexion en travée - Système élastique	M_{2T}^S	m.daN	206,95	242,82	275,93	344,92	196,40	230,44	261,87	327,33
Moment de flexion en travée - Système élasto-plastique	M_{3T}^S	m.daN	246,17	288,84	328,23	410,28	203,46	238,73	271,28	339,10
Moment de flexion sur appui	M_{3A}^S	m.daN	215,35	252,68	287,13	358,92	200,37	235,10	267,16	333,95
Réaction d'appui	R_d^S	daN	466,18	546,98	621,57	776,97	-	-	-	-
Effort d'arrachement sur appui	S_a^S	daN	-	-	-	-	463,07	543,34	617,43	771,78
Résistance à l'écrasement - Ruine	E_{cR}	daN	523,34	614,05	697,79	872,23	-	-	-	-
Résistance à l'écrasement - plastification	E_{cP}	daN	338,16	396,77	450,88	563,60	-	-	-	-

PARTICULARITES DE MISE EN ŒUVRE

- * Largeur minimale d'appui de 60 mm
- * Fixation complète sur chaque appui
- * Espacement maximum de coutrage de 0,75 m

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément au § 3.5.3.1.1

SOPRASTYL 74 P															
CHARGES DE CALCUL (daN/m ²)	MASSE ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m ²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS					
		EPAISSEUR (mm)													
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25		
CHARGE D'EXPLOITATION DESCENDANTE ⁽¹⁾	50	15	3,25	3,45	3,60	3,85	3,50	4,00	4,30	4,60	3,50	3,70	3,85	4,15	
		30	3,15	3,35	3,50	3,75	3,00	3,45	3,85	4,55	3,00	3,45	3,80	4,10	
		46	2,75	3,20	3,40	3,65	2,60	3,00	3,35	4,10	2,60	3,00	3,35	4,00	
	75	15	2,85	3,10	3,25	3,50	2,70	3,15	3,50	4,20	2,70	3,15	3,50	3,75	
		30	2,55	2,95	3,20	3,45	2,40	2,80	3,15	3,85	2,40	2,80	3,15	3,70	
		46	2,25	2,65	2,95	3,35	2,15	2,50	2,80	3,40	2,15	2,50	2,80	3,40	
	100	15	2,30	2,70	3,00	3,25	2,20	2,55	2,90	3,55	2,20	2,55	2,90	3,45	
		30	2,10	2,45	2,75	3,20	2,00	2,35	2,60	3,20	2,00	2,35	2,60	3,20	
		46	1,90	2,25	2,50	3,10	1,80	2,10	2,40	2,95	1,80	2,10	2,40	2,95	
	125	15	1,95	2,25	2,55	3,00	1,90	2,20	2,45	3,05	1,90	2,20	2,45	3,05	
		30	1,80	2,10	2,35	2,90	1,70	2,00	2,25	2,80	1,70	2,00	2,25	2,80	
		46	1,65	1,95	2,20	2,70	1,60	1,85	2,10	2,55	1,60	1,85	2,10	2,55	
	150	15	/	1,95	2,20	2,75	1,65	1,90	2,15	2,65	1,65	1,90	2,15	2,65	
		30	/	1,85	2,05	2,55	1,50	1,75	2,00	2,45	1,50	1,75	2,00	2,45	
		46	/	1,70	1,95	2,40	1,40	1,65	1,85	2,30	1,40	1,65	1,85	2,30	
	175	15	/	/	/	2,40	1,45	1,65	1,90	2,35	1,45	1,65	1,90	2,35	
		46	/	/	/	2,15	1,25	1,45	1,65	2,05	1,25	1,45	1,65	2,05	
	200	15	/	/	/	2,15	1,30	1,50	1,70	2,10	1,30	1,50	1,70	2,10	
46		/	/	/	1,95	1,15	1,35	1,50	1,85	1,15	1,35	1,50	1,85		
250	15	/	/	/	/	/	1,25	1,40	1,75	/	1,25	1,40	1,75		
	46	/	/	/	/	/	1,10	1,25	1,55	/	1,10	1,25	1,55		
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE ⁽¹⁾	100	15	3,35	3,60	3,80	4,10	2,65	3,10	3,50	4,25	2,65	3,10	3,50	4,25	
		30	3,05	3,45	3,65	4,05	2,40	2,80	3,15	3,85	2,40	2,80	3,15	3,85	
		46	2,75	3,20	3,50	3,85	2,20	2,55	2,85	3,50	2,20	2,55	2,85	3,50	
	125	15	2,85	3,30	3,50	3,90	2,25	2,60	2,95	3,65	2,25	2,60	2,95	3,65	
		30	2,60	3,05	3,40	3,75	2,05	2,40	2,70	3,35	2,05	2,40	2,70	3,35	
		46	2,40	2,80	3,15	3,60	1,90	2,20	2,50	3,05	1,90	2,20	2,50	3,05	
	150	15	2,50	2,90	3,25	3,65	1,95	2,25	2,55	3,15	1,95	2,25	2,55	3,15	
		30	2,30	2,65	3,00	3,50	1,80	2,10	2,40	2,95	1,80	2,10	2,40	2,95	
		46	2,15	2,50	2,80	3,40	1,70	1,95	2,20	2,75	1,70	1,95	2,20	2,75	
	175	15	2,20	2,55	2,90	3,40	1,70	2,00	2,25	2,80	1,70	2,00	2,25	2,80	
		46	1,90	2,25	2,50	3,10	1,50	1,75	2,00	2,45	1,50	1,75	2,00	2,45	
	200	15	1,95	2,30	2,60	3,20	1,55	1,80	2,05	2,50	1,55	1,80	2,05	2,50	
		46	1,75	2,00	2,30	2,85	1,35	1,60	1,80	2,25	1,35	1,60	1,80	2,25	
	250	15	1,60	1,90	2,15	2,65	1,25	1,50	1,70	2,10	1,25	1,50	1,70	2,10	
		46	1,45	1,70	1,95	2,40	1,15	1,35	1,50	1,90	1,15	1,35	1,50	1,90	
	CHARGE DE DEPRESSION ⁽²⁾	75	15	3,50	3,70	3,85	4,10	4,05	4,40	4,70	5,30	4,05	4,40	4,65	5,00
			30	3,50	3,70	3,85	4,10	4,35	4,75	4,95	5,30	4,25	4,40	4,65	5,00
			46	3,50	3,70	3,85	4,10	4,50	4,75	4,95	5,30	4,25	4,40	4,65	5,00
100		15	3,25	3,50	3,75	4,10	3,35	3,65	3,90	4,40	3,35	3,65	3,90	4,40	
		30	3,40	3,70	3,85	4,10	3,55	3,85	4,10	4,65	3,55	3,85	4,10	4,65	
		46	3,50	3,70	3,85	4,10	3,75	4,10	4,40	5,00	3,75	4,10	4,40	5,00	
125		15	2,50	3,00	3,30	3,70	2,90	3,20	3,40	3,85	2,90	3,20	3,40	3,85	
		30	2,75	3,20	3,40	3,85	3,05	3,30	3,55	4,00	3,05	3,30	3,55	4,00	
		46	3,05	3,35	3,60	4,05	3,20	3,45	3,70	4,20	3,20	3,45	3,70	4,20	
150		15	2,05	2,40	2,75	3,30	2,50	2,85	3,05	3,45	2,50	2,85	3,05	3,45	
		30	2,20	2,60	2,95	3,40	2,70	2,95	3,15	3,55	2,70	2,95	3,15	3,55	
		46	2,35	2,80	3,15	3,55	2,80	3,05	3,25	3,70	2,80	3,05	3,25	3,70	
175		15	1,70	2,00	2,30	2,90	2,10	2,45	2,80	3,15	2,10	2,45	2,80	3,15	
		46	1,95	2,30	2,60	3,20	2,50	2,75	2,95	3,35	2,50	2,75	2,95	3,35	
200		15	1,45	1,75	2,00	2,50	1,80	2,10	2,40	2,90	1,80	2,10	2,40	2,90	
		46	1,65	1,95	2,20	2,80	2,10	2,45	2,70	3,05	2,10	2,45	2,70	3,05	

(1) : charge permanente due aux panneaux PV et aux plots SOPRASOLAR FIXEVO prise égale à 15 daN/m²

(2) : charge permanente due aux panneaux PV et aux plots SOPRASOLAR FIXEVO prise égale à 12 daN/m²

2.3.1.2 Fixations à la structure porteuse

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

Les clous à scellement ne sont pas admis avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN.

2.3.1.3 Fixations de couture

Les fixations sont conformes au chapitre 5.5.2 de la norme NF DTU 43.3 P1-2.

2.3.2 PARE VAPEUR

La fonction pare-vapeur est assurée par un écran rapporté, posé directement sur les tôles d'acier nervurées ou sur un premier lit d'isolant dans les conditions du chapitre 3.5.3.2.2.

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

Dans le cas de soudage au chalumeau, la compatibilité de la protection en sous-face des tôles d'acier nervurées avec la chaleur apportée par cette technique de mise en œuvre doit être vérifiée.

Le choix de la mise en œuvre du pare-vapeur se fait conformément au Tableau 4 ci-dessous et sa mise en œuvre suivant le chapitre 3.5.3.2.1.

Tableau 4 : Guide de choix du pare-vapeur à mettre en œuvre avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN

Élément porteur	Perméabilité à l'air des locaux définie par les DPM ou la réglementation ⁽¹⁾	Hygrométrie des locaux	Pare-vapeur sans EAC avec revêtement Soprafix Bicouche
SOPRASTYL 74 Tôle d'acier nervurée pleine	$Q_{4Pa-surf} \leq 1,4m^3/(h/m^2)$	Locaux à faible et moyenne hygrométrie	Pare vapeur obligatoire
		Locaux à forte hygrométrie	Pare vapeur obligatoire
		Locaux à très forte hygrométrie	NON AUTORISE
	$Q_{4Pa-surf} > 1,4m^3/(h/m^2)$	Locaux à faible et moyenne hygrométrie	Pare-vapeur non obligatoire
		Locaux à forte hygrométrie	Pare vapeur obligatoire
		Locaux à très forte hygrométrie	NON AUTORISE
SOPRASTYL 74P Tôle d'acier nervurée à plages perforées	$Q_{4Pa-surf} \leq 1,4m^3/(h/m^2)$	Locaux à faible et moyenne hygrométrie	Pare vapeur obligatoire
		Locaux à forte hygrométrie	NON AUTORISE
		Locaux à très forte hygrométrie	NON AUTORISE
	$Q_{4Pa-surf} > 1,4m^3/(h/m^2)$	Locaux à faible et moyenne hygrométrie	Pare vapeur obligatoire
		Locaux à forte hygrométrie	NON AUTORISE
		Locaux à très forte hygrométrie	NON AUTORISE

⁽¹⁾ Débit de fuite d'air à travers l'enveloppe du bâtiment rapporté à l'aire de l'enveloppe (surface des parois déperditives du bâtiment, dont on exclut les planchers bas), à la pression différentielle de 4 Pa, exprimé par l'indicateur $Q_{4Pa-surf}$ en $m^3/(h.m^2)$ défini par les DPM ou la réglementation (voir norme NF EN ISO 9972).

Note : les bandes auto-adhésives ne sont pas autorisées comme solution pare-vapeur

2.3.3 PANNEAUX ISOLANT

2.3.3.1 ATTELAGES DE FIXATION MECANIQUE PREALABLE 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 ».

2.3.3.2 Isolant ROCKACIER C NU

L'isolant non porteur en laine minérale nue ROCKACIER C NU de la société ROCKWOOL défini par son Document Technique d'Application est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue par l'intermédiaire du plot SOPRASOLAR FIX EVO de :

- 17 kPa pour une épaisseur allant de 60 à 260mm

2.3.3.3 Isolant EFIGREEN ACIER

L'isolant non porteur en mousse rigide de polyisocyanurate expansée EFIGREEN ACIER de la société SOPREMA défini par son Document Technique d'Application est validé pour une utilisation avec le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN. Il présente des caractéristiques sous charge maintenue à 50°C de 31,5 kPa pour une épaisseur allant de 30mm à 200mm en association ou non avec un écran thermique de 50mm en perlite expansée (fibrée) nue FESCO C.

Il est à noter que dans les cas d'emploi où la mise en œuvre des panneaux isolants EFIGREEN ACIER requiert l'interposition d'un écran thermique ou recouvrement, seule est autorisée la mise en œuvre d'un panneau de perlite expansée (fibrée) nue FESCO C. La mise en œuvre d'un écran thermique en panneau de laine de roche nue n'est pas autorisée dans le cadre du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN.

Le panneau de perlite expansée (fibrée) nue (non surfacée bitume) à bords droits FESCO C d'épaisseur 50mm est utilisé en un lit inférieur comme écran thermique ou en recouvrement vertical ou horizontal, de masse volumique minimale 150 kg/m³, conforme au Document Technique d'Application « EFIGREEN ACIER fixé mécaniquement ».

2.3.4 REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ

2.3.4.1 Première couche

Elle est constituée d'une feuille d'étanchéité SOPRAFIX HP de la société SOPREMA qui sera fixée mécaniquement conformément au chapitre 3.5.3.2.3 par des attelages conformes au chapitre 2.3.4.2.

La première couche du revêtement d'étanchéité est fournie directement par la société SOPREMA.

2.3.4.2 Attelages pour fixation mécanique de la première couche du revêtement d'étanchéité (feuille SOPRAFIX HP)

Les attelages comportent :

- Un élément de liaison à l'élément porteur ;
- Une plaquette de répartition de Ø40mm, épaisseur 0,8mm.

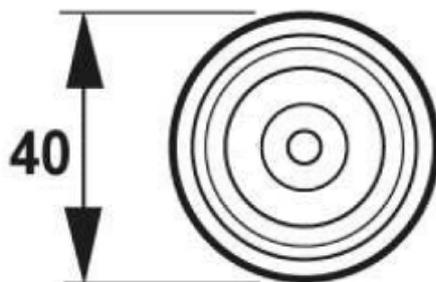


Figure 12 : Vue de dessus de la plaquette Ø40mm, épaisseur 0,8mm de l'attelage à utiliser pour fixer mécaniquement la première couche SOPRAFIX HP du revêtement d'étanchéité.

Ils sont conformes au Document Technique d'Application « Soprafix Bicouche » du revêtement d'étanchéité, répondent aux exigences de l'e-Cahier du CSTB 3563 et présentent une valeur minimale à l'arrachement de

- pour le profil SOPRASTYL 74 (non perforé, non crevé) : $P_{kft\ mini} = 152$ daN selon la NF P 30-313 et de $\varnothing_{vis\ mini} = 4,8$ mm, exemple de référence : EVDF 0,8 Ø4,8mm de ETANCO France
- pour le profil SOPRASTYL 74P (plages perforées) : $P_{kft\ mini} = 150$ daN selon la NF P 30-313 et de $\varnothing_{vis\ mini} = 6,5$ mm, exemple de référence : FASTOVIS TF 3036 DF 2x1 Ø6,5mm de ETANCO France

Ils font l'objet d'une fiche technique établie par le fabricant de fixations, précisant notamment la valeur de 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 fixations (attelages comportant les éléments de liaison et plaquettes associées) dites « solides au pas » sont obligatoires pour la mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN.

Le terme « solide au pas » s'applique à une fixation munie 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.

2.3.4.3 Deuxième couche apparente

Elle est constituée d'une feuille d'étanchéité apparente SOPRALENE FLAM 180 AR ou SOPRALENE FLAM 180 ALU de la société SOPREMA qui sera soudée en plein sur la première feuille SOPRAFIX HP conformément au chapitre 3.5.3.2.3.

La feuille SOPRALENE FLAM 180 ALU ne peut pas être mise en œuvre en couche de finition sur les toitures techniques ou les zones techniques des toitures.

La deuxième couche apparente du revêtement d'étanchéité est fournie directement par la société SOPREMA.

2.3.5 Câbles de mise à la terre

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

Ces câbles de mise à la terre pourront être connectés à chaque cadre des modules photovoltaïques à l'aide de connecteurs par l'intermédiaires de cosses à œil en cuivre avec rondelles bimétal associées à système vis-écrou en acier inox A2, et interconnectés ensuite via un raccord à serrage, à sertir ou à griffes à la liaison générale de 16 mm².

2.3.6 Chemin de câbles

Aucun câble et aucun connecteur ne devra reposer sur le revêtement d'étanchéité ; ils devront reposer dans un chemin de câbles spécifique ou cheminer le long des plots SOPRASOLAR FIX EVO en étant fixés à l'aide de collier de serrage (type Rilsan ou équivalent) sur les ailettes latérales de la tête du plot (voir page 29 et photo du plot page 46).

Des chemins de câbles, définis par l'électricien, en fils d'acier inoxydable soudés (type CABLOFIL par exemple) adaptés au climat concerné. Le type de chemin de câbles ainsi que ces dimensions dépendront du nombre de câbles à acheminer. Les dimensions seront déterminées par l'électricien spécialisé. Il est nécessaire de prévoir un couvercle pour le chemin de câbles.

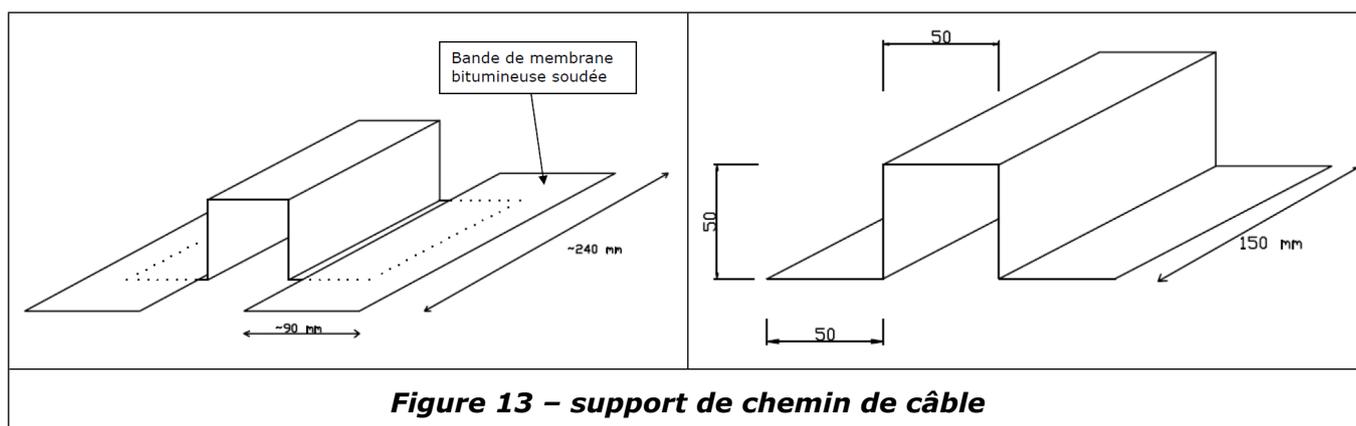
Les chemins de câbles ne doivent pas reposer directement sur le revêtement d'étanchéité et seront donc mis en œuvre sur des supports.

