

APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 2871_V2

(annule et remplace la version 2871_V1)

ATEx de cas a

Validité du 6/04/2021 au 30/04/2024



Copyright : Soprasolar® SAS

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. *(extrait de l'art. 24)*

À LA DEMANDE DE :

Société : SOPRASOLAR® SAS
Adresse : 202 Quai de Clichy
92110 Clichy

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Nota : Par rapport à la V1, cette version corrige les tirets en astérisques dans les tableaux pages 36 et 37/59 du présent document.

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé d'étanchéité et de production photovoltaïque Soprasolar® Flex défini dans le Dossier Technique.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 6/04/2021, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- demandeur : Société SOPRASOLAR® SAS
- technique objet de l'expérimentation : SOPRASOLAR® FLEX

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 2871_V1 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE À L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au **30/04/2024**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées aux §5.

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

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant au vent pour les différents systèmes du Dossier Technique :

- En adhérence : les valeurs limites de dépression dépendent du choix du pare-vapeur et du mode de mise en œuvre de l'isolant (cf. Tableau 6 du Dossier technique).
- En semi-indépendance par écran perforé : l'emploi est limité aux cas des travaux de réfection avec des dépressions au vent extrême au plus égales à 2 167 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009.
- En semi-indépendance fixé mécaniquement : les dépressions au vent extrême sont au plus égales à 2 167 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009 et la densité et la répartition des fixations sont calculées selon les dispositions du chapitre 5.2.3.2 du Dossier technique. Les espacements entre fixations selon les conditions simplifiées des Règles V65 modifiées et la prise en compte de la limite en vent extrême sont donnés dans les Tableaux A.1 à B.6 de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes.

1.2 – Sécurité des intervenants

La pose de ce procédé, notamment vis-à-vis de la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur, fait appel aux dispositions habituellement requises pour la mise en œuvre des toitures.

1.2 – Sécurité 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. Aucune performance au feu n'a été déterminée pour le revêtement avec films souples photovoltaïques. *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.

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.

1.4 – Sécurité en cas de séisme

Sans objet.

1.5 – Sécurité électrique

Les modules souples photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W disposent de certificats de conformité aux normes IEC 61215:2016 et IEC 61730:2017 dans la plage de puissances des modules photovoltaïques visés au Dossier Technique (460 à 520 Wc) jusqu'à une tension de 1 000 V DC.

Les conformités aux normes des composants électriques leur correspondant, sont vérifiées :

- Boîte de connexion Amphenol HBTGCNAND selon IEC 62790 (établi dans le rapport d'essais n° E334028-4788895480 de l'UL).
- Câbles Amphenol H1Z2Z2-K selon IEC 50618:2014 (certificat du TÜV Rheinland n° R 50383751).
- Connecteurs Amphenol H4C S&F selon IEC 62852:2015 (certificat du TÜV Rheinland n° R 50388083).

Les connecteurs électriques utilisés, d'un indice de protection IP 68, sont des connecteurs avec système de verrouillage permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques. La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes. La sécurité électrique semble donc avérée.

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

2°) Faisabilité

2.1 – Production

La fabrication des modules souples SOPARSOLAR® CELL W et l'application de la colle en sous-face de ceux-ci s'effectuent sur le site de production du fabricant MIASOLE en Chine. La fabrication suit un système d'assurance de la qualité conforme à la norme ISO 9001 et la constance de fabrication semble assurée.

SOPRASOLAR® SAS procède à un contrôle qualité à réception des modules photovoltaïques selon un plan de contrôle défini qui s'appuie sur le cahier des charges SOPRASOLAR® SAS. Ce plan de contrôle est appliqué par livraison de 60 cartons de modules photovoltaïques. SOPRASOLAR® SAS réalise par ailleurs une fois par an un essai de pelage de la liaison autocollée du module photovoltaïque sur la membrane SOPRASOLAR® CAP primairisée avec du SOPRASOLAR® PRIM.

Dans ces conditions, la constance de fabrication semble assurée.

2.2 – Mise en œuvre :

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

Lors du démarrage du chantier, l'électricien et l'étancheur sont présents. Le collage des modules photovoltaïques, réalisé par l'étancheur, se fait avec la présence de l'électricien qui donne les directives concernant l'aspect électrique (strings de modules, position des chemins de câbles). Il y a donc une forte interaction entre ces deux entreprises lors de la mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR® FLEX.

2.3 – Assistance technique

Pour chaque projet, SOPRASOLAR® SAS fournit un plan de calepinage-implantation des modules photovoltaïques.

Sur demande, la société SOPRASOLAR® SAS propose à tout client une assistance technique sur chantier.

L'entretien des toitures est celui prescrit par les normes DTU série 43 concernées. Dans le cas de toiture concernée par la production d'électricité, le maître d'ouvrage doit obligatoirement opter pour un contrat d'entretien : visite semestrielle afin de contrôler l'étanchéité, l'état des modules photovoltaïques et les connexions électriques, et maintenance éventuelle.

3°) Risques de désordres

Les revêtements d'étanchéité et les modules photovoltaïques souples ont été évalués du point de vue de leur résistance au vent par des essais de caissons. Ces essais ainsi que les dispositions prises au Dossier Technique sur différents supports, laissent présager d'un comportement au vent satisfaisant. Le risque de décollement des modules photovoltaïques à des pressions de vent supérieures à celles du domaine d'emploi, ne peut être exclu du fait de la traction générée sur le module compte tenu de son collage partiel et ouvert en sous-face.

La stabilité de forme lors de variations cycliques de température du complexe d'étanchéité avec le module SOPRASOLAR® CELL W a été testée de façon satisfaisante. Bien que la fonctionnalité électrique des modules n'ait pas été testée, le risque de défaillance électrique peut être considéré comme limité compte tenu des valeurs de stabilité de forme mesurées.

5°) Recommandations

Il est recommandé :

- Étiqueter les modules photovoltaïques souples conformément à leur dénomination dans le présent procédé et attester leur correspondance avec les modules disposant de la certification IEC.
- Fournir le manuel d'utilisation du fabricant des modules photovoltaïques correspondant aux modules du procédé SOPRASOLAR® FLEX ;
- Fournir le registre de contrôle annuel de l'essai de pelage à réception des modules SOPRASOLAR® CELL W par SOPRASOLAR® SAS ;
- Les délais maximaux d'utilisation du module photovoltaïque selon le manuel d'utilisation du fabricant d'une part, et entre la mise en œuvre de l'étanchéité et le collage des modules photovoltaïques (cf. § 5.3.1 du Dossier technique) d'autre part, doivent être respectés ;
- Dans le cas de travaux en réfection, la mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR® FLEX nécessite impérativement un diagnostic favorable au sens du DTU 43.5 portant notamment sur la vérification des conditions définies au § 5.1.5 du Dossier technique et ses sous-chapitres vis-à-vis des supports isolants non porteurs.

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

- La sécurité est assurée,
- La faisabilité est réelle,
- Les risques de désordres sont limités pour les emplois considérés.

Sophia Antipolis, le 22 avril 2021
La Présidente du Comité d'Experts,

Coralie NGUYEN

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société SOPRASOLAR® SAS
202 Quai de Clichy
92110 Clichy

Définition de la technique objet de l'expérimentation : SOPRASOLAR® FLEX

Le procédé SOPRASOLAR® FLEX est un procédé d'étanchéité bitumineux bicouche autoprotégé intégrant des modules photovoltaïques souples SOPRASOLAR® CELL collés sur chantier par auto-adhésivité à l'aide de bandes adhésives disposées de façon partielle et ouverte en sous-face des modules photovoltaïques.

Le procédé est constitué :

- D'une étanchéité bitumineuse bicouche
 - o La première couche en bitume élastomère est :
 - Soit adhérente et soudée au chalumeau : SOPRASOLAR® BASE
 - Soit semi-indépendante par écran perforé : AERISOL FLAM + SOPRASOLAR® BASE
 - Soit semi-indépendante fixée mécaniquement : SOPRAFIX HP ou SOPRAFIX STICK
 - o La seconde couche en bitume élastomère SOPRASOLAR® CAP est soudée en plein sur la première couche.
- D'un primaire d'accrochage SOPRASOLAR® PRIM.
- De modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W - technologie CIGS - de puissance crête comprise entre 460 et 520 Wc, par pas de 10 Wc - collés sur chantier par auto-adhésivité sur la seconde couche d'étanchéité SOPRASOLAR® CAP préalablement primarisée avec le SOPRASOLAR® PRIM.

Éléments constitutifs :

LIANTS BITUMINEUX

- Liant ETF 2 en bitume élastomère SBS
- Liant en bitume élastomérique SEBS anti-UV

MEMBRANES

- Feuilles de première couche

Première couche du complexe adhérent : SOPRASOLAR® BASE.

Première couche du complexe fixé mécaniquement : SOPRAFIX HP ou SOPRAFIX STICK (sur isolant PSE).

- Feuille de seconde couche soudée

La membrane SOPRASOLAR® CAP de chez SOPREMA est une feuille d'étanchéité soudable à base de bitume élastomère (liant ETF 2). Le liant de surface est un liant élastomérique SEBS spécial anti-UV.

FIXATIONS MÉCANIQUES

- Attelages pour la fixation des panneaux isolants.
- Attelages pour la fixation des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK.

PRIMAIRE D'ACCROCHAGE

SOPRASOLAR® PRIM : enduit d'imprégnation à froid à base de bitume élastomère, de solvants aromatiques et de résines. Le mélange est résistant aux UV. Les caractéristiques du produit sont décrites dans le Tableau 10 du Dossier technique.

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES SOPRASOLAR® CELL

La référence de modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL pouvant être mis en œuvre avec le système SOPRASOLAR® FLEX est la référence SOPRASOLAR® CELL W - technologie à base Cuivre, d'Indium, de Gallium et de Sélénium (CIGS). Leur dimension est de (2 583 x 1 292) mm.

Les bandes adhésives en butyle protégées par un film pelable sont appliquées en face arrière des modules SOPRASOLAR® CELL W en usine. Un film pelable permet la mise en œuvre sur chantier.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 2871_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN ŒUVRE

Ce document comporte 55 pages.

Procédé de SOPRASOLAR® FLEX

« Dossier technique établi par le demandeur »

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

Datée du 13 04 2021

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 2871_V1.

TABLE DES MATIÈRES

1	DESCRIPTION GÉNÉRALE	9
1.1	IDENTIFICATION DU DEMANDEUR.....	9
1.2	DÉNOMINATION COMMERCIALE DU PROCEDE.....	9
1.3	DESCRIPTION SUCCINCTE.....	9
2	DOMAINE D'EMPLOI	10
2.1	TYPE DE BÂTIMENTS.....	10
2.2	ZONE GÉOGRAPHIQUE	10
2.3	PENTE.....	10
2.4	ÉLÉMENTS PORTEURS ET SUPPORTS D'ÉTANCHÉITÉ	10
2.5	CHARGES CLIMATIQUES.....	10
3	DESCRIPTION ET ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS	11
3.1	PRINCIPE.....	11
3.2	MATÉRIAUX	11
3.2.1	<i>Liants bitumineux.....</i>	<i>11</i>
3.2.1.1	Liant ETF 2 en bitume élastomère SBS	11
3.2.1.2	Liant en bitume élastomérique SEBS anti-UV	11
3.2.2	<i>Membranes.....</i>	<i>11</i>
3.2.2.1	Feuilles de première couche	11
3.2.2.2	Feuille de seconde couche soudée.....	12
3.2.3	<i>Fixations mécaniques.....</i>	<i>12</i>
3.2.3.1	Attelages pour la fixation des panneaux isolants.....	12
3.2.3.2	Attelages pour la fixation des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK.....	12
3.2.4	<i>Primaire d'accrochage</i>	<i>12</i>
3.2.5	<i>Modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL.....</i>	<i>12</i>
3.2.5.1	Boîtes de connexion	13
3.2.5.2	Câbles électriques	13
3.2.5.3	Connecteurs électriques	13
3.2.6	<i>Autres matériaux.....</i>	<i>14</i>
3.2.6.1	Bitume EAC sans bitume oxydé.....	14
3.2.6.2	Enduits d'imprégnation à froid	14
3.2.6.3	Écran de semi-indépendance (sur ancienne étanchéité auto-protégée)	14
3.2.6.4	Matériaux pour relevés en feuilles.....	14
3.2.6.5	Matériaux pour relevés en flashing.....	14
3.2.6.6	Feuilles pare-vapeurs	14
4	DISPOSITIONS DE CONCEPTION.....	15
4.1	GÉNÉRALITÉS.....	15
4.2	IMPLANTATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES SOUPLES SOPRASOLAR® CELL	15
4.3	TRAVAUX NEUFS.....	15
4.4	TRAVAUX DE RÉFECTION.....	15
5	DISPOSITIONS DE MISE EN ŒUVRE.....	16
5.1	PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ÉLÉMENTS PORTEURS ET AUX SUPPORTS	16
5.1.1	<i>Éléments porteurs en tôles d'acier nervurés</i>	<i>16</i>
5.1.2	<i>Éléments porteurs et supports en bois et panneaux à base de bois.....</i>	<i>16</i>
5.1.3	<i>Éléments porteurs et supports en CLT.....</i>	<i>16</i>
5.1.4	<i>Pare-vapeur.....</i>	<i>16</i>
5.1.5	<i>Supports isolants non porteurs.....</i>	<i>16</i>
5.1.5.1	Mise en œuvre de l'isolant.....	16
5.1.5.2	Fixés mécaniquement	17
5.1.5.3	Collés par EAC exempt de bitume oxydé	17

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

5.1.6	Supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité.....	17
5.2	PRESCRIPTIONS DE MISE EN ŒUVRE RELATIVES AUX REVÊTEMENTS.....	18
5.2.1	Mise en œuvre de la couche d'étanchéité inférieure en adhérence.....	18
5.2.2	Mise en œuvre de la couche d'étanchéité inférieure en semi-indépendance.....	18
5.2.3	Mise en œuvre de la couche d'étanchéité inférieure fixé mécaniquement.....	18
5.2.3.1	Dispositions de mise en œuvre de la feuille d'étanchéité inférieure fixée mécaniquement.....	18
5.2.3.2	Densité et répartition des fixations mécaniques pour revêtements fixés mécaniquement.....	19
5.2.3.2.1	Généralités.....	19
5.2.3.2.2	Espacement des fixations.....	20
5.2.3.2.3	Ligne de fixation complémentaire en milieu de lé.....	20
5.2.3.2.4	Fixations mécaniques de référence.....	21
5.2.4	Mise en œuvre de la couche d'étanchéité supérieure.....	21
5.2.5	Mise hors d'eau en fin de journée.....	21
5.3	MISE EN ŒUVRE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES SOPRASOLAR® CELL.....	22
5.3.1	Généralités.....	22
5.3.2	Mise en œuvre du primaire d'accrochage SOPRASOLAR® PRIM.....	22
5.3.3	Collage des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL.....	22
5.3.4	Raccordement électrique des modules photovoltaïques.....	23
5.3.5	Interdictions à respecter lors de la pose des modules photovoltaïques.....	23
5.4	MISE EN ŒUVRE DES CHEMINS DE CÂBLES ET DES SUPPORTS.....	24
5.4.1	Mise en œuvre des chemins de câbles.....	24
5.4.2	Mise en œuvre des supports de chemins de câbles.....	24
5.5	RELEVÉS D'ÉTANCHÉITÉ.....	24
5.6	OUVRAGES PARTICULIERS.....	24
5.6.1	Noues.....	24
5.6.2	Chéneaux et caniveaux.....	25
5.6.3	Évacuations des eaux pluviales, pénétrations.....	25
5.6.4	Joint de dilatation.....	25
5.6.5	Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment.....	25
5.6.6	Chemins de circulation.....	25
6	ENTRETIEN, MAINTENANCE ET RÉPARATION.....	25
6.1	INSTRUCTIONS POUR CIRCULER.....	25
6.2	MAINTENANCE ET ENTRETIEN.....	25
6.3	RÉPARABILITÉ.....	26
7	FABRICATION ET CONTRÔLE.....	27
7.1	LES FEUILLES D'ÉTANCHÉITÉ.....	27
7.2	LES MODULES PV SOPRASOLAR® CELL.....	27
8	FORMATION.....	27
9	ASSISTANCE TECHNIQUE.....	28
10	ETIQUETAGE ET STOCKAGE.....	28
11	RÉFÉRENCES.....	28
12	RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.....	29
13	ANNEXE A : RÈGLES D'ADAPTATION DE LA DENSITÉ DE FIXATIONS.....	30
13.1	DÉFINITIONS.....	30
13.2	RÈGLES D'ADAPTATION EN FONCTION DE L'ÉLÉMENT PORTEUR.....	30
13.3	RÈGLES GÉNÉRALES.....	31
13.4	DÉTERMINATION DE LA VALEUR ADMISSIBLE $W_{ADM_{LIM}}$ DES FIXATIONS.....	31
13.4.1	Généralités.....	31
13.4.2	Règles d'adaptation.....	31
13.5	DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ DE RÉPARTITION DES FIXATIONS.....	31

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

13.6	DÉTERMINATION DE L'ESPACEMENT E ENTRE FIXATIONS	31
14	ANNEXE B : ESPACEMENTS DES FIXATIONS DES SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE.....	33
15	TABLEAUX DU DOSSIER TECHNIQUE	38
16	FIGURES DU DOSSIER TECHNIQUE	47

1 DESCRIPTION GÉNÉRALE

1.1 IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société : SOPRASOLAR®

Raison sociale : SOPRASOLAR® SAS

Adresse : 202 Quai de Clichy 92110 Clichy

N° SIRET : 503 918 096 00036

Téléphone : 01 46 88 01 80

Fax : 01 46 22 01 89

Adresse WEB : www.soprasolar.com

Email : contact@soprasolar.com

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

- Revêtements d'étanchéité : SOPREMA
Usines : Strasbourg (67), Val-de-Reuil (27), Sorgues (84)
- Modules photovoltaïques : MiaSolé
Usine : Heyuan City (Chine)

1.2 DÉNOMINATION COMMERCIALE DU PROCÉDE

SOPRASOLAR® FLEX

1.3 DESCRIPTION SUCCINCTE

Procédé d'étanchéité bitumineux bicouche intégrant des modules photovoltaïques souples SOPRASOLAR® CELL collés sur chantier par auto-adhésivité

2 DOMAINE D'EMPLOI

2.1 TYPE DE BÂTIMENTS

Le procédé peut être mis en œuvre sur toitures inaccessibles, technique ou à zone technique, en travaux neufs ou de réfection.

Le procédé SOPRASOLAR® FLEX peut être mis en œuvre sur des bâtiments fermés ou ouverts au vent au sens des règles NV65.

2.2 ZONE GÉOGRAPHIQUE

Le procédé peut être mis en œuvre en France métropolitaine en climat de plaine (altitude <900m).

2.3 PENTE

Le procédé s'applique sur toitures planes et cintrées (rayon de courbure est défini par le DTA de l'isolant) avec une pente :

- De 3% à 40 % pour les revêtements semi-indépendants par écran perforé.
- De 3% à 100% pour les revêtements adhérents et semi-indépendants fixés mécaniquement.

Les modules peuvent être installés en mode portrait ou paysage par rapport à la pente de toiture.

