APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3309_V1

sur le procédé photovoltaïque : « SOPRASOLAR FLEX BITUME »

ATEx de cas a

Validité du 20/02/2024 au 28/02/2027

Copyright : Société SOPRASOLAR

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)*

A LA DEMANDE DE :

Société : **SOPRASOLAR SAS**

Adresse : 202 Quai de Clichy
92110 Clichy

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3309_V1 du 3 janvier 2024

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé d'étanchéité et de production photovoltaïque SOPRASOLAR FLEX BITUME défini dans le Dossier Technique.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 03/01/2024, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEx ci-dessous définie :

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

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEx 3309_V1 et résumée 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 **28 février 2027**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations et de l'attendu formulés aux § 4 et 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 :

a. 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 12 du Dossier technique).
b. 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 3 600 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009.
c. En semi-indépendance fixé mécaniquement : les dépressions au vent extrême sont au plus égales à 3 600 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 2 à 5 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.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Dans les lois et règlements en vigueur, les dispositions à considérer pour les toitures proposées ont trait à la tenue au feu venant de l'extérieur et de l'intérieur. Aucune performance au feu n'a été déterminée pour le revêtement avec modules photovoltaïques souples ou semi-rigides.

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

Des procédés photovoltaïques mis en œuvre sur des complexes d'étanchéités présentent un classement de tenue au feu Broof(t3). L'entreprise de pose doit se procurer les procès-verbaux auprès du titulaire de l'ATEx et vérifier que le procédé à mettre en œuvre (composé des modules photovoltaïques, du système de montage et du complexe d'étanchéité) est pris en compte par l'un de ces procès-verbaux.

1.4 – Sécurité en cas de séisme

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

1.5 – Sécurité électrique

Cette ATEx est assujettie à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cette ATEx. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cette ATEx sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, fusionnée à la fin du présent document. La grille de vérification à utiliser doit être la version la plus récente se rapportant à cette ATEx. La grille porte alors un n° du type Gn/3309_V1 indiquant qu'il s'agit de la n^{ème} version de la grille. La version Gn la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site https://evaluation.cstb.fr.

Les modules photovoltaïques souples ou semi-rigides disposent de certificats de conformité aux normes IEC 61215 et IEC 61730 dans les plages de puissances définies dans la grille de vérification. Les modules photovoltaïques cadrés sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique selon la norme IEC 61730, jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).

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.

2°) Faisabilité

2.1 – Production *(obtention de produits convenables de qualité suffisamment constante)*

La fabrication des modules photovoltaïques et l'application de la colle en sous-face de ceux-ci s'effectuent sur le site de production des fabricants (se référer à la grille de vérification des gammes de modules la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a).

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 au moins 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 BITUME.

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

3.1 – Solidité

Dans les limites du domaine d'emploi revendiqué, et dans les conditions de pose prévues en respectant les prescriptions du Dossier Technique, le procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME ne présente pas de risque particulier vis-à-vis de la solidité.

3.2 – Étanchéité

Sous réserve du respect des préconisations de pose du Dossier technique, dans les limites du domaine d'emploi revendiqué, le procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME ne présente pas de risque particulier vis-à-vis de l'étanchéité.

3.3 – Durabilité

La durabilité propre des composants, leur compatibilité et leur fabrication permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi revendiqué.

4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- vérifier que les plaquettes à rupture thermique ne sont pas utilisées car elles sont exclues du domaine d'emploi ; seules les plaquettes métalliques de diamètre 40 mm sont acceptées ;
- vérifier que les modules photovoltaïques associés sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site https://evaluation.cstb.fr à la fin de l'ATEx n° 3309_V1.

5°) Attendu

Imposer dans le cahier des charges des modules photovoltaïques que ceux-ci devront être livrés avec des bouchons de connecteurs électriques installés sur les connecteurs des modules.

6°) Rappel

Conformément au Règlement d'ATEx, le demandeur s'engage à communiquer au CSTB toutes les applications de son système, dès qu'elles sont programmées.

Le présent document comporte 61 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

EN CONCLUSION

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

- La sécurité est assurée,
- La faisabilité est réelle,
- Les désordres sont limités.

Sophia Antipolis, le 20 février 2024

La Présidente du Comité d'Experts,

Coralie NGUYEN

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 :
Le procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME est un procédé d'étanchéité bitumineux bicouche autoprotégé intégrant des modules photovoltaïques 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.
  - 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.
  - 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 souples ou semi-rigides. Ils doivent être issus des gammes de modules indiquées dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document.

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 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 § 3.2.4 du Dossier technique.

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Plusieurs références de modules photovoltaïques peuvent être mis en œuvre avec le système SOPRASOLAR FLEX BITUME. Il y a lieu de se référer à la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document.

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

Mise en œuvre

Le délai maximum de collage des modules photovoltaïques est de 18 mois après la mise en œuvre du revêtement d'étanchéité.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3309_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 OEUVRE

Ce document comporte 55 pages.

Procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME

« Dossier technique établi par le demandeur »

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

Datée du 19 janvier 2024

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEx 3309_V1.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3309_V1 du 3 janvier 2024

TABLE DES MATIERES

1 DESCRIPTION GENERALE 4

1.1 IDENTIFICATION DU DEMANDEUR 4
1.2 DENOMINATION COMMERCIALE DU PROCEDE 4
1.3 DESCRIPTION SUCCINCTE 4

2 DOMAINE D'EMPLOI 5

2.1 TYPE DE BATIMENTS 5
2.2 ZONE GEOGRAPHIQUE 5
2.3 PENTE 5
2.4 ELEMENTS PORTEURS ET SUPPORTS D'ETANCHEITE 6
2.5 CHARGES CLIMATIQUES 6

3 DESCRIPTION ET ELEMENTS CONSTITUTIFS 7

3.1 PRINCIPE 7
3.2 MATERIAUX 7
3.2.1 Liants bitumineux 7
3.2.1.1 Liant ETF 2 en bitume élastomère SBS 7
3.2.1.2 Liant en bitume élastomérique SEBS anti-UV 7
3.2.2 Membranes 7
3.2.2.1 Feuilles de première couche 7
3.2.2.2 Feuille de seconde couche soudée 8
3.2.3 Fixations mécaniques 8
3.2.3.1 Attelages pour la fixation des panneaux isolants 8
3.2.3.2 Attelages pour la fixation des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK 8
3.2.4 Primaire d'accrochage 8
3.2.5 Modules photovoltaïques 8
3.2.5.1 Boites de connexion 9
3.2.5.2 Câbles électriques 9
3.2.5.3 Connecteurs électriques 9
3.2.6 Autres matériaux 9
3.2.6.1 Bitume EAC sans bitume oxydé 9
3.2.6.2 Enduits d'imprégnation à froid 9
3.2.6.3 Écran de semi-indépendance (sur ancienne étanchéité auto-protégée) 10
3.2.6.4 Matériaux pour relevés en feuilles 10
3.2.6.5 Feuilles pare-vapeurs 10

4 DISPOSITIONS DE CONCEPTION 10

4.1 GENERALITES 10
4.2 TRAVAUX NEUFS 10
4.3 TRAVAUX DE REFECTION 11

5 DISPOSITIONS DE MISE EN ŒUVRE 11

5.1 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ELEMENTS PORTEURS ET AUX SUPPORTS 11
5.1.1 Éléments porteurs en tôles d'acier nervurés 11
5.1.2 Éléments porteurs et supports en bois et panneaux à base de bois 11
5.1.3 Éléments porteurs et supports en CLT 11
5.1.4 Pare-vapeur 11
5.1.5 Supports isolants non-porteurs 11
5.1.5.1 Mise en œuvre de l'isolant 12
5.1.5.2 Fixés mécaniquement 12
5.1.5.3 Collés par EAC exempt de bitume oxydé 12
5.1.6 Supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité 12

Le présent document comporte 61 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

5.2 PRESCRIPTIONS DE MISE EN ŒUVRE RELATIVES AUX REVETEMENTS 13
5.2.1 Mise en œuvre de la couche d'étanchéité inférieure en adhérence 13
5.2.2 Mise en œuvre de la couche d'étanchéité inférieure en semi-indépendance 13
5.2.3 Mise en œuvre de la couche d'étanchéité inférieure fixé mécaniquement 13
5.2.3.1 Dispositions de mise en œuvre de la feuille d'étanchéité inférieure fixée mécaniquement 13
5.2.3.2 Densité et répartition des fixations mécaniques pour revêtements fixés mécaniquement 14
5.2.3.2.1 Généralités 14
5.2.3.2.2 Espacement des fixations 15
5.2.3.2.3 Ligne de fixation complémentaire en milieu de lé 16
5.2.3.2.4 Fixations mécaniques de référence 16
5.2.4 Mise en œuvre de la couche d'étanchéité supérieure 16
5.2.5 Mise hors d'eau en fin de journée 17
5.3 MISE EN ŒUVRE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES 17
5.3.1 Généralités 17
5.3.2 Implantation des modules photovoltaïques 17
5.3.3 Repérages et traçages 18
5.3.4 Mise en œuvre du primaire d'accrochage SOPRASOLAR PRIM 18
5.3.5 Collage des modules photovoltaïques 18
5.3.6 Raccordement électrique des modules photovoltaïques 19
5.3.7 Interdictions à respecter lors de la pose des modules photovoltaïques 19
5.4 MISE EN ŒUVRE DES CHEMINS DE CABLES ET DES SUPPORTS 20
5.4.1 Mise en œuvre des chemins de câbles 20
5.4.2 Mise en œuvre des supports de chemins de câbles 20
5.5 RELEVES D'ETANCHEITE 21
5.6 OUVRAGES PARTICULIERS 21
5.6.1 Noues 21
5.6.2 Chéneaux et caniveaux 21
5.6.3 Évacuations des eaux pluviales, pénétrations 21
5.6.4 Joints de dilatation 21
5.6.5 Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment 21
5.6.6 Chemins de circulation 21
6 ENTRETIEN, MAINTENANCE ET REPARATION 22
6.1 INSTRUCTIONS POUR CIRCULER 22
6.2 MAINTENANCE ET ENTRETIEN 22
6.3 REPARABILITE 23
7 FABRICATION ET CONTROLE 23
7.1 LES FEUILLES D'ETANCHEITE 23
7.2 LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES 23
8 FORMATION 24
9 ASSISTANCE TECHNIQUE 24
10 ETIQUETAGE ET STOCKAGE 24
11 REFERENCES 24
12 RESULTATS EXPERIMENTAUX 25
13 ANNEXE A : REGLES D'ADAPTATION DE LA DENSITE DE FIXATIONS 26
13.1 DEFINITIONS 26
13.2 REGLES D'ADAPTATION EN FONCTION DE L'ELEMENT PORTEUR 27
13.3 REGLES GENERALES 27
13.4 DETERMINATION DE LA VALEUR ADMISSIBLE $WADM_{LIM}$ DES FIXATIONS 27
13.4.1 Généralités 27
13.4.2 Règles d'adaptation 27