2.3.7 Support de chemin de câble

Les supports de chemin de câble peuvent être les suivants :

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. Ces supports sont liaisonnés sur leurs deux côtés sur l'étanchéité à l'aide de bandes de feuilles bitumineuses soudées de la gamme SOPREMA. La mise en place de ces supports doit être faite par l'étancheur. Les supports sont espacés de 1,5 m au maximum.



Dallettes en béton

Les platines d'appui du chemin de câbles sont fixées sur des dalles en béton de dimensions 30 cm x 30 cm x 3 cm minimum. Il convient de poser les dalles de béton sur un écran de protection (non-tissé polyester, 170 g/m²) afin de ne pas endommager le revêtement d'étanchéité. Ce système de dallettes peut être mis en œuvre par l'électricien qualifié pour la pose des installations photovoltaïques, pour des toitures de pente inférieure ou égale à 5 %. Les supports sont espacés de 1,5 m au maximum.

2.3.8 CROSSE DE PASSAGE DE CÂBLE

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

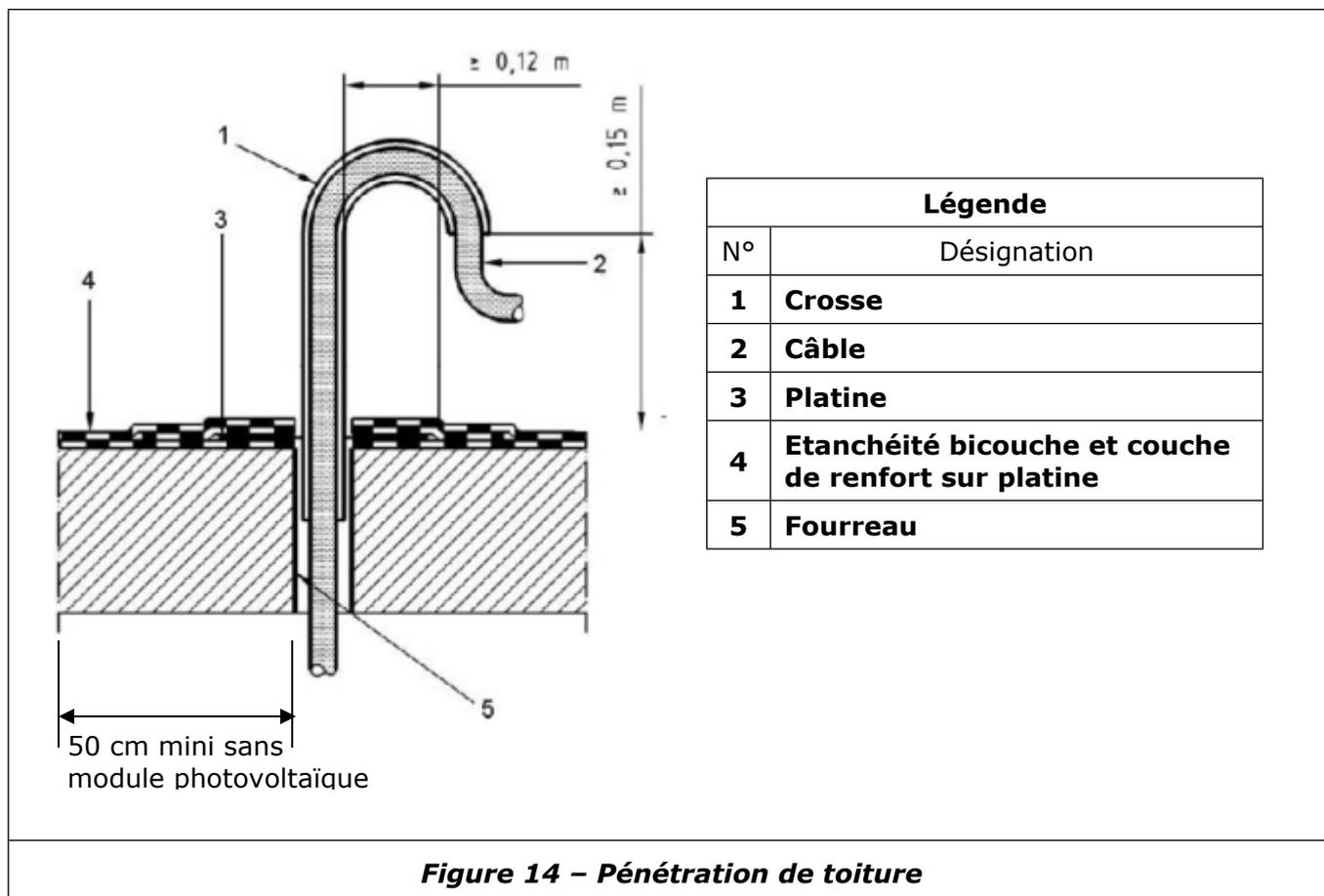


Figure 14 – Pénétration de toiture

3 MISE EN ŒUVRE

3.1 GÉNÉRALITÉS

Le procédé est livré avec sa notice de montage et de câblage des modules photovoltaïques entre eux, un plan d'exécution - calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO, un plan d'exécution - calepinage des modules photovoltaïques, fournis par le bureau d'études de SOLARDIS.

La mise en œuvre du procédé doit être réalisée pour le domaine d'emploi défini au chapitre 1.4 du présent Dossier technique.

Les modules photovoltaïques peuvent être connectés en série/parallèle.

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

Les éléments porteurs et supports doivent être propres et secs. Une assistance technique peut-être apporté pour chaque chantier sur demande comme indiqué au chapitre 10.

3.2 COMPÉTENCES DES INSTALLATEURS

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été formés par la société SOLARDIS (cf. chapitre 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 (plots SOPRASOLAR FIX EVO).
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou habilitation pour la réalisation d'installations photovoltaïques: habilitation électrique selon la norme NF C 18-510, habilitation "BP" pour le raccordement des modules, habilitations "BR" requises pour le raccordement des modules et le branchement aux onduleurs.

3.3 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. Ils peuvent être identifiés dans le guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec (dénommé dans la suite du texte "guide Promotelec") ou le « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installations de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » en vigueur édité par l'ADEME et le SER (dénommé dans la suite du texte "guide ADEME-SER").

3.4 SPÉCIFICATIONS ÉLECTRIQUES

3.4.1 GÉNÉRALITÉS

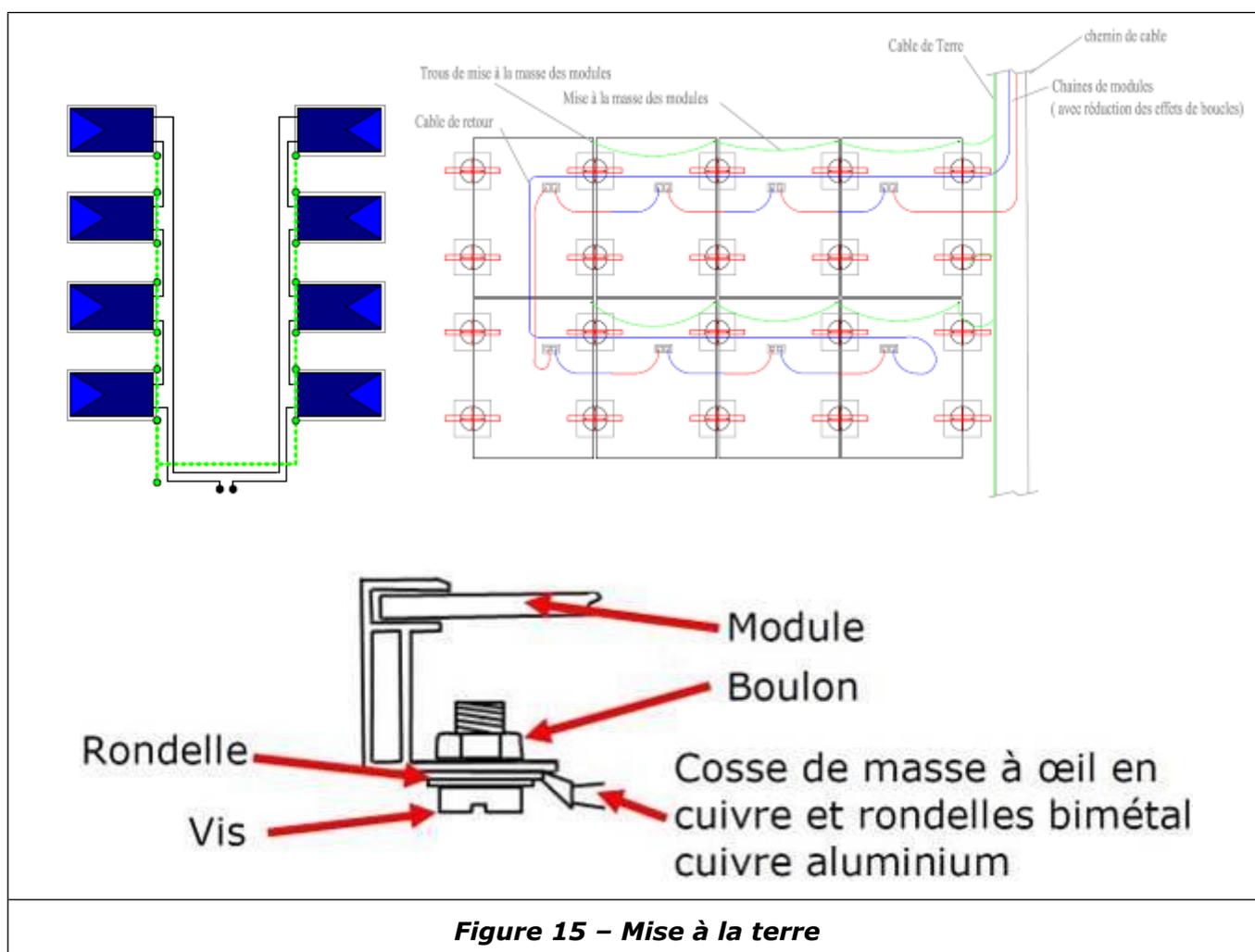
L'installation doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants: norme NF C 15-100, guides UTE C 15-712, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER ».

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. chapitre 3.2).

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

3.4.2 CONNEXION DES CÂBLES ÉLECTRIQUES

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 15 ci-dessous :



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 (voir photo 46), au cadre des modules photovoltaïques...) ou dans des chemins de câbles capotés prévus à cet effet: ils ne sont donc jamais exposés au rayonnement solaire et ne doivent pas reposer directement sur le revêtement d'étanchéité.



- Liaisons intermodules et module/onduleur

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

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

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

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en récupérant, au fur et à mesure de la pose des modules photovoltaïques les masses métalliques des cadres des modules par l'intermédiaire de cosses de masse à œil en cuivre et rondelles bimétal (cf figure 15 page 45),

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

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment :

Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans créer de fuite au niveau de l'étanchéité.

Selon la disposition de la toiture-terrace, 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 à la norme NF DTU 43.1 (voir chapitre 2.3.8 page 43),
- via une descente en façade dans une gaine technique ou un chemin de câbles.

- Si les câbles doivent cheminer hors du champ photovoltaïque, ils devront être regroupés dans des chemins résistant aux UV et aux intempéries et seront installés conformément à la description énoncée aux chapitres 2.3.6 et 2.3.7, aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, aux guides UTE C 15-712 et "guide ADEME-SER" (limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distinct...). 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.

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

3.5 MISE EN ŒUVRE EN TOITURE

3.5.1 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 TAN.

3.5.2 CALEPINAGE ET PRÉPARATION DE LA TOITURE

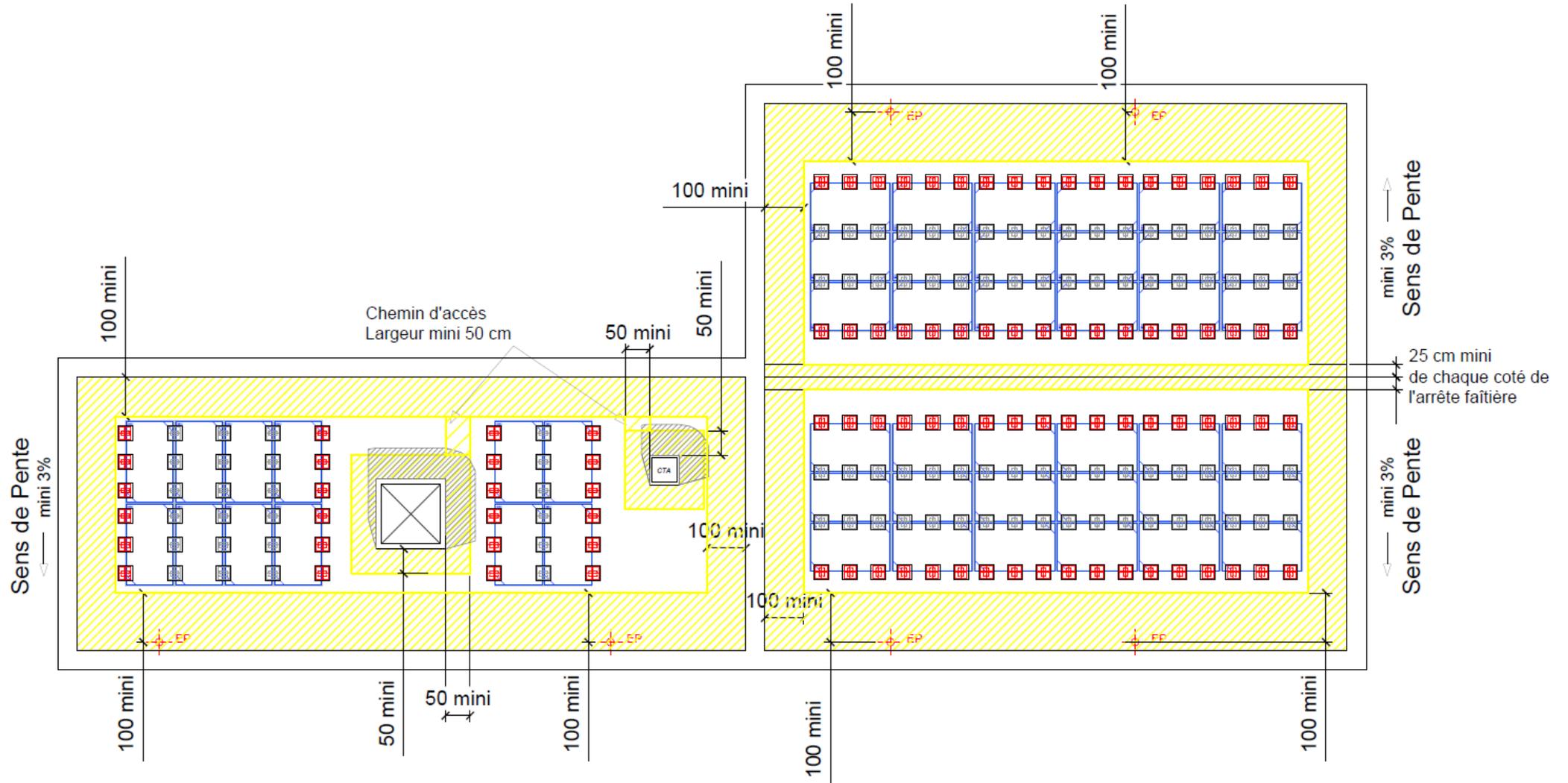
Le calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO ainsi que des modules photovoltaïques est nécessaire et doit impérativement respecter une distance de 1m minimum autour du champ et la périphérie de toiture. Les DPM peuvent définir les périphéries de toitures comme chemins de circulation. Dans ce cas, le Maître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

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

- dans une zone de 1 m minimum en périphérie de toitures,
- dans une zone de 0,5 m minimum en périphérie d'équipements (VMC par exemple), pénétrations et ouvrages émergents tels que lanterneaux, coupoles, cheminées, joints de dilatation en laissant un accès de largeur minimale de 0,5 m pour y accéder,
- au niveau des noues sur au moins 1 m de part et d'autre du fil d'eau, ainsi que le pourtour des évacuations d'eaux pluviales sur une emprise globale de 1 m,
- sur 25 cm de part et d'autre de zones à rupture de pente (arrête 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 Figures 16 et 19 en page 48 à 51) qui doivent respecter les contraintes dimensionnelles suivantes du cas a ou du cas b :

	Quantité de modules photovoltaïques juxtaposés dans le sens de leur longueur	Quantité de modules photovoltaïques juxtaposés dans le sens de leur largeur
Cas a	≤ 7	≤ 20
Cas b	> 7 selon les dispositions du §3.5.2	≤ 9



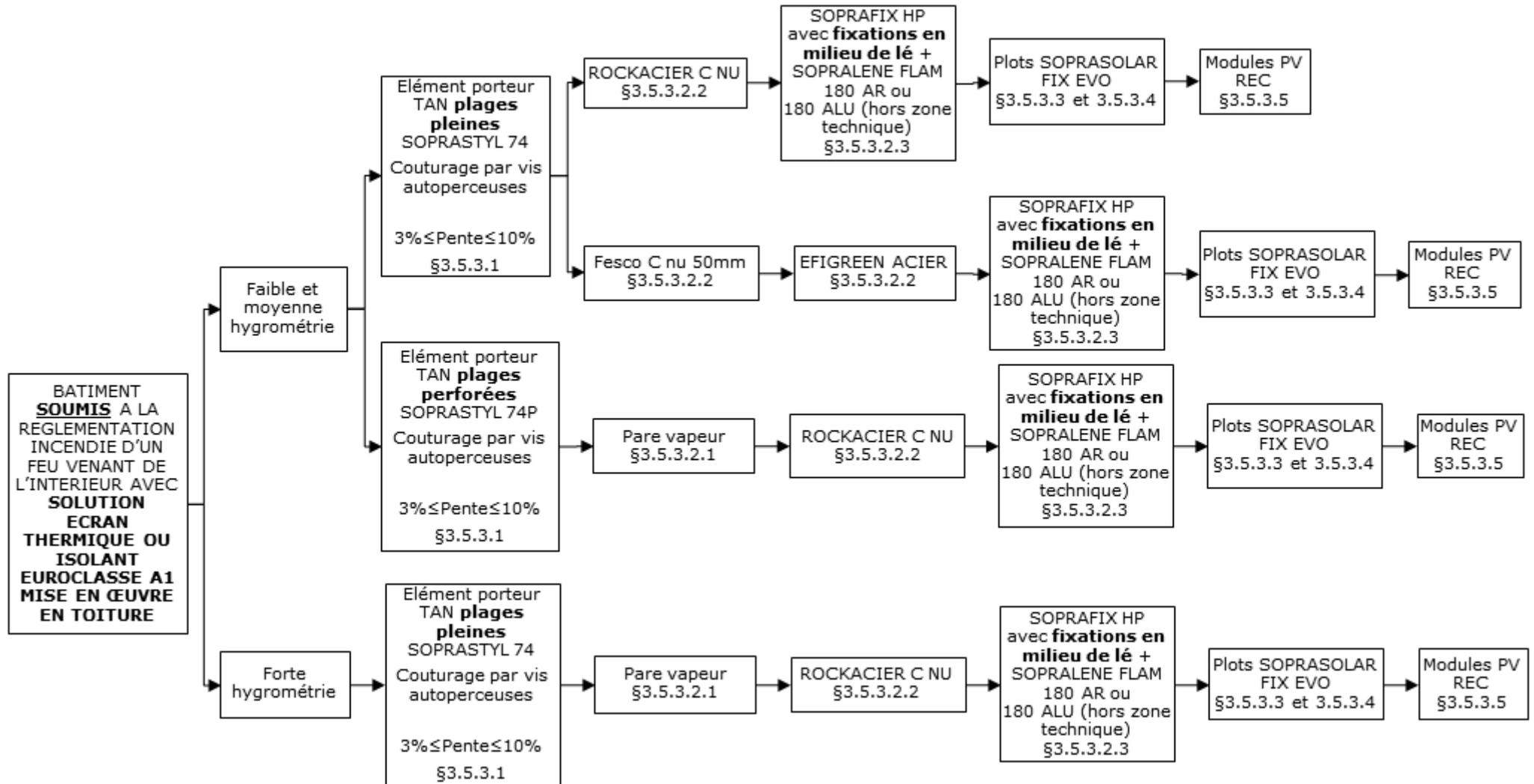
LEGENDE ; côtes en cm

-  Module Photovoltaïque
-  Plot SOPRASOLAR FIX EVO + Etrier Intermédiaire
-  Plot SOPRASOLAR FIX EVO + Cache plot + Etrier Final
-  Zone d'ombre
-  Zone non autorisée pour la pose des modules