2.4 ELÉMENTS PORTEURS ET SUPPORTS D'ÉTANCHÉITÉ

Le procédé est admis sur les éléments porteurs en :

- Tôle d'acier nervurées conformes au DTU 43.3.
- Tôles d'acier nervurées d'ouverture haute de nervure ($Ohn > 70$ mm (et ≤ 200 mm), conformes au Cahier des Prescriptions Techniques communes « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm, dans les départements européens » (e-Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009). Dans ce cas-là :
 - o soit le revêtement d'étanchéité est fixé mécaniquement,
 - o soit l'isolant est en verre cellulaire collé à l'EAC NEO, conformément à son DTA.
- Bois ou panneaux à base de bois conformes au DTU 43.4.
- Panneaux bois à usage structurel (CLT) sous Avis Technique ou DTA.

Les panneaux isolants non porteurs, supports d'étanchéité sont de classe C minimum (les panneaux PSE doivent être de classe C à 60°C et de classe B à 80°C) et leur DTA vise favorablement l'emploi en toitures-terrasses avec procédés d'étanchéité photovoltaïques avec modules souples.

La mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR® FLEX peut également se faire sans panneaux isolants dans le cas des éléments porteurs en bois, panneaux à base de bois ou panneaux bois à usage structurel (CLT) après préparation du support.

Les supports destinés à recevoir l'étanchéité doivent être stables, plans, et doivent présenter une surface propre de tout corps étranger.

2.5 CHARGES CLIMATIQUES

Le domaine d'emploi du procédé sous charges climatiques de vent dépend du mode de mise en œuvre du revêtement d'étanchéité :

- En adhérence : les valeurs limites de dépression dépendent du choix du pare-vapeur et du mode de mise en œuvre de l'isolant (cf. Tableau 6).
- En semi-indépendance par écran perforé : l'emploi est limité aux cas des travaux de réfection avec des dépressions au vent extrême au plus égales à 2 167 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009.

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

- En semi-indépendance fixé mécaniquement : les dépressions au vent extrême sont au plus égales à 2 167 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009 et la densité et la répartition des fixations sont calculées selon les dispositions du chapitre 5.2.3.2. Les espacements entre fixations selon les conditions simplifiées des Règles V65 modifiées et la prise en compte de la limite en vent extrême sont donnés dans les Tableaux A.1 à B.6 de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes.

3 DESCRIPTION ET ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS

3.1 PRINCIPE

Le procédé SOPRASOLAR® FLEX est un procédé d'étanchéité bitumineux bicouche autoprotégé intégrant des modules photovoltaïques souples SOPRASOLAR® CELL collés sur chantier par auto-adhésivité.

Le procédé est composé :

- D'une étanchéité bitumineuse bicouche
 - o La première couche en bitume élastomère est :
 - Soit adhérente et soudée au chalumeau : SOPRASOLAR® BASE
 - Soit semi-indépendante par écran perforé : AERISOL FLAM + SOPRASOLAR® BASE
 - Soit semi-indépendante fixée mécaniquement : SOPRAFIX HP ou SOPRAFIX STICK
 - o La seconde couche en bitume élastomère SOPRASOLAR® CAP est soudée en plein sur la première couche.
- D'un primaire d'accrochage SOPRASOLAR® PRIM.
- De modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W - technologie CIGS - de puissance crête comprise entre 460 et 520 Wc, par pas de 10 Wc - collés sur chantier par auto-adhésivité sur la seconde couche d'étanchéité SOPRASOLAR® CAP préalablement primarisée avec du SOPRASOLAR® PRIM.

Le revêtement d'étanchéité est de classification FIT selon la norme NF 84-354 :

- F5 I5 T4 pour les revêtements adhérents et semi-indépendants par écran perforé.
- I5 pour les revêtements semi-indépendants fixés mécaniquement.

3.2 MATÉRIAUX

3.2.1 LIANTS BITUMINEUX

3.2.1.1 Liant ETF 2 en bitume élastomère SBS

Le liant ETF 2 en bitume élastomère SBS est utilisé pour la fabrication des membranes du procédé SOPRASOLAR® FLEX. Il s'agit du mélange conforme à la Directive UEAtc de 1984, en bitume SBS fillerisé (Cf. DTA « ELASTOPHENE FLAM – SOPRALENE FLAM »).

3.2.1.2 Liant en bitume élastomérique SEBS anti-UV

Le liant en bitume élastomérique SEBS est utilisé pour la fabrication de la membrane SOPRASOLAR® CAP (liant de surface). Il s'agit d'un mélange conforme à la Directive UEAtc de 1984, en bitume SEBS fillerisé. Voir le Tableau 8. Taux de fines : inférieur ou égal à 35 %.

3.2.2 MEMBRANES

3.2.2.1 Feuilles de première couche

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

La membrane d'étanchéité mise en œuvre en tant que première couche du complexe SOPRASOLAR® FLEX est en bitume élastomère (liant ETF 2). Ces feuilles sont conformes au Guide UEAtc version 2001 (e-cahier du CSTB 3542 de janvier 2006).

Première couche du complexe adhérent : SOPRASOLAR® BASE

Première couche du complexe fixé mécaniquement : SOPRAFIX HP ou SOPRAFIX STICK (sur isolant PSE).

La description et les caractéristiques des membranes sont indiquées au Tableau 7.

3.2.2.2 Feuille de seconde couche soudée

La membrane SOPRASOLAR® CAP de chez SOPREMA est une feuille d'étanchéité soudable à base de bitume élastomère (liant ETF 2). Le liant de surface est un liant élastomérique SEBS spécial anti-UV. La description et les caractéristiques de la membrane sont indiquées dans le Tableau 7.

3.2.3 FIXATIONS MÉCANIQUES

3.2.3.1 Attelages pour la fixation des panneaux isolants

Les prescriptions concernant les fixations des panneaux isolants sont décrites au chapitre 5.1.5.2.

3.2.3.2 Attelages pour la fixation des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK

Les attelages sont définis pour un élément porteur et comportent :

- Un élément de liaison à l'élément porteur ;
- Une plaquette de répartition.

Les prescriptions concernant les attelages des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK sont données au chapitre 5.2.3.2 et en Figure 8.

Les attelages font l'objet d'une fiche technique établie par leur fabricant, précisant notamment la valeur de résistance caractéristique P_{kft} de l'attelage.

Les fixations mécaniques de référence (cf. chapitre 5.2.3.2.4) sont commercialisées par la Société LR ETANCO. D'autres références de fixations et/ou de plaquettes métalliques sont admis sous réserve de respecter l'Annexe A : Règles d'adaptation de la densité de fixations.

3.2.4 PRIMAIRE D'ACCROCHAGE

SOPRASOLAR® PRIM : enduit d'imprégnation à froid à base de bitume élastomère, de solvants aromatiques et de résines. Le mélange est résistant aux UV. Les caractéristiques du produit sont décrites dans le Tableau 10.

3.2.5 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES SOPRASOLAR® CELL

La référence de modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL pouvant être mis en œuvre avec le système SOPRASOLAR® FLEX est la référence SOPRASOLAR® CELL W - technologie à base Cuivre, d'Indium, de Galium et de Sélénium (CIGS).

Les bandes adhésives en butyle protégées par un film pelable sont appliquées en face arrière des modules SOPRASOLAR® CELL W en usine. Un film pelable permet la mise en œuvre sur chantier (cf. schémas en Figure 5).

Seule la couche supérieure SOPRASOLAR® CAP est autorisée à être associée avec des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W.

Les modules souples SOPRASOLAR® CELL W sont conformes aux normes IEC 61215-2016 et IEC 61730-2015.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Les caractéristiques techniques et dimensionnelles des modules SOPRASOLAR® CELL W sont données au Tableau 9. Les caractéristiques électriques sont données aux conditions STC (Standard Test Conditions) : éclairage de 1000 W/m², répartition spectrale solaire de référence selon CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25°C).

L'installation photovoltaïque devra faire l'objet d'un contrat de maintenance préventive (nettoyage) comportant au moins 2 visites annuelles (voir chapitre 6.2).

3.2.5.1 Boîtes de connexion

Les modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W sont équipés de boîtes de connexion du fabricant AMPHENOL TECHNOLOGY SHENZHEN. La position de la boîte de connexion est représentée en Figure 5.

Il est collé sur la surface du module et possède les caractéristiques suivantes :

- Boîte de connexion HBTGCNAND,
- Dimensions hors-tout : 79,1 mm x 62,6 mm x 12,8 mm,
- Indice de protection : IP68,
- Protection électrique : Classe 2,
- Tension de système maximum : 1000 V,
- Courant maximal admissible (intensité assignée) : 20 A,
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
- Vérifie les spécifications de la norme IEC 62790 (rapport d'essais n° E334028-4788895480 de l'UL).

3.2.5.2 Câbles électriques

Les modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W sont équipés de câbles électriques du fabricant AMPHENOL. Ces câbles se trouvent en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir §3.2.5.3). Ces câbles électriques ont les caractéristiques suivantes :

- Câbles H1Z2Z2-K,
- Section : 4 mm²,
- Protection électrique : Classe 2,
- Tension de système maximum : 1000 V,
- Plage de température : - 40 °C à + 90 °C.
- Conforme à l'IEC 50618:2014.

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

3.2.5.3 Connecteurs électriques

Les modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W sont équipés de connecteurs préassemblés en usine aux câbles des modules photovoltaïques. Fabriqués par la société AMPHENOL, ces connecteurs sont certifiés par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Connecteurs H4C S&F,
- Indice de protection : IP68,
- Protection électrique : Classe 2,
- Tension de système maximum : 1000 V,
- Courant maximal admissible (intensité assignée) : ≥ 25 A,
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.
- Résistance de contact : 0,3 mΩ
- Conforme à l'IEC 62852:2015.

Sur le module SOPRASOLAR® CELL W, le câble dont la polarité est positive est muni d'un connecteur femelle et celui dont la polarité est négative est muni d'un connecteur mâle.

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

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. Ces connecteurs sont uniquement débrochables au moyen d'un outil spécifique.

3.2.6 AUTRES MATÉRIAUX

3.2.6.1 Bitume EAC sans bitume oxydé

Enduit d'Application à Chaud NEO à base de bitume élastomère modifié SEBS fabriqué par SOPREMA SAS exempt de bitume oxydé définit dans le DTA "Elastophène Flam - Sopralène Flam").

3.2.6.2 Enduits d'imprégnation à froid

Les caractéristiques techniques des références ci-dessous sont reprises dans le DTA "Elastophène Flam - Sopralène Flam".

- SOPRADÈRE
- ÉLASTOCOL 500
- ÉLASTOCOL 350
- AQUADÈRE

3.2.6.3 Écran de semi-indépendance (sur ancienne étanchéité auto-protégée)

L'écran de semi-indépendance est l'AERISOL FLAM : 36 S VV HR, composé d'un film thermofusible sur les deux faces, de 1 mm d'épaisseur, et dont la perforation est définie par la norme DTU 43.1. Les caractéristiques techniques sont reprises dans le DTA "Elastophène Flam - Sopralène Flam".

3.2.6.4 Matériaux pour relevés en feuilles

Les caractéristiques techniques des références ci-dessous sont reprises dans le DTA "Elastophène Flam - Sopralène Flam".

- ÉQUERRE DE RENFORT SOPRALÈNE
- SOPRALAST 50 TV ALU
- CHAPE ATLAS AR
- SOPRASOLIN

3.2.6.5 Matériaux pour relevés en flashing

Les caractéristiques techniques des références ci-dessous sont reprises dans le DTA "Elastophène Flam - Sopralène Flam".

- FLASHING
- VOILE FLASHING
- VOILE de RENFORT, Diluant V, Diluant L.

3.2.6.6 Feuilles pare-vapeurs

Les caractéristiques techniques des références ci-dessous sont reprises dans le DTA "Elastophène Flam - Sopralène Flam".

- ÉLASTOVAP
- ÉLASTOPHÈNE 25
- VAPOBAC
- SOPRALAST 50 TV ALU
- SOPRAVAP STICK S 16
- SOPRAVAP STICK ALU S 16
- ÉQUERRE de RENFORT SOPRALÈNE

4 DISPOSITIONS DE CONCEPTION

4.1 GÉNÉRALITÉS

La mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR® FLEX doit respecter les règles propres aux travaux d'étanchéité, aux éléments porteurs, et panneaux isolants non modifiés par ce document, à savoir :

- DTU 43.3, DTU 43.4.
- DTU 43.5 pour les travaux de réfection.
- Avis Techniques ou DTA des toitures en CLT.
- Le Cahier des Prescriptions Techniques communes « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm, dans les départements européens », (Cahier du CSTB 3537_V2, de janvier 2009).

4.2 IMPLANTATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES SOUPLES SOPRASOLAR® CELL

Le procédé SOPRASOLAR® FLEX se met en œuvre en ménageant des zones non photovoltaïques (cf. Figure 6). Les zones suivantes sont interdites :

- Les noues sur 1,0 m de part et d'autre du fil d'eau et en noues de rives.
- Le pourtour des évacuations pluviales sur une emprise de 1,0 m.
- Les bordures des relevés périphériques, des émergences, des lanterneaux et des reliefs sur une largeur de 0,5 m.
- Les zones à rupture de pente sur une emprise de 0,3 m de part et d'autre du faitage.
- Les zones non planes (joint de dilatation par exemple).
- Les zones susceptibles d'être ombragées même en partie dans la journée doivent être exclues.
- Les chemins d'accès pour permettre de réaliser l'entretien et le nettoyage des modules SOPRASOLAR® CELL.

La surface du champ photovoltaïque devra être inférieure à 300 m² pour se conformer à l'avis de la Commission Centrale de Sécurité de 2013 (CCS) sur la taille du champ photovoltaïque.

4.3 TRAVAUX NEUFS

Le procédé SOPRASOLAR® FLEX peut être mis en œuvre sur toute la toiture ou sur une partie seulement. L'étanchéité de la surface non réalisée avec le procédé SOPRASOLAR® FLEX sera mise en œuvre conformément au DTA ou Avis Technique de l'un des procédés d'étanchéité de la société SOPREMA, visant favorablement l'emploi considéré (DTA « Elastophène Flam - Sopralène Flam » ou DTA « SOPRAPHIX Bicouche »).

4.4 TRAVAUX DE RÉFECTION

Le support doit être rendu apte à supporter la mise en œuvre du nouveau revêtement d'étanchéité support des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL conformément à la norme DTU 43.5 et aux dispositions du chapitre 5.1.6.

5 DISPOSITIONS DE MISE EN ŒUVRE

5.1 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ÉLÉMENTS PORTEURS ET AUX SUPPORTS

5.1.1 ÉLÉMENTS PORTEURS EN TôLES D'ACIER NERVURÉS

Sont admis les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées (pleines, perforées ou crevées) conformes à la norme DTU 43.3 ou bénéficiant d'un DTA particulier visant cet emploi.

Sont également admis les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées conformes au CPT « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm dans les départements européens », (e-Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009).

5.1.2 ÉLÉMENTS PORTEURS ET SUPPORTS EN BOIS ET PANNEAUX À BASE DE BOIS

Sont admis, les éléments porteurs et supports en bois massif et panneaux à base de bois conformes aux prescriptions du DTU 43.4 P1, ainsi que les supports non traditionnels bénéficiant d'un DTA favorable pour l'emploi considéré.

Préparation des supports :

Pour les revêtements et pare-vapeur adhérents soudés sur panneaux à base de bois, la préparation comporte la réalisation de pontages en SOPRALAST 50 TV ALU de 20 cm de largeur, disposés sur les joints de panneaux, la face alu sur le support. L'application d'un EIF (enduit d'imprégnation à froid) est obligatoire dans le cas de panneaux à particules et contreplaqués conformément au DTU 43.4. Dans le cas de panneaux à base de bois sous DTA, la mise en œuvre se fait conformément aux préconisations du DTA du panneau bois.

5.1.3 ÉLÉMENTS PORTEURS ET SUPPORTS EN CLT

Sont admis, les panneaux bois à usage structurel (CLT) bénéficiant d'un Avis Technique visant leur emploi en tant que support d'isolation et d'étanchéité de toiture-terrasse.

5.1.4 PARE-VAPEUR

Le Tableau 5 s'applique pour le choix du pare-vapeur et son principe de mise en œuvre.

Lorsque le relevé est réalisé selon le procédé FLASHING, l'équerre préalable est réalisée en résine bitume polyuréthane ALSAN FLASHING (cf. § 6.4 DTA SOPRAFIX Bicouche).

5.1.5 SUPPORTS ISOLANTS NON PORTEURS

Les panneaux isolants non porteurs, supports d'étanchéité sont de classe C minimum (les panneaux PSE sont admis avec une compressibilité de classe C à 60°C et B à 80°C) et leur DTA vise favorablement l'emploi en toitures-terrasses avec procédés d'étanchéité photovoltaïques avec modules souples. Le choix du panneau isolant doit être compatible avec le type de revêtement d'étanchéité conformément aux indications du Tableau 1, du Tableau 2 et du Tableau 3.

Sur éléments porteurs en bois, panneaux à base de bois ou CLT, la mise en œuvre du complexe d'étanchéité est possible sans isolant selon les dispositions mentionnés dans le Tableau 1, le Tableau 2 et le Tableau 3, en configuration de toiture froide ventilée non isolée.

5.1.5.1 Mise en œuvre de l'isolant

Le Tableau 6 s'applique pour le choix et le mode de fixation des panneaux isolants.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Les procédés d'isolation inversée ne sont pas autorisés dans le cadre de la mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR® FLEX.

La mise en œuvre des isolants est possible en plusieurs lits mais ne doit jamais excéder 3 lits superposés.

Les conditions de mise en œuvre, la densité et la répartition de fixation de l'isolant sont celles prescrites par le DTA de l'isolant concerné.

Sur tôles d'acier nervurées, le joint filant est perpendiculaire aux nervures des tôles.

Les panneaux isolants sont mis en œuvre en quinconce et jointifs suivant l'une des techniques suivantes :

5.1.5.2 Fixés mécaniquement

Les fixations mécaniques des panneaux isolants sont mises en œuvre conformément aux normes DTU série 43, au CPT Commun « Résistance au vent des isolants, supports de systèmes d'étanchéité de toitures » de l'e-Cahier du CSTB 3564, de juin 2006 et aux Documents Techniques d'Application particuliers des isolants.

Les fixations dites « solides au pas » sont obligatoires dans le cas d'isolant dont la résistance à la compression à 10 % est < 100 kPa (selon la norme EN 826).

Lorsque les fixations mécaniques des isolants sont utilisées dans le cas de tôles d'acier nervurées, le DTA des panneaux isolants supports doit viser favorablement cet emploi.

5.1.5.3 Collés par EAC exempt de bitume oxydé

Collés par EAC exempt de bitume oxydé, sous Avis Technique ou défini dans le DTA Elastophène Flam – Sopralène Flam. Ce mode de mise en œuvre se fait uniquement sur isolant verre cellulaire avec une pente maximale de 20%. Le collage du verre cellulaire par EAC exempt de bitume oxydé (confère un classement T2 au lieu de T4) et l'emploi est limité aux dépressions au vent extrême au plus égales à 2 167 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009.

5.1.6 SUPPORTS CONSTITUÉS PAR D'ANCIENS REVÊTEMENTS D'ÉTANCHÉITÉ

Ce sont d'anciennes étanchéités type asphalte, multicouche traditionnel ou à base de bitume modifié, membrane synthétique et qui ont été réalisées sur éléments porteurs bois et panneaux à base de bois ou tôles d'acier nervurées.

Les critères de conservation et de préparation de ces anciennes étanchéités pour être conservées comme support ou comme écran pare-vapeur sont définis dans la norme DTU 43.5.

Les anciens revêtements d'étanchéité en membranes synthétiques doivent recevoir un écran de type VAPOBAC entre l'ancien revêtement d'étanchéité et le nouveau, conformément aux spécifications de la norme DTU 43.5.