Le présent document comporte 61 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

13.5 DETERMINATION DE LA DENSITE DE REPARTITION DES FIXATIONS 27
13.6 DETERMINATION DE L'ESPACEMENT E ENTRE FIXATIONS 28
14 ANNEXE B : ESPACEMENTS DES FIXATIONS DES SYSTEMES DE REFERENCE 28
15 TABLEAUX DU DOSSIER TECHNIQUE 33
16 FIGURES DU DOSSIER TECHNIQUE 41

1 DESCRIPTION GENERALE

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 souples ou semi-rigides
  Se référer à la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document.

1.2 DENOMINATION COMMERCIALE DU PROCEDE

SOPRASOLAR FLEX BITUME

1.3 DESCRIPTION SUCCINCTE

Procédé d'étanchéité bitumineux bicouche intégrant des modules photovoltaïques souples ou semi-rigides collés sur chantier par auto-adhésivité

2 DOMAINE D'EMPLOI

2.1 TYPE DE BATIMENTS

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 BITUME peut être mis en œuvre sur des bâtiments fermés ou ouverts au vent au sens des règles NV65 modifiée 2009.

Le Tableau 1 précise la faisabilité de mise en œuvre du procédé en fonction l'hygrométrie des locaux et de l'élément porteur.

Tableau 1 : Compatibilité du procédé en fonction de l'élément porteur et de l'hygrométrie des locaux

Elément porteur	Faible ou moyenne hygrométrie	Forte hygrométrie	Très forte hygrométrie
Tôles d'acier nervurées à plages pleines	Acceptée	Acceptée	Acceptée (1)
Tôles d'acier nervurées à plages perforées ou crevées	Acceptée	Exclue	Exclue
Bois, CLT et panneaux à base de bois	Acceptée	Exclue	Exclue
(1) Les locaux à très forte hygrométrie sont acceptés sur tôle d'acier nervurée à plage pleine uniquement avec EAC + verre cellulaire. Les fixations mécaniques sont exclues.			

Le Tableau 11 permet de guider le choix du pare-vapeur en fonction de l'élément porteur et de l'hygrométrie des locaux.

2.2 ZONE GEOGRAPHIQUE

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

La mise en œuvre est possible en milieu salin à condition de choisir un module photovoltaïque présentant un certificat IEC 61701 avec une classe de corrosivité qui respecte les exigences du Tableau 6 par rapport à la distance à une étendue d'eau salée (cf. grille de vérification des gammes de modules la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a).

2.3 PENTE

La pose du procédé est possible sur :

- Toitures planes.
- Toitures cintrées de forme concave et/ou convexe. Le rayon de courbure est défini par le DTA de l'isolant et les modules photovoltaïques doivent être compatibles (cf. rayon de courbure du module et la forme de la toiture acceptée dans la grille de vérification des modules de cet ATEx de cas a). La pose en toiture courbe doit également respecter la pente définie ci-dessous en fonction du revêtement d'étanchéité.

Le procédé s'applique sur toitures 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 ELEMENTS PORTEURS ET SUPPORTS D'ETANCHEITE

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 :
    - soit le revêtement d'étanchéité est fixé mécaniquement,
    - soit l'isolant est en verre cellulaire collé à l'EAC exempt de bitume oxydé (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 ou semi-rigides.

La mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME 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 ou dans la limite de rayon de courbure validé dans la grille de module, 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 10).
- En semi-indépendance par écran perforé : l'emploi est limité aux cas des travaux de réfection (cf. Tableau 10).
- En semi-indépendance fixé mécaniquement : 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 de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes.

Dans tous les cas, la mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME est limitée à des dépressions en vent extrême au plus égales à 3 600 Pa selon les Règles V65 modifiées N°4 de février 2009 en raison des limites mécaniques admissibles des modules photovoltaïques.

3 DESCRIPTION ET ELEMENTS CONSTITUTIFS

3.1 PRINCIPE

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

Le procédé est composé :

- D'une étanchéité bitumineuse bicouche
    - 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
    - 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. Se référer à la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document.

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 MATERIAUX

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 BITUME. 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 14. Taux de fines : inférieur ou égal à 35 %.

3.2.2 MEMBRANES

3.2.2.1 Feuilles de première couche

La membrane d'étanchéité mise en œuvre en tant que première couche du complexe SOPRASOLAR FLEX BITUME 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 13.

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 13.

3.2.3 FIXATIONS MECANIQUES

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 Pk_{ft} 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 admises 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 15.

3.2.5 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les références de modules photovoltaïques pouvant être mis en œuvre avec le système SOPRASOLAR FLEX BITUME sont décrits dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document. Les caractéristiques techniques et dimensionnelles des modules photovoltaïques y sont décrites.

Les modules photovoltaïques sont considérés comme souples lorsque le rayon de courbure est inférieur ou égal à 500 mm, dans au moins une direction selon la spécification du fabricant. Le module souple est capable de flexion afin d'être conforme à une surface courbe.

Les modules souples ou semi-rigides sont conformes aux normes IEC 61215-2016 et IEC 61730-2015.

Les bandes adhésives en butyle protégées par un film pelable sont appliquées en face arrière des modules photovoltaïques en usine (cf. schémas dans la grille de vérification des modules).

Seule la couche supérieure SOPRASOLAR CAP est autorisée à être associée avec des modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME.

L'application du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME en milieu salin est possible à condition de choisir un module photovoltaïque présentant un certificat IEC 61701 avec une classe de corrosivité qui respecte les exigences du Tableau 6 par rapport à la distance à une étendue d'eau salée (cf. grille de vérification des gammes de modules la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a).

L'intégration de nouveaux modules photovoltaïque dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a se fait conformément à la procédure d'ajout définie par SOPRASOLAR et fournie au comité d'ATEx.

Les modules photovoltaïques doivent respecter des dimensions suivantes :

- Longueur ≤ 2949 mm ±5%,
- Largeur ≤ 1292 mm ±5%,

Les caractéristiques électriques sont données aux conditions STC (Standard Test Conditions) : éclairement de 1000 W/m², répartition spectrale solaire de référence selon CEI 60904-3 avec une température de cellule de 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 Boites de connexion

Les modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sont équipés de boites de connexion collée sur la surface du module.

Les références, les caractéristiques et la position de la boite de connexion sur le module sont présentés dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a.

3.2.5.2 Câbles électriques

Les modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sont équipés de câbles électriques. Ils se trouvent en sortie de la boite de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir §3.2.5.3). Les références et les caractéristiques sont données dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a. 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 du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sont équipés de connecteurs électriques. Les références et les caractéristiques sont données dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a. 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 MATERIAUX

3.2.6.1 Bitume EAC sans bitume oxydé

Enduit d'Application à Chaud

- EAC exempt de bitume oxydé à base de bitume élastomère modifié SEBS fabriqué par SOPREMA SAS exempt de bitume oxydé définit dans le DTA "Elastophène Flam - Sopralène Flam").
- EAC exempt de bitume oxydé faisant l'objet d'un Avis Technique.

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
- AQUADÈRE
- AQUADÈRE STICK

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 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 S18
- SOPRAVAP STICK ALU S 16
- ÉQUERRE de RENFORT SOPRALÈNE

4 DISPOSITIONS DE CONCEPTION

4.1 GENERALITES

La mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME 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).

Le poids propre des modules photovoltaïques souples ou semi-rigides ainsi que l'élément porteur, l'isolant et l'étanchéité doivent être pris en compte dans le calcul des charges permanentes.

4.2 TRAVAUX NEUFS

Le procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME 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 BITUME 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 « SOPRAFIX Bicouche »).

4.3 TRAVAUX DE REFECTION

Le support doit être rendu apte à supporter la mise en œuvre du nouveau revêtement d'étanchéité support des modules photovoltaïques 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 ELEMENTS PORTEURS ET AUX SUPPORTS

5.1.1 ÉLEMENTS PORTEURS EN TOLES D'ACIER NERVURES

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 ÉLEMENTS PORTEURS ET SUPPORTS EN BOIS ET PANNEAUX A 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 ÉLEMENTS 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 11 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 polyuréthanne 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 ou semi-rigides. Le choix du panneau isolant doit être compatible avec le type de revêtement d'étanchéité conformément aux indications du Tableau 7, du Tableau 8, et du Tableau 9.