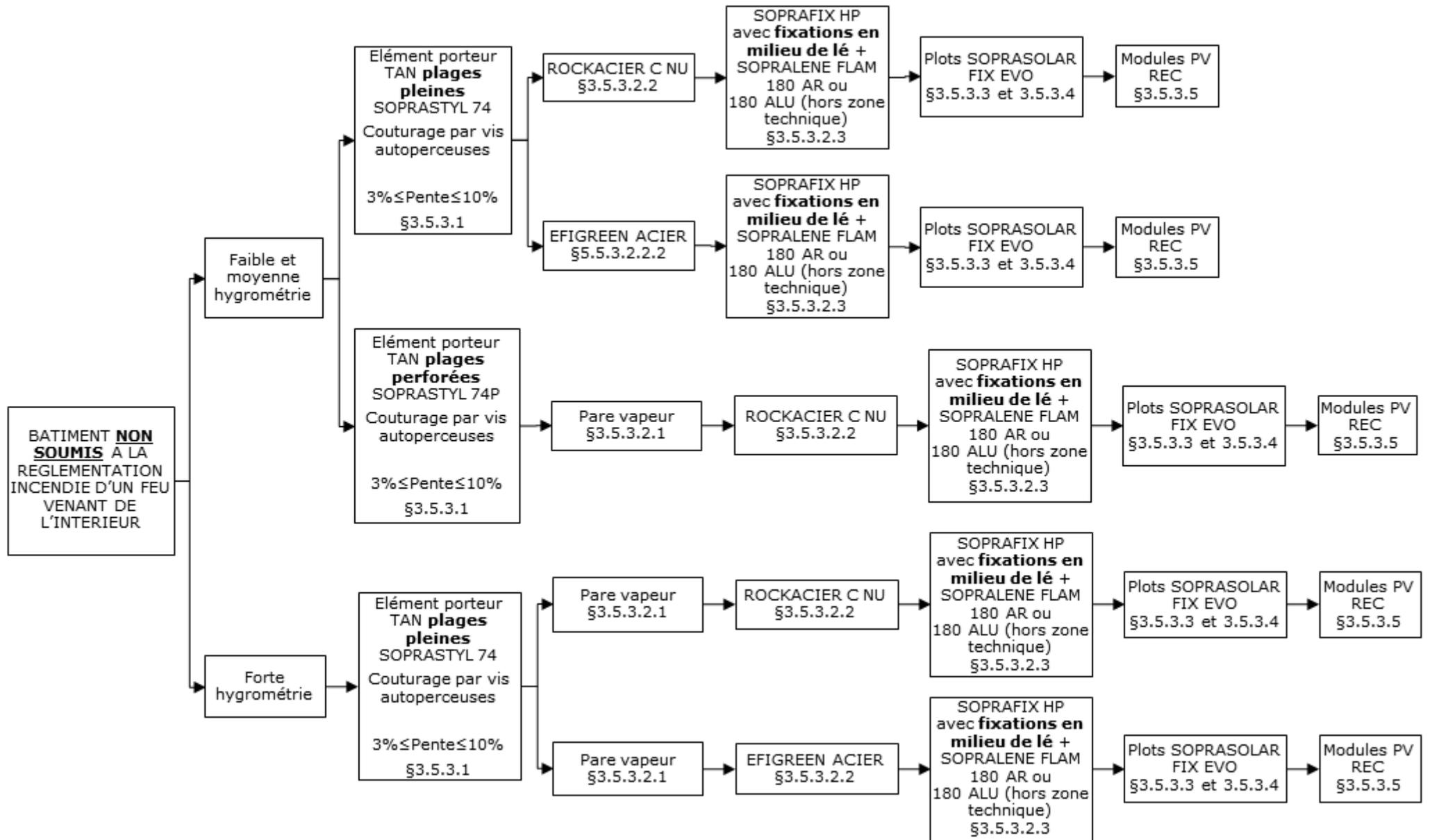
Figure 17 : Calepinage et préparation de la toiture (calepinage densifié)

Annexe 3 : Logigramme de choix de mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN

NOTE IMPORTANTE: La mise en œuvre du pare-vapeur est obligatoire dans le cas de locaux à faible et moyenne hygrométrie avec exigence de perméabilité à l'air sous 4 Pa inférieure à 1,4 (voir tableau 5 en page 34)



NOTE IMPORTANTE: La mise en œuvre du pare-vapeur est obligatoire dans le cas de locaux à faible et moyenne hygrométrie avec exigence de perméabilité à l'air sous 4 Pa inférieure à 1,4 (voir tableau 5 en page 34)



3.5.3 POSE DU PROCÉDÉ

3.5.3.1 Mise en place des profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P

Le choix du revêtement des profils (chapitre 2.3.1) doit être conforme au guide de choix présenté aux tableaux 2-a et 2-b en pages 15 et 16 du présent document, et aux préconisations d'ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION FRANCE dans les cas où l'avis du fabricant est sollicité.

3.5.3.1.1 Détermination des charges de calcul

Charge de montage

Les charges de montage utilisées pour la détermination des portées utiles sont celles de la norme NF DTU 43.3 P1-1.

Charges permanentes

Les charges permanentes comprennent les charges gravitaires dues au complexe d'isolation, du revêtement d'étanchéité, des plots SOPRASOLAR FIX EVO et des panneaux photovoltaïques, mis en œuvre sur les profils SOPRASTYL. 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.

La charge descendante de calcul en situation accidentelle est déterminée conformément aux prescriptions des Règles Neige N 84 (modificatif de février 2009).

Charges ascendantes pour les profils support d'étanchéité

Les valeurs de dépression normale à prendre en compte pour la vérification des profils SOPRASTYL 74 et 74P sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées en zones de rives pour un vent parallèle aux génératrices de la toiture. Des valeurs pré-calculées, obtenues par l'application des règles simplifiées, sont données dans le tableau 5.

Tableau 5 : Valeur de dépression en daN/m² à prendre en compte en vent normal pour la vérification des profilés SOPRASTYL 74 et 74P (selon les règles NV65 modifiées 2009)

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

Les valeurs de dépression normale à prendre en compte pour la vérification des fixations des profils sur la charpente des profils SOPRASTYL 74 et 74P sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées pour la vérification des profils complétées par les zones de rives pour un vent perpendiculaire aux génératrices de la toiture. Des valeurs pré-calculées, pour les zones de rive, obtenues par l'application des règles simplifiées, sont données dans le tableau 6 (ci-après).

Tableau 6 : Valeur de dépression en daN/m² à prendre en compte en vent normal pour la vérification des fixations des profils SOPRASTYL 74 et 74P sur la charpente (selon les règles NV65 modifiées)

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

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 ;
- $f \leq h/2$, avec : f = flèche de la toiture du bâtiment.

3.5.3.1.2 Mise en œuvre des profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74 P

La mise en œuvre des profils est conforme à la norme NF 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 74 ou 74P 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.

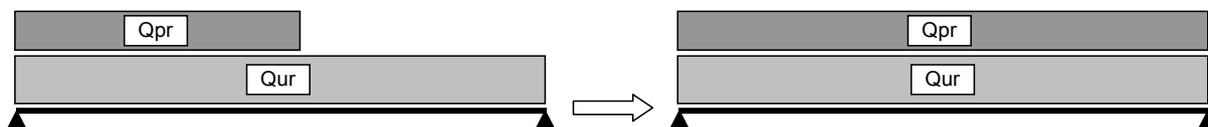
Les vérifications des portées de profil sont à réaliser à l'aide des fiches techniques spécifiques données aux Figures 10 et 11 en pages 35 à 39. Pour les cas non prévus par ces dernières (autres charges, travées inégales, chargements non uniformes, etc), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique d'ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION FRANCE.

Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles de la norme NF 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.

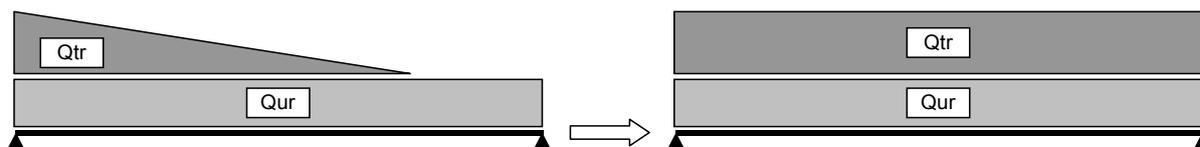
Cas de charge non uniforme

Les vérifications forfaitaires proposées en Figures 20 ci-dessous, en utilisant une charge uniformément répartie équivalente, seront impérativement réalisées par le service technique d'ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION FRANCE.

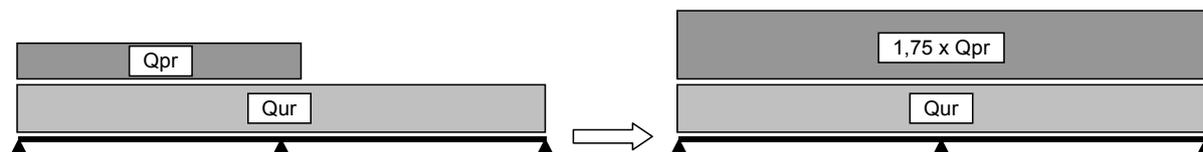
- Pose sur 2 appuis – charge partiellement répartie



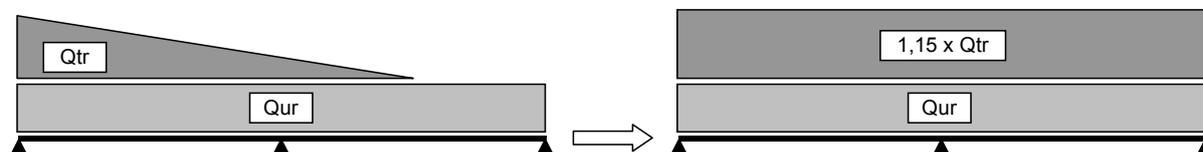
- Pose sur 2 appuis – charge triangulaire



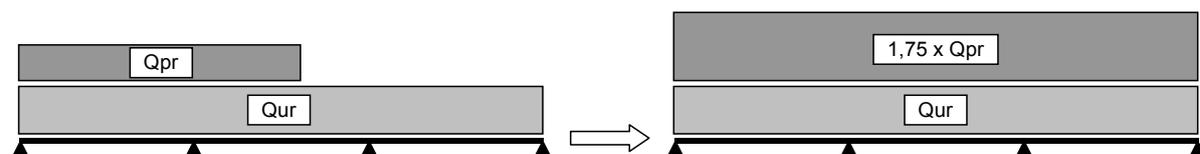
- Pose sur 3 appuis – charge partiellement répartie



- Pose sur 3 appuis – charge triangulaire



- Pose sur 4 appuis et plus – charge partiellement répartie



- Pose sur 4 appuis et plus – charge triangulaire

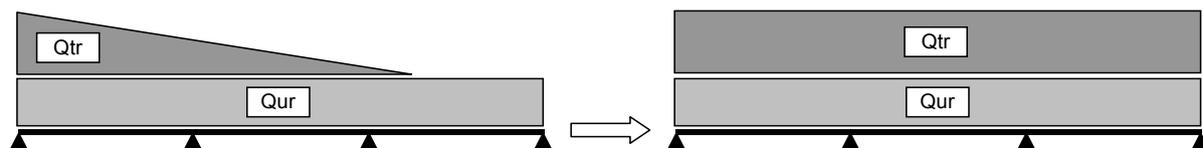


Figure 20 : Guide des charges uniformément réparties équivalentes à prendre en compte pour la vérification des profils SOPRASTYL pour les types de charges non uniformément réparties habituelles.

Cas des travées inégales

Les vérifications forfaitaires proposées ci-après, en utilisant une charge uniformément répartie équivalente, seront impérativement réalisées par le service technique d'ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION FRANCE.

Les vérifications sont réalisées sur le système comportant des travées égales, valant la plus grande portée du système réel. Les charges uniformément réparties retenues pour ces vérifications sont les charges du projet multipliées par les coefficients qui suivent.

- Pose sur 3 appuis

α est le rapport entre la plus petite portée et la plus grande ($0 < \alpha \leq 1$)

- sous l'action des charges descendantes ;
 - charge d'exploitation : $(-3/2) \times \alpha^2 + (3/2) \times \alpha + 1$;
 - charges permanentes : $(-3/2) \times \alpha^2 + (3/2) \times \alpha + 1$;
- sous l'action des charges ascendantes ;
 - charge de dépression : $(-3/2) \times \alpha^2 + (3/2) \times \alpha + 1$;
 - charges permanentes : 1 ;
- Pose sur 4 appuis et plus
 - sous l'action des charges descendantes ;
 - charge d'exploitation : 1,19 ;
 - charges permanentes : 1,19 ;
 - sous l'action des charges ascendantes ;
 - charge de dépression : 1,19 ;
 - charges permanentes : 1.

3.5.3.1.3 Fixation à la structure porteuse

Toutes les nervures des profils SOPRASTYL sont fixées sur chaque appui avec des fixations conformes au chapitre 2.3.1.2.

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

$$1,3 \times L \times (1,75 \times D - (p_{PL} + g + p_{UR})) \leq 2 \times P_k / \gamma_m$$

avec

- L (m) : portée d'utilisation du profil SOPRASTYL ;
- D (daN/m²) : dépression calculé due au vent normal selon les règles NV65 modifiées 2009 en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices de toiture équipée de modules photovoltaïques ou valeur issue du tableau 6 en page 55 ;
- 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 ;
- γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'élément porteur :
 - $\gamma_m = 1,20$ dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm ;
 - $\gamma_m = 1,35$ dans l'élément porteur acier d'épaisseur $\geq 1,5$ 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'ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION FRANCE.

3.5.3.1.4 Couturage des profils

Chaque profilé support d'étanchéité SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au chapitre 2.3.1.3 et un entraxe maximum entre fixation de 75cm 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 50cm (voir NF DTU 43.1 P1-1).

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

3.5.3.1.5 Points singuliers

Les points singuliers, en ce qui concerne les profils SOPRASTYL 74 et 74P, sont conformes à la norme NF DTU 43.3 P1-1.

3.5.3.2 Mise en place du complexe isolant-étanchéité

3.5.3.2.1 Mise en place du pare-vapeur

Le tableau 4 en page 39 s'applique au choix de mise en œuvre de l'écran pare-vapeur.

N'est pas autorisée, la mise en œuvre de bandes auto-adhésives comme solution pare-vapeur.

Locaux à faible et moyenne hygrométrie

La fonction pare-vapeur est assurée par un écran rapporté conforme au chapitre 2.3.2, posé avec un recouvrement de 0,10m directement sur les tôles d'acier nervurées ou sur un premier lit d'isolant dans les conditions du chapitre 3.5.3.2.2 ci-après.

Les écrans voile de verre – aluminium sont déroulés parallèlement aux nervures, face aluminium au-dessus et les recouvrements s'effectuent au droit des plages. Les recouvrements transversaux s'effectuent par pontage par bandes rapportées collées.

Dans le cas de soudage au chalumeau, la compatibilité de la protection en sous-face des tôles d'acier nervurées avec la chaleur apportée par cette technique de mise en œuvre doit être vérifiée.

Les écrans pare-vapeur sont raccordés aux ouvrages particuliers (périphérie, émergence, pénétrations diverses, sauf aux E.E.P. :

- dites « en fond de noue » un jeu de l'ordre de 10mm entre le pare-vapeur et le moignon sera ménagé afin d'éviter toute accumulation d'eau accidentelle dans le complexe isolant
- dites « en déversoir » pour lesquels l'écran pare-vapeur ne sera pas raccordé au talon de costière sur 0,20m parallèlement à la noue et sur une largeur minimale de 0,03m

Locaux à forte hygrométrie

La mise en œuvre d'un dispositif par-vapeur est réalisée par un écran rapporté, posé directement sur les tôles d'acier nervurées, avec un recouvrement de 0,10 m.

Les écrans sont déroulés à sec sur les tôles d'acier nervurées. Ils peuvent également être partiellement collés sur les plages des tôles d'acier nervurées.

Les recouvrements sont liaisonnés par collage, soudage ou pontage.

Dans le cas de soudage au chalumeau, la compatibilité de la protection en sous-face des tôles d'acier nervurées avec la chaleur apportée par cette technique de mise en œuvre doit être vérifiée.

Les écrans voile de verre-aluminium sont déroulés face aluminium au-dessus et les recouvrements pontés par bandes rapportées collées.

Les écrans pare-vapeur sont raccordés aux ouvrages particuliers (périphérie, émergence, pénétrations diverses, sauf aux E.E.P. :

- dites « en fond de noue » un jeu de l'ordre de 10mm entre le pare-vapeur et le moignon sera ménagé afin d'éviter toute accumulation d'eau accidentelle dans le complexe isolant
- dites « en déversoir » pour lesquels l'écran pare-vapeur ne sera pas raccordé au talon de costière sur 0,20m parallèlement à la noue et sur une largeur minimale de 0,03m

Locaux à très forte hygrométrie

L'écran pare vapeur est constitué d'un écran rapporté collé sur un platelage conformément à la norme NF DTU 43.3 P1-1 (norme NF P 84-206-1-1).