Les éléments porteurs en bois, panneaux à base de bois, sont systématiquement vérifiés quant aux valeurs d'ancrage des fixations ($P_{k\text{réel}}$ ou $Q_{\text{réel}}$) envisagées pour la réfection. $P_{k\text{réel}}$ (ou $Q_{\text{réel}}$) s'évalue par mesures in situ conformément à l'annexe 4 du Cahier des Prescriptions Techniques communes « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toiture fixés mécaniquement » (e-Cahier du CSTB 3563, juin 2006).

En réfection, un ancien revêtement d'étanchéité conservé dans le cadre des dispositions prévues au DTU 43.5 ne peut pas servir de support direct pour le collage des modules SOPRASOLAR® CELL. Il y a lieu de refaire un nouveau revêtement d'étanchéité :

- Mis en œuvre directement sur le revêtement existant selon les préconisations du chapitre 5.2 dans le cas où il n'y a pas d'isolant existant, ou dans le cas où l'isolant existant remplit les conditions des alinéas du chapitre 5.1.5 en travaux neufs.
- Soit avec interposition d'un isolant de classe C minimum si l'isolant existant ne remplit pas les conditions des alinéas travaux neufs du chapitre 5.1.5. La mise en œuvre du nouvel isolant

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

peut se faire sur l'ancien isolant ou sur l'ancien revêtement d'étanchéité conservé après diagnostic favorable selon la norme DTU 43.5. Le DTA du nouvel isolant doit valider la mise en œuvre en travaux de réfection.

5.2 PRESCRIPTIONS DE MISE EN ŒUVRE RELATIVES AUX REVÊTEMENTS

Le choix du type de revêtement est opéré en fonction de sa destination, de la nature de son support et peut être mis en œuvre selon l'une des méthodes suivantes :

- En adhérence (soudé en plein au chalumeau)
- En semi-indépendance par écran perforé
- En semi-indépendance par fixations mécaniques

5.2.1 MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE D'ÉTANCHÉITÉ INFÉRIEURE EN ADHÉRENCE

Le choix du type de revêtement est décrit dans le Tableau 1.

La première couche SOPRASOLAR® BASE est soudée en plein sur isolant apte à cet usage, ou soudée sur glacis d'EAC exempt de bitume oxydé refroidi (EAC NEO) sur verre cellulaire.

Les recouvrements sont de minimum 6 cm. Les joints de recouvrements transversaux et longitudinaux seront écrasés à la spatule afin d'éviter les ressauts en surface de la deuxième couche lors du soudage de la membrane SOPRASOLAR® CAP.

5.2.2 MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE D'ÉTANCHÉITÉ INFÉRIEURE EN SEMI-INDÉPENDANCE

Le choix du type de revêtement est décrit dans le Tableau 2.

Le support est préparé avec un EIF, puis l'écran AÉRISOL FLAM est déroulé à sec (le recouvrement est facultatif). L'écran est soudé en plein sur 30 à 50 cm en périphérie des ouvrages et autour des émergences.

La première couche d'étanchéité SOPRASOLAR® BASE est ensuite soudée en plein selon les préconisations du chapitre 5.2.1.

L'emploi d'un écran perforé en semi-indépendance est limité aux dépressions au vent extrême au plus égales à 2 167 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009.

5.2.3 MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE D'ÉTANCHÉITÉ INFÉRIEURE FIXÉ MÉCANIQUEMENT

5.2.3.1 Dispositions de mise en œuvre de la feuille d'étanchéité inférieure fixée mécaniquement

Le choix du type de revêtement est décrit dans le Tableau 3.

Les feuilles SOPRAPHIX HP et SOPRAPHIX STICK (sur isolant PSE) sont décrites au chapitre 3.2.2.1.

Lorsque l'élément porteur est une tôle d'acier nervurée, la feuille SOPRAPHIX est déroulée perpendiculairement aux nervures.

Les fixations (attelages comportant éléments de liaison et plaquettes associées) utilisables sur chaque élément porteur sont décrites au chapitre 3.2.3. Les fixations dites « solides au pas » sont obligatoires dans le cas d'isolant dont la résistance à la compression à 10 % est < 100 kPa (selon la norme EN 826).

Les recouvrements sont soudés de façon homogène et étanche au chalumeau en respectant les spécifications suivantes :

Recouvrements longitudinaux

SOPRAPHIX HP et SOPRAPHIX STICK est fixé mécaniquement en lisière sous le recouvrement longitudinal (Figure 9).

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Pour SOPRAFIX HP, le lignage à 5 cm du bord de la feuille (repère B sur la Figure 9) matérialise l'implantation des fixations. Le recouvrement dépasse d'au moins 3 cm les bords des plaquettes.

Pour SOPRAFIX STICK, les fixations sont implantées à 6 cm du bord de la feuille après avoir retiré le galon siliconé de surface. Le bord des plaquettes se situe à 4 cm de la zone de soudure du joint.

Les feuilles de première couche SOPRAFIX sont déroulées et positionnées à recouvrement longitudinal de :

- 10 cm pour SOPRAFIX HP,
- 12 cm pour SOPRAFIX STICK à galon mixte
 - auto-adhésivité sur 8 cm de large en marouflant soigneusement le galon,
 - soudure à la flamme sur les 4 cm restant.

Un lignage de recouvrement (repère A en Figure 9), tracé sur la feuille, guide le recouvrement.

Recouvrements transversaux

Les recouvrements transversaux sont de :

- 10 cm (cas général),
- 20 cm avec SOPRAFIX STICK sur isolant PSE (10 cm de protection à la flamme + 10 cm soudé).

5.2.3.2 Densité et répartition des fixations mécaniques pour revêtements fixés mécaniquement

5.2.3.2.1 Généralités

Les fixations mécaniques sont mises en œuvre conformément aux normes DTU série 43, au e-Cahier du CSTB 3563 de juin 2006 « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toitures fixés mécaniquement » et aux Documents Techniques d'Application particuliers des isolants.

Dans le cas où la compression à 10 % (NF EN 826) de l'isolant est inférieure à 100 kPa (EN 826), les attelages de fixations mécaniques, élément de liaison et plaquette, doivent être du type « solides au pas » qui empêche, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au-dessus de la plaquette. Afin de réduire les ponts thermiques générés par ce mode de mise en œuvre, privilégier les fixations à rupture de pont thermique.

Les valeurs de P_{kf} sont calculées selon le e-Cahier du CSTB 3563 de juin 2006 « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toitures fixés mécaniquement ».

La densité de fixations est calculée en fonction de la zone et du site de vent par référence :

- aux règles NV 65 modifiées, en vent extrême, pour des bâtiments d'élanement courant respectant les conditions suivantes :
 - $h \leq 2,5 a$,
 - $f \leq h/2$ pour les toitures à versant plan,
 - $f \leq h \times 2/3$ pour les toitures à versant courbe

a = longueur du bâtiment,
h = hauteur du bâtiment,
f = flèche entre le faitage et la noue,
- au e-Cahier du CSTB 3563 « Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement », de la zone et du site de vent (zones 1 à 4) ; site (normal ou exposé) ;
- à la localisation en toiture : parties courantes, rives ou angles (cf. Figure 10).
- à la charge dynamique admissible par fixation, W_{adm} , obtenue pour le système défini dans l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes de référence en fonction sens de pose des modules SOPRASOLAR® CELL :
 - SRA1 : modules photovoltaïques parallèles aux rangées de fixations mécaniques de la première couche d'étanchéité SOPRAFIX HP.

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

- SRA2 : modules photovoltaïques parallèles aux rangées de fixations mécaniques de la première couche d'étanchéité SOPRAFIX STICK.
- SRB1 : modules photovoltaïques perpendiculaires aux rangées de fixations mécaniques de la première couche d'étanchéité SOPRAFIX HP.
- SRB2 : modules photovoltaïques perpendiculaires aux rangées de fixations mécaniques de la première couche d'étanchéité SOPRAFIX STICK.

Lorsque le sens de pose des modules photovoltaïques n'est pas indiqué lors de la consultation, il convient d'utiliser le Wadm le plus faible.

5.2.3.2.2 **Espacement des fixations**

Les Tableaux A.1 à B.6 de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes indiquent la densité de répartitions des fixations des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK en fonction du sens de pose des modules SOPRASOLAR® CELL, de la zone de vent et de la hauteur du bâtiment.

L'intervalle entre fixations ne doit pas être inférieur à 18 cm ($E \geq 18$ cm) ; ceci peut conduire à utiliser des fixations sur rangée intermédiaire, avec la densité de fixations résultant du même calcul (cf. 5.2.3.2.3). L'intervalle entre fixations ne doit pas être supérieur à 37 cm ($E \leq 37$ cm) ce qui correspond à 3 fixations/m².

L'assistance technique SOPRASOLAR® SAS fournit les calculs, pour les cas non repris dans les tableaux d'espacement des fixations.

Pour la répartition des fixations, il y a lieu de distinguer (cf. Figure 10) :

- o les parties courantes, repère 1,
- o les zones de toiture soumises aux actions locales majorées de dépression au vent (cf. règles V 65). Les zones concernées, repères 2 à 5, sont définies dans le tableau de la Figure 10 ;

La Figure 11 donne le principe de la disposition des fixations, basée sur un espacement E à respecter entre fixations d'une même lisière :

- o Epc pour les parties courantes : zone 1,
- o Er pour les rives* (la largeur des rives est calculée sur la base de $L = h/10$ avec $h =$ hauteur du bâtiment et $L_{\text{minimum}} = 2$ m) et pourtour d'édicules (sur 1 m de largeur) : zones 2 et 4,
- o Ea pour les angles (intersections des rives) : zone 3.

Les fixations au pied de tous les relevés (repère 4 et 5 : acrotères, édicules, lanterneaux...) sont situées conformément à la Figure 12, 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 ou SOPRAFIX STICK lorsque le sens longitudinal du lé de SOPRAFIX HP ou SOPRAFIX STICK est :

- o parallèle au relief ; leur écartement est E,
- o perpendiculaire au relief ; il faut 3 fixations par lé, indépendamment de celle située dans le recouvrement.

À chaque système (élément porteur + vis-plaquette) correspond une valeur admissible d'arrachement de la fixation $Wadm_{\text{lim}}$ définie en fonction du Pk_{ft} de l'attelage et du Wadm de référence de la feuille SOPRAFIX. Cette valeur Pk_{ft} est définie dans la fiche technique du fabricant de fixation. Elle permet d'effectuer le calcul réel de l'espacement E en fonction de la dépression de vent supportée par la toiture, conformément aux règles V 65 et au e-Cahier du CSTB 3563 «Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement».

5.2.3.2.3 **Ligne de fixation complémentaire en milieu de lé**

Pour certaines zones de vent, et certaines localisations en toiture, des fixations complémentaires sont prévues à mi-lé avec un espacement entre fixations, E, identique à celui des fixations en lisière. Ces cas sont mentionnés par un astérisque * dans les Tableaux A.1 à B.6 de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Ces fixations complémentaires identiques à la feuille de première couche 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 ou SOPRAFIX STICK, soudée. Les pièces ou bandes de pontages sont identiques à la feuille de première couche. En SOPRAFIX STICK, on veillera à éliminer les parties du galon en découpant le lé uniquement au niveau de la sous-face sablée.

5.2.3.2.4 Fixations mécaniques de référence

Les Tableaux A.1 à B.6 de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes donnent les valeurs précalculées maximales de l'intervalle E (cm) entre fixations, pour les différentes situations admises, sur la base d'un attelage (vis + plaquettes) défini en Figure 8.

SOPRASOLAR® SAS peut apporter son Assistance Technique au calcul du Wadm de l'attelage de fixation mécanique et à l'étude des densités et répartitions des fixations.

Dans le cas où la compression à 10 % (NF EN 826) de l'isolant est inférieure à 100 kPa (EN 826), les attelages de fixations mécaniques, élément de liaison et plaquette, doivent être du type « solides au pas » qui empêche, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au-dessus de la plaquette.

5.2.4 MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE D'ÉTANCHÉITÉ SUPÉRIEURE

La membrane SOPRASOLAR® CAP est soudée en plein sur la première couche d'étanchéité.

Recouvrements longitudinaux

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.

Recouvrements transversaux

Les recouvrements transversaux sont de 10 cm, décalés entre eux d'au moins 20 cm (les jonctions en croix sont interdites et seules les jonctions en T sont admises).

Fixations en tête

Dans le cas du complexe d'étanchéité adhérent type L (cf. Tableau 1) ou semi-indépendant par écran perforé type H (cf. Tableau 2), il est obligatoire de fixer les en tête de lés de la deuxième couche d'étanchéité SOPRASOLAR® CAP (4 fixations par mètre linéaire) conformément aux DTU série 43 pour les pentes supérieures ou égales à :

- 40 % dans le cas des revêtements sans EAC exempt de bitume oxydé.
- 20 % dans le cas du verre cellulaire collé à l'EAC exempt de bitume oxydé.

5.2.5 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.
- Les équerres de renfort de relevé en feuilles bitumineuses sont soudées le long de toutes les émergences, sur la première couche.
- La partie courante interrompue doit être fermée :
 - en la raccordant sur le pare-vapeur s'il existe un isolant (avec une bande d'ÉLASTOPHÈNE (FLAM) 25 soudée sur le pare-vapeur et sur le revêtement de partie courante, par exemple) et sur l'élément porteur si le pare-vapeur n'est pas posé en adhérence,
 - en la soudant sur son support sur environ 10 cm de large en l'absence d'isolant.
- On doit veiller à ce que l'eau ait toujours la possibilité de s'évacuer sans accumulation.

5.3 MISE EN ŒUVRE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES SOPRASOLAR® CELL

5.3.1 GÉNÉRALITÉS

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

Les compétences requises sont de 2 types :

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

IMPORTANT : pour les opérations d'autocollage des modules photovoltaïques, les supports doivent être secs (vérification par papier absorbant), propres et sans poussière (dans le cas contraire : nettoyage, balayage). La température du support et des modules SOPRASOLAR® CELL doit être de 10 °C minimum. En cas de vent forts, ne pas prévoir une mise en œuvre des modules photovoltaïques.

La mise en œuvre des modules photovoltaïques doit être réalisée au plus tard 12 mois après la mise en œuvre du revêtement d'étanchéité.

5.3.2 MISE EN ŒUVRE DU PRIMAIRE D'ACCROCHAGE SOPRASOLAR® PRIM

La membrane SOPRASOLAR® CAP doit être obligatoirement revêtue du primaire d'accrochage SOPRASOLAR® PRIM en respectant une consommation de 400 g/m² minimum. L'application se fait au rouleau sur une surface sèche et propre en une seule couche. La vérification du séchage se fait au toucher : le primaire doit être sec et ne doit pas coller au doigt. La mise en œuvre du primaire SOPRASOLAR® PRIM se fait à l'avancement du collage des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL.

Note : il est important de bien appliquer du primaire sur toute la zone destinée à accueillir le module photovoltaïque SOPRASOLAR® CELL pour assurer une bonne tenue de ce dernier. Une éventuelle altération superficielle sur ces débordements exposés aux UV ne remet pas en cause le bon fonctionnement de l'ouvrage.

5.3.3 COLLAGE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES SOPRASOLAR® CELL

Les étapes de mise en œuvre sont présentées en Figure 7.

Il est nécessaire d'apporter le plus grand soin lors de manipulation des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL ; notamment, ceux-ci ne doivent ni être pliés ni être enroulés avec un rayon de courbure inférieur à 50 cm lors de la manutention ou de la mise en œuvre.

L'emplacement des modules SOPRASOLAR® CELL doit être conforme au plan de calepinage établi par SOPRASOLAR® SAS lors de l'étude du projet, conformément à la Figure 6.

La pose des modules photovoltaïques est réalisée à l'avancement de la pose de la membrane SOPRASOLAR® CAP revêtue de primaire d'accrochage SOPRASOLAR® PRIM.

Les modules photovoltaïques sont autocollés en retirant le film pelable. Cette opération est irréversible et le collage sur la membrane SOPRASOLAR® CAP préalablement primarisée doit être réalisé par deux personnes minimum.

La disposition des modules SOPRASOLAR® CELL sur la membrane doit respecter les préconisations suivantes (cf. Figure 14) :

- Espacement de 10 ± 5 mm entre chaque module SOPRASOLAR® CELL.
- Collage autorisé sur les recouvrements longitudinaux et transversaux.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Il est obligatoire de maroufler le module photovoltaïque au niveau des bandes de butyle autocollantes à l'avancement du collage à l'aide d'un chiffon propre et simultanément au retrait du film pelable. Une confirmation du collage se fait ensuite en marouflant le module à l'aide d'une roulette en plastique semi-rigide. Les étapes de mise en œuvre présentées en Figure 7.

5.3.4 RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

L'étanchéité n'est pas habilitée à connecter les modules entre eux, ou à les déconnecter lors d'une intervention de maintenance par exemple ; seul un professionnel habilité peut réaliser ces interventions.

L'entreprise d'étanchéité devra obligatoirement confier le raccordement électrique (fourniture et pose des onduleurs compris) à une entreprise spécialisée dans le photovoltaïque, qualifiée et/ou habilitée 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.

L'installation doit être réalisée conformément à la norme NF C 15-100, aux guides UTE C 15-712 ainsi qu'aux éventuels règlements administratifs auxquels certaines installations sont tenues de satisfaire.

Le calepinage et le raccordement des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL doit se faire conformément au plan qui découle de l'étude de l'électricien (exemple de schéma de raccordement en Figure 18). Le nombre de modules photovoltaïques souples SOPRASOLAR® CELL connectés en série et le nombre de branches en parallèle doit être strictement respecté et est limité par la tension DC maximum et 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).

L'entreprise en charge du raccordement électrique des modules photovoltaïques souples SOPRASOLAR® CELL doit veiller à ce que les connecteurs soient mis en œuvre de manière à éviter toute détérioration due aux effets du vent et de la glace.

Il est interdit de déconnecter les connecteurs rapides au niveau des modules photovoltaïques lorsque l'installation produit du courant. Toute intervention sur les connecteurs doit être réalisée par un électricien habilité.

5.3.5 INTERDICTIONS À RESPECTER LORS DE LA POSE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Lors de la pose des modules photovoltaïques souples SOPRASOLAR® CELL, il est interdit :

- de marcher directement sur les modules photovoltaïques souples.
- de déposer sur les modules photovoltaïques souples des équipements, matériaux ou matériel de chantier.
- ne pas placer les modules photovoltaïques souples avec la face supérieure en contact avec le sol.
- de déverser des produits agressifs sur modules photovoltaïques souples et sur la toiture.
- de plier les modules photovoltaïques souples.
- d'enrouler les modules photovoltaïques avec un rayon de courbure inférieur à 50 cm.
- de découper les modules photovoltaïques souples SOPRASOLAR® CELL.

5.4 MISE EN ŒUVRE DES CHEMINS DE CÂBLES ET DES SUPPORTS

5.4.1 MISE EN ŒUVRE DES CHEMINS DE CÂBLES

Les connecteurs ne doivent pas reposer sur l'étanchéité. Pour cela, ils doivent reposer sur des chemins de câbles résistants aux UV ainsi qu'aux intempéries et permettant d'évacuer l'eau.

Lorsque deux modules se font face avec leurs connexions, l'espacement entre les modules est de 40 cm afin de pouvoir rassembler les câbles dans un chemin de câbles commun (voir la Figure 14).

Des chemins de câbles, définis par l'électricien, en fils d'acier inoxydable soudés (type Cablofil par exemple) adaptés au climat concerné ou en plastique/polymère résistant aux UV peuvent être utilisés. Le type de chemin de câbles ainsi que 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.