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 7, le Tableau 8, et le Tableau 9, en configuration de toiture froide ventilée non isolée.

5.1.5.1 Mise en œuvre de l'isolant

Le Tableau 12 s'applique pour le choix et le mode de fixation des panneaux isolants.

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

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. Le collage du verre cellulaire par EAC exempt de bitume oxydé confère un classement T2 au lieu de T4.

5.1.6 SUPPORTS CONSTITUES PAR D'ANCIENS REVETEMENTS D'ETANCHEITE

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 ($Pk_{réel}$ ou $Q_{réel}$) envisagées pour la réfection. $Pk_{réel}$ (ou $Q_{réel}$) 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 photovoltaïques. 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 (les panneaux PSE sont admis avec une compressibilité de classe C à 60°C et B à 80°C) 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 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 REVETEMENTS

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'ETANCHEITE INFERIEURE EN ADHERENCE

Le choix du type de revêtement est décrit dans le Tableau 7.

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'ETANCHEITE INFERIEURE EN SEMI-INDEPENDANCE

Le choix du type de revêtement est décrit dans le Tableau 8.

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.

5.2.3 MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE D'ETANCHEITE INFERIEURE FIXE MECANIQUEMENT

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 9.

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

Lorsque l'élément porteur est une tôle d'acier nervurée, la feuille SOPRAFIX 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

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

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.

Les valeurs de Pk_{ft} 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'élancement 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 faîtage 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); des versants plans ou courbes.
- à la localisation en toiture : parties courantes, rives ou angles (cf. Figure 10).

- à la charge dynamique admissible par fixation, Wadm, obtenue pour le système défini dans l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes de référence en fonction sens de pose des modules photovoltaïques :
  - SRA1 : modules photovoltaïques parallèles aux rangées de fixations mécaniques de la première couche d'étanchéité SOPRAFIX HP.
  - 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.

Les tableaux de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes de référence donnent les valeurs d'entraxe pour des toitures courbes. Ces valeurs permettent également de couvrir les toitures planes mais de manière pénalisante. Il est possible de recalculer les entraxes entre fixations de manière précise dans le cas des toitures planes conformément au e-Cahier du CSTB 3563 de juin 2006 et en respectant les Wadm du chapitre 13.1.

5.2.3.2.2 Espacement des fixations

Les tableaux 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 photovoltaïques, de la zone de vent et de la hauteur du bâtiment.

L'intervalle entre fixations ne doit pas être inférieur à 18 cm (E ≥ 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 ≤ 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) :

- les parties courantes, repère 1,
- 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 :

- Epc pour les parties courantes : zone 1,
- Er pour les rives* (la largeur des rives est calculée sur la base de L = h/10 avec h = hauteur du bâtiment et $L_{minimum}$ = 2 m) et pourtour d'édicules (sur 1 m de largeur) : zones 2 et 4,
- 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 lè de SOPRAFIX HP ou SOPRAFIX STICK lorsque le sens longitudinal du lè de SOPRAFIX HP ou SOPRAFIX STICK est :

- parallèle au relief ; leur écartement est E,
- 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 $Wadm_{lim}$ 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-lè avec un espacement entre fixations, E, identique à celui des fixations en lisière. Ces cas sont mentionnés par un astérisque * dans les tableaux de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes.

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 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) définit 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'ETANCHEITE SUPERIEURE

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 7) ou semi-indépendant par écran perforé type H (cf. Tableau 8), 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 JOURNEE

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

5.3.1 GENERALITES

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.

Les entreprises des lots étanchéité et raccordements électriques des modules photovoltaïques doivent se mettre en relation et se coordonner sur les attentions particulières à avoir concernant chacun des lots.

5.3.2 IMPLANTATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Le procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME se met en œuvre en ménageant des zones non photovoltaïques. 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 photovoltaïques.

La Figure 5 illustre ces principes de mise en œuvre.

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.

La disposition des modules photovoltaïques sur la membrane doit respecter les préconisations suivantes :

- Espacement minimum de 1 cm entre chaque module dans le sens de la largeur.
- Espacement de 20 cm minimum entre module dans le sens de la longueur (sans boitiers de connexions)
- Espacement de 40 cm minimum entre modules dans le sens de la longueur (avec boitiers de connexions)
- Autorisé en pose perpendiculaire et/ou parallèle à la membrane d'étanchéité. Collage possible sur les recouvrements longitudinaux et transversaux.

La Figure 6 illustre ces principes de mise en œuvre.

5.3.3 REPERAGES ET TRAÇAGES

L'emplacement des modules photovoltaïques doit être repéré par traçage au cordeau sur le revêtement d'étanchéité conformément aux informations fournies sur le plan d'exécution établi par SOPRASOLAR.

Il est nécessaire de réaliser l'implantation en veillant à respecter l'équerrage de la zone par exemple avec la méthode 3-4-5 (cf. Figure 7).

5.3.4 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 et une mise en œuvre à +10°C minimum et +40°C maximum. L'application se fait au rouleau sur une surface sèche et propre en une seule couche. Le temps de séchage d'une heure minimum doit être impérativement respecté.

La mise en œuvre du primaire SOPRASOLAR PRIM se fait à l'avancement du collage des modules photovoltaïques dans un délai de 12 heures maximum.

Note : il est important de bien appliquer du primaire sur une emprise de +5 cm dans chaque direction par rapport à la surface des modules photovoltaïques pour assurer une bonne tenue de ces derniers. Une éventuelle altération superficielle sur ces débordements exposés aux UV ne remet pas en cause le bon fonctionnement de l'ouvrage.

5.3.5 COLLAGE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

IMPORTANT : pour les opérations d'auto-collage des modules, les supports doivent être secs (vérification par papier absorbant), propres et sans poussière (dans le cas contraire : nettoyage éventuel, balayage). La mise en œuvre des modules photovoltaïques doit se faire à +10°C minimum et +40°C maximum. Le délai maximum de collage des modules photovoltaïques est de 18 mois après la mise en œuvre du revêtement d'étanchéité.

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

Il est recommandé de déplacer les modules à deux personnes, avec la face avant du module vers le haut. Portez une attention particulière au vent pendant le transport car cela peut endommager les modules involontairement. Ceux-ci ne doivent ni être pliés ni être enroulés avec un rayon de courbure inférieur à la valeur précisée dans le tableau des caractéristiques dimensionnelles du module de la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a. Il est interdit de marcher sur les modules photovoltaïques.

L'emplacement des modules photovoltaïques sur la toiture et par rapport aux modules adjacents doit être conforme au plan de calepinage établi par SOPRASOLAR SAS lors de l'étude du projet, conformément à la Figure 5 et la Figure 6.

Le collage des modules photovoltaïques sur l'étanchéité étant une opération irréversible, il est demandé à l'applicateur d'effectuer un rapide contrôle visuel sur chaque module selon les critères suivants : impacts en face avant et face arrière, plis, rayures en face avant, bullage en face avant et face arrière, état, nombre et position des bandes butyle (cf. schémas de la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a).

Le collage des modules photovoltaïques est réalisé par deux personnes minimum à l'avancement de la pose de la membrane SOPRASOLAR CAP revêtue de primaire d'accrochage SOPRASOLAR PRIM. Il est obligatoire de maroufler le module photovoltaïque à l'avancement du collage à l'aide d'un chiffon propre et simultanément au retrait du film pelable.

5.3.6 RACCORDEMENT ELECTRIQUE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

L'étancheur n'est pas habilité 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 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 ou semi-rigides 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 ou semi-rigides 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.

5.3.7 INTERDICTIONS A RESPECTER LORS DE LA POSE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Lors de la pose des modules photovoltaïques souples ou semi-rigides, il est interdit :

- de marcher directement sur les modules photovoltaïques.
- de déposer sur les modules photovoltaïques des équipements, matériaux ou matériel de chantier.
- ne pas placer les modules photovoltaïques avec la face supérieure en contact avec le sol.
- de déverser des produits agressifs sur modules photovoltaïques et sur la toiture.
- de plier les modules photovoltaïques.
- d'enrouler les modules photovoltaïques avec un rayon de courbure inférieur à la valeur précisée dans le tableau des caractéristiques dimensionnelles du module de la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a.
- de découper les modules photovoltaïques.
- de soulever ou déplacer le module à l'aide des câbles ou de la boîte de jonction.

5.4 MISE EN ŒUVRE DES CHEMINS DE CABLES ET DES SUPPORTS

5.4.1 MISE EN ŒUVRE DES CHEMINS DE CABLES

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 minimum afin de pouvoir rassembler les câbles dans un chemin de câbles commun (voir Figure 6).

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 CABLES

Les supports de chemin de câbles sont :

- Les plots SOPRASOLAR FIX EVO (cf. Figure 14) 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. La mise en œuvre des plots se fait conformément à l'Avis Technique n° 21/21-75_V4 SOPRASOLAR FIX EVO – TAN DTU en vigueur en veillant à protéger temporairement les modules photovoltaïques adjacents avec des rouleaux d'étanchéité par exemple.
- 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 15). 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 en veillant à protéger temporairement les modules photovoltaïques adjacents avec des rouleaux d'étanchéité par exemple.
- 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 15). Ces supports sont liaisonnés sur leurs deux côtés à l'étanchéité à l'aide de bandes de feuilles synthétiques soudées. La mise en place de ces supports doit être faite par l'étancheur en veillant à protéger temporairement les modules photovoltaïques adjacents avec des rouleaux d'étanchéité par exemple. Les supports sont espacés de 1,5 m.
- Des supports auto lestés type « bigfoot » avec rail en partie haute pour accroche du chemin de câble (cf. Figure 16). 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 dallettes en béton : les platines d'appuis du chemin de câbles sont fixées sur des dalles en béton de dimensions 30 cm × 30 cm × 3 cm minimum. Il convient de poser les dalles de béton sur un écran de protection (non-tissé polyester, 170 g/m²) afin de ne pas endommager le revêtement d'étanchéité. Ce système de dallettes peut être mis en œuvre par l'électricien qualifié pour la pose des installations photovoltaïques, pour des toitures de pente inférieure ou égale à 5%.