Les écrans pare-vapeur sont raccordés aux ouvrages particuliers (périphérie, émergence, pénétrations diverses, sauf aux E.E.P. :

- dites « en fond de noue » un jeu de l'ordre de 10mm entre le pare-vapeur et le moignon sera ménagé afin d'éviter toute accumulation d'eau accidentelle dans le complexe isolant

dites « en déversoir » pour lesquels l'écran pare-vapeur ne sera pas raccordé au talon de costière sur 0,20m parallèlement à la noue et sur une largeur minimale de 0,03m

3.5.3.2 Mise en place de l'isolant

Les épaisseurs des couches isolantes doivent être telles que le point de rosée se situe toujours au-dessus des profils SOPRASTYL 74 ou SOPRASTYL 74P 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 7 en page 60 donne la limite de la charge climatique de neige normale maximale suivant les règles NV65 modifiées admissible par le procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN en fonction des caractéristiques sous charge maintenue à 50°C des panneaux isolants soit :

- 17 kPa pour l'isolant ROCKACIER C NU, pour une épaisseur allant de 60 à 260mm
- 31,5 kPa pour l'isolant EFIGREEN ACIER, d'épaisseur allant de 30 à 200mm, avec ou sans écran thermique FESCO C de 50mm d'épaisseur

Les panneaux isolants sont posés jointifs et en quinconce (cf. figure 21 en page 59), les joints filants de chaque lit sont posés perpendiculairement aux nervures. Les panneaux de chaque lit sont posés à joints décalés (cf. figure 22 en page 60).

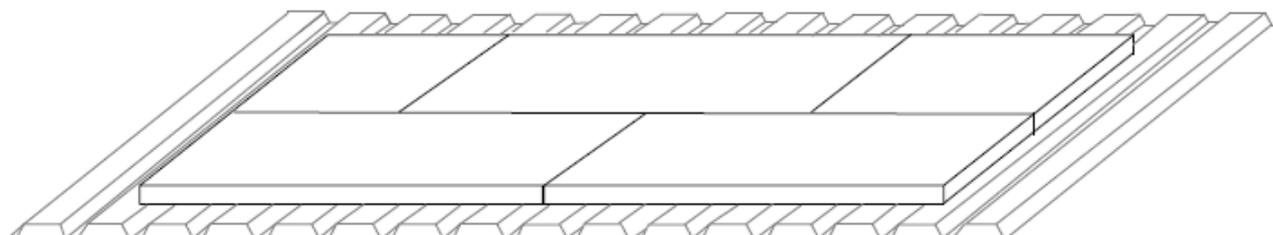


Figure 21 : Illustration de la pose des joints filants des panneaux posés perpendiculairement au TAN

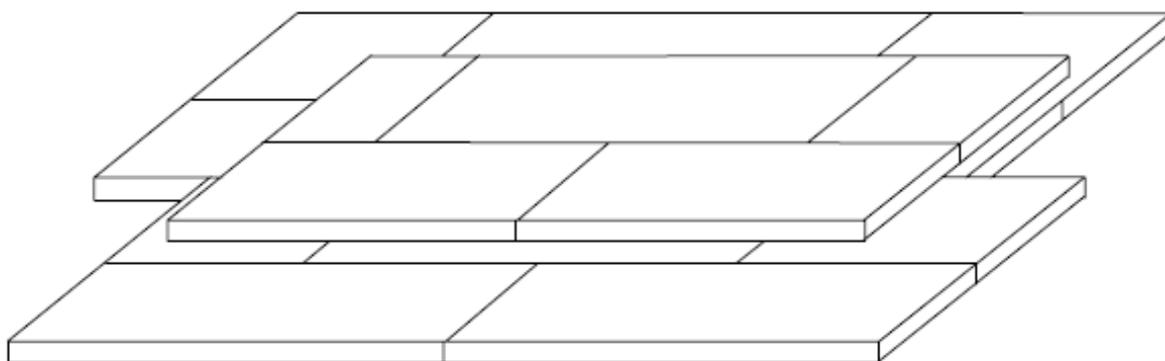


Figure 22 : Illustration de la pose en quinconce des panneaux isolants avec joints décalés de 2 lits

Tableau 7 : Guide de choix pour la vérification des isolants support d'étanchéité

Type d'ISOLANT	Epaisseur d'isolant	Calepinage des plots SOPRASOLAR FIX EVO	Charge climatique de neige normale admissible par le procédé selon NV65 modifiées	
			daN/m ²	Pa
ROCKACIER C NU	60 à 260mm	Standard (cf figure 32 en page 73)	60 daN/m ²	600 Pa
		Densifié (cf figure 33 en page 74)	91 daN/m ²	910 Pa
EFIGREEN ACIER (+ selon cas FESCO C nu)	30 à 200mm (+ 50 mm)	Standard (cf figure 32 en page 73)	119 daN/m ²	1190 Pa
		Densifié (cf figure 33 en page 74)	178 daN/m ²	1780 Pa

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

Les panneaux ROCKACIER C NU sont posés conformément à leur Document Technique d'Application et suivant les préconisations de l'annexe 3 en pages 52 et 53.

- En un lit :
 - d'épaisseur 50 mm ou 55 mm en format 1200mm x 1000mm,
 - d'épaisseur 60 à 160mm en format 1200mm x 1000mm, 2400mm x 600mm, 2400mm x 1200mm.
- Ou en plusieurs lits sur un premier lit de ROCKACIER C NU pour une épaisseur totale maximale de 260mm.

Les panneaux isolants ROCKACIER C NU sont posés jointifs et en quinconce (cf. figure 21 en page 59), les joints filants de chaque lit sont posés perpendiculairement aux nervures. Les panneaux de chaque lit sont posés à joints décalés (cf. figure 22 en page 60).

Les panneaux sont fixés préalablement par au moins :

- 1 attelage de fixation centrale conforme au chapitre 2.3.3.1 par panneau de dimensions 1200mm x 1000mm, 2400mm x 600mm
- 2 attelages de fixation centraux conforme au chapitre 2.3.3.1 par panneau de dimensions 2400 mm x 600 mm

3.5.3.2.2 Cas de l'isolant EFIGREEN ACIER en polyisocyanurate

Les panneaux isolants d'EFIGREEN ACIER sont de dimensions :

- 2500 x 1200 mm ou 1200 x 1000 mm pour les épaisseurs allant de 30 à 100 mm;
- 1200 x 1000 mm pour les épaisseurs allant de 104 à 120mm.

Les panneaux isolants EFIGREEN ACIER sont posés jointifs et en quinconce (cf. figure 21 en page 59), les joints filants de chaque lit sont posés perpendiculairement aux nervures. Les panneaux de chaque lit sont posés à joints décalés (cf. figure 22 en page 60).

Ils s'emploient :

- Uniquement sur TAN pleine SOPRASTYL 74 suivant les préconisations de l'annexe 3 en page 52 et 53.
- Dans les locaux **non soumis** à la réglementation incendie d'un feu venant de l'intérieur du bâtiment
 - en 1 lit : 120 mm. Les panneaux EFIGREEN ACIER sont fixés mécaniquement à l'élément porteur à l'aide d'attelage de fixation métallique conforme aux dispositions du chapitre 2.3.3.1, à raison de :
 - 4 attelages de fixation mécanique conforme au chapitre 2.3.3.1 par panneau de format 1200 mm x 1000 mm (cf. figure 23 en page 62) ;
 - 6 attelages de fixation mécanique conforme au chapitre 2.3.3.1 par panneau de format 2500 mm x 1200 mm (cf. figure 24 en page 62).
 - en 2 lits : 200 mm. Les panneaux du lit inférieur sont fixés mécaniquement à l'aide d'attelage de fixation conforme au chapitre 2.3.3.1 à l'élément porteur à raison d'une fixation centrale par panneau. Les panneaux EFIGREEN ACIER du lit supérieur sont fixés mécaniquement à l'aide d'attelage de fixation conforme aux dispositions du chapitre 2.3.3.1, comme pour un lit unique.
- Dans les locaux **soumis** à la réglementation incendie d'un feu venant de l'intérieur du bâtiment **avec une solution coupe-feu par écran thermique mise en œuvre en toiture**, de classe d'hygrométrie faible à moyenne avec :
 - Lit inférieur : un lit de perlite expansée (fibrée) nue FESCO C d'épaisseur 50mm. Les panneaux de perlite expansée (fibrée) nue sont posés jointifs et en quinconce, à joints alignés perpendiculaires aux nervures des tôles d'acier nervurées. Les attelages de fixation mécanique sont conformes au chapitre 2.3.3.1. Chaque panneau est fixé à l'aide d'attelage de fixation mécanique, à raison d'un attelage central par panneau.
 - Lit intermédiaire éventuel : 1 lit d'EFIGREEN ACIER d'épaisseur totale maximale de 120mm
 - Lit supérieur : 1 lit d'EFIGREEN ACIER d'épaisseur totale maximale de 120mm

L'épaisseur totale maximale de cette solution est de 250 mm.

Dans le cas de la mise en œuvre d'un seul lit d'EFIGREEN ACIER au-dessus des panneaux en perlite expansée fibrée nue FESCO C, les panneaux EFIGREEN ACIER sont fixés mécaniquement à l'élément porteur au travers de l'écran thermique à l'aide d'attelage de fixation conforme aux dispositions du chapitre 2.3.3.1, à raison de :

- 4 attelages de fixation mécanique conforme au chapitre 2.3.3.1 par panneau de format 1200 mm x 1000 mm (cf. figure 23 en page 62) ;
- 6 attelages de fixation mécanique conforme au chapitre 2.3.3.1 par panneau de format 2500 mm x 1200 mm (cf. figure 24 en page 62).

Dans le cas de la mise en œuvre de 2 lits d'isolant EFIGREEN ACIER au-dessus des panneaux en perlite expansée (fibrée) nue FESCO C, les panneaux du lit inférieur sont fixés mécaniquement à l'aide d'attelage de fixation conforme au chapitre 2.3.3.1 à l'élément porteur, au travers de l'écran thermique, à raison d'une fixation centrale par panneau. Les panneaux EFIGREEN ACIER du lit supérieur sont fixés mécaniquement à l'élément porteur au travers de l'écran thermique, à l'aide d'attelage de fixation conforme aux dispositions du chapitre 2.3.3.1, comme pour un lit unique.

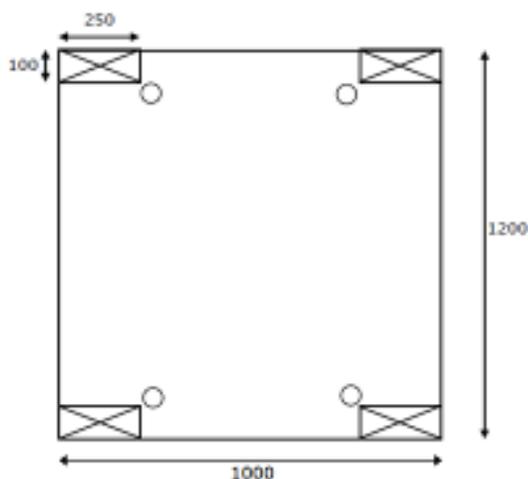


Figure 23 : Fixation préalable des panneaux de dimensions 1 200 × 1 000 mm utilisés comme lit supérieur d'isolation

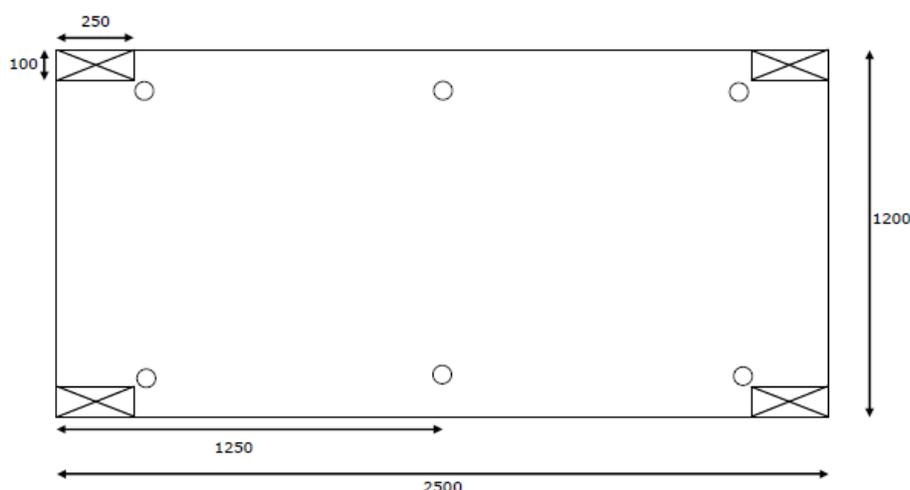


Figure 24 : Fixation préalable des panneaux de dimensions 2 500 × 1 200 utilisés comme lit supérieur d'isolation

Traitement des points singuliers :

Les traitements de points singuliers s'appliquent à la mise en œuvre de l'isolant EFIGREEN ACIER sur les locaux **soumis** à la réglementation incendie d'un feu venant de l'intérieur du bâtiment **avec une solution coupe-feu par écran thermique mise en œuvre en toiture**

Les matériaux utilisés pour le traitement de ces points singuliers sont conformes au chapitre 2.3.3.1 pour la perlite expansée (fibrée) nue FESCO C. Ils sont de même nature que l'écran thermique mis en œuvre en lit inférieur. Pour rappel, seul la mise en œuvre d'un écran thermique en perlite expansée (fibrée) nue FESCO C est autorisée dans le cadre du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN.

Les attelages de fixation utilisés pour le recouvrement ou le calfeutrement au droit des points singuliers sont métalliques et conformes au chapitre 2.3.3.1.

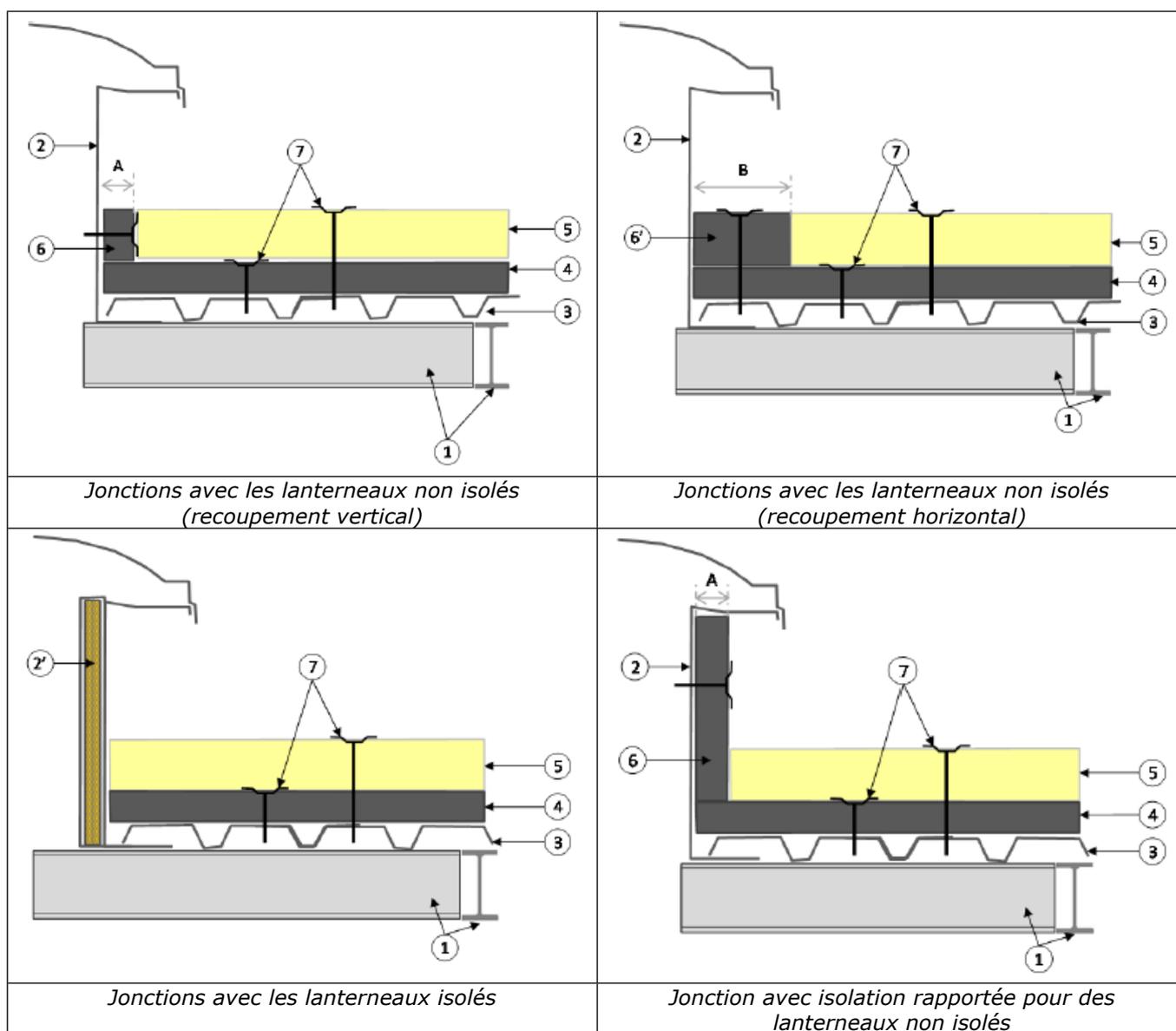
a) Jonctions avec les costières métalliques ou les émergences

Il est nécessaire de recouper au droit des costières (fixé sur la TAN ou sur l'écran thermique) ou des émergences l'EFIGREEN ACIER sur toute son épaisseur par la perlite expansée (fibrée) nue FESCO C. Ce recouvrement, vertical ou horizontal, est fixé à raison de 2 fixations par mètre linéaire suivant les dispositions de la Figure 25 en page 63.