Le chemin de câble doit être relié à la masse de l'installation tous les 15 à 20 mètres à l'aide d'accessoires dédiés (raccord à griffes, bornes...).

5.4.2 MISE EN ŒUVRE DES SUPPORTS DE CHEMINS DE CÂBLES

Les supports de chemin de câbles sont :

- Les plots SOPRASOLAR® FIX EVO (cf. Figure 15) permettent de réaliser un support au chemin de câble. La fixation du chemin de câble sur le plot se fait au moyen d'un écrou cage et d'une vis INOX. La distance entre supports doit être précisée par l'électricien qualifié pour la pose des installations photovoltaïques, ou à défaut tous les 1,5 mètres.
- Des supports métalliques liaisonnés sur l'étanchéité : omégas en tôles d'acier inox AISI 304 pliées de dimensions 50 mm x 50 mm x 50 mm x 150 mm et d'épaisseur 1,2 mm (cf. Figure 16). Ces supports sont liaisonnés sur leurs deux côtés à l'étanchéité à l'aide de bandes de feuilles bitumineuses soudées. La mise en place de ces supports doit être faite par l'étancheur. Les supports sont espacés de 1,5 m.
- Des dallettes en béton : les platines d'appuis du chemin de câbles sont fixées sur des dalles en béton de dimensions 30 cm 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%.

La mise en œuvre doit répondre aux exigences de la norme NF EN 61 537 « Systèmes de chemins de câbles et systèmes d'échelle à câbles pour installations électriques ».

5.5 RELEVÉS D'ÉTANCHÉITÉ

Se référer au DTA « Élastophène Flam - Sopralène Flam » dans le cas d'un revêtement bicouche adhérent ou semi-indépendant par écran perforé et au DTA « SOPRAFIX Bicouche » dans le cas d'un revêtement bicouche fixé mécaniquement.

5.6 OUVRAGES PARTICULIERS

5.6.1 NOUES

Elles sont réalisées en bicouche tel que la partie courante.

5.6.2 CHÉNEAUX ET CANIVEAUX

Se référer au DTA « Élastophène Flam - Sopralène Flam » dans le cas d'un revêtement bicouche adhérent ou semi-indépendant par écran perforé et au DTA « SOPRAFIX Bicouche » dans le cas d'un revêtement bicouche fixé mécaniquement.

5.6.3 ÉVACUATIONS DES EAUX PLUVIALES, PÉNÉTRATIONS

Se référer au DTA « Élastophène Flam - Sopralène Flam » dans le cas d'un revêtement bicouche adhérent ou semi-indépendant par écran perforé et au DTA « SOPRAFIX Bicouche » dans le cas d'un revêtement bicouche fixé mécaniquement.

5.6.4 JOINTS DE DILATATION

Les joints de dilatation sont exécutés conformément aux dispositions de la norme DTU série 43 concernée ou de l'Avis Technique Soprajoint.

5.6.5 PASSAGE DES CÂBLES À L'INTÉRIEUR DU BÂTIMENT

Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité.

Selon la disposition de la toiture-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 aux DTU 43.3 ou 43.4 (cf. Figure 17),
- via une descente en façade dans une gaine technique ou un chemin de câbles résistant aux UV et eux intempéries (non visé par l'ATEX).

5.6.6 CHEMINS DE CIRCULATION

La membrane SOPRASOLAR® CAP est autoprotégée. Pour des pentes inférieures à 50%, il est possible de prévoir au calepinage des chemins de circulation en SOPRALENE FLAM 180 AR (Fe) soudés en plein à la flamme sur la feuille SOPRASOLAR® CAP dans les zones contiguës, avant la mise en œuvre des modules SOPRASOLAR® CELL.

6 ENTRETIEN, MAINTENANCE ET RÉPARATION

6.1 INSTRUCTIONS POUR CIRCULER

- Il est interdit de marcher directement sur les modules photovoltaïques.
- Il est possible de circuler dans les zones en périphérie et en bout de modules photovoltaïques.
- Il est possible de circuler dans les zones en bout de module côté chemins de câbles en prenant garde de ne pas marcher sur les câbles.

6.2 MAINTENANCE ET ENTRETIEN

L'entretien des toitures est celui prescrit par les normes DTU série 43 concernées. Dans le cas de toiture concernée par la production d'électricité, le maître d'ouvrage doit obligatoirement opter pour un contrat d'entretien : visite semestrielle afin de contrôler l'étanchéité, l'état des modules photovoltaïques et les connexions électriques, et maintenance éventuelle. Il peut être confié à l'entreprise qui a réalisé l'ouvrage SOPRASOLAR® FLEX ou à toute entreprise agréée par SOPRASOLAR® pour la partie étanchéité photovoltaïque.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

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 (voir chapitre 5.3) :

- Vérifier l'état général de l'installation et des modules SOPRASOLAR® CELL (ex : dommages, décollements).
- Vérifier l'état d'encrassement des modules. La procédure de nettoyage décrite ci-dessous.
- Retirer des modules SOPRASOLAR® CELL les éventuels objets pouvant les masquer (ex : feuilles mortes) et vérifier les risques d'ombres portées (ex : arbres).
- Vérification de l'étanchéité par un étancheur : vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau au niveau des évacuations pluviales, des chéneaux, des noues.
- Vérification du câblage par un électricien habilité
- 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.
- Aucune manipulation des connecteurs électriques des modules photovoltaïques ou des rallonges électriques ne doit avoir lieu en présence d'eau résiduelle en toiture.

L'installation photovoltaïque devra faire l'objet d'un contrat de maintenance préventive comportant au moins 2 visites annuelles avec nettoyage des modules SOPRASOLAR® CELL selon les indications suivantes :

- Utiliser uniquement de l'eau sans ajout d'un quelconque produit d'entretien. Ne pas utiliser de produits agressifs type solvants ou détergents par exemple.
- Utiliser de l'eau sous pression maximale de 3 bars (tuyau d'arrosage) ou un arrosoir.
- Matériel de nettoyage : chiffon non abrasif, serpillère, raclette éponge ou raclette caoutchouc avec un manche de longueur adaptée. S'assurer que l'extrémité de la raclette en contact avec le module PV soit en bon état (pas de partie métallique en contact avec le module pouvant rayer ou percer l'encapsulation).

6.3 RÉPARABILITÉ

Le remplacement du procédé SOPRASOLAR® FLEX doit se faire après mise hors circuit de l'installation et par une entreprise qualifiée.

Le revêtement d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR® FLEX peut être facilement réparé en cas de blessure accidentelle sur :

- Les modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL:
 - o Protéger les modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL adjacents à l'aide d'un tapis (rouleau d'étanchéité par exemple).
 - o Arracher le module SOPRASOLAR® CELL incriminé.
 - o Souder d'une nouvelle membrane SOPRASOLAR® CAP.
 - o Appliquer du SOPRASOLAR® PRIM selon § 5.3.2.
 - o Autocoller un nouveau module SOPRASOLAR® CELL selon § 5.3.3.
- Les modules photovoltaïques et le revêtement d'étanchéité SOPRASOLAR® sous-jacent :
 - o Protéger les modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL adjacents à l'aide d'un tapis (rouleau d'étanchéité par exemple).
 - o Arracher les modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL endommagés ainsi que ceux avoisinants pour avoir un espace suffisant

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

- Reconstituer une étanchéité bicouche selon le chapitre 5.2 du présent Dossier Technique avec l'assistance du service technique SOPRASOLAR® et/ou SOPREMA.
- Appliquer le SOPRASOLAR® PRIM puis coller les nouveaux modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL selon le § 5.3.

7 FABRICATION ET CONTRÔLE

7.1 LES FEUILLES D'ÉTANCHÉITÉ

Les feuilles sont produites par la Société Soprema SAS en France dans ses usines de Strasbourg (67), Val de Reuil (27) et Sorgues (84). Ces trois usines appliquent un système d'assurance de la qualité conforme à la norme ISO 9001. De plus, l'usine de Val de Reuil applique un système de Management Environnement conforme à la norme ISO 14 001. Les méthodes de contrôle utilisées sont celles définies par le Laboratoire Central Soprema SAS basé à Strasbourg et qui sont par ailleurs appliquées en France, dans les 2 autres usines Soprema. Les contrôles internes de fabrication effectués ainsi que leur fréquence sont en tout point identiques à ceux des trois autres usines, selon le Tableau 11. La production de cette usine est en outre suivie par le BCCA.

7.2 LES MODULES PV SOPRASOLAR® CELL

La fabrication des modules photovoltaïques souples SOPRASOLAR® CELL W et l'application de la colle en sous-face de ceux-ci (process automatisé à vitesse constante) s'effectue sur le site de production du fabricant MIASOLE en Chine. La fabrication suit un système d'assurance de la qualité conforme à la norme ISO 9001.

Des contrôles internes sont effectués au cours de la fabrication du module photovoltaïque. Le Tableau 12 présente la nomenclature des points d'autocontrôles effectués par le fabricant du module photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W.

SOPRASOLAR® SAS procède à un contrôle qualité à réception des modules photovoltaïques selon un plan de contrôle défini qui s'appuie sur le cahier des charges SOPRASOLAR® SAS. Ce plan de contrôle est appliqué par livraison de 60 cartons de modules photovoltaïques. La nomenclature est reprise dans le Tableau 13. SOPRASOLAR® SAS réalise par ailleurs une fois par an un essai de pelage de la liaison autocollée du module photovoltaïque sur la membrane SOPRASOLAR® CAP primairisée avec du SOPRASOLAR® PRIM.

8 FORMATION

La mise en œuvre du procédé décrite au chapitre 5 est assurée par des entreprises formées et qualifiées pour la mise en œuvre du procédé d'étanchéité photovoltaïque SOPRASOLAR® FLEX.

Dans le cadre de la garantie, la société SOPRASOLAR® SAS impose systématiquement à ses clients une formation photovoltaïque théorique et pratique leur permettant d'appréhender les procédés d'étanchéité photovoltaïques en général ainsi que le montage de son procédé SOPRASOLAR® FLEX.

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 SOPRASOLAR® SAS délivre une attestation de formation nominative.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

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

9 ASSISTANCE TECHNIQUE

Pour chaque projet, SOPRASOLAR® SAS fournit un plan de calepinage-implantation des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL.

Sur demande, la société SOPRASOLAR® SAS propose à tout client une assistance technique sur chantier, avec l'intervention d'un technicien. La société SOPRASOLAR SAS assure également une assistance technique téléphonique pour tous renseignements complémentaires.

Le service technique de la société SOPRASOLAR® SAS est mis disposition des entreprises d'étanchéité et d'électricité pour apporter son assistance sur les projets en SOPRASOLAR® FLEX.

10 ETIQUETAGE ET STOCKAGE

Les feuilles bitumineuses sont conditionnées en rouleaux et sont emballées et étiquetées avec les mentions suivantes : appellation commerciale – finition et coloris – dimensions des rouleaux – conditions de stockage – code repère de production. Le stockage se fait debout.

Chaque module photovoltaïque est identifié par un code barre et chaque emballage des modules photovoltaïques comporte les informations suivantes : numéro de série, quantité et modèle de module.

11 RÉFÉRENCES

Le procédé SOPRASOLAR® FLEX fait suite au procédé SOPRASOLAR® DUO, anciennement sous Avis Technique de 2009 à 2018.

Commercialisé depuis 2005, le procédé d'étanchéité SOPRASOLAR® DUO fait l'objet de 24 MWc installées en 2021.

Depuis son lancement en 2019, le procédé d'étanchéité SOPRASOLAR® FLEX fait l'objet de 600 kWc installés en 2021.

12 RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Les justifications expérimentales ont été établies par les laboratoires et des organismes certificateurs selon les normes en vigueur. Les rapports d'essais sont les suivants :

- Conformité des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W selon la norme IEC 61215-2016. Certificat US-35384-UL du 31/03/2020 délivré par le Laboratoire UL US.
- Conformité des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W selon la norme IEC 61730-2016. Certificat US-35383-UL du 31/03/2020 délivré par le Laboratoire UL US.
- Conformité des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL W en atmosphère saline selon la norme IEC 61701-2011. Certificat n°201805-MIA-002 du 21/05/2018 délivré par le Laboratoire Renewable Energy Test Center (RETC, LLC).
- Conformité Européenne des feuilles d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR® FLEX selon la norme EN 13707. Certificat 1119-CPR-13132 du 11/01/2016 délivré par l'organisme de certification KIWA.
- Validation de la membrane apparente SOPRASOLAR® CAP après essais de souplesse à basse température selon la norme EN 1109. Rapport d'essai du 24/05/2020 délivré par le Laboratoire R&D SOPREMA 157/20. Après vieillissement UV EN 1297 : rapport 898/08 du 13/11/08 délivré par le Laboratoire R&D SOPREMA.
- Validation de la membrane apparente SOPRASOLAR® CAP en essais de fluage – tenue à la chaleur selon la norme EN 1110. Rapport d'essai du 24/05/2020 délivré par le Laboratoire R&D SOPREMA 157/20.
- Validation de la membrane apparente SOPRASOLAR® CAP en essais de résistance au choc selon la norme EN 12691. Rapport d'essai du 26/04/2019 délivré par le Laboratoire R&D SOPREMA 187/19.
- Validation de la performance en indentation du complexe SOPRAFIX HP + SOPRASOLAR CAP selon la norme NF P84-354 (classement FIT). Classement I5 selon le rapport P192150 du 17/06/2019 délivré par le Laboratoire LNE.
- Essais de stabilité de forme lors de variations cycliques de températures de l'assemblage SOPRASOLAR® CAP / SOPRASOLAR® CELL W selon la norme EN 1108. Rapport 199/20 du 24/06/2020 délivré par le Laboratoire R&D SOPREMA.
- Essais de tenue à la température de l'assemblage SOPRASOLAR® CAP / SOPRASOLAR® CELL W. Classement T4 selon le rapport 199/20 du 24/06/2020 délivré par le Laboratoire R&D SOPREMA.
- Essais de résistance au pelage du procédé SOPRASOLAR® FLEX selon la norme EN 12316 à neuf. Rapports 20-0585-OD-END du 27/03/2020 délivré par le Laboratoire MECASEM.
- Essais de résistance au pelage du procédé SOPRASOLAR® FLEX selon la norme EN 12316 après vieillissement à 70°C. Rapports NK-ESSAI20200930 du 30/09/2020 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Tenue au vent du procédé SOPRASOLAR® FLEX (tôle d'acier nervurée + laine de roche + complexe d'étanchéité bicouche SOPRASOLAR® FLEX fixé mécaniquement + module PV souples SOPRASOLAR® CELL W posés parallèlement aux lés du revêtement d'étanchéité) selon l'ETAG n°006. Rapports d'essai BEB1.K.4106-1 du 19 mars 2021 délivré par le Laboratoire CEBTP.
- Tenue au vent du procédé SOPRASOLAR® FLEX (tôle d'acier nervurée + laine de roche + complexe d'étanchéité bicouche SOPRASOLAR® FLEX fixé mécaniquement + module PV souples SOPRASOLAR® CELL W posés perpendiculairement aux lés du revêtement d'étanchéité) selon l'ETAG n°006. Rapports d'essai BEB1.K.4106-2 du 22 mars 2021 délivré par le Laboratoire CEBTP.

13 ANNEXE A : RÈGLES D'ADAPTATION DE LA DENSITÉ DE FIXATIONS

13.1 DÉFINITIONS

Ces règles d'adaptation s'appliquent sur les éléments porteurs définis au chapitre 4, pour l'emploi des feuilles SOPRAPHIX, fixées avec les attelages conformes au Cahier des Prescriptions Techniques communes « Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement » (e-Cahier du CSTB 3563 de juin 2006).

Le procédé SOPRASOLAR® FLEX a été testé au caisson de vent sur élément porteur en tôles d'acier nervurées de 0,75 mm d'épaisseur. Le sens de pose des modules photovoltaïque par rapport aux rangées de fixations de l'étanchéité

Système de référence	Type de plaquettes	Type de vis	Pk _{ft} min selon NF P 30-313	Wadm
SRA1 module PV parallèle aux rangées de fixations de l'étanchéité SOPRAPHIX HP	Plaquette acier galvanisé Ø 40 mm Épaisseur : 0,8 mm Acier galvanisé	EVDF 2C Ø 4,8 mm	1520 N	490 N/fixation
SRA2 module PV parallèle aux rangées de fixations de l'étanchéité SOPRAPHIX STICK	Plaquette acier galvanisé Ø 40 mm Épaisseur : 0,8 mm Acier galvanisé	EVDF 2C Ø 4,8 mm	1520 N	450 N/fixation
SRB1 module PV perpendiculaire aux rangées de fixations de l'étanchéité SOPRAPHIX HP	Plaquette acier galvanisé Ø 40 mm Épaisseur : 0,8 mm Acier galvanisé	EVDF 2C Ø 4,8 mm	1520 N	340 N/fixation
SRB2 module PV perpendiculaire aux rangées de fixations de l'étanchéité SOPRAPHIX STICK	Plaquette acier galvanisé Ø 40 mm Épaisseur : 0,8 mm Acier galvanisé	EVDF 2C Ø 4,8 mm	1520 N	310 N/fixation

- Attelage : Ensemble ; Élément porteur + élément de liaison + plaquette de répartition
- lim : notation liée au nouveau système à évaluer,
- Wadm : valeur admissible des fixations du système de référence en Newtons.
- Wadm_{lim} : valeur admissible des fixations du nouveau système en Newtons.
- Pk_{ft} : résistance caractéristique à l'arrachement de l'attelage (fixation/plaquette) définie dans la fiche technique du fabricant.
- Pk_{réel} : résistance caractéristique à l'arrachement de l'attelage (fixation/plaquette) obtenu par essai in situ.
- Fadm : valeur la plus faible entre Pk_{réel} et Q_{réel}.
- R_{lim} : valeur la plus faible entre Fadm et Pk_{ft}.
- D_{lim} : densité minimale de répartition des fixations du nouveau système (nombre/m²)
- Dp : dépression de vent (N/m² ou Pa) selon les Règles V 65 modifiée n°2 et repris dans le e-cahier du CSTB 3563 « Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement ».
- Lu : espacement entre rangées de lignes de fixations (m)
Lu = largeur de la feuille fixée mécaniquement – largeur du recouvrement
- E : entraxe entre fixations d'une même rangée (cm)

13.2 RÈGLES D'ADAPTATION EN FONCTION DE L'ÉLÉMENT PORTEUR

Pour les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, l'attelage complet doit résister au dévissage selon les critères d'acceptation du Guide EOTA n° 6 e-Cahier du CSTB 3563 (rotation ≤ ¼ tour après 500 cycles et rotation ≤ ½ tour après 900 cycles).

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Pour les éléments porteurs en tôles d'acier perforées ou crevées, ou en bois, le nouvel attelage complet est déterminé après consultation et accord du fabricant de fixations et après essai in situ dans le cas de la réfection.

13.3 RÈGLES GÉNÉRALES

Les règles définies dans le présent document s'appliquent avec en particulier :

- Densités de fixations ≥ 3 fixations/m², soit $E \leq 37$ cm.
- Espacement entre axes des fixations d'une même rangée $E \geq 18$ m pour les TAN conformes au DTU 43.3 et au e-Cahier du CSTB 3537_V2.

13.4 DÉTERMINATION DE LA VALEUR ADMISSIBLE $W_{adm_{lim}}$ DES FIXATIONS

13.4.1 GÉNÉRALITÉS

L'effort admissible par attelage à prendre en compte dans les calculs est fonction de la valeur de la résistance à l'arrachement R_{lim} .