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 RELEVES D'ETANCHEITE

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 CHENEAUX 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, PENETRATIONS

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 CABLES A L'INTERIEUR DU BATIMENT

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

Selon la disposition de la toiture-terrasse, du bâtiment et l'implantation du champ photovoltaïque, il peut être réalisé soit :

- au niveau des traversées de toiture par l'intermédiaire de crosses de passage de câbles conformément 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 autoprotégé. 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 contigües, avant la mise en œuvre des modules photovoltaïques.

6 ENTRETIEN, MAINTENANCE ET REPARATION

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 BITUME ou à toute entreprise agréée par SOPRASOLAR pour la partie étanchéité photovoltaïque.

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 photovoltaïques (ex : dommages, décollements).
- Vérifier l'état d'encrassement des modules. La procédure de nettoyage décrite ci-dessous.
- Retirer des modules photovoltaïques 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 photovoltaïques 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 REPARABILITE

Avant de procéder à une intervention de réparation, veillez à contacter SOPRASOLAR pour valider la procédure de réparabilité en fonction des contraintes du projet.

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

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

- Les modules photovoltaïques :
    - Protéger les modules photovoltaïques adjacents à l'aide d'un tapis (rouleau d'étanchéité par exemple).
    - Arracher le module photovoltaïque incriminé. Une pince multiprise ou une pince d'arrachement d'étanchéité peut faciliter la prise en main. Une partie du butyle peut éventuellement rester fixée à l'étanchéité mais peut facilement être retirée en tapotant avec une boule de butyle. Cette opération de décollement dégrade le module photovoltaïque et le rend non réutilisable.
    - Si l'entreprise en charge des travaux d'étanchéité juge que la membrane existante a été dégradée par le décollement du module photovoltaïque, alors il convient de souder une nouvelle membrane SOPRASOLAR CAP.
    - Appliquer du SOPRASOLAR PRIM selon § 5.3.3.
    - Autocoller un nouveau module photovoltaïque selon § 5.3.5.
- Les modules photovoltaïques et le revêtement d'étanchéité SOPRASOLAR sous-jacent :
    - Protéger les modules photovoltaïques adjacents à l'aide d'un tapis (rouleau d'étanchéité par exemple).
    - Arracher les modules photovoltaïques endommagés ainsi que ceux avoisinants pour avoir un espace suffisant Une pince multiprise ou une pince d'arrachement d'étanchéité peut faciliter la prise en main. Cette opération de décollement dégrade le module photovoltaïque et le rend non réutilisable.
    - 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 selon le § 5.3.

7 FABRICATION ET CONTROLE

7.1 LES FEUILLES D'ETANCHEITE

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 sont définies dans le DTA « Elastophène Flam - Sopralène Flam » ou DTA « SOPRAFIX Bicouche »

7.2 LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

La fabrication des modules photovoltaïques et l'application du butyle en sous-face de ceux-ci s'effectue sur le site de production du fabricant (cf. grille de vérification des gammes de modules la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a).

Des contrôles internes sont effectués au cours de la fabrication du module photovoltaïque. La nomenclature des points d'autocontrôles effectués par les fabricants de modules photovoltaïques est donnée dans les tableaux de grille de vérification des gammes de modules la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a.

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 16.

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 BITUME.

Dans le cadre de la garantie, la société SOPRASOLAR SAS propose systématiquement à ses clients une formation leur permettant d'appréhender les procédés d'étanchéité photovoltaïques ainsi que la mise en œuvre de son procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME. Cette formation consiste en une intervention de techniciens – 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.

9 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, 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 BITUME.

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 REFERENCES

Le procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME 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 BITUME fait l'objet de 3 MWc installés en 2023.

12 RESULTATS EXPERIMENTAUX

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 Européenne des feuilles d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME selon la norme EN 13707. Certificat 1119-CPR-13132 du 05/01/2017 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 / module photovoltaïque selon la norme EN 1108. Rapports 199/20 MIASOLE du 24/06/2020, 83/23 HELIUP du 15/03/2023 et 254/23 MIDSUMMER du 04/07/2023 délivrés par le Laboratoire R&D SOPREMA
- Essais de tenue à la température de l'assemblage SOPRASOLAR CAP / module photovoltaïque. Classement T4 selon les rapports 199/20 MIASOLE du 24/06/2020, 97/23 HELIUP du 15/03/2022 et 118/23 MIDSUMMER délivrés par le Laboratoire R&D SOPREMA.
- Essais de résistance au pelage du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME avec modules MIASOLE selon la norme EN 12316 à neuf. Rapport 20-0585-OD-END du 27/03/2020 délivré par le Laboratoire MECASEM.
- Essais de résistance au pelage du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME avec modules MIASOLE selon la norme EN 12316 à neuf et après vieillissement à 70°C. Rapport NK-ESSAI20200930 du 30/09/2020 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Essais de résistance au pelage du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME avec modules HELIUP selon la norme EN 12316 à neuf et après vieillissement à 70°C. Rapport 2023-02-14_TC_CAP+HB+HELIUP du 14/02/2023 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Essais de résistance au pelage du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME avec modules MIDUSMMER selon la norme EN 12316 à neuf et après vieillissement à 70°C. Rapport 2023-08-11_NK_CAP+HB+MIDSUMMER du 11/08/2023 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Essais de résistance au pelage du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME avec modules MIASOLE selon la norme EN 12316 à neuf sur membrane vieillie 14 mois. Rapport 2023-11-20_NK_pelage MIASOLE CAP VIEILLI du 20/11/2023 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Tenue au vent du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME (tôle d'acier nervurée + laine de roche + complexe d'étanchéité bicouche SOPRASOLAR FLEX BITUME fixé mécaniquement + modules photovoltaïques posés parallèlement aux lés du revêtement d'étanchéité) selon l'ETAG n°006. Rapport d'essai BEB1.K.4106-1 du 19/03/2021 délivré par le Laboratoire CEBTP.
- Tenue au vent du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME (tôle d'acier nervurée + laine de roche + complexe d'étanchéité bicouche SOPRASOLAR FLEX BITUME fixé mécaniquement + modules photovoltaïques posés perpendiculairement aux lés du revêtement d'étanchéité) selon l'ETAG n°006. Rapports d'essai BEB1.K.4106-2 du 22/03/2021, BEB1.M.4138-3 et BEB1.M.4138-5 du 18/04/2023 délivrés par le Laboratoire CEBTP.

13 ANNEXE A : REGLES D'ADAPTATION DE LA DENSITE DE FIXATIONS

13.1 DEFINITIONS

Ces règles d'adaptation s'appliquent sur les éléments porteurs définis au chapitre 4, pour l'emploi des feuilles SOPRAFIX, 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 BITUME 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 **SOPRAFIX 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 **SOPRAFIX 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 **SOPRAFIX 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 **SOPRAFIX 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 eu 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 REGLES D'ADAPTATION EN FONCTION DE L'ELEMENT 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).

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 REGLES GENERALES

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

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

13.4 DETERMINATION DE LA VALEUR ADMISSIBLE $Wadm_{lim}$ DES FIXATIONS

13.4.1 GENERALITES

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 neuf la valeur R_{lim} à retenir est le Pk_{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 Fadm ($Pk_{réel}$ 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 Pk_{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 REGLES D'ADAPTATION

- Wadm : valeur admissible des fixations du système de référence en Newtons.
- $Wadm_{lim}$: valeur admissible des fixations du nouveau système en Newtons.
- R_{lim} : valeur la plus faible entre Fadm et Pk_{ft}.

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

$$\mathrm{Wadm_{lim}} = \mathrm{Wadm}$$

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

$$\mathrm{Wadm_{lim}} = \frac{\mathrm{Wadm} \times \mathrm{R}_{lim}}{1520}$$

13.5 DETERMINATION DE LA DENSITE DE REPARTITION DES FIXATIONS

- 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°4 de 2009 et repris dans le e-cahier du CSTB 3563 « Résistance eu vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement ».

$$\mathrm{D}_{lim} = \frac{\mathrm{Dp}}{\mathrm{Wadm_{lim}}}$$

13.6 DETERMINATION DE L'ESPACEMENT E ENTRE FIXATIONS

- 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 (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 SYSTEMES DE REFERENCE

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

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.