<p><i>Costière posée sur l'écran thermique en perlite non isolée et fixée dans la TAN</i></p>	<p><i>Costière posée et fixée sur la TAN non isolée et recouvrement vertical</i></p>																						
<p><i>Costière posée sur l'écran thermique et fixée dans la TAN, recouvrement vertical et isolation rapportée</i></p>	<p><i>Costière posée et fixée sur la TAN, recouvrement vertical et isolation rapportée</i></p>																						
<p><i>costière posée et fixée sur la TAN, recouvrement horizontal et isolation intégrée</i></p>	<p><i>costière posée sur l'écran thermique et fixée dans la TAN, recouvrement horizontal et isolation intégrée</i></p>																						
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Poutre et poteau porteurs</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Bardage</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Tôle d'Acier Nervuré</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Calfeutrement avec un matériau isolant classé au moins A2,s2,d0 de l'espace compris entre le bardage et la costière Epaisseur au moins égale à celle de l'isolant de partie courante, pouvant aller jusqu'à la couvrtine</td> </tr> <tr> <td>4'</td> <td>Calfeutrement en laine minérale classée au moins A2,s2,d0 de l'espace compris entre le bardage et la costière</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Costière métallique</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Écran thermique de perlite expansée (fibrée) nue à bords droits</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Recouvrement vertical en perlite expansée (fibrée) nue ($A \geq 50$ mm) - Densité de fixation : 2 fix. / mètre linéaire</td> </tr> <tr> <td>7'</td> <td>Recouvrement horizontal en perlite expansée (fibrée) nue ($B \geq 100$ mm) - Densité de fixation : 2 fix. /mètre linéaire</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>EFIGREEN ACIER</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Attelage de fixation mécanique</td> </tr> </tbody> </table>	1	Poutre et poteau porteurs	2	Bardage	3	Tôle d'Acier Nervuré	4	Calfeutrement avec un matériau isolant classé au moins A2,s2,d0 de l'espace compris entre le bardage et la costière Epaisseur au moins égale à celle de l'isolant de partie courante, pouvant aller jusqu'à la couvrtine	4'	Calfeutrement en laine minérale classée au moins A2,s2,d0 de l'espace compris entre le bardage et la costière	5	Costière métallique	6	Écran thermique de perlite expansée (fibrée) nue à bords droits	7	Recouvrement vertical en perlite expansée (fibrée) nue ($A \geq 50$ mm) - Densité de fixation : 2 fix. / mètre linéaire	7'	Recouvrement horizontal en perlite expansée (fibrée) nue ($B \geq 100$ mm) - Densité de fixation : 2 fix. /mètre linéaire	8	EFIGREEN ACIER	9	Attelage de fixation mécanique	
1	Poutre et poteau porteurs																						
2	Bardage																						
3	Tôle d'Acier Nervuré																						
4	Calfeutrement avec un matériau isolant classé au moins A2,s2,d0 de l'espace compris entre le bardage et la costière Epaisseur au moins égale à celle de l'isolant de partie courante, pouvant aller jusqu'à la couvrtine																						
4'	Calfeutrement en laine minérale classée au moins A2,s2,d0 de l'espace compris entre le bardage et la costière																						
5	Costière métallique																						
6	Écran thermique de perlite expansée (fibrée) nue à bords droits																						
7	Recouvrement vertical en perlite expansée (fibrée) nue ($A \geq 50$ mm) - Densité de fixation : 2 fix. / mètre linéaire																						
7'	Recouvrement horizontal en perlite expansée (fibrée) nue ($B \geq 100$ mm) - Densité de fixation : 2 fix. /mètre linéaire																						
8	EFIGREEN ACIER																						
9	Attelage de fixation mécanique																						
<p>Figure 25 : jonction périphérique avec l'isolant EFIGREEN ACIER</p>																							

b) Jonctions avec les lanterneaux ou les exutoires :

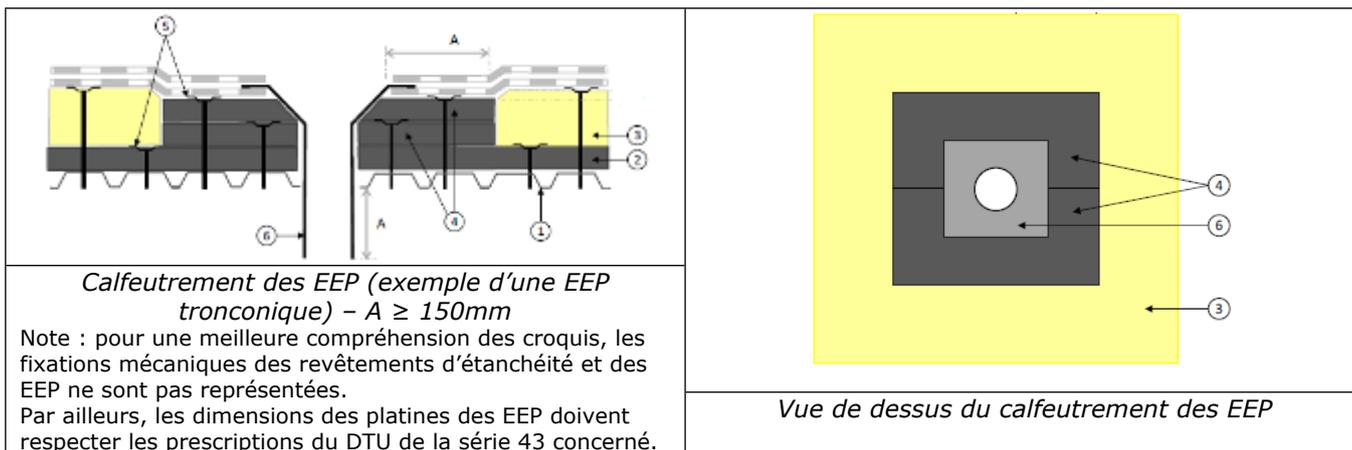
L'FIGREEN ACIER est calfeutré sur toute son épaisseur au droit des lanterneaux ou exutoires suivant les dispositions de la Figure 26 ci-dessous.



1	Ossature porteuse
2	Lanterneau non isolé
2'	Lanterneau isolé
3	Tôle d'Acier Nervuré
4	Écran thermique de perlite expansée (fibrée) nue à bords droits
5	FIGREEN ACIER
6	Recouvrement vertical en perlite expansée (fibrée) nue ($A \geq 50$ mm) - Densité de fixation : 2 fix. / mètre linéaire
6'	Recouvrement horizontal en perlite expansée (fibrée) nue ($B \geq 100$ mm) - Densité de fixation : 2 fix. / mètre linéaire
7	Attelage de fixation mécanique

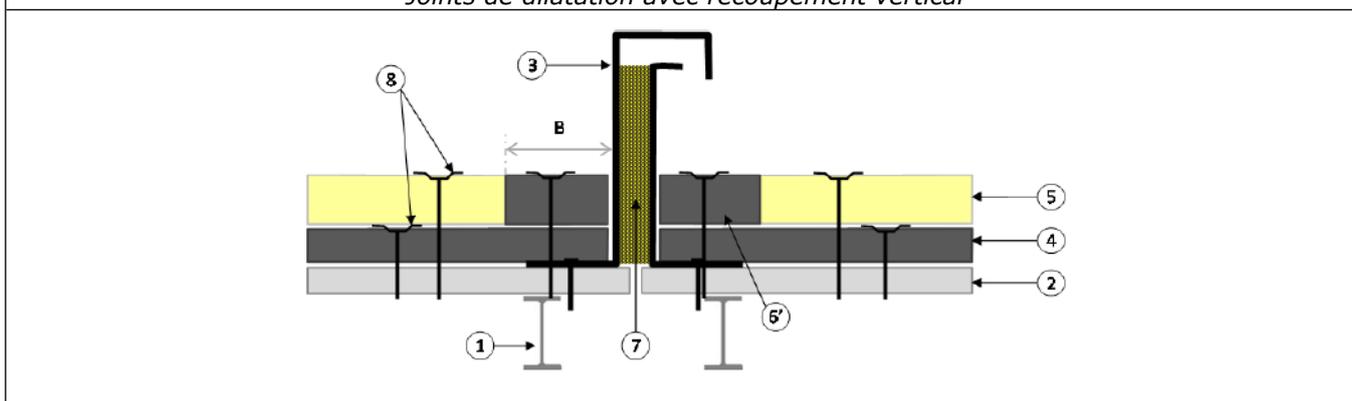
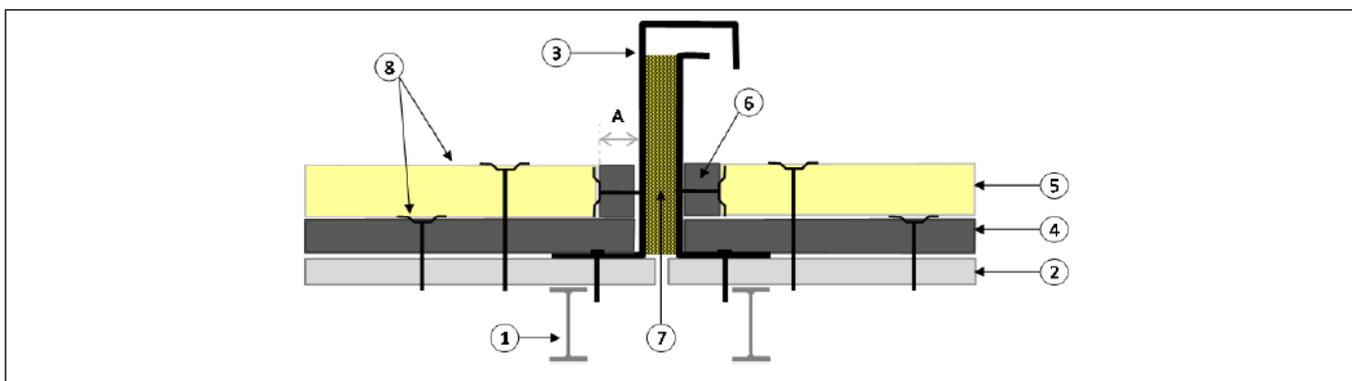
Figure 26 : jonction avec les lanterneaux ou les exutoires avec l'isolant FIGREEN ACIER

c) Jonctions avec les EEP, les joints de dilatation et les traversées de toitures : Figures 27 à 29



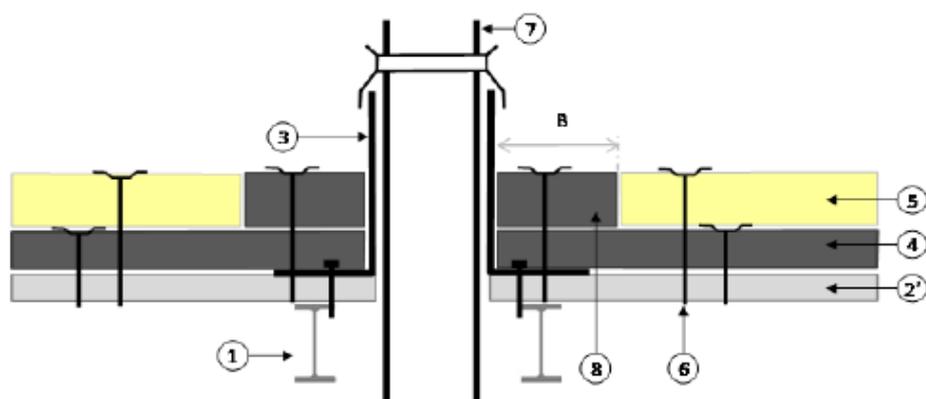
1	Tôle d'Acier Nervuré
2	Écran thermique de perlite expansée (fibrée) nue à bords droits
3	EFIGREEN ACIER
4	Calfeutrement en perlite expansée (fibrée) nue - Densité de fixation : 2 fix. / mètre linéaire
5	Attelage de fixation mécanique
6	EEP

Figure 27 : jonction avec les Evacuations d'Eau Pluviales (EEP) avec l'isolant EFIGREEN ACIER

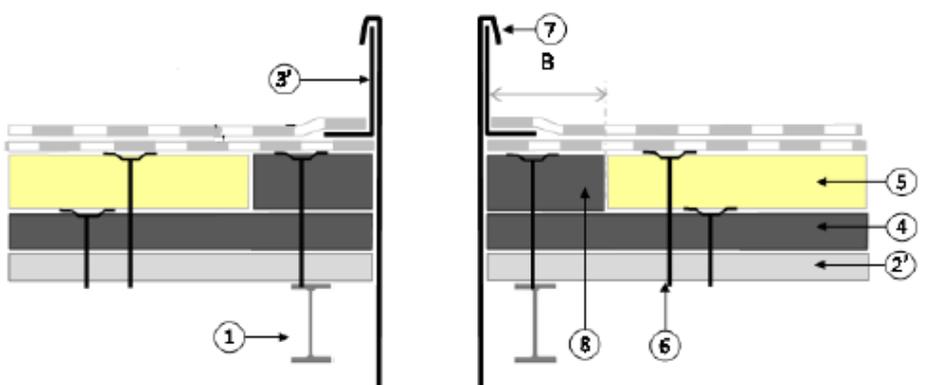


1	Ossature porteuse
2	Tôle d'Acier Nervuré
3	Costière métallique
4	Écran thermique de perlite expansée (fibrée) nue à bords droits
5	EFIGREEN ACIER
6	Recouvrement vertical en perlite expansée (fibrée) nue (A ≥ 50 mm) - Densité de fixation : 2 fix. / mètre linéaire
6'	Recouvrement horizontal en perlite expansée (fibrée) nue (B ≥ 100 mm) - Densité de fixation : 2 fix. / mètre linéaire
7	Isolant classé A2, s2-d0
8	Attelage de fixation mécanique

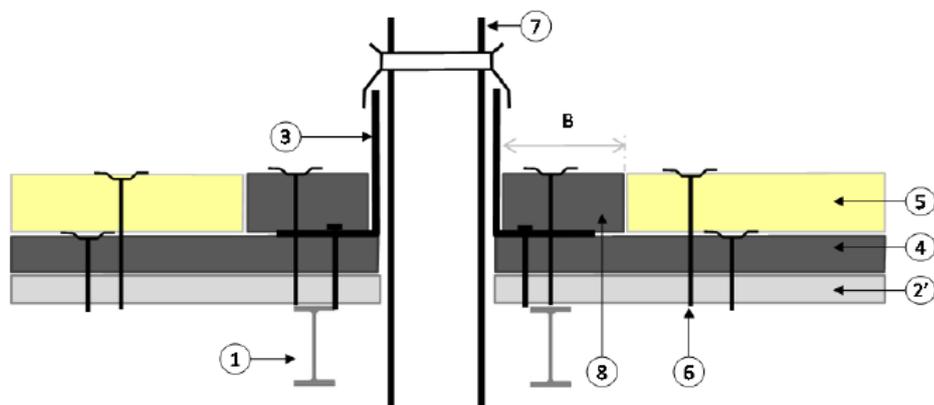
Figure 28 : Traitement des joints de dilatation avec l'isolant EFIGREEN ACIER



Conduits avec costière



Conduits avec fourreau rapporté



Conduits avec costière fixée sur l'écran thermique

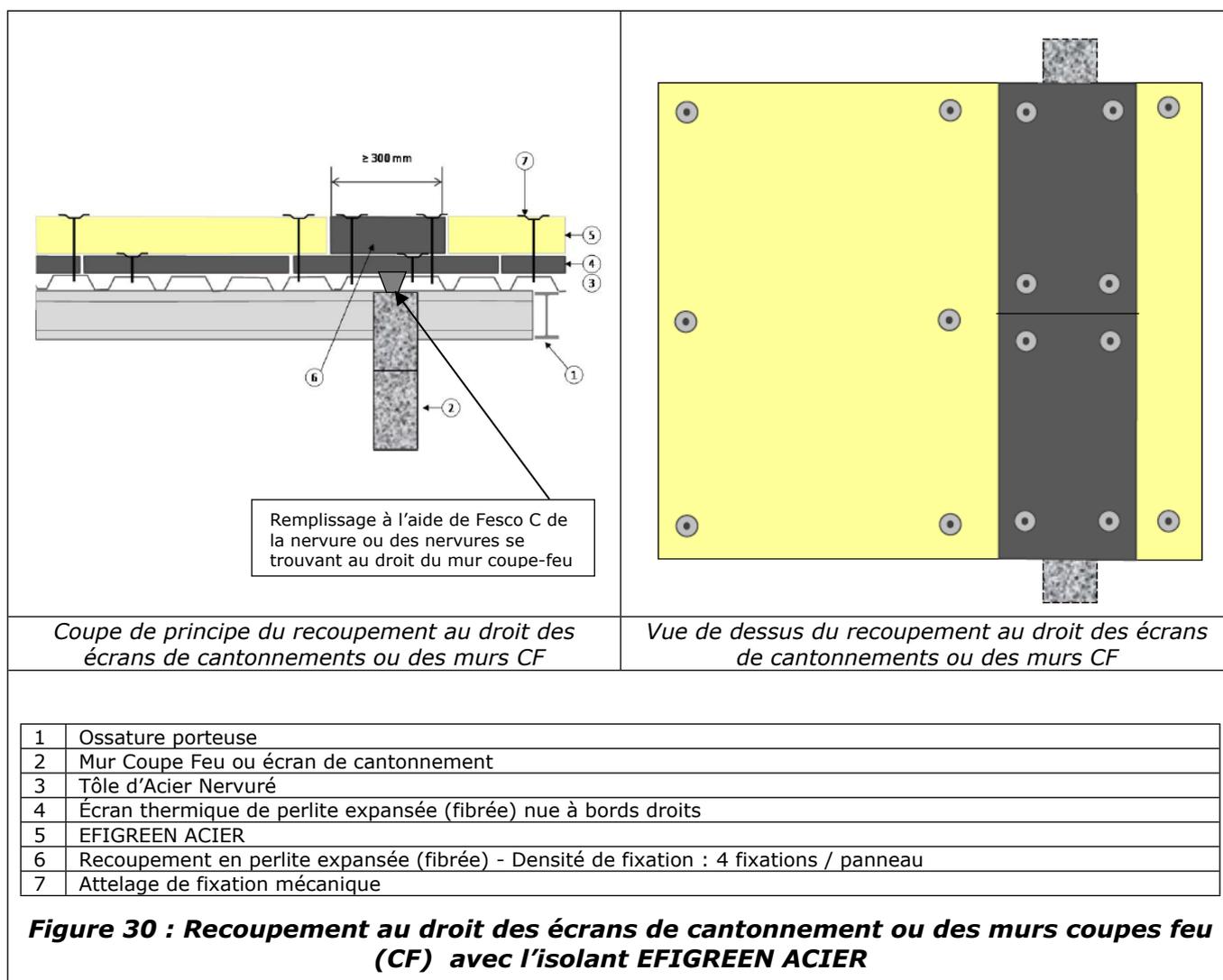
1	Ossature porteuse
2'	Tôle d'Acier Nervuré
3	Costière métallique
4	Écran thermique de perlite expansée (fibrée) nue à bords droits
5	EFIGREEN ACIER
6	Attelage de fixation mécanique
7	Gaine ou conduit
8	Calfeutrement en perlite expansée (fibrée) nue $B \geq 150$ mm. Densité de fixation : 2 fixations / mètre linéaire

Figure 29 : calfeutrement des conduits avec l'isolant EFIGREEN ACIER

d) Recoupement au droit des murs coupe-feu ou des écrans de cantonnement

L'isolant EFIGREEN ACIER est recoupé sur toute son épaisseur par un panneau de perlite expansée (fibrée) nue FESCO C sur une largeur d'au moins 0,30 m, conformément à l'article I-3.2.3 du «Guide d'emploi des isolants combustibles dans les Établissements Recevant du Public ».