En travaux neufs la valeur R_{lim} à retenir est le $P_{k_{ft}}$ selon la NF P 30-313 donné dans les fiches techniques des fabricants.

En travaux de réfection, R_{lim} est la plus petite valeur entre la charge admissible d'arrachement F_{adm} ($P_{k_{réel}}$ ou $Q_{réel}$), mesurées in situ (suivant l'Annexe 4 du e-Cahier du CSTB 3563 « Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement ») et le $P_{k_{ft}}$ obtenu dans la fiche technique du fabricant.

Les prescriptions concernant l'attelage de fixation sont données au chapitre 5.2.3.2.

13.4.2 RÈGLES D'ADAPTATION

- W_{adm} : valeur admissible des fixations du système de référence en Newtons.
- $W_{adm_{lim}}$: valeur admissible des fixations du nouveau système en Newtons.
- R_{lim} : valeur la plus faible entre F_{adm} et $P_{k_{ft}}$.

Si $R_{lim} \geq 1520$ daN, alors

$$W_{adm_{lim}} = W_{adm}$$

Si $R_{lim} \leq 1520$ daN, alors

$$W_{adm_{lim}} = \frac{W_{adm} \times R_{lim}}{1520}$$

13.5 DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ DE RÉPARTITION DES FIXATIONS

- D_{lim} : densité minimale de répartition des fixations du nouveau système (nombre/m²)
- D_p : dépression de vent (N/m² ou Pa) selon les Règles V 65 modifiée n°4 de 2009 et repris dans le e-cahier du CSTB 3563 « Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement ».

$$D_{lim} = \frac{D_p}{W_{adm_{lim}}}$$

13.6 DÉTERMINATION DE L'ESPACEMENT E ENTRE FIXATIONS

- L_u : espacement entre rangées de lignes de fixations (m)
 $L_u =$ largeur de la feuille fixée mécaniquement – largeur du recouvrement

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

- E : entraxe entre fixations d'une même rangée (m)

$$E = \frac{1}{D_{lim} \times Lu}$$

Note : Les tableaux Annexe B : Espacements des fixations des systèmes donnent les valeurs d'entraxe entre fixations d'une même rangée (E) en centimètres.

14 ANNEXE B : ESPACEMENTS DES FIXATIONS DES SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

En système d'étanchéité fixé mécaniquement, la densité de fixations de la première couche d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR® FLEX dépend de la disposition des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL.

Le schéma présenté en Figure 1 permet de s'orienter vers les tableaux de références pour la densité de fixation en fonction de la configuration de la toiture.

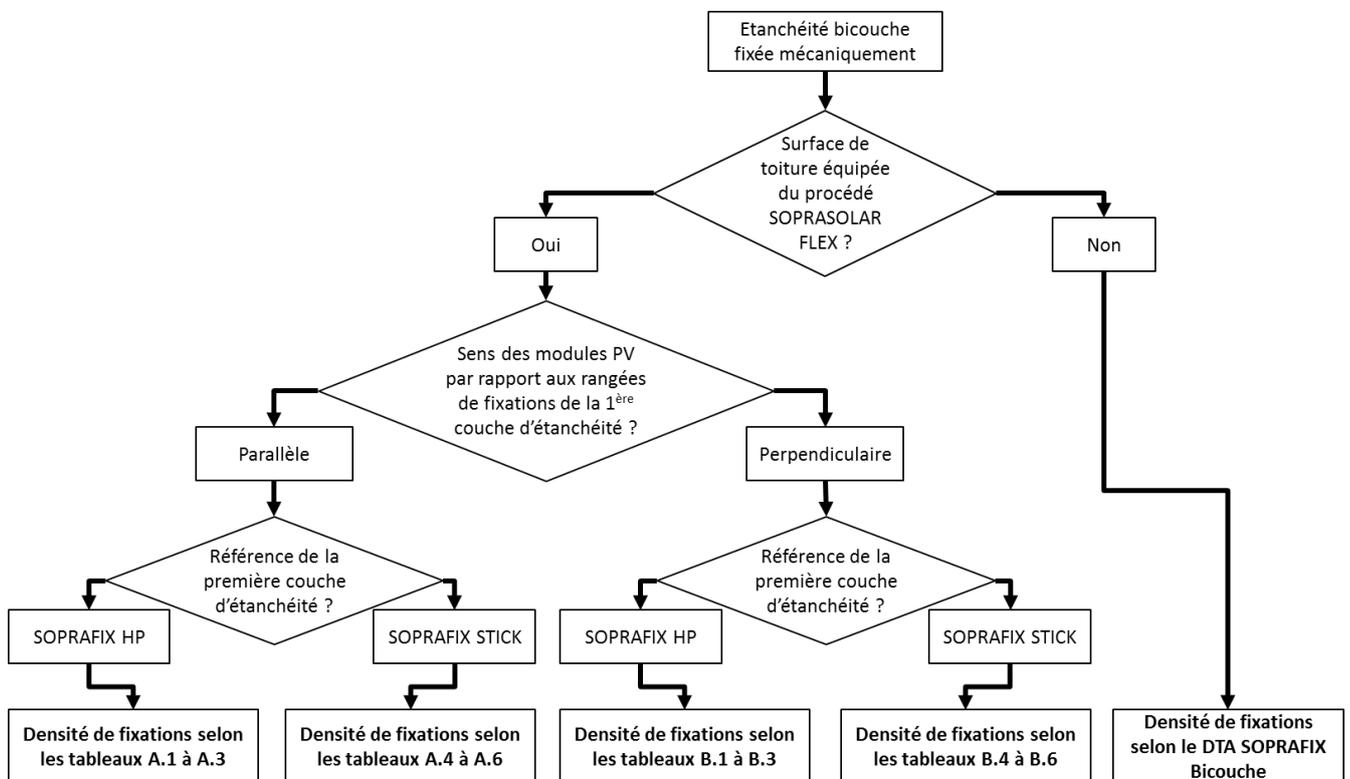


Figure 1 : Logigramme pour définition de l'entraxe entre fixations mécaniques en système fixé mécaniquement

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Système SRA1 : Wadm_{SRA1} = 490 N/fixation

Module photovoltaïque **parallèle** aux rangées de fixations de l'étanchéité **SOPRAFIX HP**

Attelage de référence : EVDF 2C de Ø 4,8 mm avec plaquette métallique ronde Ø 40 mm

Pkft = 1 520 N (selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier de 0,75 mm d'épaisseur).

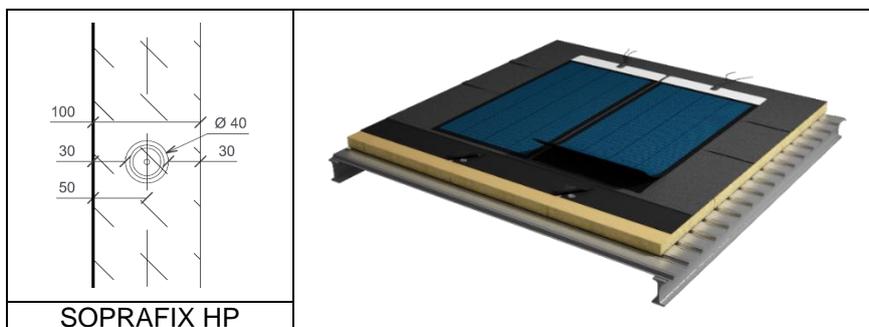


Tableau A.1 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et en réfection avec évacuation de l'étanchéité - Bâtiments fermés											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1	37	37	37	37	37	33	34	28
	2 & 4	Er	1,7	36	27	30					
	3	Ea	2,4	26							
15	2	Epc	1	37	37	37	36	37	30	31	26
	3 & 4	Er	1,7	33		27					
	4	Ea	2,4								
20	3	Epc	1	37	37	37	33	34	28	29	
	4 & 4	Er	1,7	30		25					
	5	Ea	2,4								
Tableau A.2 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et réfections - Bâtiments ouverts											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1,5	37	30	34	26	27			
	2 & 4	Er	2	31		25					
	3	Ea	2,9								
15	2	Epc	1,5	37	27	31		25			
	3 & 4	Er	2	28							
	4	Ea	2,9								
20	3	Epc	1,5	34	25	29					
	4 & 4	Er	2	26							
	5	Ea	2,9								
Tableau A.3 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois – Réfection (sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection lourde, voir alors Tableau A.1) - Bâtiments fermés											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	0,7	37	37	37	37	37	37	37	37
	2 & 4	Er	1,4	37	32	37	28	29			
	3	Ea	2,1	29							
15	2	Epc	0,7	37	37	37	37	37	37	37	37
	3 & 4	Er	1,4	37	29	33	25	26			
	4	Ea	2,1	26							
20	3	Epc	0,7	37	37	37	37	37	37	37	34
	4 & 4	Er	1,4	37	27	31					
	5	Ea	2,1								
E spacements des fixations en centimètres.											
Domaine d'emploi non autorisé.											

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Système SRA2 : $W_{dmSRA2} = 450 \text{ N/fixation}$

Module photovoltaïque **parallèle** aux rangées de fixations de l'étanchéité **SOPRAFIX STICK**

Attelage de référence : EVDF 2C de $\varnothing 4,8 \text{ mm}$ avec plaquette métallique ronde $\varnothing 40 \text{ mm}$
Pkft = 1 520 N (selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier de 0,75 mm d'épaisseur).



Tableau A.4 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et en réfection avec évacuation de l'étanchéité - Bâtiments fermés											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1	37	37	37	36	37	30	31	26
	2 & 4	Er	1,7	33	24	28					
	3	Ea	2,4	23							
15	2	Epc	1	37	37	37	33	34	27	28	24
	3 & 4	Er	1,7	30		25					
	4	Ea	2,4								
20	3	Epc	1	37	35	37	30	32	25	26	
	4 & 4	Er	1,7	28		23					
	5	Ea	2,4								
Tableau A.5 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et réfections - Bâtiments ouverts											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1,5	37	28	31	24	25			
	2 & 4	Er	2	28		23					
	3	Ea	2,9								
15	2	Epc	1,5	34	25	28		23			
	3 & 4	Er	2	25							
	4	Ea	2,9								
20	3	Epc	1,5	32	23	26					
	4 & 4	Er	2	24							
	5	Ea	2,9								
Tableau A.6 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Réfection (sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection lourde, voir alors Tableau A.4) - Bâtiments fermés											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	0,7	37	37	37	37	37	37	37	37
	2 & 4	Er	1,4	37	30	34	26	27			
	3	Ea	2,1	27							
15	2	Epc	0,7	37	37	37	37	37	37	37	34
	3 & 4	Er	1,4	37	27	30	23	24			
	4	Ea	2,1	24							
20	3	Epc	0,7	37	37	37	37	37	36	37	31
	4 & 4	Er	1,4	34	25	28					
	5	Ea	2,1								

Espacements des fixations en centimètres.

Domaine d'emploi non autorisé.

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Système SRB1 : $W_{admSRB1} = 340 \text{ N/fixation}$

Module photovoltaïque **perpendiculaire** aux rangées de fixations de l'étanchéité **SOPRAFIX HP**

Attelage de référence : EVDF 2C de $\varnothing 4,8 \text{ mm}$ avec plaquette métallique ronde $\varnothing 40 \text{ mm}$

Pkft = 1 520 N (selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier de 0,75 mm d'épaisseur).

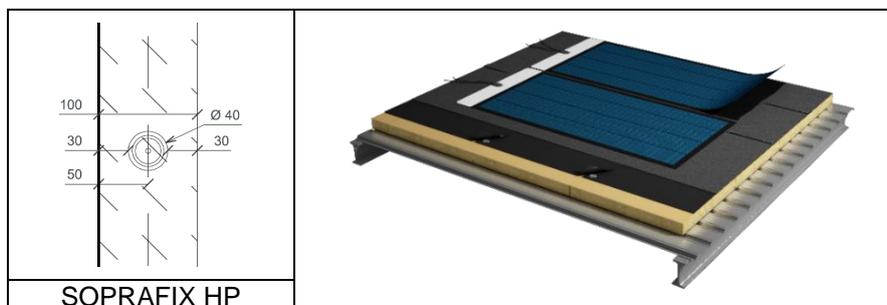


Tableau B.1 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et en réfection avec évacuation de l'étanchéité - Bâtiments fermés											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1	37	31	35	27	28	23	23	19
	2 & 4	Er	1,7	25	18	21					
	3	Ea	2,4	35*							
15	2	Epc	1	37	29	32	25	26	20	21	18
	3 & 4	Er	1,7	23		19					
	4	Ea	2,4								
20	3	Epc	1	36	26	30	23	24	19	20	
	4 & 4	Er	1,7	21		35*					
	5	Ea	2,4								
Tableau B.2 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et réfections - Bâtiments ouverts											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1,5	28	21	23	18	19			
	2 & 4	Er	2	21		35*					
	3	Ea	2,9								
15	2	Epc	1,5	26	19	21		34*			
	3 & 4	Er	2	19							
	4	Ea	2,9								
20	3	Epc	1,5	24	35*	20					
	4 & 4	Er	2	18							
	5	Ea	2,9								
Tableau B.3 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Réfection (sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection lourde, voir alors Tableau B.1) - Bâtiments fermés											
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	0,7	37	37	37	37	37	32	34	28
	2 & 4	Er	1,4	30	22	25	19	20			
	3	Ea	2,1	20							
15	2	Epc	0,7	37	37	37	35	37	29	31	25
	3 & 4	Er	1,4	28	20	23	35*	18			
	4	Ea	2,1	18							
20	3	Epc	0,7	37	37	37	33	34	27	28	24
	4 & 4	Er	1,4	25	19	21					
	5	Ea	2,1								

Espacements des fixations en centimètres. * : fixations complémentaires à mi-lé selon les prescriptions du § 5.2.3.2.3.

Domaine d'emploi non autorisé.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Système SRB2 : Wadm_{SRB2} = 310 N/fixation

Module photovoltaïque **perpendiculaire** aux rangées de fixations de l'étanchéité **SOPRAFIX STICK**

Attelage de référence : EVDF 2C de Ø 4,8 mm avec plaquette métallique ronde Ø 40 mm

Pkft = 1 520 N (selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier de 0,75 mm d'épaisseur).



Tableau B.4 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et en réfection avec évacuation de l'étanchéité - Bâtiments fermés

Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1	37	29	32	25	26	20	21	18
	2 & 4	Er	1,7	23	34*	19					
	3	Ea	2,4	32*							
15	2	Epc	1	35	26	29	22	23	19	19	33*
	3 & 4	Er	1,7	21		35*					
	4	Ea	2,4								
20	3	Epc	1	33	24	27	21	22	35*	18	
	4 & 4	Er	1,7	19		32*					
	5	Ea	2,4								

Tableau B.5- Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et réfections - Bâtiments ouverts

Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1,5	26	19	21	33*	34*			
	2 & 4	Er	2	19		32*					
	3	Ea	2,9								
15	2	Epc	1,5	23	35*	19		31*			
	3 & 4	Er	2	35*							
	4	Ea	2,9								
20	3	Epc	1,5	22	32*	18					
	4 & 4	Er	2	33*							
	5	Ea	2,9								

Tableau B.6 - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois – Réfection (sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection lourde, voir alors Tableau B.4) - Bâtiments fermés

Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 10	Type E Cf Figure 11		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	0,7	37	37	37	36	37	29	31	26
	2 & 4	Er	1,4	28	20	23	18	18			
	3	Ea	2,1	18							
15	2	Epc	0,7	37	37	37	32	34	27	28	23
	3 & 4	Er	1,4	25	18	21	32*	34*			
	4	Ea	2,1	34*							
20	3	Epc	0,7	37	35	37	30	31	25	26	21
	4 & 4	Er	1,4	23	35*	19					
	5	Ea	2,1								

Espacements des fixations en centimètres.

* : fixations complémentaires à mi-lé selon les prescriptions du § 5.2.3.2.3.

Domaine d'emploi non autorisé.

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

15 TABLEAUX DU DOSSIER TECHNIQUE

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

Table des matières des tableaux

Tableau 1 : Revêtement bicouche adhérent - travaux neufs et de réparation - France européenne.....	39
Tableau 2 : Revêtement bicouche semi-indépendant par écran perforé - travaux de réparation - France européenne	40
Tableau 3 : Revêtement bicouche fixé mécaniquement - travaux neufs et de réparation - France européenne	41
Tableau 4 : Tableau de synthèse des domaines d'emploi SOPRASOLAR® FLEX	41
Tableau 5 : Guide de choix et de mise en œuvre du pare-vapeur	42
Tableau 6 : Choix et modes de fixation des panneaux isolants	42
Tableau 7 : Compositions et caractéristiques spécifiées des feuilles d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR® FLEX	43
Tableau 8 : Liant en bitume élastomérique SEBS	44
Tableau 9 : Caractéristiques des modules souples SOPRASOLAR® CELL W	44
Tableau 10 : Caractéristiques du primaire d'accrochage SOPRASOLAR® PRIM	45
Tableau 11 : Contrôles internes de fabrication pour les feuilles bitumineuses.....	45
Tableau 12 : Nomenclature de l'autocontrôle de fabrication des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL	46
Tableau 13 : Nomenclature des contrôles qualité à réception des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL par SOPRASOLAR®	46

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Tableau 1 : Revêtement bicouche adhérent - travaux neufs et de réfection - France européenne

Revêtement bicouche adhérent autoprotégé		
Élément porteur	Pente ≥ 3% Support direct du revêtement d'étanchéité	Type L = SOPRASOLAR® BASE + SOPRASOLAR® CAP + SOPRASOLAR® CELL F5 I5 T4
Panneaux à base de bois		Pontage + L (1)
Tôles d'acier nervurée Bois CLT Panneaux à base de bois	Verre cellulaire (2)	EAC (3) refroidi + L
	Laine minérale surfacée de classe C (2)	L
	Perlite expansée fibrée surfacée de classe C (2)	L
	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant conforme conservés (2) ou sans isolant	
	- Bitumineux avec autoprotection métallique délardée	L
Anciens revêtements d'étanchéité et isolant non conforme conservés (2)		
- Asphalte apparent		Isolant de classe C (2) + L
- Bitumineux avec autoprotection minérale		Isolant de classe C (2) + L
- Bitumineux avec autoprotection métallique délardée		Isolant de classe C (2) + L
- Membrane synthétique		Isolant de classe C (2) + L
<p>(1) Comme demandé au § 5.1.2, application d'un EIF.</p> <p>(2) Les panneaux isolants compatibles sont définis au § 5.1.5 et sont aptes à recevoir des revêtements soudés. Se référer à l'Avis Technique ou au DTA de l'isolant pour les limites de domaine d'emploi. Critères de conservation de l'existant et de préparation conforme à la norme DTU 43.5 et au § 5.1.6.</p> <p>(3) EAC exempt de bitume oxydé (ce surfacage confère un classement T2 au lieu de T4). L'emploi est limité aux dépressions au vent extrême au plus égales à 2 167 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009.</p>		

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Tableau 2 : Revêtement bicouche semi-indépendant par écran perforé - travaux de réfection - France européenne

Revêtement bicouche semi-indépendant par écran perforé autoprotégé		
Élément porteur	Pente ≥ 3% Support direct du revêtement d'étanchéité	Type H = AERISOL FLAM (1) + SOPRASOLAR® BASE + SOPRASOLAR® CAP + SOPRASOLAR® CELL F5 I5 T4
Tôles d'acier nervurée Bois CLT Panneaux à base de bois	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant conforme conservés (2) ou sans isolant - Asphalte apparent - Bitumineux avec autoprotection minérale - Bitumineux avec autoprotection métallique délardée	 EIF + H EIF + H H
<p>(1) L'emploi est limité aux dépressions au vent extrême au plus égales à 2 167 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009.</p> <p>(2) Panneaux isolants admis compatibles sont définis au § 5.1.5. Se référer à l'Avis Technique ou au DTA de l'isolant pour les limites de domaine d'emploi. Critères de conservation de l'existant et de préparation conforme à la norme DTU 43.5 et au § 5.1.6.</p>		

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Tableau 3 : Revêtement bicouche fixé mécaniquement - travaux neuf et de réfection - France européenne

Revêtement bicouche fixé mécaniquement autoprotégé		
Élément porteur	Pente ≥ 3% Support direct du revêtement d'étanchéité	Type F = SOPRAPHIX HP (1) + SOPRASOLAR® CAP + SOPRASOLAR® CELL F5 I5 T4
Bois et panneaux à base de bois		F
Tôles d'acier nervurée	Laine minérale classe C (2)	F
	Polyisocyanurate (2)	F
	Polystyrène expansé (2)	(3) F
	Perlite expansée fibrée (2)	F
	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant conforme conservés (2) ou sans isolant	
Bois	- Asphalte	F
CLT	- Bitumineux avec autoprotection minérale	F
	- Bitumineux avec autoprotection métallique non délardée	F
Panneaux à base de bois	- Membrane synthétique	VAPOBAC + F
	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant non conforme conservés (2)	
	- Asphalte apparent	Isolant de classe C (1) + F
	- Bitumineux avec autoprotection minérale	Isolant de classe C (1) + F
	- Bitumineux avec autoprotection métallique non délardée	Isolant de classe C (1) + F
	- Membrane synthétique	Isolant de classe C (1) + F

(1) Densité de fixation conformément à l'Annexe B : Espacements des fixations
(2) Panneaux isolants admis compatibles sont définis au § 5.1.5. Se référer à l'Avis Technique ou au DTA de l'isolant pour les limites de domaine d'emploi. Critères de conservation de l'existant et de préparation conforme à la norme DTU 43.5 et au § 5.1.6.
(3) Dans le cas d'un isolant PSE, les prescriptions sont données au § 5.1.5 alinéa n°3 et la membrane SOPRAPHIX HP est remplacée par la membrane SOPRAPHIX STICK (cf. § 5.2.3).