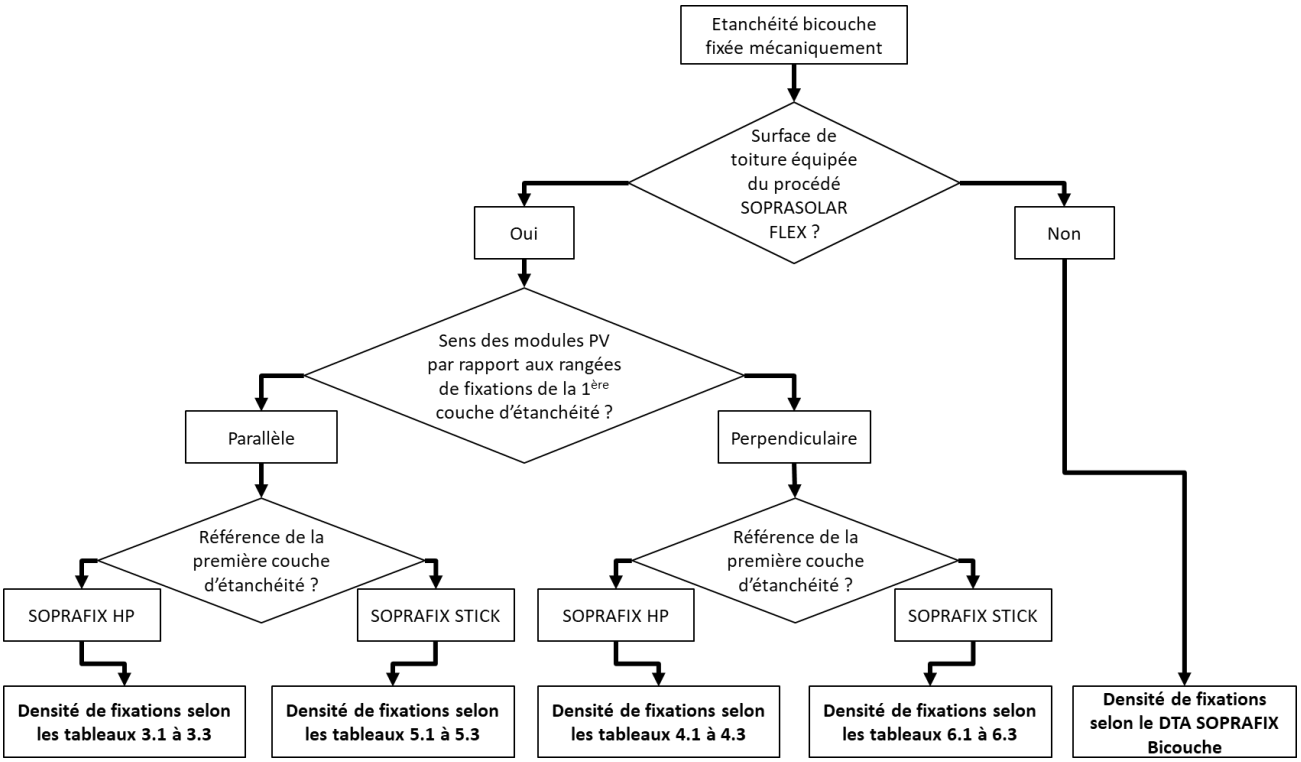


Figure 1 : Logigramme pour définition de l'entraxe entre fixations mécaniques en système fixé mécaniquement

Système SRA1 : $Wadm_{SRA1}$ = 490 N/fixation – Versants plans et courbes

*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).

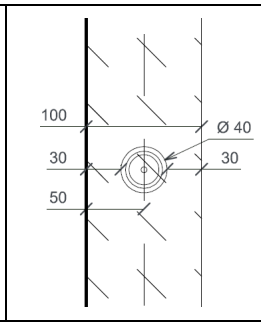
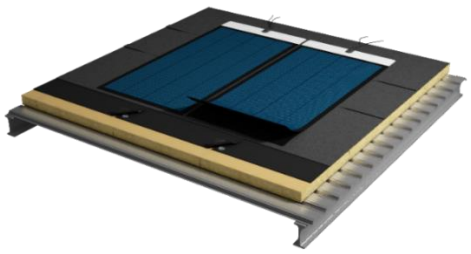
SOPRAFIX HP		

Tableau 2 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX BITUME (SRA1)

Tableau 2.1 - Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs - 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	1,1	37	37	37	36	37	30	31	26
	2 & 4	Er	1,9	32	24	27	20	21	**34***	18	**30***
	3	Ea	2,7	23	**34***	19		**30***			
15	2	Epc	1,1	37	37	37	32	34	27	28	23
	3 & 4	Er	1,9	29	22	24	19	19	**31***	**33***	
	4	Ea	2,7	20	**31***	**34***					
20	3	Epc	1,1	37	35	37	30	31	25	26	22
	4 & 4	Er	1,9	27	20	22	**35***	18		**30***	
	5	Ea	2,7	19		**32***					

Tableau 2.2 - Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et de réfection - 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	1,6	37	28	32	24	25	20	21	18
	2 & 4	Er	2	31	23	25	19	20	**33***	**34***	
	3	Ea	3	20	**30***	**34***					
15	2	Epc	1,6	35	26	29	22	23	18	19	**32***
	3 & 4	Er	2	28	20	23	18	18		**31***	
	4	Ea	3	18		**31***					
20	3	Epc	1,6	32	24	27	20	21	**34***	18	**30***
	4 & 4	Er	2	26	19	21	**33***	**34***			
	5	Ea	3	**34***							

Tableau 2.3 - Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois – Réfection - 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	0,8	37	37	37	37	37	37	37	36
	2 & 4	Er	1,6	37	28	32	24	25	20	21	18
	3	Ea	2,4	25	19	21	**33***	**34***			
15	2	Epc	0,8	37	37	37	37	37	37	37	32
	3 & 4	Er	1,6	35	26	29	22	23	18	19	**32***
	4	Ea	2,4	23	**34***	19		**31***			
20	3	Epc	0,8	37	37	37	37	37	34	36	30
	4 & 4	Er	1,6	32	24	27	20	21	**34***	18	**30***
	5	Ea	2,4	21	**32***	18					

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 61 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Système SRA2 : $Wadm_{SRA2}$ = 450 N/fixation – Versants plans et courbes

*Module photovoltaïque **parallèle** 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).

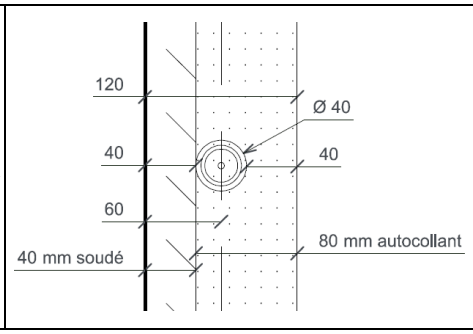
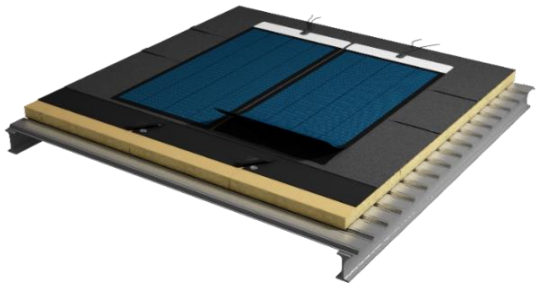
SOPRAFIX STICK		

Tableau 3 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX BITUME (SRA2)

Tableau 3.1- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs - 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	1,1	37	37	37	33	34	27	28	24
	2 & 4	Er	1,9	30	22	25	19	20	**32***	**33***	**27***
	3	Ea	2,7	21	**31***	**35***		**28***			
15	2	Epc	1,1	37	34	37	30	31	25	26	21
	3 & 4	Er	1,9	27	20	22	**35***	18	**29***	**30***	
	4	Ea	2,7	19	**28***	**32***					
20	3	Epc	1,1	37	32	36	28	29	23	24	20
	4 & 4	Er	1,9	25	18	21	**32***	**33***		**28***	
	5	Ea	2,7	**35***		**29***					

Tableau 3.2- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et de réfection - 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	1,6	35	26	29	22	23	19	19	**33***
	2 & 4	Er	2	28	21	23	18	19	**30***	**31***	
	3	Ea	3	19	**28***	**31***					
15	2	Epc	1,6	32	24	27	20	21	**34***	18	**30***
	3 & 4	Er	2	25	19	21	**33***	**34***		**28***	
	4	Ea	3	**34***		**28***					
20	3	Epc	1,6	30	22	25	19	20	**32***	**33***	**27***
	4 & 4	Er	2	24	**35***	20	**30***	**32***			
	5	Ea	3	**32***							

Tableau 3.3 - Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois – Réfection - 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	0,8	37	37	37	37	37	37	37	33
	2 & 4	Er	1,6	35	26	29	22	23	19	19	**33***
	3	Ea	2,4	23	**35***	19	**30***	**31***			
15	2	Epc	0,8	37	37	37	37	37	34	36	30
	3 & 4	Er	1,6	32	24	27	20	21	**34***	18	**30***
	4	Ea	2,4	21	**32***	18		**28***			
20	3	Epc	0,8	37	37	37	37	37	32	33	27
	4 & 4	Er	1,6	30	22	25	19	20	**32***	**33***	**27***
	5	Ea	2,4	20	**29***	**33***					

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

Domaine d'emploi non autorisé.

Système SRB1 : $Wadm_{SRB1}$ = 340 N/fixation – Versants plans et courbes

*Module photovoltaïque **perpendiculaire** 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).