Le recoupement en perlite expansée (fibrée) nue FESCO C sera fixé à l'élément porteur à raison de 4 fixations par panneau (Figure 30 ci-dessous).



3.5.3.2.3 Détermination de la résistance thermique utile :

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 (U_p).

Pour ce calcul, il faut prendre en compte notamment la résistance thermique utile des panneaux isolants ROCKACIER C NU ou EFIGREEN ACIER donnée dans leur certificat ACERMI.

Les panneaux isolants et la première couche SOPRAFIX HP du revêtement d'étanchéité étant fixés mécaniquement, les ponts thermiques ponctuels intégrés des fixations mécaniques doivent être pris en compte, conformément au Cahier des Prescriptions Techniques communes « Ponts thermiques intégrés courants des toitures métalliques étanchées » (e-Cahier du CSTB 3688 de janvier 2011), sur la base de :

$$U_p = U_c + \Delta U_{\text{fixation}},$$

avec :

$$\Delta U_{\text{Fixation}} = \frac{\sum \chi_{\text{fixation}}}{A} = \text{densité de fixation (/m}^2\text{)} \times \chi_{\text{fixation}} \quad \text{dans laquelle :}$$

- χ_{fixation} : coefficient ponctuel du pont thermique intégré, en W/K, fixé par le CPT Commun de l'e-Cahier du CSTB 3688 (janvier 2011), en fonction du diamètre des fixations:
 - o χ_{fixation} de \varnothing 4,8 mm = 0,006 W/K
 - o χ_{fixation} de \varnothing 6,3 mm = 0,008 W/K
- A : surface totale de la paroi en m².

Le nombre de fixation par m², outre celle(s) préalable(s), est déterminé dans le présent document technique au chapitre 3.5.3.2.3.

D'une manière générale la résistance thermique de la toiture terrasse est définie aux CCTP des lots concernés par la maîtrise d'œuvre en fonction d'études thermiques spécifiques, conformément à la réglementation thermique en vigueur.

Exemple de calcul thermique avec l'isolant ROCKACIER C NU	
Hypothèse de la construction de la toiture : bâtiment fermé et chauffé, à Orléans (Loiret) (zone climatique H1)	$U_c = \frac{1}{\sum R}$
- toiture plane avec résistances superficielles ($R_{si} + R_{se} = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	0,140 m ² .K/W
- élément porteur TAN pleines d'épaisseur 0,75 mm - 2 lits de panneau Rockacier C Nu de dimension 1 200 x 1 000 mm et d'épaisseur 130 mm chacun - étanchéité bicouche bitumineuse d'épaisseur 5mm	6,52 m ² .K/W
Fixations mécaniques \varnothing 4,8 mm :	
- 1 fixation préalable du panneau isolant ROCKACIER C NU du lit inférieur ($\chi_{\text{fixation}} = 0$), - 1 fixation préalable du panneau isolant ROCKACIER C NU du lit supérieur = 0,8 fixations/m ² , - 10,6 fixations/m ² du revêtement d'étanchéité, d'où un coefficient majorateur :	
$\Delta U_{\text{fixation}} = \text{nombre de fixation du lit inférieur} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit inférieur} + \text{nombre de fixation du lit supérieur} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit supérieur} + \text{nombre de fixation du revêtement d'étanchéité} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du revêtement d'étanchéité,}$	
soit : $\Delta U_{\text{fixation}} = 0,07 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.	
Le coefficient de transmission surfacique global de la toiture : $U_p = U_c + \Delta U_{\text{fixation}} = 0,15 + 0,07 = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Exemple de calcul thermique avec l'isolant EFIGREEN ACIER	
Hypothèse de la construction de la toiture : bâtiment fermé et chauffé, à Orléans (Loiret) (zone climatique H1)	$U_c = \frac{1}{\sum R}$
- toiture plane avec résistances superficielles ($R_{si}+R_{se}=0,14 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$)	0,140 $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$
- élément porteur TAN pleine d'épaisseur 0,75 mm - lit inférieur panneau EFIGREEN ACIER de dimensions 1,2 m x 1,0 m x 120 mm ($R_{UTILE} = 5,20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$) - lit supérieur panneau EFIGREEN ACIER de dimensions 1,2 m x 1,0 m x 120 mm ($R_{UTILE} = 5,20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$) - étanchéité bicouche bitumineuse d'épaisseur 5 mm	10,42 $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$
Fixations mécaniques \varnothing 4,8 mm : - 1 fixation préalable du panneau isolant EFIGREEN ACIER du lit inférieur ($\chi_{\text{fixation}} = 0$), - 4 fixation préalable du panneau isolant EFIGREEN ACIER du lit supérieur = 3,3 fixations/m ² , - 10,6 fixations/m ² du revêtement d'étanchéité, d'où un coefficient majorateur : $\Delta U_{\text{fixation}} = \text{nombre de fixation du lit inférieur} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit inférieur} + \text{nombre de fixation du lit supérieur} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit supérieur} + \text{nombre de fixation du revêtement d'étanchéité} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du revêtement d'étanchéité,}$ soit : $\Delta U_{\text{fixation}} = 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.	
Le coefficient de transmission surfacique global de la toiture : $U_p = U_c + \Delta U_{\text{fixation}} = 0,09 + 0,08 = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	

Exemple de calcul thermique avec l'isolant EFIGREEN ACIER	
Hypothèse de la construction de la toiture : bâtiment fermé et chauffé, à Orléans (Loiret) (zone climatique H1)	$U_c = \frac{1}{\sum R}$
- toiture plane avec résistances superficielles ($R_{si}+R_{se}=0,14 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$)	0,140 $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$
- élément porteur TAN pleine d'épaisseur 0,75 mm - lit inférieur en panneau de perlite expansée (fibrée) nue FESCO C de dimensions 1,2 m x 1,0 m x 50 mm ($R_{UTILE} = 1,00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$) - lit intermédiaire panneau EFIGREEN ACIER de dimensions 1,2 m x 1,0 m x 120 mm ($R_{UTILE} = 5,20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$) - lit supérieur panneau EFIGREEN ACIER de dimensions 1,2 m x 1,0 m x 120 mm ($R_{UTILE} = 5,20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$) - étanchéité bicouche bitumineuse d'épaisseur 5 mm	11,42 $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$
Fixations mécaniques \varnothing 4,8 mm : - 1 fixation préalable du panneau thermique FESCO C ($\chi_{\text{fixation}} = 0$), - 1 fixation préalable du panneau isolant EFIGREEN ACIER du lit intermédiaire ($\chi_{\text{fixation}} = 0$), - 4 fixation préalable du panneau isolant EFIGREEN ACIER du lit supérieur = 3,3 fixations/m ² , - 10,6 fixations/m ² du revêtement d'étanchéité, d'où un coefficient majorateur : $\Delta U_{\text{fixation}} = \text{nombre de fixation du lit inférieur} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit inférieur} + \text{nombre de fixation du lit intermédiaire} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit intermédiaire} + \text{nombre de fixation du lit supérieur} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit supérieur} + \text{nombre de fixation du revêtement d'étanchéité} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du revêtement d'étanchéité,}$ soit : $\Delta U_{\text{fixation}} = 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.	
Le coefficient de transmission surfacique global de la toiture : $U_p = U_c + \Delta U_{\text{fixation}} = 0,09 + 0,08 = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	

3.5.3.2.3 Mise en place du revêtement d'étanchéité

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux descriptions du Document Technique d'Application "Soprafix Bicouche" avec mise en œuvre d'une deuxième couche composée exclusivement d'un revêtement apparent SOPRALENE FLAM 180 AR ou SOPRALENE FLAM 180 ALU.

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 31b en page 71), 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 chapitre 2.3.4.2. Les fixations dites « solides au pas » sont obligatoires pour la mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN.

Les feuilles SOPRAFIX HP sont fixées mécaniquement

- en lisière sous le recouvrement longitudinal (figure 31b en page 71) à raison d'un attelage de fixation mécanique par plage de profils SOPRASTYL 74 ou SOPRASTYL 74 P avec un entraxe entre attelage de fixation de 21cm dans le sens longitudinal de la feuille d'étanchéité. Aucune règle d'adaptation de la densité de fixation n'est autorisée.
- à mi-lé ***systematiquement*** 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 31a ci-dessous, 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 21cm,
 - perpendiculaire au relief ; il faut 3 fixations par lé, indépendamment de celle située dans le recouvrement.

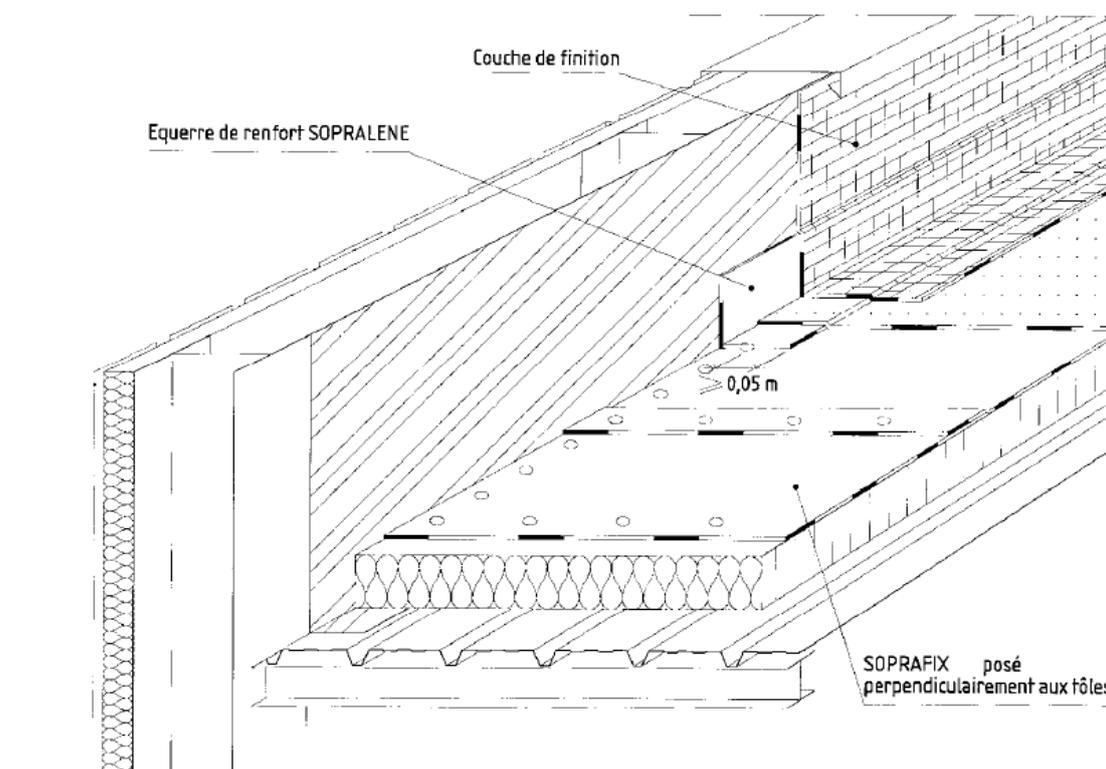
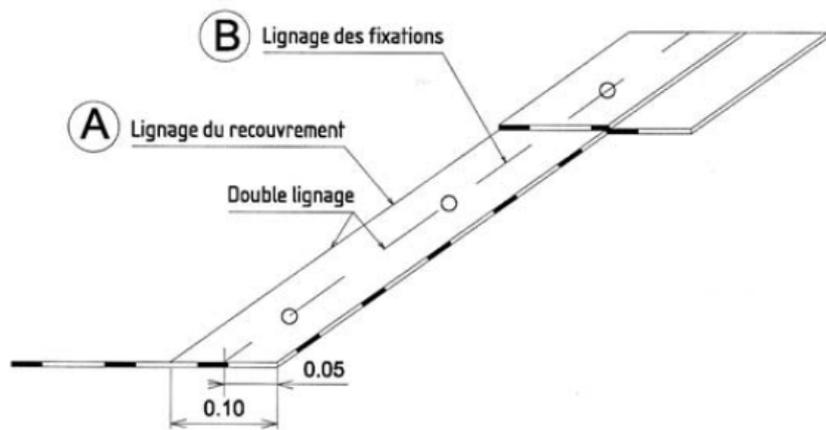
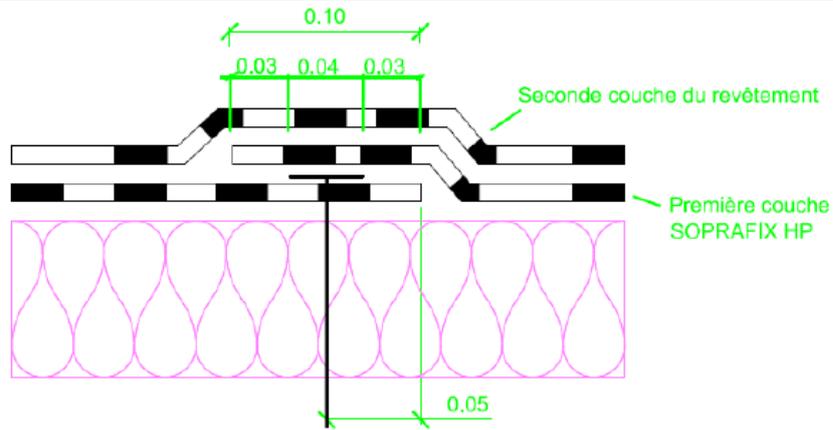


Figure 31 a : Relevés en feuilles bitumineuses



Ligne de fixation complémentaire à mi-lé recouverte par une bande SOPRAFIX HP de 15cm de large

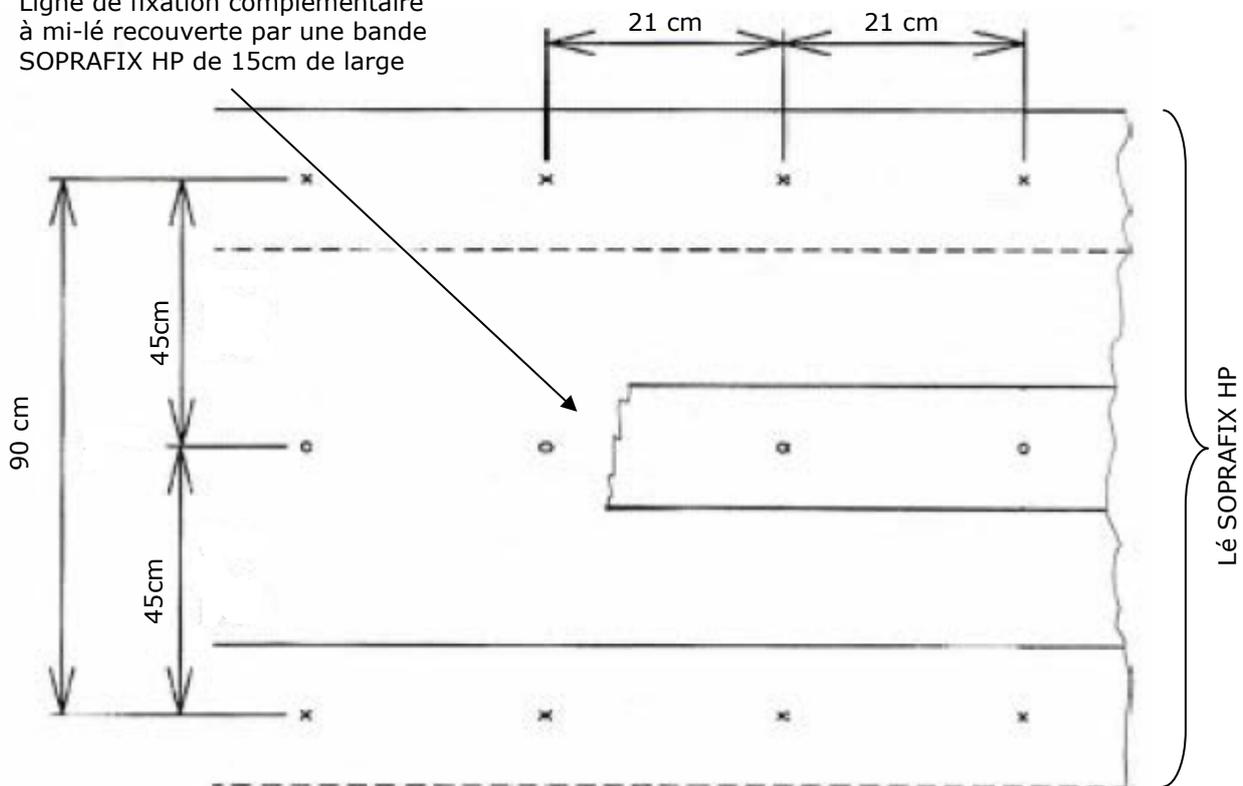


Figure 31b : Mise en œuvre du revêtement d'étanchéité avec première couche SOPRAFIX HP

- Pose de la seconde couche SOPRALENE FLAM 180 AR ou 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 0,20 m : 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 SOPRAPHIX 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 SOPRAPHIX HP soudée sur le pare-vapeur, par exemple),
 - en la soudant sur son support 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.

3.5.3.3 Mise en place des plots SOPRASOLAR FIX EVO

La mise en place des plots SOPRASOLAR FIX EVO doit impérativement être réalisée par l'entreprise ayant en charge la réalisation du lot couverture-étanchéité du projet.

L'axe centrale des plots SOPRASOLAR FIX EVO, positionnés par rapport à des points de références repérés sur la toiture (voir figures 32 et 33 en pages 72 et 73), doivent être disposés à une distance au moins égale à :

- 1 m de la périphérie des toitures et de part et d'autre du fil d'eau ainsi que sur une emprise de 1 m autour des évacuations d'eau pluviales (EEP)
- 0,5 m en périphérie des équipements, des ouvrages émergents et des pénétrations
- 0,25 m des zones à rupture de pente.

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 SOPRASOLAR FIX EVO établi par SOLARDIS. Selon les cas de calepinage des plots (standard ou densifié), les Figures 2bis et 3bis (en pages 21 à 23) répertorient les entraxes entre plots.

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 (voir la Figure 34 et 34 bis ci-après).