Tableau 4 : Tableau de synthèse des domaines d'emploi SOPRASOLAR® FLEX

Travaux	Mode de mise en œuvre de l'isolant	Mode de mise en œuvre du revêtement d'étanchéité	Domaine d'emploi associé
Neuf	Fixé mécaniquement	Adhérence	Cf. DTA isolant
	Fixé mécaniquement	Fixé mécaniquement	Cf. Annexe B
	Par EAC exempt de bitume oxydé	Adhérence (soudé)	2 167 Pa
	Sans isolant (1)	Pontage + Adhérence	2 167 Pa
	Sans isolant (1)	Fixé mécaniquement	Cf. Annexe B
Réfection	Nouvel isolant fixé mécaniquement	Adhérence	Cf. DTA isolant
	Nouvel isolant fixé mécaniquement	Fixé mécaniquement	Cf. Annexe B
	Sans isolant ou avec isolant conforme	Adhérence sur autoprotection métallique délardée	2 167 Pa
	Sans isolant ou avec isolant conforme	Fixé mécaniquement	Cf. Annexe B
	Sans isolant ou avec isolant conforme	Ecran perforé + adhérence	2 167 Pa

(1) Sur bois et panneaux à base de bois uniquement.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Tableau 5 : Guide de choix et de mise en œuvre du pare-vapeur

Élément porteur	Hygrométrie des locaux	Pare-vapeur (1)
Tôles d'acier nervurées à plages pleines	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	<ul style="list-style-type: none"> - SOPRAVAP STICK S16, appliqué directement sur les TAN, à recouvrement de 8 cm. - VAPOBAC joints pontés - Soit se reporter au DTU 43.3 et à son amendement A1
	Locaux à forte hygrométrie	<ul style="list-style-type: none"> - Soit SOPRAVAP STICK ALU S16, appliqué directement sur les TAN, à recouvrement de 8 cm. - VAPOBAC joints pontés - Soit se reporter au DTU 43.3 et à son amendement A1
Tôles d'acier nervurées à plages perforées ou crevées	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	<ul style="list-style-type: none"> - Soit SOPRAVAP STICK S16, appliqué directement sur les TAN, à recouvrement de 8 cm. - VAPOBAC joints pontés
Bois, CLT et panneaux à base de bois	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	<ul style="list-style-type: none"> - Soit EIF + SOPRAVAP STICK S16 autocollé en plein sur panneaux seulement et uniquement avec isolants ou revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement (2) - Soit ELASTOVAP (3) cloué (4), joints soudés - Soit ELASTOVAP (3) soudé en plein sur panneaux seulement (2)

(1) Dans le cas d'un isolant en verre cellulaire collé à l'EAC NEO, il convient de se référer au DTA de l'isolant.
 (2) Application d'un EIF (cf. § 5.1.2) et pontage des joints par bandes SOPRALAST 50 TV ALU de 20 cm de largeur. Les pare-vapeur sont jointoyés soudés sur 6 cm au moins.
 (3) ELASTOVAP peut être remplacé par ELASTOPHENE 25.
 (4) Uniquement avec isolants ou revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement. Le pare-vapeur est cloué conformément aux prescriptions du DTU 43.4.

Tableau 6 : Choix et modes de fixation des panneaux isolants

Type de revêtement d'étanchéité	Nature de l'isolant	Mode de mise en œuvre de l'isolant
Adhérent	Perlite expansée (fibrée) Perlite expansée (fibrée) à pente intégrée	- Fixations mécaniques (2)
	Verre cellulaire Verre cellulaire à pente intégrée	- EAC exempt de bitume oxydé (1) (cf. §5.1.5.3)
	Laine minérale classe C	- Fixations mécaniques (2)
Fixé mécaniquement	Laine minérale classe C	- Fixations mécaniques (2)
	Polyisocyanurate	
	Polystyrène expansé (cf. § 5.1.5)	
	Perlite expansée fibrée nue	

(1) Dépression maximale admissible avec EAC exempt de bitume oxydé plafonnée par le DTA de l'isolant ou limitée à une dépression de vent de 2 167 Pa.
 (2) Dans le cas où la compression à 10 % (NF EN 826) de l'isolant est inférieure à 100 kPa, les attelages de fixations mécaniques doivent être du type « solides au pas ».

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Tableau 7 : Compositions et caractéristiques spécifiées des feuilles d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR® FLEX

	SOPRASOLAR® BASE	SOPRAFIX HP	SOPRAFIX STICK	SOPRASOLAR® CAP
Composition				
Armature	Composite polyester / verre - 140 g/m ²	Non tissé polyester stabilisé - 140 g/m ²	Non tissé polyester stabilisé - 140 g/m ²	Composite polyester / verre 250 g/m ²
Liant bitume élastomère ETF 2	3000 g/m ²	2130 g/m ²	2420 g/m ²	2500 g/m ²
Liant bitume d'imprégnation	615 g/m ²	615 g/m ²	500 g/m ²	surface SEBS 600 g/m ²
Masse surfacique	3,3 kg/m ² environ	3,6 kg/m ² environ	3,6 kg/m ² environ	4 kg/m ² environ
Face supérieure	Film thermofusible	Film thermofusible	Film thermofusible	Sable fin noir
Face inférieure	Film thermofusible	Sable fin	Sable fin	Film thermofusible
Largeur galon de recouvrement	≥ 60 mm	≥ 100 mm	≥ 120 mm	≥ 60 mm
Épaisseur sur galon	2,6 mm (-5 %)	2,6 mm (-5 %)	2,6 mm (-5 %)	3,5 mm(-5 %)
Dimensions des rouleaux	7 m x 1 m	7 m x 1 m	7 m x 1 m	6 m x 1 m
Masse des rouleaux	25 kg environ	25 kg environ	25 kg environ	25 kg environ
Caractéristiques spécifiées (VLF : Valeur Limite Fabricant)				
Force maximale à rupture en traction (EN 12311-1) : <ul style="list-style-type: none"> • Longitudinal • Transversal 	450 N / 5 cm 300 N / 5 cm	450 N / 5 cm 300 N / 5 cm	450 N / 5 cm 300 N / 5 cm	1100 N / 5 cm 1000 N / 5 cm
Allongement à la rupture (EN 12311-1) : <ul style="list-style-type: none"> • Longitudinal • Transversal 	20,0 % 20,0 %	20,0 % 20,0 %	20,0 % 20,0 %	3,0 % 3,0 %
Température limite de souplesse à froid (EN 1109) : <ul style="list-style-type: none"> • État neuf • État vieilli (6mois à 70°C) (guide UEAtc de décembre 2001) 	≤ -16 °C ≤ -1 °C	≤ -16 °C ≤ +0 °C	≤ -16 °C ≤ +0 °C	≤ -10 °C ≤ +0 °C
Tenue à la chaleur (EN 1110) : <ul style="list-style-type: none"> • État neuf • État vieilli (6 mois à 70°C) (guide UEAtc de décembre 2001) 	+ 100 °C + 90 °C	+ 100 °C + 90 °C	+ 100 °C + 90 °C	+ 95 °C + 90 °C
Stabilité dimensionnelle (retrait libre) (EN 1107-1)	0,4 %	0,4 %	0,4 %	0,3 %
Poinçonnement statique (EN 12730 :2001 méthode A)	15 kg	15 kg	15 kg	15 kg
Résistance à la déchirure au clou (EN 12310-1) : <ul style="list-style-type: none"> • Longitudinale • Transversale 	150 N 150 N	150 N 150 N	150 N 150 N	200 N 250 N
Résistance au choc (EN 12691 méthode A)	600 mm	600 mm	600 mm	1200 mm

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Tableau 8 : Liant en bitume élastomérique SEBS

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

Tableau 9 : Caractéristiques des modules souples SOPRASOLAR® CELL W

SOPRASOLAR® CELL W								
Caractéristiques électriques STC*								
Puissance nominale (P _{PPM})**	[W]	460	470	480	490	500	510	520
Tension à vide (V _{CO})	[V]	74,1	74,8	75,6	76,4	77,2	77,9	78,7
Tension pour Pmax (V _{PPM})	[V]	58,7	59,6	60,5	61,4	62,4	63,3	64,2
Courant de court-circuit (I _{CC})	[A]	9,23	9,19	9,15	9,11	9,07	9,02	8,98
Courant pour Pmax (I _{PPM})	[A]	7,87	7,91	7,95	7,99	8,03	8,07	8,11
Coefficient de température P _{PPM}	[%/°C]	-0,38						
Coefficient de température V _{CO}	[%/°C]	-0,28						
Coefficient de température I _{CC}	[%/°C]	0,008						
Caractéristiques dimensionnelles								
Longueur	[mm]	2 583						
Largeur	[mm]	1 292						
Épaisseur max (boîte de connexion)	[mm]	17						
Épaisseur min (module)	[mm]	2,5						
Poids avec adhésif	[kg]	6,6						
Masse surfacique	[kg/m ²]	2,0						
Conditionnement		5 modules / carton, 20 modules / palette						
*Puissance crête : puissance en Watts fournis sous conditions standardisées (conditions STC). Une installation de 1 kWc produit en moyenne environ 1000 kWh/an en France européenne et requiert environ 27 m ² de surface de toiture. L'énergie électrique produite par SOPRASOLAR® CELL est fonction notamment, de la situation géographique, de l'inclinaison et de l'orientation des modules photovoltaïques ainsi que de leur état de propreté. **PPM : Point de Puissance Maximum								

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Tableau 10 : Caractéristiques du primaire d'accrochage SOPRASOLAR® PRIM

Caractéristiques	SOPRASOLAR® PRIM
Etat physique	Liquide noir homogène
Masse volumique à 20°C (valeur indicative)	900 kg/m ³ (±50)
Teneur en extrait sec	40 %
Pseudo-viscosité coupe n° 6 à 20°C (NFT 30.014)	45 à 55 sec
Point d'éclair (ASTM D56)	+ 26°C
Conditionnement	Bidon de 20 litres
Conditions de mise en œuvre	Support sec, propre et sans poussières
Température d'application (support et EIF)	10°C minimum
Consommation	400 g/m ² minimum
Temps de séchage	Variable en fonction des conditions. Doit être sec au toucher (ne tâche pas au doigt).
Stockage	Durée 12 mois en emballage d'origine dans des conditions de stockage satisfaisantes (endroit frais et ventilé).

Tableau 11 : Contrôles internes de fabrication pour les feuilles bitumineuses

Type de contrôle	Fréquence
Sur matières premières	
Bitume de base : <ul style="list-style-type: none"> • Pénétration à 25 °C • Mélange témoin 	1 certificat / livraison 1 / semaine
Élastomère : granulométrie – GPC	1 certificat / livraison
Armatures : <ul style="list-style-type: none"> • Traction • Poids 	1 certificat / livraison 1 certificat / livraison
Sur bitume modifié	
TBA – pénétration à 25°C – image UV	1 / poste / machine
Sur produits finis	
Défaut d'aspect Épaisseur – longueur – largeur – lisière – poids Rectitude Masse surfacique Tenue à la chaleur – neuf + 6 mois 70 °C Pliage à froid – neuf + 6 mois 70 °C Retrait libre Caractéristiques mécaniques Vieillessement Déchirure au clou	Conforme à la NF EN 13707 Guide UEAtc pour les vieillissements

Tableau 12 : Nomenclature de l'autocontrôle de fabrication des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL

Caractéristiques	Fréquence
Puissance nominale Pmpp Dimensions Poids Masse surfacique Tension en circuit ouvert Uco Tension nominale au point de puissance maximum Umpp Courant de court-circuit Icc Courant nominal au point de puissance maximum Impp Coefficient de température pour la puissance maximum αT (Pmpp) Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert αT (Uco) Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit αT (Icc)	<p>≥1x par module photovoltaïque</p> <p>≥1x par module / production</p> <p>≥1x par module / production</p> <p>≥1x par module / production</p>

Tableau 13 : Nomenclature des contrôles qualité à réception des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL par SOPRASOLAR®

Action	Description
Prélèvement	Par livraison de 60 cartons, 2 cartons sélectionnés aléatoirement, 1 module photovoltaïque prélevé par carton sélectionné.
Inspection	<ul style="list-style-type: none"> • Rectitude • Absence d'inclusions diverses • Impacts • Plis • Rayures • Bulle en sous-face
Enregistrement des contrôles	<ul style="list-style-type: none"> • Date d'arrivage • Quantité livrée • Numéro de traçabilité des modules photovoltaïques contrôlés • Conformité ou non-conformité • Cause de non-conformité • Action curative (exemple : mise à l'écart de tout ou partie de la livraison...)
Essai	<p>1 fois par an</p> <p>Essai de pelage selon la norme EN 12316-1 d'un module photovoltaïque autocollé sur membrane SOPRASOLAR® CAP + SOPRASOLAR® PRIM. La résistance moyenne au pelage doit être ≥ 40 N/5 cm.</p>

16 FIGURES DU DOSSIER TECHNIQUE

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

Table des matières des figures

Figure 1 : Logigramme pour définition de l'entraxe entre fixations mécaniques en système fixé mécaniquement	33
Figure 2 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR® FLEX sur revêtement d'étanchéité adhérent (type L) ...	48
Figure 3 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR® FLEX sur revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (type F) – module PV parallèle aux rangées de fixations de l'étanchéité (SRA)	49
Figure 4 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR® FLEX sur revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (type F) – module PV perpendiculaire aux rangées de fixations de l'étanchéité (SRB)	49
Figure 5 : Dimensions du module photovoltaïque et positions des bandes de butyle autocollantes	50
Figure 6 : Implantation des modules SOPRASOLAR® CELL	51
Figure 7 : Étapes de mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR® FLEX.....	52
Figure 8 : Attelage de fixation de référence.....	53
Figure 9 : Aperçu de la bande de recouvrement des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK.....	53
Figure 10 : Localisation des zones en toiture pour définition de la densité de fixations de la 1 ^{ère} couche d'étanchéité	54
Figure 11 : Schéma de principe des fixations de la 1 ^{ère} couche d'étanchéité (les valeurs E sont indiquées dans les tableaux de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes)	55
Figure 12 : Relevés en feuilles bitumineuses - Exemple sur élément porteur en tôles d'acier nervurées	56
Figure 13 : Disposition des fixations de la première couche d'étanchéité.....	56
Figure 14 : Exemple de disposition des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL	57
Figure 15 : Plot SOPRASOLAR® FIX EVO utilisé comme support de chemin de câbles.....	57
Figure 16 : Support de chemin de câble métallique	58
Figure 17 : Schéma détail passage de câble à travers la toiture	58
Figure 18 : Schéma de câblage des modules SOPRASOLAR® CELL.....	59

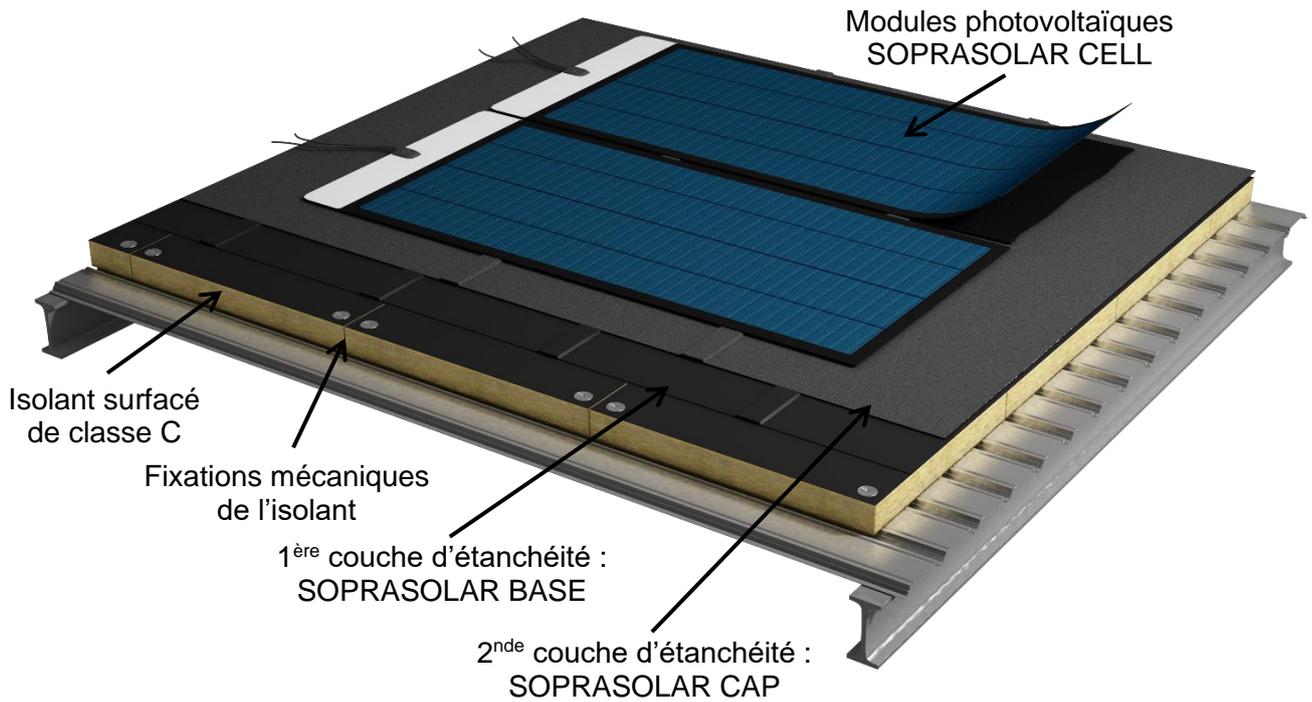


Figure 2 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR® FLEX sur revêtement d'étanchéité adhérent (type L)