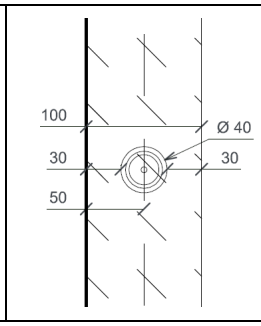
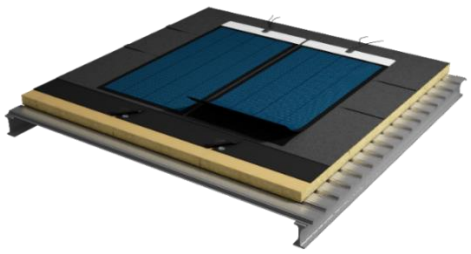
SOPRAFIX HP		

Tableau 4 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX BITUME (SRB1)

Tableau 4.1- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs - 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	1,1	37	29	32	25	26	20	21	18
	2 & 4	Er	1,9	22	**33***	18	**29***	**30***	**24***	**25***	**21***
	3	Ea	2,7	**31***	**23***	**26***		**21***			
15	2	Epc	1,1	35	26	29	22	23	19	19	**33***
	3 & 4	Er	1,9	20	**30***	**34***	**26***	**27***	**22***	**22***	
	4	Ea	2,7	**29***	**21***	**24***					
20	3	Epc	1,1	33	24	27	21	22	**35***	18	**30***
	4 & 4	Er	1,9	19	**28***	**31***	**24***	**25***		**21***	
	5	Ea	2,7	**26***		**22***					

Tableau 4.2- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et de réfection - 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	1,6	26	19	22	**34***	**35***	**28***	**29***	**24***
	2 & 4	Er	2	21	**31***	**35***	**27***	**28***	**23***	**23***	
	3	Ea	3	**28***	**21***	**23***					
15	2	Epc	1,6	24	18	20	**31***	**32***	**26***	**27***	**22***
	3 & 4	Er	2	19	**29***	**32***	**25***	**26***		**21***	
	4	Ea	3	**26***		**21***					
20	3	Epc	1,6	22	**33***	18	**29***	**30***	**24***	**25***	**21***
	4 & 4	Er	2	18	**26***	**30***	**23***	**24***			
	5	Ea	3	**24***							

Tableau 4.3- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois – Réfection - 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	0,8	37	37	37	34	35	28	29	24
	2 & 4	Er	1,6	26	19	22	**34***	**35***	**28***	**29***	**24***
	3	Ea	2,4	**35***	**26***	**29***	**23***	**23***			
15	2	Epc	0,8	37	36	37	31	32	26	27	22
	3 & 4	Er	1,6	24	18	20	**31***	**32***	**26***	**27***	**22***
	4	Ea	2,4	**32***	**24***	**27***		**21***			
20	3	Epc	0,8	37	33	37	29	30	24	25	21
	4 & 4	Er	1,6	22	**33***	18	**29***	**30***	**24***	**25***	**21***
	5	Ea	2,4	**30***	**22***	**25***					

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

Domaine d'emploi non autorisé.

Système SRB2 : $Wadm_{SRB2}$ = 310 N/fixation – Versants plans et courbes

*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).

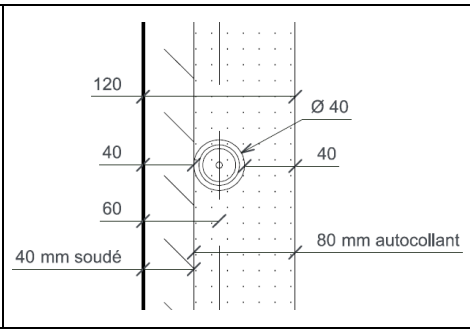
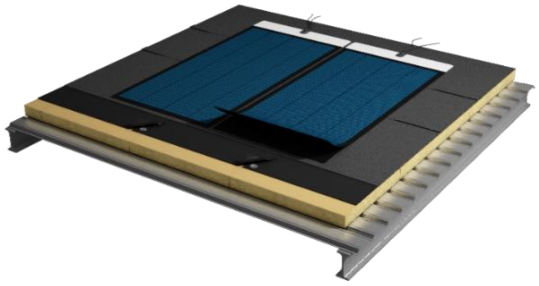
SOPRAFIX STICK		

Tableau 5 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX BITUME (SRB2)

Tableau 5.1- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs - 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	1,1	35	26	29	22	23	19	19	**33***
	2 & 4	Er	1,9	20	**30***	**34***	**26***	**27***	**22***	**23***	**19***
	3	Ea	2,7	**29***	**21***	**24***		**19***			
15	2	Epc	1,1	32	24	27	20	21	**34***	18	**30***
	3 & 4	Er	1,9	18	**27***	**31***	**24***	**25***	**20***	**20***	
	4	Ea	2,7	**26***	**19***	**22***					
20	3	Epc	1,1	30	22	25	19	20	**32***	**33***	**27***
	4 & 4	Er	1,9	**34***	**25***	**29***	**22***	**23***		**19***	
	5	Ea	2,7	**24***		**20***					

Tableau 5.2- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux neufs et de réfection - 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	1,6	24	18	20	**31***	**32***	**26***	**27***	**22***
	2 & 4	Er	2	19	**29***	**32***	**25***	**26***	**20***	**21***	
	3	Ea	3	**26***	**19***	**21***					
15	2	Epc	1,6	22	**33***	18	**28***	**29***	**23***	**24***	**20***
	3 & 4	Er	2	**35***	**26***	**29***	**22***	**23***		**19***	
	4	Ea	3	**23***		**19***					
20	3	Epc	1,6	20	**30***	**34***	**26***	**27***	**22***	**23***	**19***
	4 & 4	Er	2	**33***	**24***	**27***	**21***	**22***			
	5	Ea	3	**22***							

Tableau 5.3- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois – Réfection - 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	0,8	37	36	37	31	32	26	27	22
	2 & 4	Er	1,6	24	18	20	**31***	**32***	**26***	**27***	**22***
	3	Ea	2,4	**32***	**24***	**27***	**21***	**21***			
15	2	Epc	0,8	37	33	37	28	29	23	24	20
	3 & 4	Er	1,6	22	**33***	18	**28***	**29***	**23***	**24***	**20***
	4	Ea	2,4	**29***	**22***	**24***		**19***			
20	3	Epc	0,8	37	30	34	26	27	22	23	19
	4 & 4	Er	1,6	20	**30***	**34***	**26***	**27***	**22***	**23***	**19***
	5	Ea	2,4	**27***	**20***	**23***					

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

Domaine d'emploi non autorisé.

15 TABLEAUX DU DOSSIER TECHNIQUE

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

Table des matières des tableaux

Tableau 1 : Compatibilité du procédé en fonction de l'élément porteur et de l'hygrométrie des locaux 5
Tableau 2 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX BITUME (SRA1) 29
Tableau 3 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX BITUME (SRA2) 30
Tableau 4 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX BITUME (SRB1) 31
Tableau 5 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX BITUME (SRB2) 32
Tableau 6 : Classe de corrosivité en fonction de la distance à une étendue d'eau salée conformément à la norme IEC 61701 d'Août 2020 34
Tableau 7: Revêtement bicouche adhérent - travaux neufs et de réfection - France européenne 34
Tableau 8: Revêtement bicouche semi-indépendant par écran perforé - travaux de réfection - France européenne 35
Tableau 9 : Revêtement bicouche fixé mécaniquement - travaux neuf et de réfection - France européenne 36
Tableau 10: Tableau de synthèse des domaines d'emploi SOPRASOLAR FLEX BITUME 36
Tableau 11 : Guide de choix et de mise en œuvre du pare-vapeur 37
Tableau 12 : Choix et modes de fixation des panneaux isolants 37
Tableau 13 : Compositions et caractéristiques spécifiées des feuilles d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME 38
Tableau 14 : Liant en bitume élastomérique SEBS 39
Tableau 15 : Caractéristiques du primaire d'accrochage SOPRASOLAR PRIM 39
Tableau 16 : Nomenclature des contrôles qualité par SOPRASOLAR 40

Tableau 6 : Classe de corrosivité en fonction de la distance à une étendue d'eau salée conformément à la norme IEC 61701 d'Août 2020

Distance par rapport à une étendue d'eau salée	Au-delà de 20 km d'une étendue d'eau salée	De 20 km à 10 km d'une étendue d'eau salée	De 10 km à 2 km d'une étendue d'eau salée	Distance ≤ à 2 km d'une étendue d'eau salée à l'exclusion du front de mer
Classe de corrosivité minimum exigée	Non exigée	Classe C3 minimum (1)	Classe C4 minimum (1)	Classe C5 minimum (1)
(1) avec l'accord du fabricant du module photovoltaïque.				

Tableau 7: 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 + Modules photovoltaïques **F5 I5 T4**
Panneaux à base de bois (1)		**Pontage + L (2)**
Tôles d'acier nervurée Bois CLT Panneaux à base de bois	Verre cellulaire (3)	**EAC (4) refroidi + L**
	Laine minérale surfacée de classe C (3)	**L**
	Perlite expansée fibrée surfacée de classe C (3)	**L**
	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant **conforme** conservés (3) ou sans isolant - Bitumineux avec autoprotection métallique délardée	**L**
	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant **non conforme** conservés (3) - Asphalte apparent - Bitumineux avec autoprotection minérale - Bitumineux avec autoprotection métallique délardée - Membrane synthétique	**Isolant de classe C (3) + L** **Isolant de classe C (3) + L** **Isolant de classe C (3) + L** **Isolant de classe C (3) + L**
(1) Bois et panneaux à base de bois uniquement en toiture froide ventilée non isolée. (2) Comme demandé au § 5.1.2, application d'un EIF. (3) 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. (4) EAC exempt de bitume oxydé (ce surfaçage confère un classement T2 au lieu de T4).		

Tableau 8: 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 + SOPRASOLAR BASE + SOPRASOLAR CAP + Modules photovoltaïques **F5 I5 T4**
Tôles d'acier nervurée Bois CLT Panneaux à base de bois	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant **conforme** conservés (1) ou sans isolant - Asphalte apparent - Bitumineux avec autoprotection minérale - Bitumineux avec autoprotection métallique délardée	 **EIF + H** **EIF + H** **H**
(1) 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.		