Soudage du plastron des plots sur SOPRALENE FLAM 180 AR (finition ardoisée)

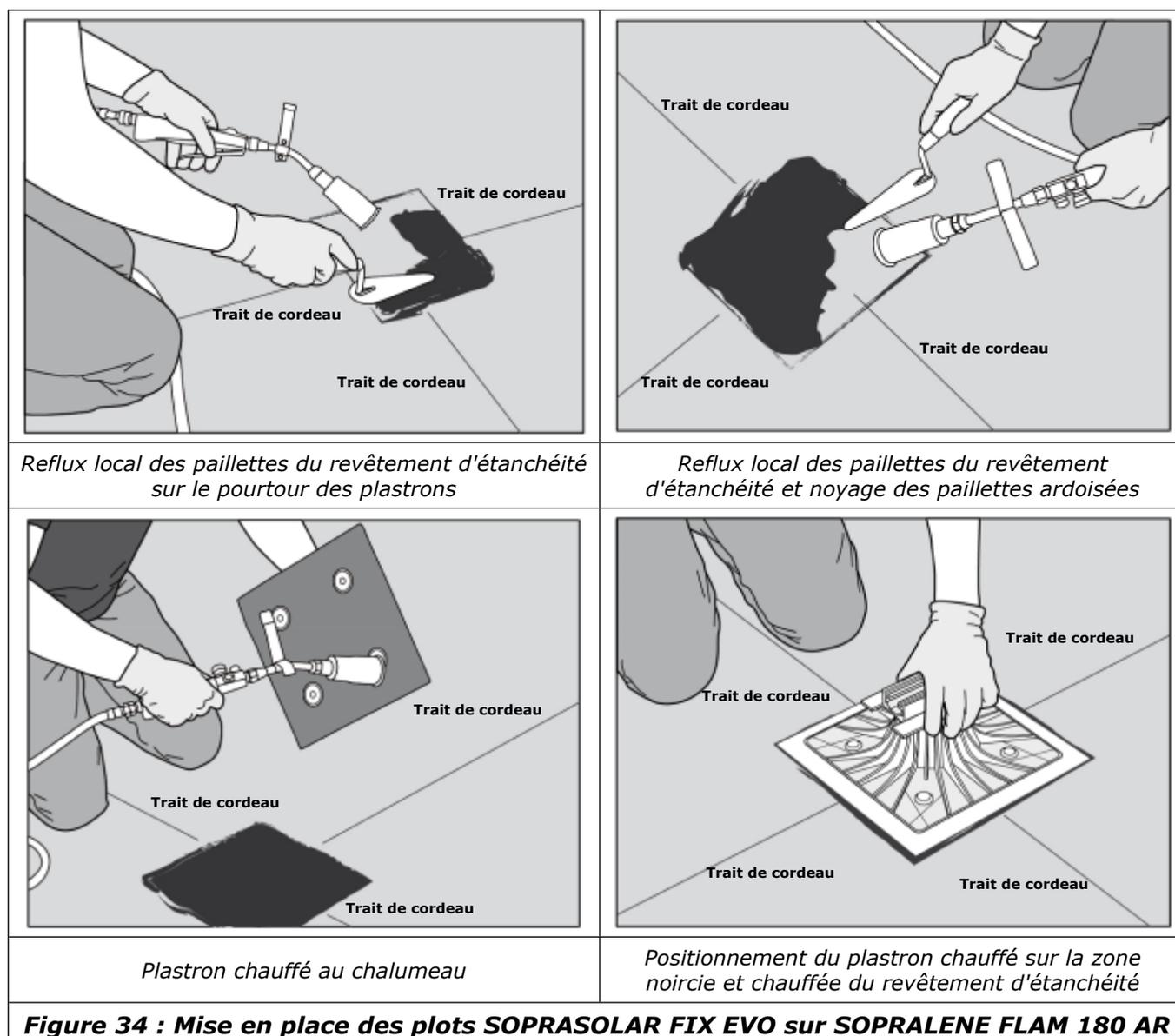


Figure 34 : Mise en place des plots SOPRASOLAR FIX EVO sur SOPRALENE FLAM 180 AR

Une fois les emplacements 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 SOPRALENE FLAM 180 AR 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 et à l'aide d'une spatule pour noyer les paillettes d'ardoises dans le revêtement d'étanchéité.

Le plastron de chaque plot doit alors être soudé en plein sur les zones noircies et chauffées au chalumeau (voir la Figure 34 ci-dessus).

Soudage du plastron des plots sur SOPRALENE FLAM 180 ALU (finition aluminium)



Une fois les emplacements des plots repérés et la feuille d'aluminium découpée à l'aide d'un cutter, il convient de retirer la partie de feuille d'aluminium découpée en la chauffant à l'aide d'un chalumeau et en la décollant totalement à partir d'un 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 (voir la Figure 34 bis ci-avant).

3.5.3.4 Mise en œuvre des caches plots

Chaque plot SOPRASOLAR FIX EVO se trouvant en extrémité de rangées de modules photovoltaïques sera recouvert par un cache plot : pour cela il suffit de venir poser le cache plot sur le plot SOPRASOLAR FIX EVO, la partie rectangulaire supérieure du cache plot devant venir s'insérer sur la forme du rail de la tête du plot SOPRASOLAR FIX EVO (Figure 35 ci-dessous).

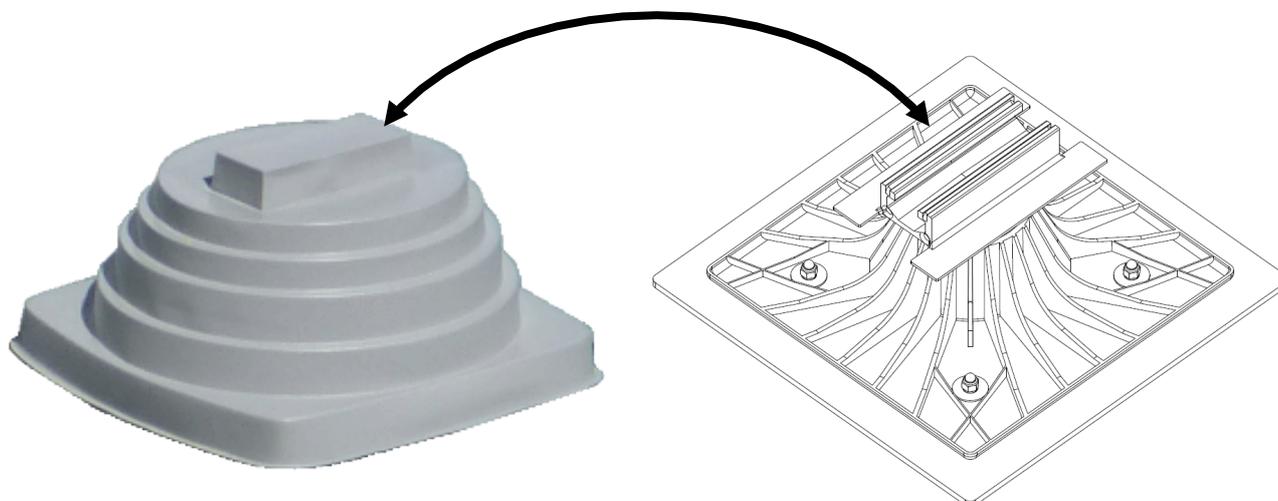
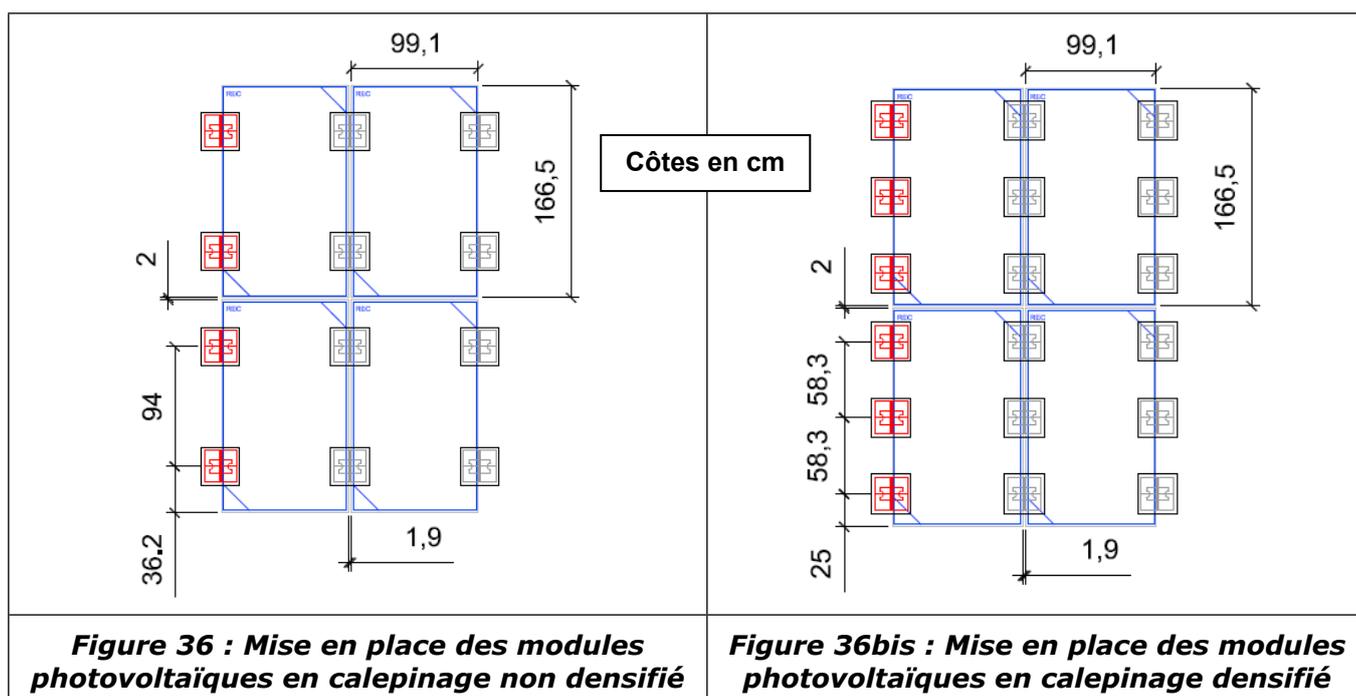


Figure 35 : Mise en œuvre du cache plot

3.5.3.5 Mise en œuvre des modules photovoltaïques

Suite à la mise en place des plots SOPRASOLAR FIX EVO et des caches plots, 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 en respectant les portes à faux définis ci-dessous :



Au besoin régler les plots SOPRASOLAR FIX EVO en hauteur en les dévissant par pas de $\frac{1}{2}$ tour (voir chapitre 2.2.1) de manière à ce que les modules photovoltaïques ne reposent pas sur les plots avec un jeu supérieur à 1,2 mm entre le plan défini par le module photovoltaïque et la zone d'appui du plot.

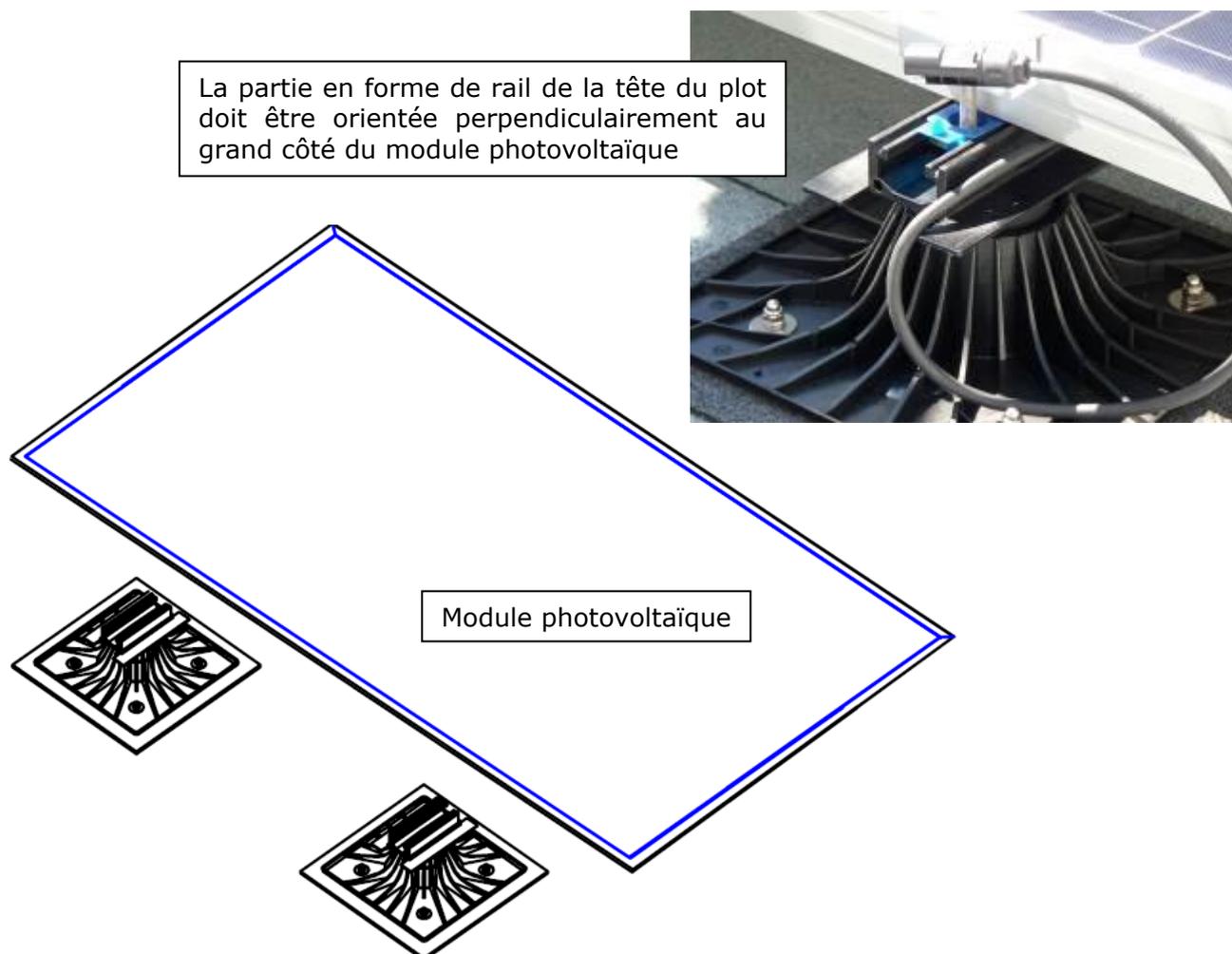


Figure 37 : Orientation de la tête du plot pour la pose du module photovoltaïque

Les modules photovoltaïques sont fixés sur les plots SOPRASOLAR FIX EVO suivant les indications des schémas de la figure 38 en page 79 par l'intermédiaire d'étriers (voir chapitre 2.2.3.1):

- finaux dans le cas de fixation des modules en extrémités de rangées de modules photovoltaïques soit sur les plots SOPRASOLAR FIX EVO protégés par un cache plot,
- intermédiaires dans le cas où ils sont mis en œuvre entre 2 modules photovoltaïques.

Les étriers finaux et intermédiaires se glissent dans la partie en forme de rail du plot SOPRASOLAR FIX EVO (voir figures en page 24 ainsi que les figures 39a et 39b en page 80) et doivent être serrés sur les plots SOPRASOLAR FIX EVO et modules photovoltaïques avec un couple de serrage égal à 14 ± 2 N.m.

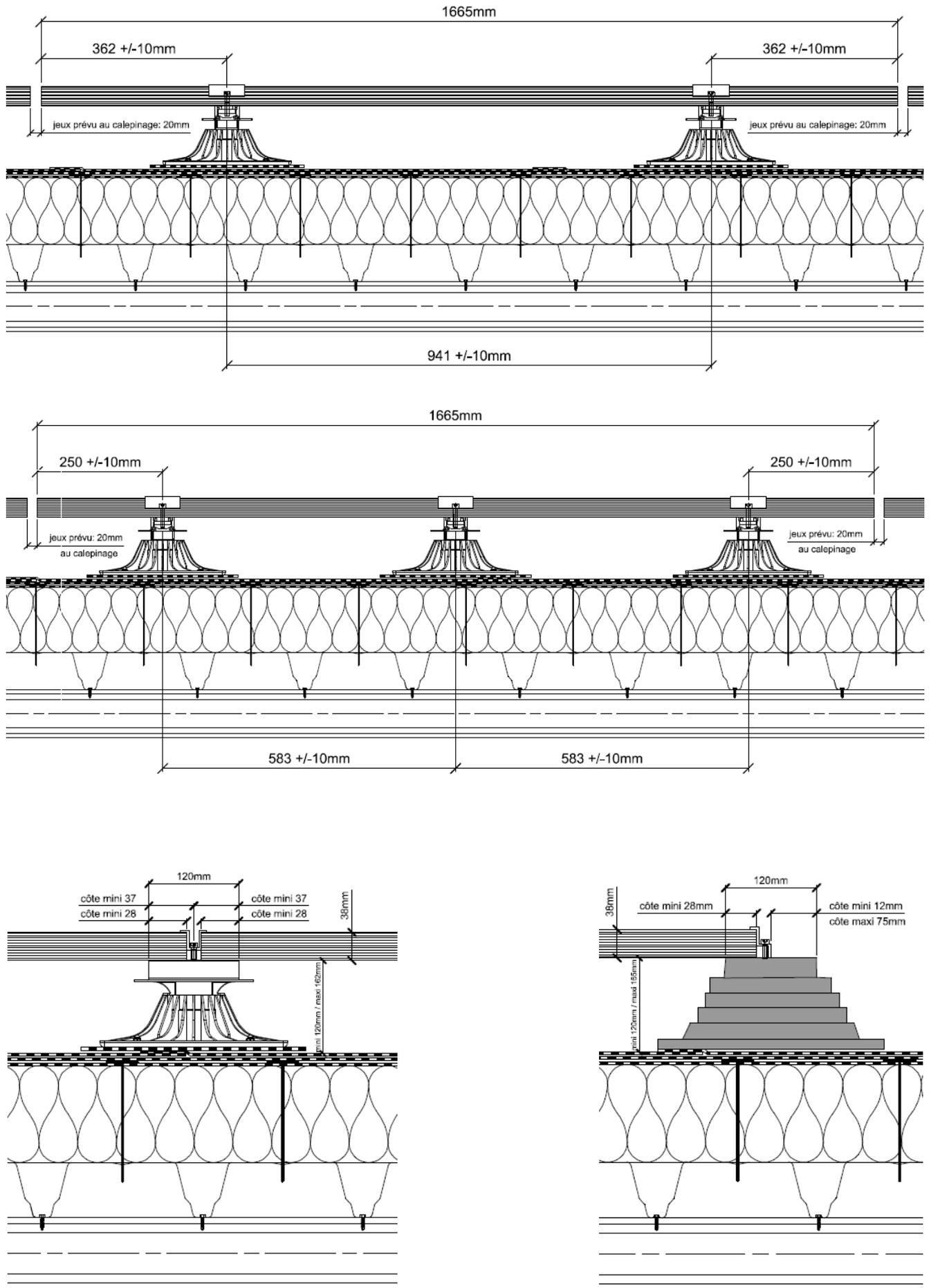


Figure 38 : tolérance de pose des plots SOPRASOLAR FIX EVO et des modules photovoltaïques