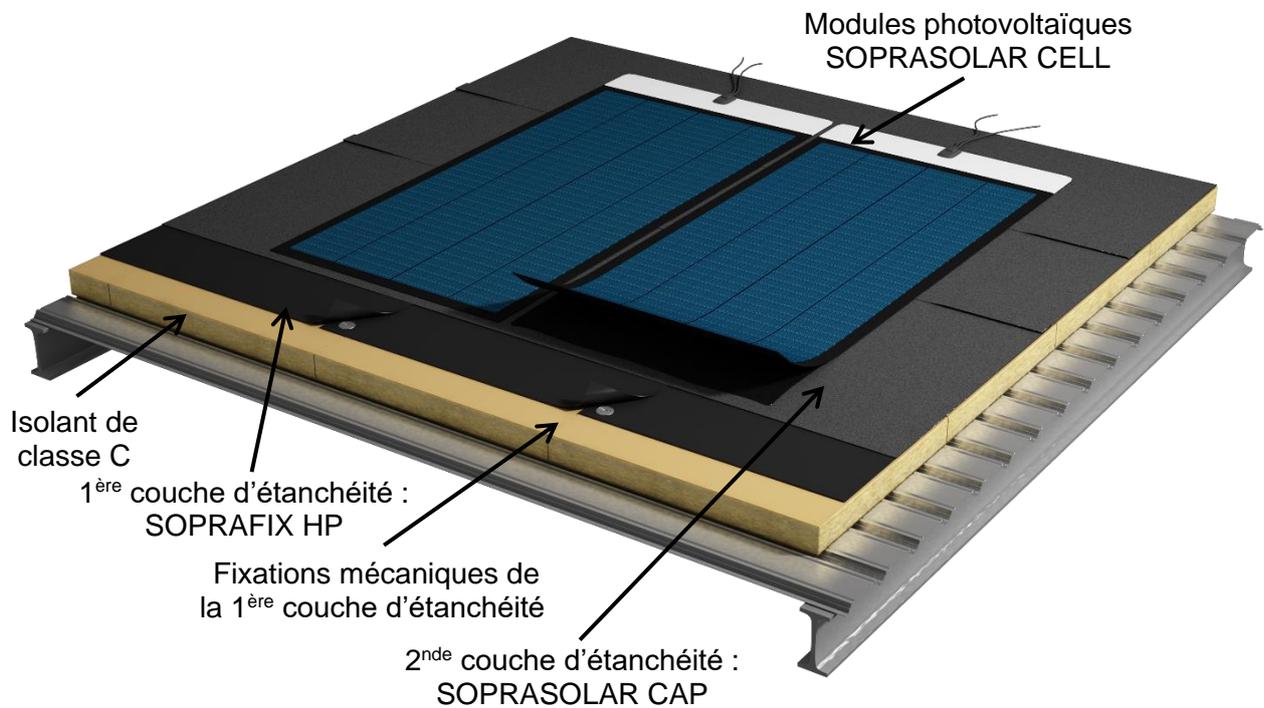


Figure 3 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR® FLEX sur revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (type F) – module PV parallèle aux rangées de fixations de l'étanchéité (SRA)

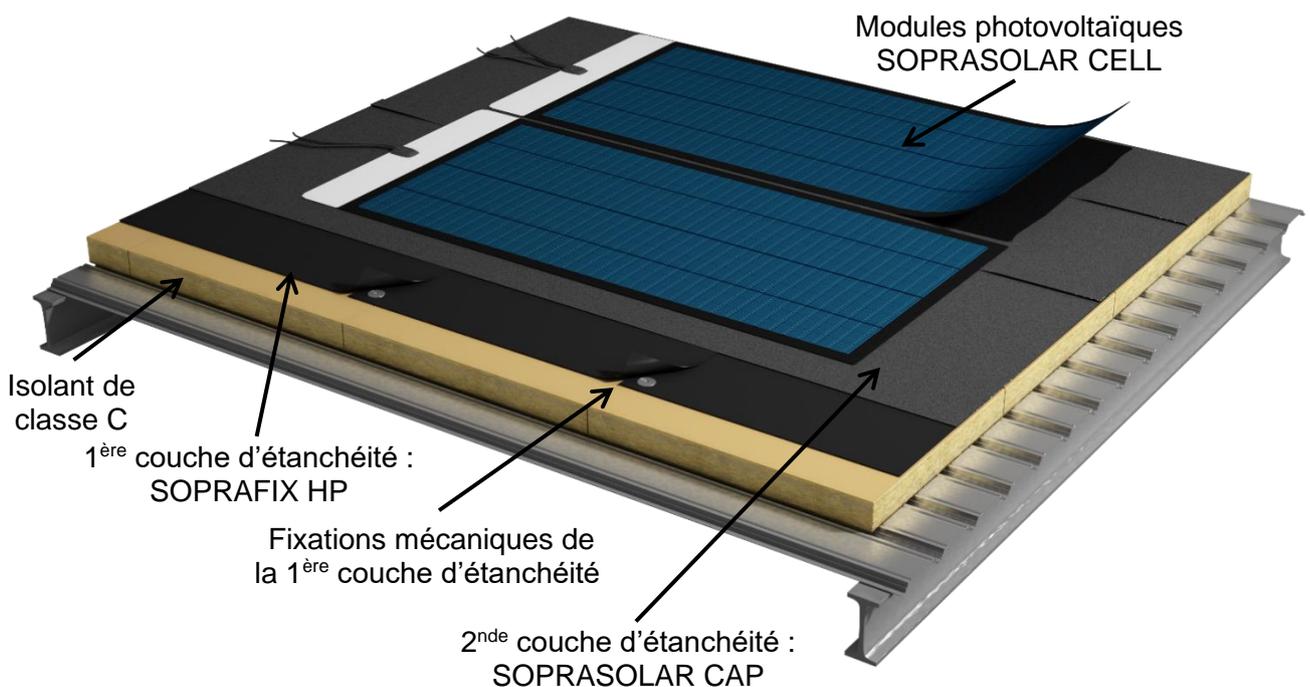


Figure 4 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR® FLEX sur revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (type F) – module PV perpendiculaire aux rangées de fixations de l'étanchéité (SRB)

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

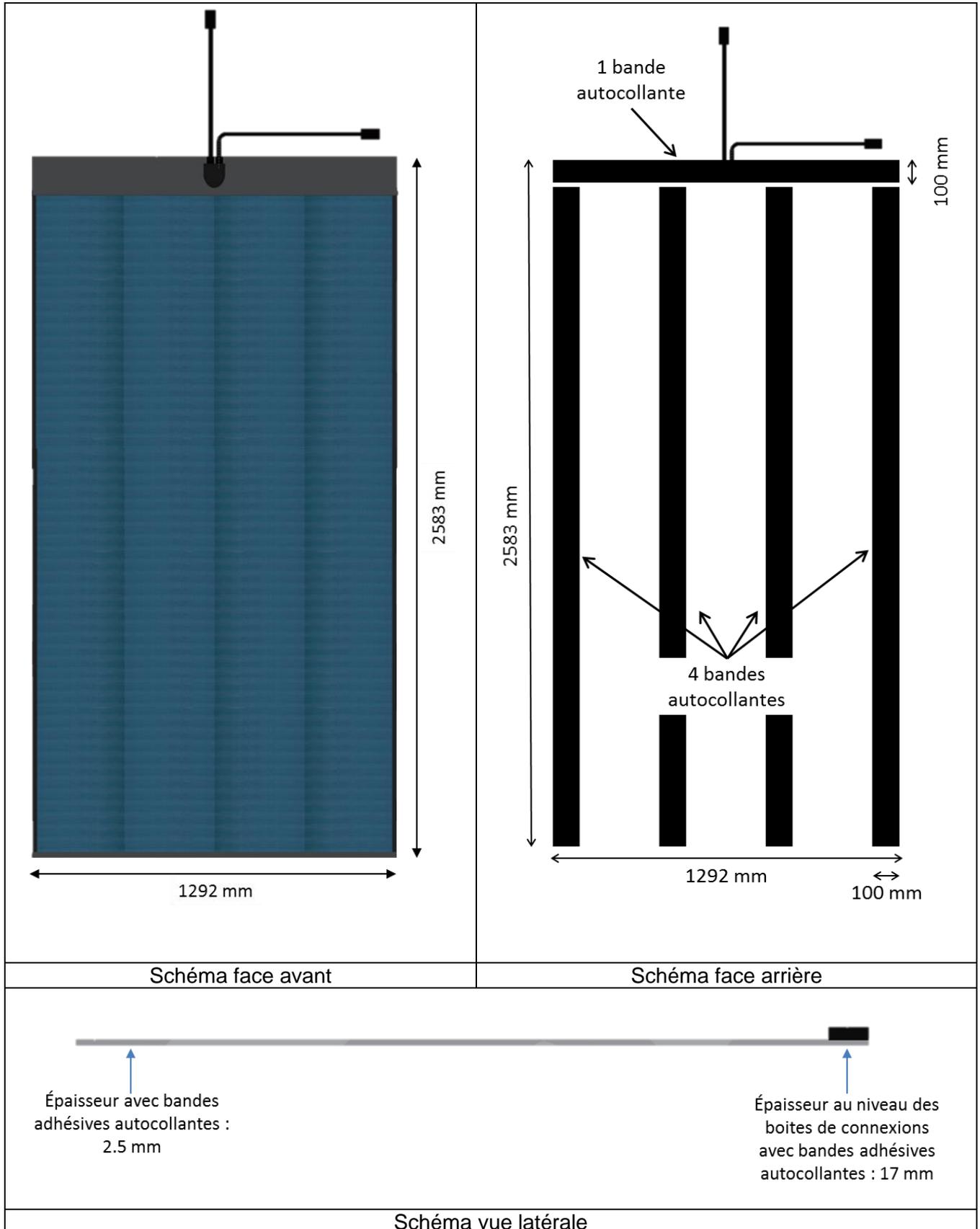


Figure 5 : Dimensions du module photovoltaïque et positions des bandes de butyle autocollantes

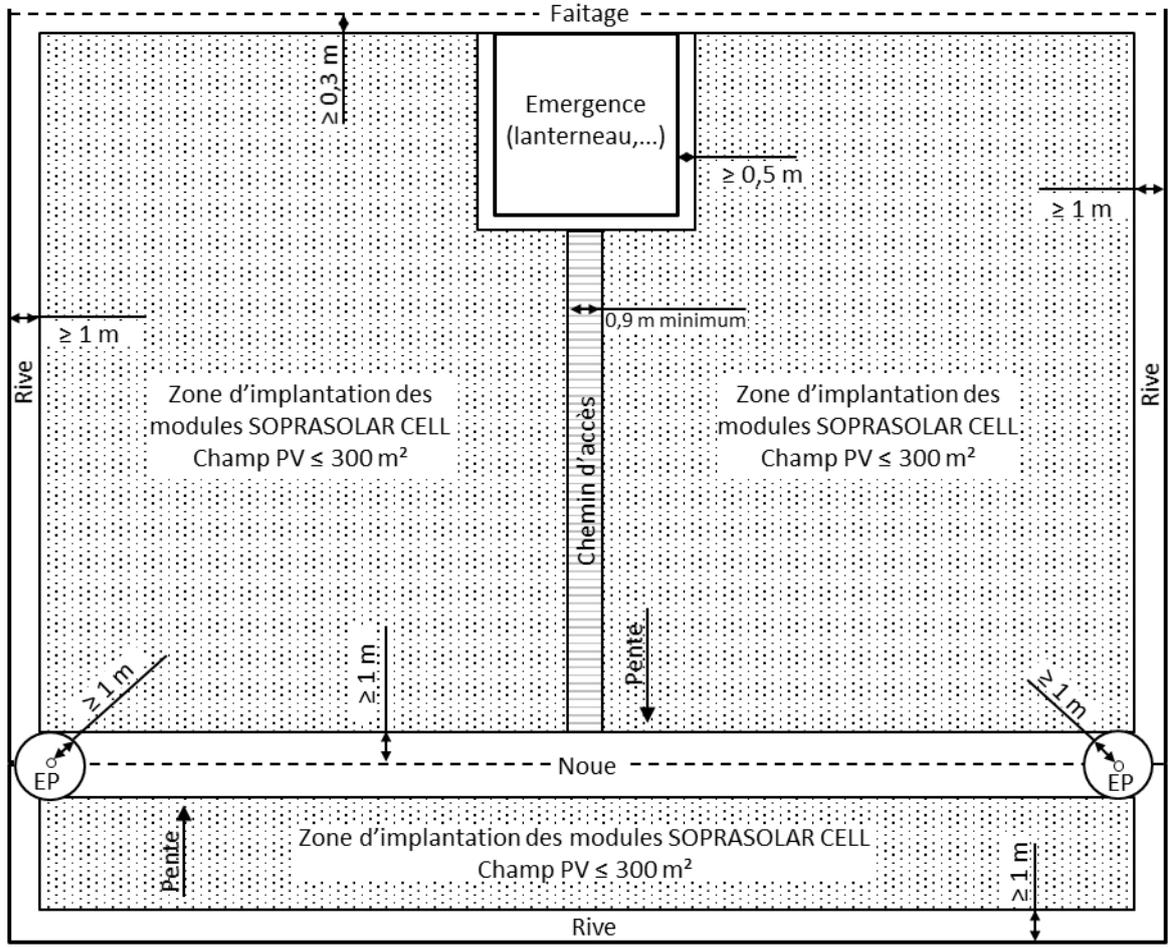


Figure 6 : Implantation des modules SOPRASOLAR® CELL

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

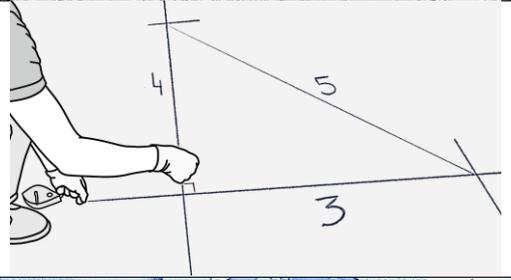
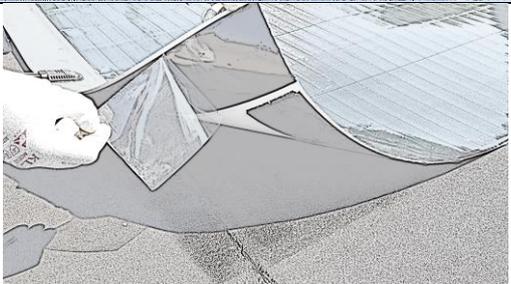
<p>Soudure de la membrane d'étanchéité apparente SOPRASOLAR® CAP</p>	
<p>Traçage de la zone à primariser en vérifiant l'équerrage avec la méthode 3-4-5 + 5 cm par rapport à l'emprise du module photovoltaïque SOPRASOLAR® CELL</p>	
<p>Application du primaire SOPRASOLAR® PRIM</p>	
<p>Collage du module photovoltaïque SOPRASOLAR® CELL en retirant les bandes auto-adhésives</p>	
<p>Marouflage à l'aide d'un chiffon propre</p>	
<p>Confirmation de l'adhésivité à l'aide d'une roulette PVC</p>	

Figure 7 : Étapes de mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR® FLEX

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

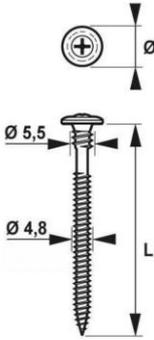
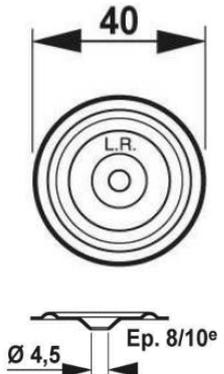
Élément porteur	Élément de liaison avec l'élément porteur	Plaque de répartition	
Tôle d'acier nervurée à plage pleine	<p>Vis EVDF 2C de Ø 4,8 mm de LR ETANCO $Pk_{ft} = 1\ 520\ N$ selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier nervurée pleine de 0,75 mm d'épaisseur</p> 	<p>Plaque métallique ronde Ø 40 mm nervurée</p> 	

Figure 8 : Attelage de fixation de référence

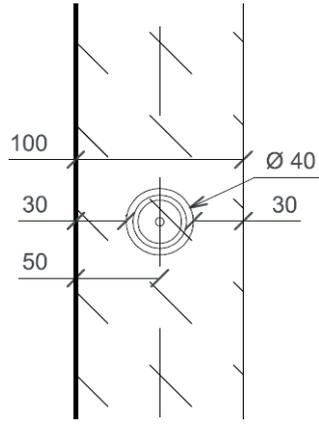
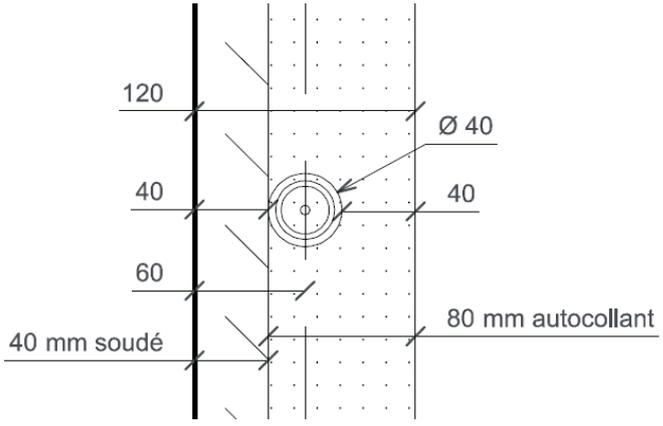
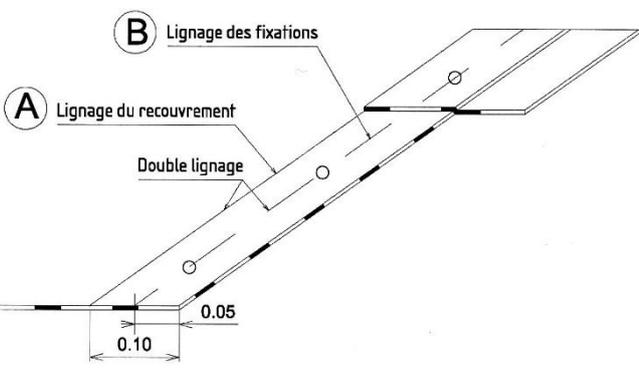
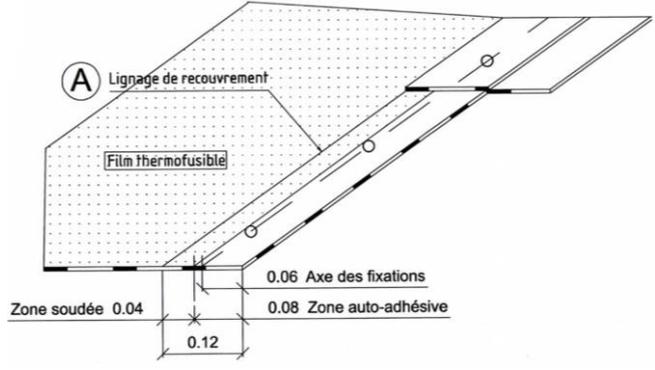
	
 <p>A Lignage du recouvrement B Lignage des fixations Double lignage 0.05 0.10</p>	 <p>A Lignage de recouvrement Film thermofusible 0.06 Axe des fixations Zone soudée 0.04 0.08 Zone auto-adhésive 0.12</p>
<p><i>Fixation et recouvrement en lisière de SOPRAFIX HP</i></p>	<p><i>Fixation et recouvrement en lisière de SOPRAFIX STICK</i></p>