Tableau 9 : 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 =** SOPRAFIX HP (1) + SOPRASOLAR CAP + Modules photovoltaïques **F5 I5 T4**
Bois et panneaux à base de bois (2)		**F**
Tôles d'acier nervurée Bois CLT Panneaux à base de bois	Laine minérale classe C (3)	**F**
	Polyisocyanurate (3)	**F**
	Polystyrène expansé (3)	**(4) F**
	Perlite expansée fibrée (3)	**F**
	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant **conforme** conservés (3) ou sans isolant - Asphalte - Bitumineux avec autoprotection minérale - Bitumineux avec autoprotection métallique non délardée - Membrane synthétique	 **F** **F** **F** **VAPOBAC + F**
	Anciens revêtements d'étanchéité et isolant **non conforme** conservés (3) - Asphalte apparent - Bitumineux avec autoprotection minérale - Bitumineux avec autoprotection métallique non délardée - Membrane synthétique	 **Isolant de classe C (3) + F** **Isolant de classe C (3) + F** **Isolant de classe C (3) + F** **Isolant de classe C (3) + F**
(1) Densité de fixation conformément à l'Annexe B : Espacements des fixations. (2) Bois et panneaux à base de bois uniquement en toiture froide ventilée non isolée. (3) 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. Les panneaux PSE sont admis avec une compressibilité de classe C à 60°C et B à 80°C. Critères de conservation de l'existant et de préparation conforme à la norme DTU 43.5 et au § 5.1.6. (4) Dans le cas d'un isolant PSE, les prescriptions sont données au § 5.1.5 alinéa n°3 et la membrane SOPRAFIX HP est remplacée par la membrane SOPRAFIX STICK (cf. § 5.2.3).		

Tableau 10: Tableau de synthèse des domaines d'emploi SOPRASOLAR FLEX BITUME

Travaux	**Mode de mise en œuvre de l'isolant**	**Mode de mise en œuvre du revêtement d'étanchéité**	**Domaine d'emploi associé** limité à 3600 Pa en vent extrême dans tous les cas
Neuf	Fixé mécaniquement	Adhérence	Cf. DTA isolant
	Fixé mécaniquement	Fixé mécaniquement	Cf. Annexe B
	Par EAC exempt de bitume oxydé	Adhérence (soudé)	3600 Pa
	Sans isolant (1)	Pontage + Adhérence	3600 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	3600 Pa
	Sans isolant ou avec isolant conforme	Fixé mécaniquement	Cf. Annexe B
	Sans isolant ou avec isolant conforme	Ecran perforé + adhérence	3600 Pa
(1) Sur bois et panneaux à base de bois uniquement.			

Tableau 11 : Guide de choix et de mise en œuvre du pare-vapeur

Élément porteur	Hygrométrie des locaux	Pare-vapeur
Tôles d'acier nervurées à plages pleines	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	- SOPRAVAP STICK S18 (1), appliqué directement sur les TAN, à recouvrement de 6 cm. - VAPOBAC joints pontés - Soit se reporter au DTU 43.3 et à son amendement A1
	Locaux à forte hygrométrie	- 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
	Locaux à très forte hygrométrie (2)	- SOPRAVAP STICK ALU S16, appliqué directement sur les TAN, à recouvrement de 8 cm - 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	- Soit SOPRAVAP STICK S18 (1), appliqué directement sur les TAN, à recouvrement de 6 cm. - VAPOBAC joints pontés
Bois, CLT et panneaux à base de bois	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	- Soit ELASTOVAP (3) cloué (), joints soudés - Soit ELASTOVAP (3) soudé en plein sur panneaux seulement (5) - Soit EIF + SOPRAVAP STICK S18 (1) autocollé en plein sur panneaux seulement (5)
(1) SOPRAVAP STICK S18 peut être remplacé par SOPRAVAP STICK ALU ou SOPRAVAP STICK ALU S16. (2) Le cas des locaux a très forte hygrométrie est possible uniquement avec isolant en verre cellulaire collé à l'EAC refroidi. L'emploi de fixations mécaniques est exclu. (3) ELASTOVAP peut être remplacé par ELASTOPHENE 25. () Uniquement avec isolants ou revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement. Le pare-vapeur est cloué conformément aux prescriptions du DTU 43.4. (5) 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.		

Tableau 12 : 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 (1)
	Verre cellulaire Verre cellulaire à pente intégrée	- EAC exempt de bitume oxydé (cf. §5.1.5.3)
	Laine minérale	- Fixations mécaniques (1)
Fixé mécaniquement	Laine minérale	- Fixations mécaniques (1)
	Polyisocyanurate	
	Polystyrène expansé (cf. § 5.1.5)	
	Perlite expansée fibrée nue	
(1) 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 ».		

Tableau 13 : Compositions et caractéristiques spécifiées des feuilles d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME

	SOPRASOLAR BASE	**SOPRAFIX HP**	**SOPRAFIX STICK**	**SOPRASOLAR CAP**
Composition				
Armature	Composite polyester / verre - 140 g/m²	Non tissé polyester stabilisé - 140 g/m²	Non tissé polyester stabilisé - 140 g/m²	Composite polyester / verre 250 g/m²
Liant bitume élastomère ETF 2	3000 g/m²	2130 g/m²	2420 g/m²	2500 g/m²
Liant bitume d'imprégnation	615 g/m²	615 g/m²	500 g/m²	surface SEBS 600 g/m²
Masse surfacique	3,3 kg/m² environ	3,6 kg/m² environ	3,6 kg/m² environ	4 kg/m² 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) : • 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) : • 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) : • 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) : • 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) : • 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

Tableau 14 : 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 15 : 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/m² minimum
Temps de séchage	Variable en fonction des conditions. 1h minimum 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 16 : Nomenclature des contrôles qualité par SOPRASOLAR

Action	Description
Prélèvement	1 contrôle bimestriel / fournisseur en fonction des livraisons clients
Inspection	• Contrôle des dimensions • Impacts • Plis • Rayures • Bulles • Présence des bandes de butyle tel que sur les schémas de la grille de vérification des gammes de modules la plus récente qui est publiée avec cet ATEx de cas a
Essai	Essai de pelage selon la norme EN 12316-1 d'un module photovoltaïque autocollé sur membrane SOPRASOLAR CAP primairisée avec du SOPRASOLAR PRIM. Le seuil de performance minimum est de 40 N/5cm avec modules souples et 30 N/5cm avec modules semi-rigides.
Enregistrement des contrôles	• 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…)

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 28
Figure 2 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sur revêtement d'étanchéité adhérent (type L) 42
Figure 3 : Aperçus du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sur revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (type F) – module PV parallèle aux rangées de fixations de l'étanchéité (SRA) 43
Figure 4 : Aperçus du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sur revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (type F) – module PV perpendiculaire aux rangées de fixations de l'étanchéité (SRB) 44
Figure 5 : Implantation des modules photovoltaïques 45
Figure 6 : Distances entre modules photovoltaïques pour le procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME ... 46
Figure 7 : Étapes de mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME 49
Figure 8 : Attelage de fixation de référence 50
Figure 9 : Aperçu de la bande de recouvrement des feuilles SOPRAFIX HP et SOPRAFIX STICK 50
Figure 10 : Localisation des zones en toiture pour définition de la densité de fixations de la 1ère couche d'étanchéité 51
Figure 11 : Schéma de principe des fixations de la 1ère couche d'étanchéité (les valeurs E sont indiquées dans les tableaux de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes) 52
Figure 12 : Relevés en feuilles bitumineuses - Exemple sur élément porteur en tôles d'acier nervurées 53
Figure 13 : Disposition des fixations de la première couche d'étanchéité 53
Figure 14 : Plot SOPRASOLAR FIX EVO utilisé comme support de chemin de câbles 54
Figure 15 : Support de chemin de câble métallique 54
Figure 16 : Supports de chemin de câbles type "bigfoot" 54
Figure 17 : Schéma détail passage de câble à travers la toiture 55
Figure 18 : Schéma de câblage des modules photovoltaïques 55