Figure 39a : Mise en œuvre de l'étrier final sur le plot SOPRASOLAR FIX EVO couvert par un cache plot



Figure 39b : Mise en œuvre de l'étrier intermédiaire sur le plot SOPRASOLAR FIX EVO sans cache plot



Figure 39c : Mise en œuvre des modules photovoltaïques

4 JUSTIFICATIONS DU PROCÉDÉ ET RÉSULTATS D'EXPÉRIMENTATION

- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques par le laboratoire TÜV Rheinland (rapport d'essais n° 21186923.022).
- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1000 V DC par le laboratoire TÜV Rheinland (rapport d'essais n° 21186925.022).
- Les profils SOPRASTYL 74 et SOPRASTYL 74P ont fait l'objet d'essais pour la détermination de portée, essais de flexion aux charges descendantes et ascendantes (voir rapport SOCOTEC 1509GP021000032 du 19 Novembre 2015)
- L'isolant ROCKACIER C NU a fait l'objet d'un essai de comportement sous charge maintenue à 50°C sur l'épaisseur 160mm en 1 lit (voir rapport CSTB FACET16-26062384-1) et sur les épaisseurs 220mm et 260mm en 2 lits (voir rapport LNE P165240)
- L'isolant ROCKACIER C NU, sur l'épaisseur 60mm, a fait l'objet d'un essai de comportement sous charge maintenue par l'intermédiaire d'un plot SOPRASOLAR FIX EVO centré et excentré au-dessus d'une Ohn de 70mm (rapports n° END/OS/17/1990)
- Essais de résistance à l'arrachement de la soudure du plastron SOPRASOLAR sur le revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR à 23°C selon un protocole de la norme NF P 98-282 "Essais relatifs aux chaussées - Produits d'étanchéité pour ouvrages d'art - Mesure d'adhérence des produits au support - Essai en laboratoire ou insitu à vitesse de traction contrôlée" réalisés par MECASEM (rapport n° OS/14/2230).
- Essais de résistance à l'arrachement de la soudure du plastron SOPRASOLAR sur le revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR à 60°C selon un protocole de la norme NF P 98-282 "Essais relatifs aux chaussées - Produits d'étanchéité pour ouvrages d'art - Mesure d'adhérence des produits au support - Essai en laboratoire ou insitu à vitesse de traction contrôlée" réalisés par MECASEM (rapport n° 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 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 insitu à vitesse de traction contrôlée" réalisés par MECASEM (rapport n° 16-0341-OS-END).
- Essais de résistance à l'arrachement de la soudure du plastron SOPRASOLAR sur le revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 ALU à 60°C selon un protocole de la norme NF P 98-282 "Essais relatifs aux chaussées - Produits d'étanchéité pour ouvrages d'art - Mesure d'adhérence des produits au support - Essai en laboratoire ou insitu à vitesse de traction contrôlée" réalisés par MECASEM (rapport n° 16-0548-OS-END).
- Essais de résistance à neuf en traction et compression réalisés par le CETIM-CERMAT (rapports PV_MAT0000851-1, PV_MAT0006290, PV_MAT0000851-5, PV_MAT0000851-2, PV_MAT0000851-4, PV_MAT0000851-6) et MECASEM (rapport n° OS/14/2214) sur des plots SOPRASOLAR FIX EVO 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 soudés au revêtement SOPRALENE FLAM 180 AR, en traction et compression réalisés par MECASEM (rapport n° OS/14/2214).
- Essais de résistance, après vieillissement accéléré (3000 h à 65°C et 50% HR + phase d'aspersion directe selon la norme NF EN ISO 4892-2) sur les plots SOPRASOLAR FIX EVO, en traction réalisés par le CETIM-CERMAT (rapports PV_MAT0004239_2 et PV_MAT0006239_3).

- Essai d'étanchéité des fixations du plastron sur plot SOPRASOLAR FIX EVO neuf soudé au revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR réalisé par le laboratoire MECASEM (rapport n° 16-0053-OS-END).
- Essai d'étanchéité des fixations du plastron sur plot SOPRASOLAR FIX EVO vieilli soudé au revêtement d'étanchéité SOPRALENE FLAM 180 AR réalisé par le laboratoire MECASEM (rapports n° 16-1759-OS-END-A et n° 16-1759-OS-END-B).
- Le procédé photovoltaïque a été testé en fatigue sous chargement ascendant répété par MECASEM (rapports d'essais n° 16-1592-OS-END-B).
- Essai de résistance à neuf en cisaillement réalisé par MECASEM (rapport n° OS/14/2211indA) sur des plots SOPRASOLAR FIX EVO soudés au revêtement SOPRALENE FLAM 180 AR.
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CEBTP selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent (rapports d'essai d'arrachement en calepinage standard n° BEB1.D.4034-1, rapports d'essai d'arrachement en calepinage densifié n° BEB1.G.4082-1, rapports d'essai en pression en calepinage standard n° BEB1.G.4082-3).
- Le procédé composé d'un bac plein SOPRASTYL 74, d'un lit d'isolant ROCKACIER C NU, d'un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux composé d'une première couche SOPRAFIX HP fixé mécaniquement avec ligne de fixations complémentaires à mi lé et d'une deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR avec plots SOPRASOLAR FIX EVO en calepinage standard et modules PV REC 2xx PE a été testé selon un essai de résistance à l'arrachement sous l'action du vent à échelle réelle par le CSTC (rapport n° CAR 15166-3).
- Le procédé composé d'un bac plein SOPRASTYL 74, d'un lit d'isolant ROCKACIER C NU, d'un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux composé d'une première couche SOPRAFIX HP fixé mécaniquement avec ligne de fixations complémentaires à mi lé et d'une deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR avec plots SOPRASOLAR FIX EVO en calepinage densifié et modules PV REC 2xx PE a été testé selon un essai de résistance à l'arrachement sous l'action du vent à échelle réelle par le CSTC (rapport n° CAR 15166-4).
- Le procédé composé d'un bac perforé SOPRASTYL 74P, d'un lit d'isolant ROCKACIER C NU, d'un revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux composé d'une première couche SOPRAFIX HP fixé mécaniquement avec ligne de fixations complémentaires à mi lé et d'une deuxième couche SOPRALENE FLAM 180 AR avec plots SOPRASOLAR FIX EVO en calepinage standard et modules PV REC 2xx PE a été testé selon un essai de résistance à l'arrachement sous l'action du vent à échelle réelle par le CSTC (rapport n° CAR 15166-3).

5 CONDITIONNEMENT, ÉTIQUETAGE, STOCKAGE

5.1 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les modules « REC xxx PE » sont étiquetés et conditionnés par palettes de 25 dans l'usine REC Modules à Singapour. Chaque palette comporte des renforts d'angles en carton, est recouverte d'un carton de protection et emballée à l'aide d'un film étirable. Les modules photovoltaïques sont séparés les uns des autres grâce à ces coins et des intercalaires réutilisables en PVC. Les palettes sont stockées au centre logistique de Rotterdam pour les envois en Europe.

Chaque palette est accompagnée d'un bordereau de colisage qui répertorie les modules photovoltaïques, leurs caractéristiques électriques et leurs numéros de série. Chaque palette possède son propre code barre ainsi que sa date de création.

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

Le stockage sur chantier s'effectue à l'intérieur des locaux, sinon à l'extérieur en évitant :

- les sols meubles et irréguliers afin de limiter les contraintes mécaniques sur les modules photovoltaïques,
- l'accumulation d'eau et de neige sur les modules photovoltaïques pendant leur stockage.

5.2 SYSTÈME DE MONTAGE

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

- Les plots :

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

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

- Les caches plots

Les caches plots sont prélevés par picking 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 contenues dans le colis.

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

- Les étriers :

Les étriers finaux et intermédiaires sont prélevés par picking 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 contenues dans le colis.

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

5.3 LES AUTRES CONSTITUANTS DU PROCÉDÉ

- Les profilés en tôles d'acier nervurées support d'étanchéité

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 supports 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 74 et SOPRASTYL 74 P 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 chapitre 6.1.2 de la norme NF 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.

- L'isolant :

Les panneaux isolants sont conditionnés en piles, emballés et étiquetés conformément à leur Document Technique d'Application ou Avis Technique en vigueur.

- Les rouleaux de revêtements d'étanchéité et pare-vapeur :

Les feuilles bitumineuses sont conditionnées en rouleaux, emballées et étiquetées conformément au DTA Soprafix bicouche.

6 CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques	
	Module REC xxx PE
Dimensions hors-tout (mm)	1665 × 991 × 38
Dimensions du module sans cadre (mm)	1657 × 983 × 3,2
Surface hors-tout (m²)	1,65
Surface d'entrée (m²)	1,46
Masse (kg)	18
Masse spécifique (kg/m²)	10,9

Le système de montage des modules photovoltaïques repose sur la juxtaposition d'un ensemble de modules photovoltaïques. De ce fait il permet d'obtenir une multitude de champ photovoltaïque.

Caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques	
Calcul de la dimension du champ photovoltaïque (cm) dans le sens de la longueur des modules photovoltaïques	$166,5 \times NbY + 2 \times (NbY-1)$
Calcul de la dimension du champ photovoltaïque (cm) dans le sens de la largeur des modules photovoltaïques	$99,1 \times NbX + 1,9 \times (NbX-1)$
Dimension limite du champ photovoltaïque ⁽¹⁾	si $NbY \leq 7$ alors $NbX_{max} = 20$ ou si $NbY > 7$ alors $NbX_{max} = 9$ ou si $NbX \leq 9$ alors $NbY_{max} = \text{sans limite}$ ⁽¹⁾ ou si $NbX > 9$ alors $NbY_{max} = 7$
Charge en kg au m ² de l'installation	14

⁽¹⁾ voir aussi les dispositions du chapitre 3.5.2 page 47

Avec

- NbY : quantité de modules photovoltaïques juxtaposés dans le sens de leur longueur
- NbX : quantité de modules photovoltaïques juxtaposés dans le sens de leur largeur

7 CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

7.1 CONFORMITÉ À LA NORME NF EN 61215

Les modules cadrés " REC xxx PE " sont certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

7.2 SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

Les modules cadrés " REC xxx PE " sont certifiés conformes à la Classe A de la norme NF EN 61730, et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe II de sécurité électrique.

7.3 PERFORMANCES ÉLECTRIQUES

Les performances électriques suivantes des modules ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC (<i>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</i>). Modules "RECxxxPE"						
P_{mpp} (W)	240	245	250	255	260	265
U_{co} (V)	36,8	37,1	37,4	37,6	37,8	38,1
U_{mpp} (V)	29,7	30,1	30,2	30,5	30,7	30,9
I_{cc} (A)	8,75	8,80	8,86	8,95	9,01	9,08
I_{mpp} (A)	8,17	8,23	8,30	8,42	8,50	8,58
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,40					
αT (U_{co}) [%/K]	-0,27					
αT (I_{cc}) [%/K]	-0,024					
Courant inverse maximum (A)	25					

Avec :

P_{mpp} : Puissance au point de puissance maximum.

U_{co} : Tension en circuit ouvert.

U_{mpp} : Tension nominale au point de puissance maximum.

I_{cc} : Courant de court-circuit.

I_{mpp} : Courant nominal au point de puissance maximum.

αT (P_{mpp}) : Coefficient de température pour la puissance maximum.

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

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

8 FABRICATION ET CONTRÔLES

Date de première mise en fabrication du procédé photovoltaïque : 2013

Capacité de production : 350 000 plots/an soit environ 260 000 m²/an de surface photovoltaïque (environ 38,9 MWc/an sur la base d'un module photovoltaïque d'une puissance de 250 Wc)

8.1 CADRE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés par extrusion d'aluminium selon les plans de la société REC Modules à Singapour.

Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués sur toutes les pièces.

8.2 MODULE PHOTOVOLTAÏQUES

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre s'effectuent sur le site de la société REC Modules à Singapour, usine certifiée ISO 9001 et ISO 14001.

Sur le site de Singapour, 3 usines regroupent toutes les phases de la fabrication du module REC 2xx PE. Les lingots et wafers sont fabriqués dans une partie du site (Usine REC Wafer) ; ils sont ensuite transférés aux lignes de fabrication des cellules (Usine REC Cells) ; les cellules sont transférées aux lignes de fabrication des modules (Usine REC Modules) qui sont mis sur palettes, prêts à partir.

Le processus de qualité inclut :

- des contrôles à la réception,
- des tests au cours et après chaque grande étape de fabrication au sein des 3 départements du site de production (wafers, cellules et modules),
- un flash test de chaque module : la tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de 0 % à + 2 %.

8.3 SYSTÈME DE MONTAGE

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

Lors de la fabrication, des contrôles :

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

Pour le suivi de traçabilité :

- un dateur indiquant année et mois de fabrication est présent sur l'embase et la tête du plot,
- le carton comporte une étiquette comportant la référence et la dénomination du plot ainsi que la date de conditionnement et le numéro d'équipe ayant fabriqué les plots
- Les caches plots sont fabriqués par la société EMAIREL S.A à Bischwiller en France par procédé de thermoformage sur des presses de thermoformage selon les plans validés par la société SOLARDIS.

Lors de la fabrication, des contrôles :

- de conformité matière sont réalisés à chaque réception de lot (certificat de conformité fournisseur),
- visuels sont effectués sur 100% des pièces
- Les étriers finaux et intermédiaires sont réalisés par extrusion d'aluminium selon les plans de la société IPS-Tec GmbH par l'entreprise IPS-Tec GmbH certifiée ISO 9001 : 2008 à Neukirchen.

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 (information fournit au secrétariat du CSTB)

8.4 L'ÉLÉMENT PORTEUR

Les supports SOPRASTYL sont fabriqués par la société ARCELORMITTAL CONSTRUCTION FRANCE, sur son site de production d'Haironville (Meuse) :

- Le contrôle 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 XP P 34-301. Le contrôle des bobines revêtues du ZM EVOLUTION 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.
- 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.

8.5 LES ISOLANTS

L'isolant support d'étanchéité est fabriqué conformément à la description de son Document Technique d'Application.

8.6 LES FEUILLES BITUMINEUSES (PARE VAPEUR ET REVETEMENT D'ÉTANCHEITE)

Le revêtement d'étanchéité est fabriqué par l'entreprise SOPREMA conformément à la description du Document Technique d'Application "Soprafix Bicouche".

9 FORMATION

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

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

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

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

La société SOLARDIS tient à jour une liste d'entreprises agréées par ses soins : cette liste est disponible auprès du service commercial de SOLARDIS.

10 ASSISTANCE TECHNIQUE

10.1 ELÉMENT PORTEUR SOPRASTYL74 ET SOPRASTYL 74P

La société ARCELORMITTAL CONSTRUCTION FRANCE est en mesure d'assurer :

- une assistance technique au niveau des conseils de conception et de dimensionnement des profilés SOPRASTYL 74 et 74P;
- des conseils techniques de mise en œuvre des profilés SOPRASTYL 74 et 74P, mais n'effectue pas elle-même la pose.

10.2 LE COMPLEXE ISOLANT-ETANCHEITE

10.2.1 ROCKACIER C NU

La société Rockwool France apporte une assistance technique sur demande de l'entreprise de pose.

10.2.2 EFIGREEN ACIER

La société SOLARDIS ou la société SOPREMA SAS France apportent une assistance technique sur demande de l'entreprise de pose.

10.2.3 LE REVÊTEMENT D'ÉTANCHÉITÉ SOPRAFIX BICOUCHE

La société SOLARDIS ou la société SOPREMA SAS France apportent une assistance technique sur demande de l'entreprise de pose.

10.3 LE SYSTÈME DE MONTAGE SOPRASOLAR FIX EVO

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

Pour chaque projet, SOLARDIS fournit un plan de calepinage-implantation des plots et des modules photovoltaïques ainsi qu'une note de calcul pour la vérification de la tenue aux sollicitations climatiques du complexe isolant-étanchéité et du système de montage.

11 UTILISATION, ENTRETIEN ET RÉPARATION

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.

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en étanchéité (cf. chapitre 3.2).

L'entretien des toitures est celui décrit par les normes NF P 84-201-1- (DTU 43.1) à NF P 84-208 (DTU 43.5). Dans ce cas de toiture concernée par la production d'électricité, le maître d'ouvrage doit obligatoirement opter pour un contrat d'entretien : au minimum une visite semestrielle et maintenance éventuelle afin de contrôler l'état des modules photovoltaïques, l'état de l'étanchéité et des connexions électriques.. Le contrat d'entretien peut être confié à l'entreprise qui a réalisé l'ouvrage SOPRASOLAR FIX EVO TAN ou toute entreprise agréée par la société SOLARDIS.

11.1 MAINTENANCE DU CHAMP PHOTOVOLTAÏQUE

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, des plots SOPRASOLAR FIX EVO et des caches plots.
- 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.

11.2 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.

11.3 RÉPARABILITÉ

11.3.1 REMPLACEMENT D'UN MODULE

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

- Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en déclenchant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.
- Démonter le module photovoltaïque au niveau des 4 fixations. Il est impératif de prendre soin de bien caler les modules en attente de manutention afin qu'il n'y ait aucun risque de chute.
- Lors du démontage une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débrosés 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.

11.3.2 REMPLACEMENT D'UN PLOT SOPRASOLAR FIX EVO

- Dans la zone concernée, retirer les modules conformément à la description du chapitre 11.3.1. Le plot défectueux SOPRASOLAR FIX EVO doit être arraché de la manière suivante :
 - chauffer le plastron en périphérie,
 - avec une spatule, soulever la partie chauffée du plastron,
 - à l'aide de la flamme du chalumeau, chauffer de nouveau sous plastron et soulever en même temps le plot afin de désolidariser entièrement le plastron du revêtement d'étanchéité apparent.
- Le plot doit être remplacé conformément au présent Dossier Technique, après avoir reconstitué le revêtement d'étanchéité conformément au Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité « Soprafix bicouche ».
- Le montage des modules photovoltaïques sera réalisé conformément au présent Dossier Technique.

11.3.3 REMPLACEMENT DE L'ÉTANCHÉITÉ

- Dans la zone concernée, retirer les modules conformément à la description du chapitre 11.3.1, les plots conformément à la description du chapitre 11.3.2.
- Remettre le revêtement d'étanchéité conformément au Document Technique d'Application Soprafix Bicouche.
- Le montage des plots SOPRASOLAR FIX EVO et des modules photovoltaïques sera réalisé conformément au présent Dossier Technique.

12 RÉFÉRENCES

Le procédé SOPRASOLAR FIX EVO existe depuis décembre 2013.

A ce jour aucune installation n'a été réalisée dans le cadre strict du procédé SOPRASOLAR FIX EVO TAN.