Figure 9 : Aperçu de la bande de recouvrement des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

Repère	Localisation	Largeur concernée
1	Partie courante	
2	Rives, pied de bâtiments surélevés, murs coupe-feu	$\frac{h_{\text{bâtiment}}}{10}$, sans être inférieur à 2 m
3	Angles	Intersection des deux rives
4	Pourtour des édicules dont une des dimensions (L, l ou h) > 1 m	1 m
5	Pourtour des émergences de dimensions plus petites (lanterneaux, joints de dilatation, ...)	Pied du relevé

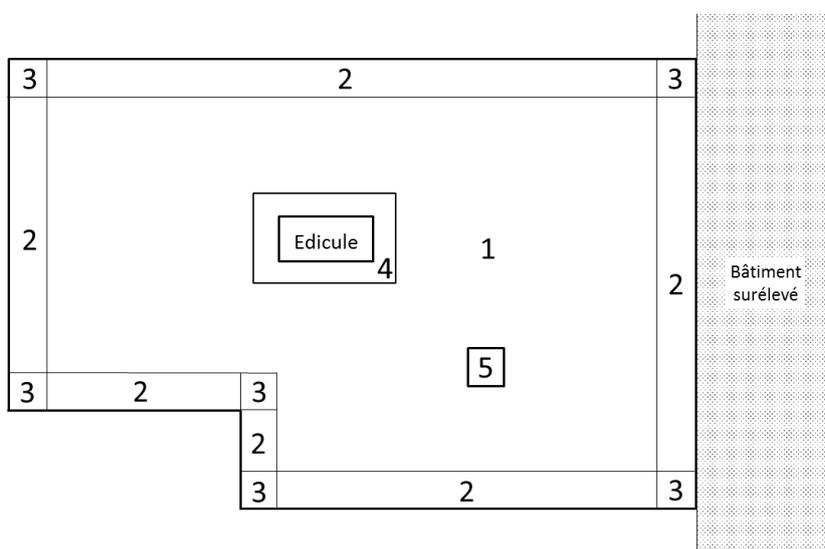


Figure 10 : Localisation des zones en toiture pour définition de la densité de fixations de la 1^{ère} couche d'étanchéité

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

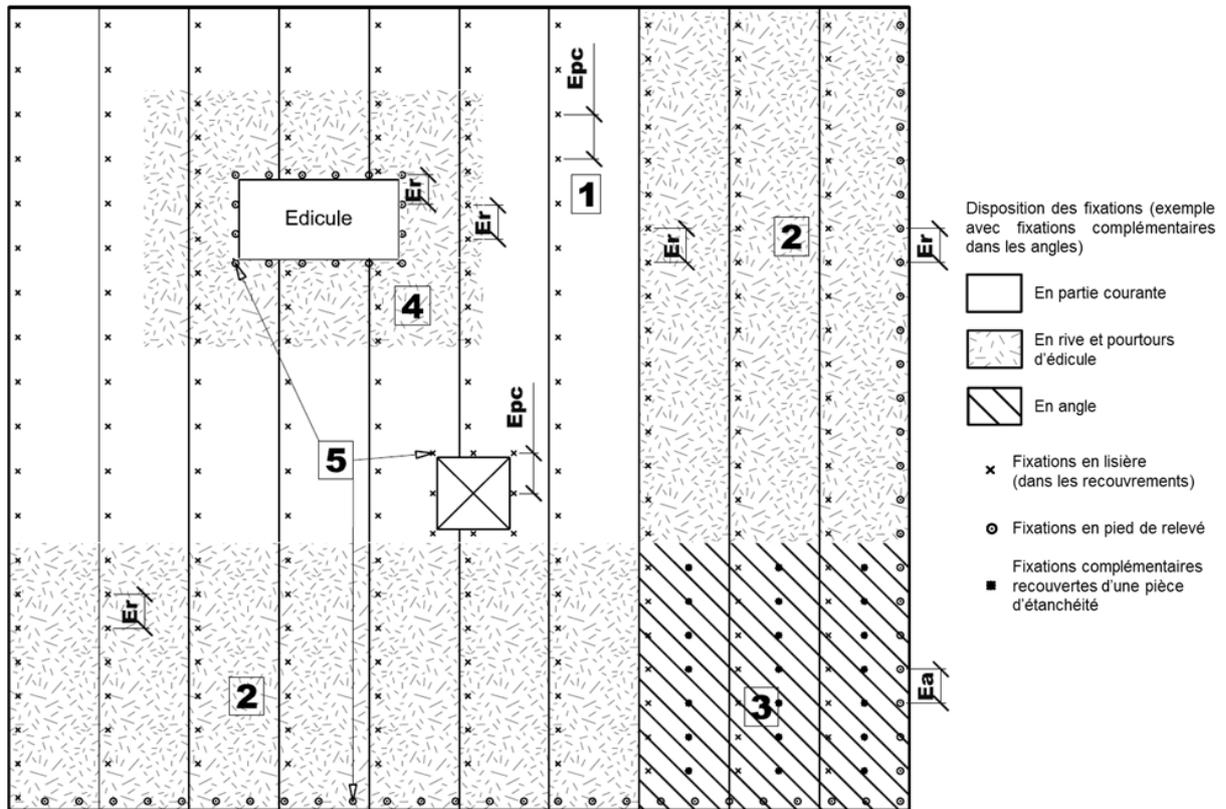


Figure 11 : Schéma de principe des fixations de la 1^{ère} couche d'étanchéité (les valeurs E sont indiquées dans les tableaux de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes)

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2871_V2

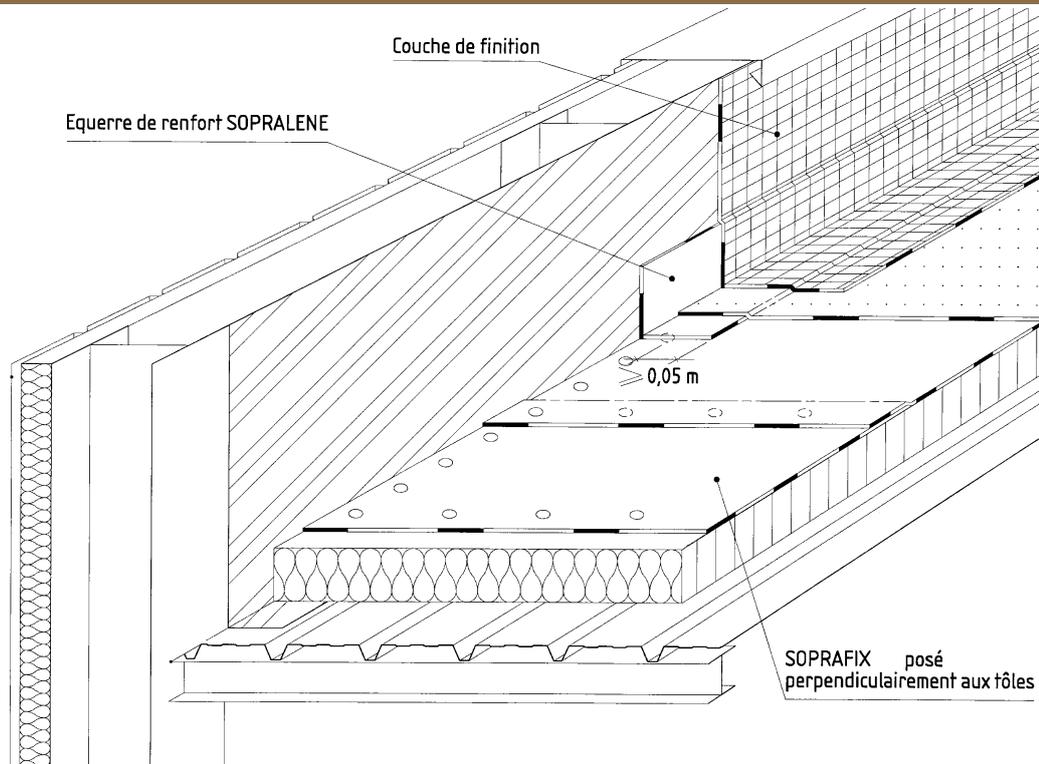


Figure 12 : Relevés en feuilles bitumineuses - Exemple sur élément porteur en tôles d'acier nervurées

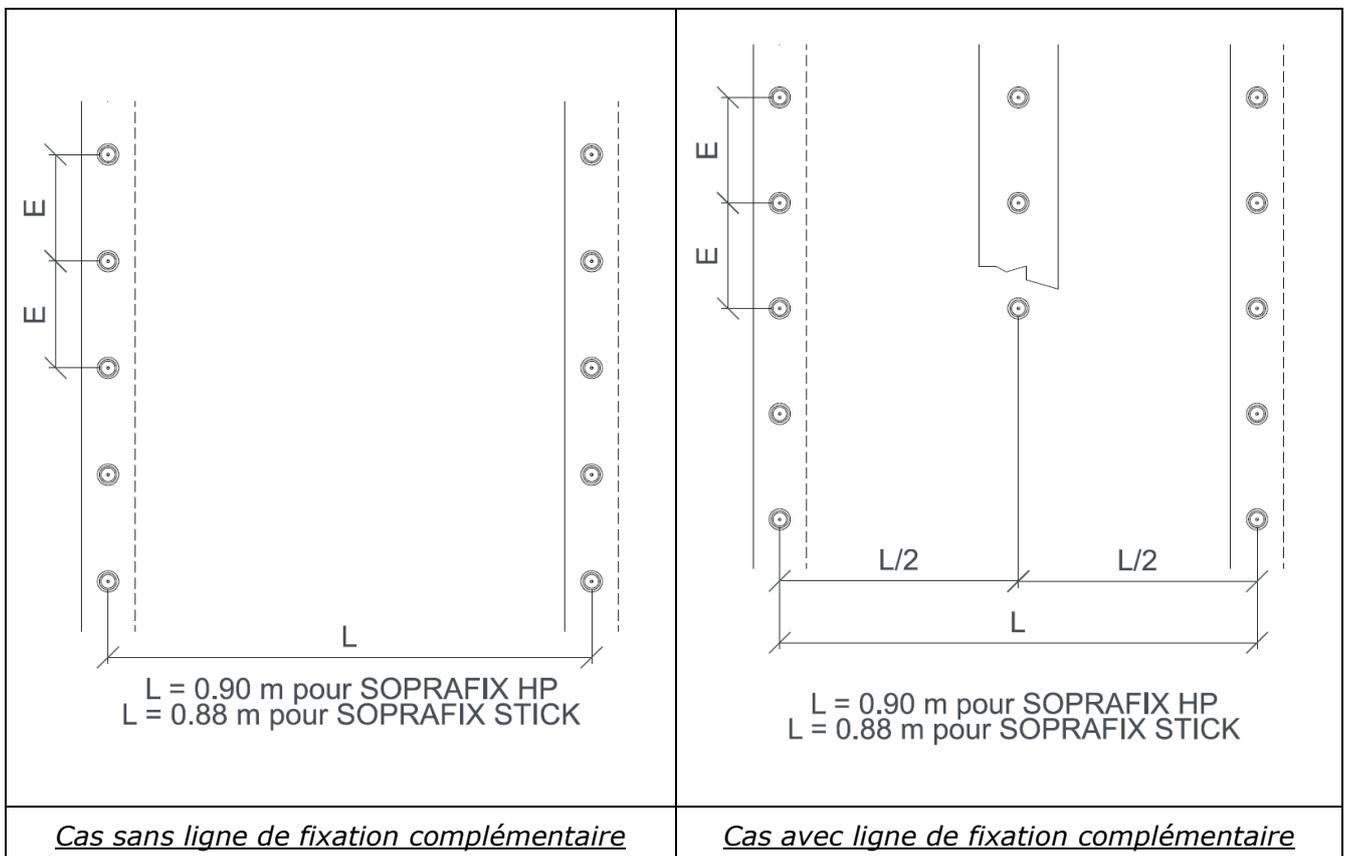


Figure 13 : Disposition des fixations de la première couche d'étanchéité

Le présent document comporte 59 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

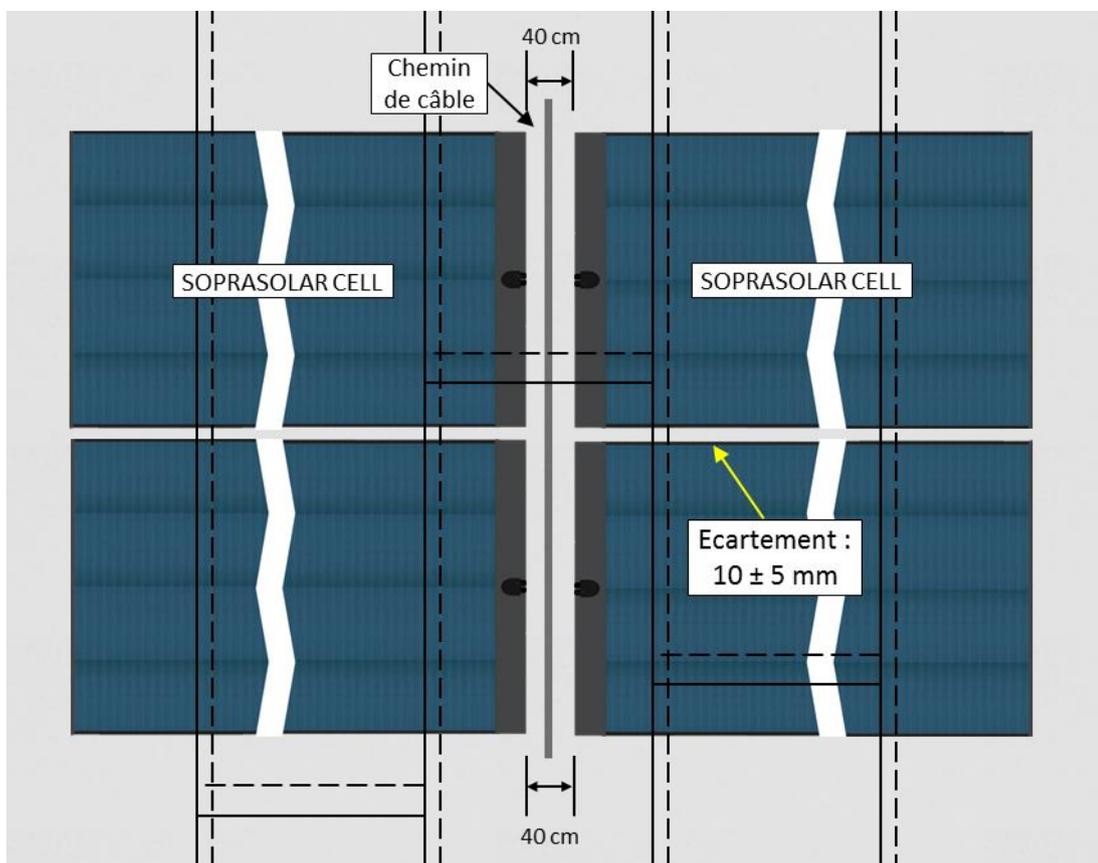


Figure 14 : Exemple de disposition des modules photovoltaïques SOPRASOLAR® CELL



Figure 15 : Plot SOPRASOLAR® FIX EVO utilisé comme support de chemin de câbles

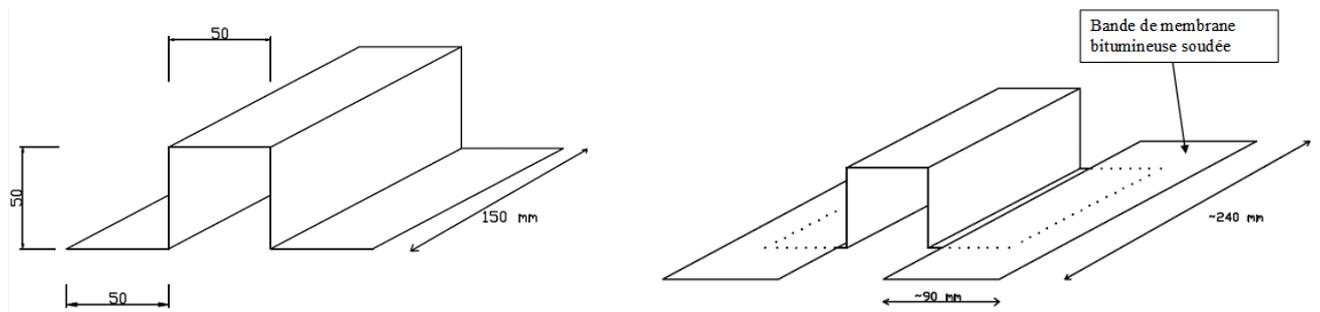
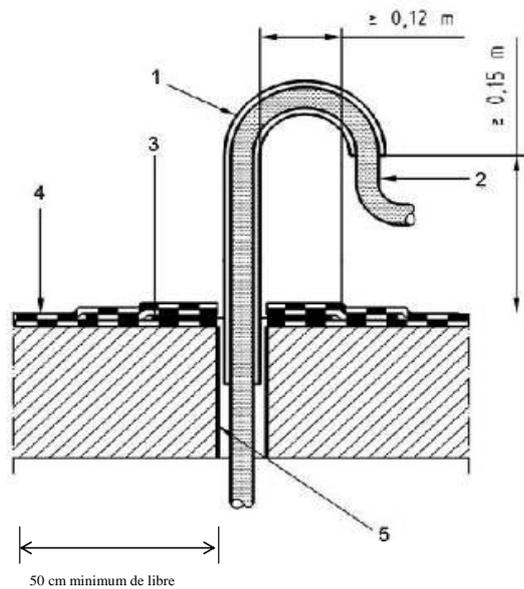


Figure 16 : Support de chemin de câble métallique



Légende :

- 1 : Crosse
- 2 : Câbles
- 3 : Platine
- 4 : Etanchéité bicouche et couche de renfort sur platine
- 5 : Fourreau

Figure 17 : Schéma détail passage de câble à travers la toiture

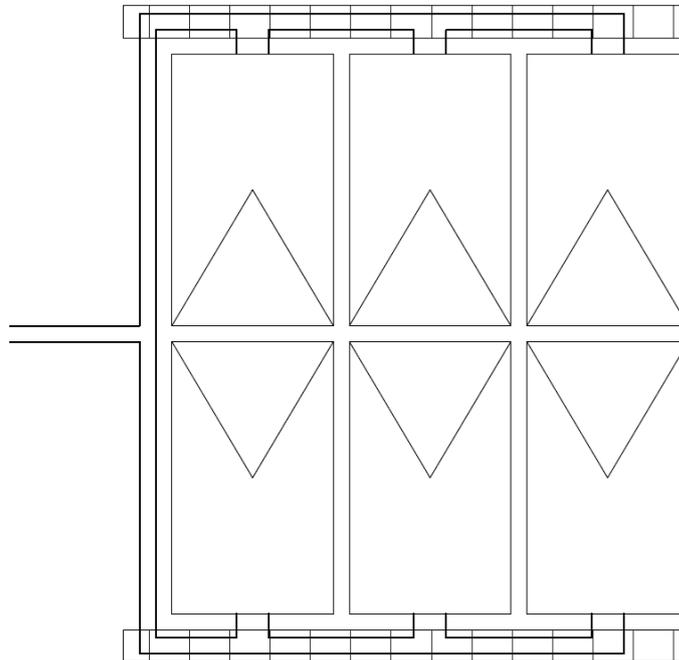


Figure 18 : Schéma de câblage des modules SOPRASOLAR® CELL

Fin du rapport