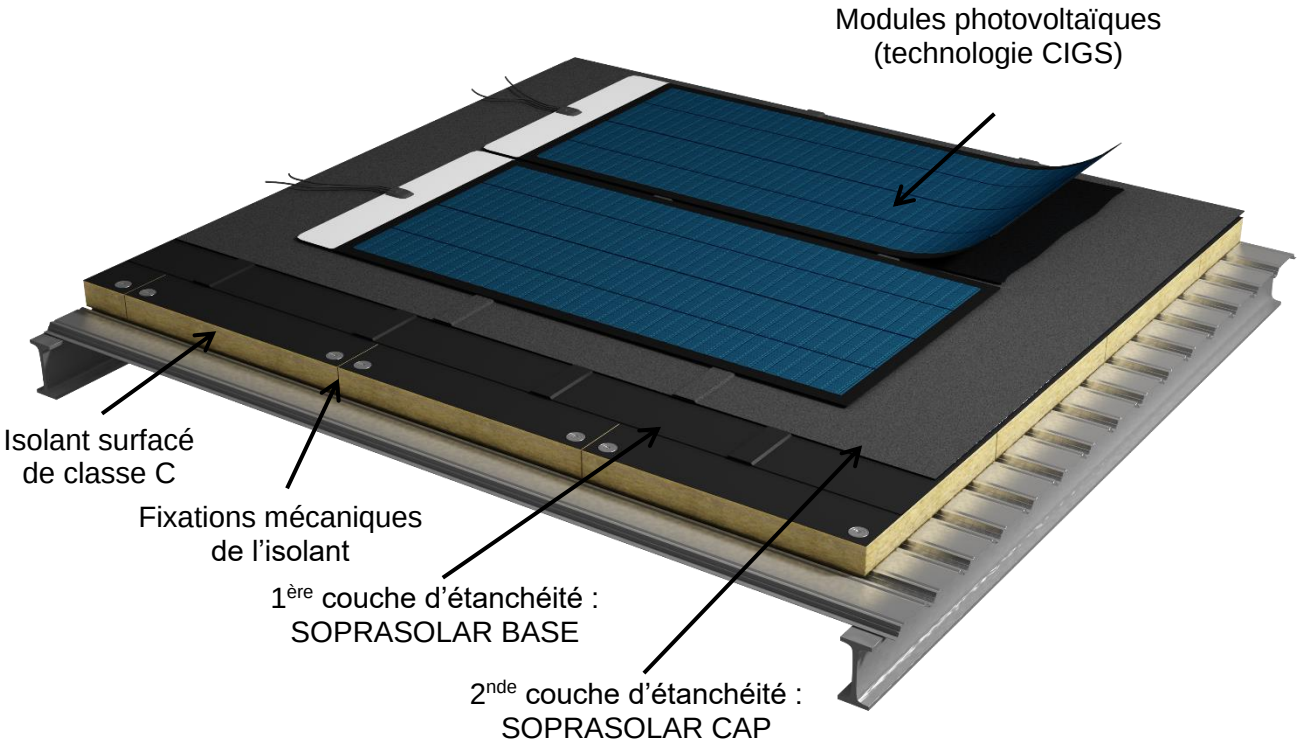


Figure 2 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sur revêtement d'étanchéité adhérent (type L)

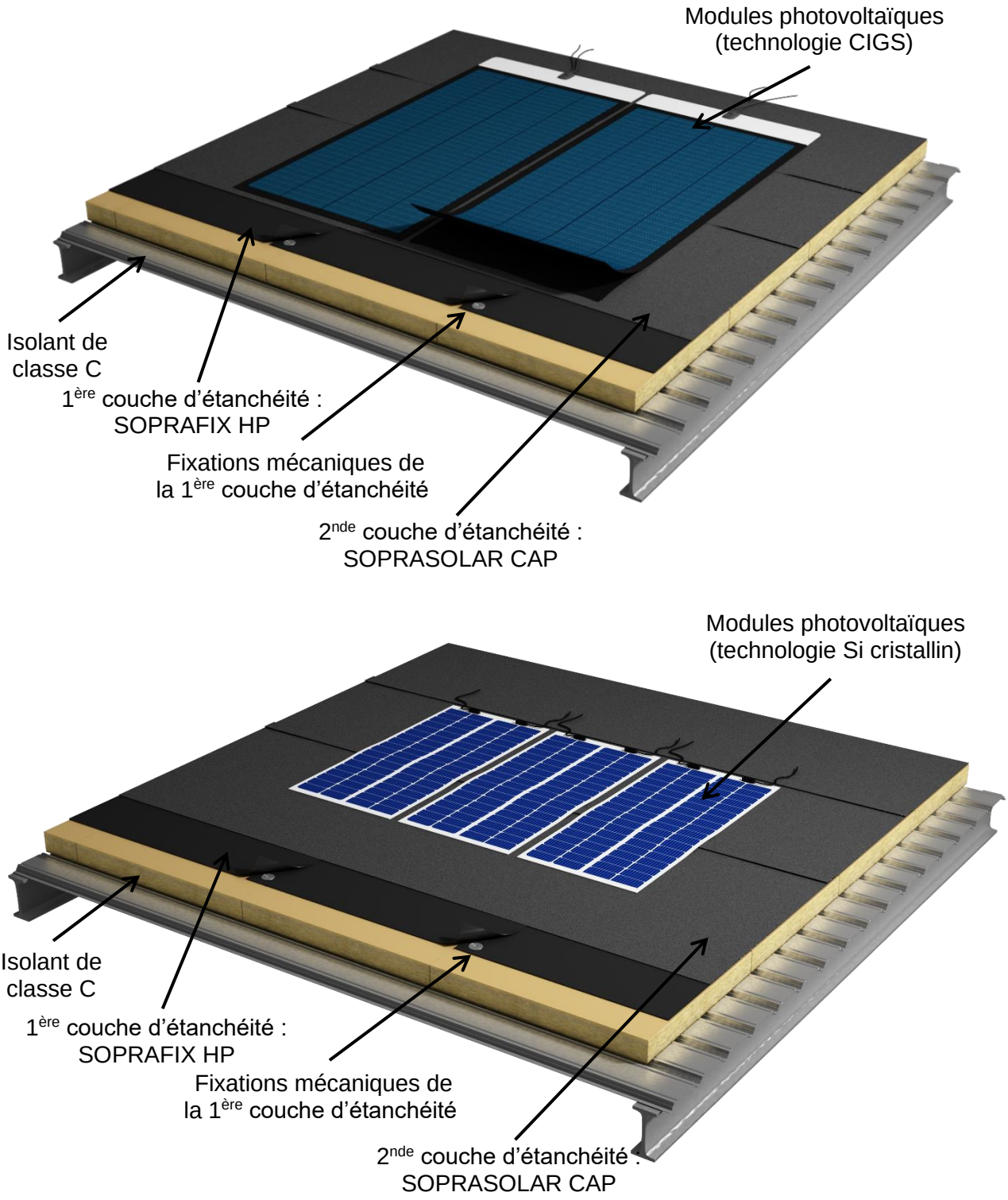


Figure 3 : Aperçus du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sur revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (type F) – module PV parallèle aux rangées de fixations de l'étanchéité (SRA)

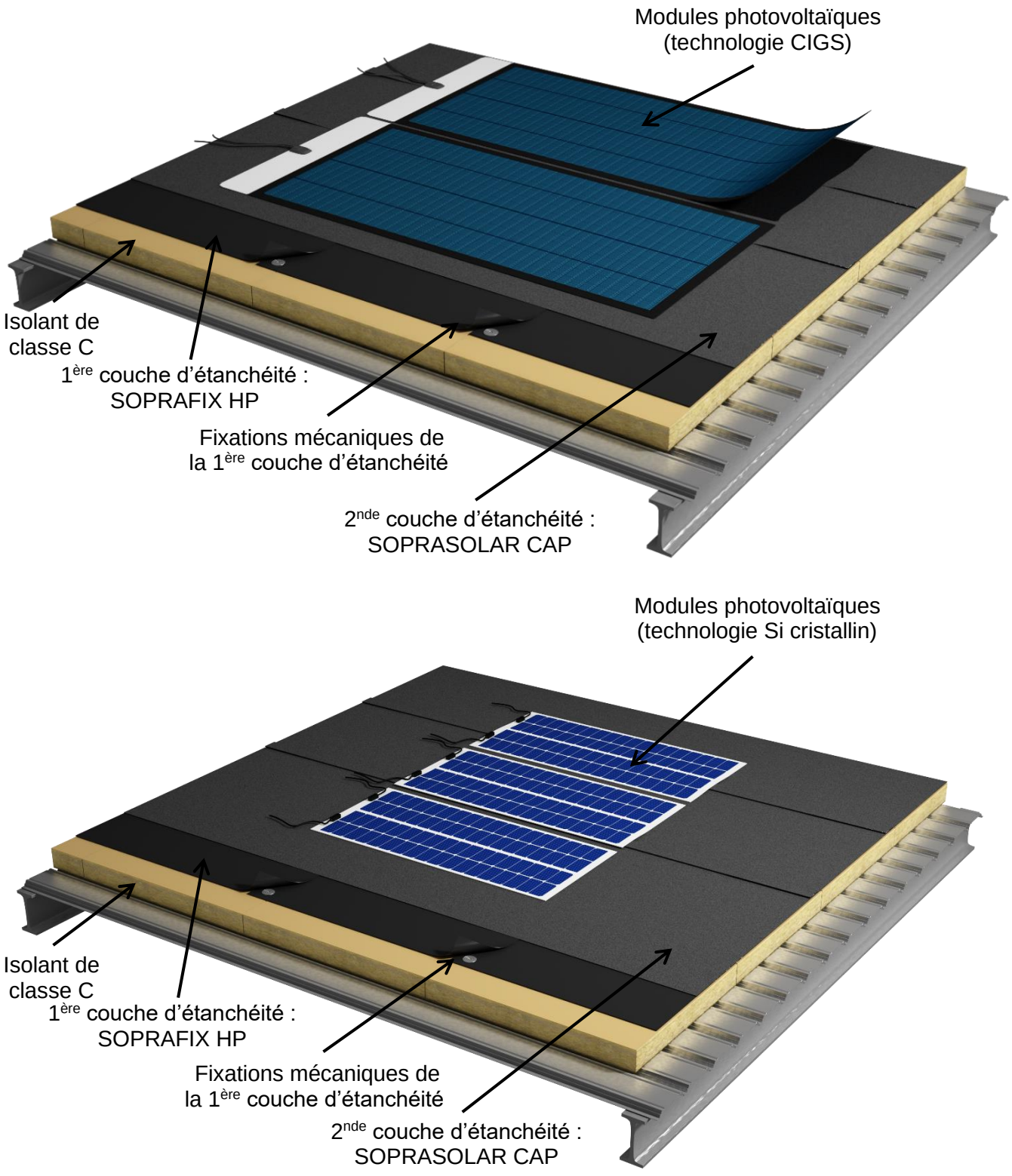


Figure 4 : Aperçus du procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME sur revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (type F) – module PV perpendiculaire aux rangées de fixations de l'étanchéité (SRB)

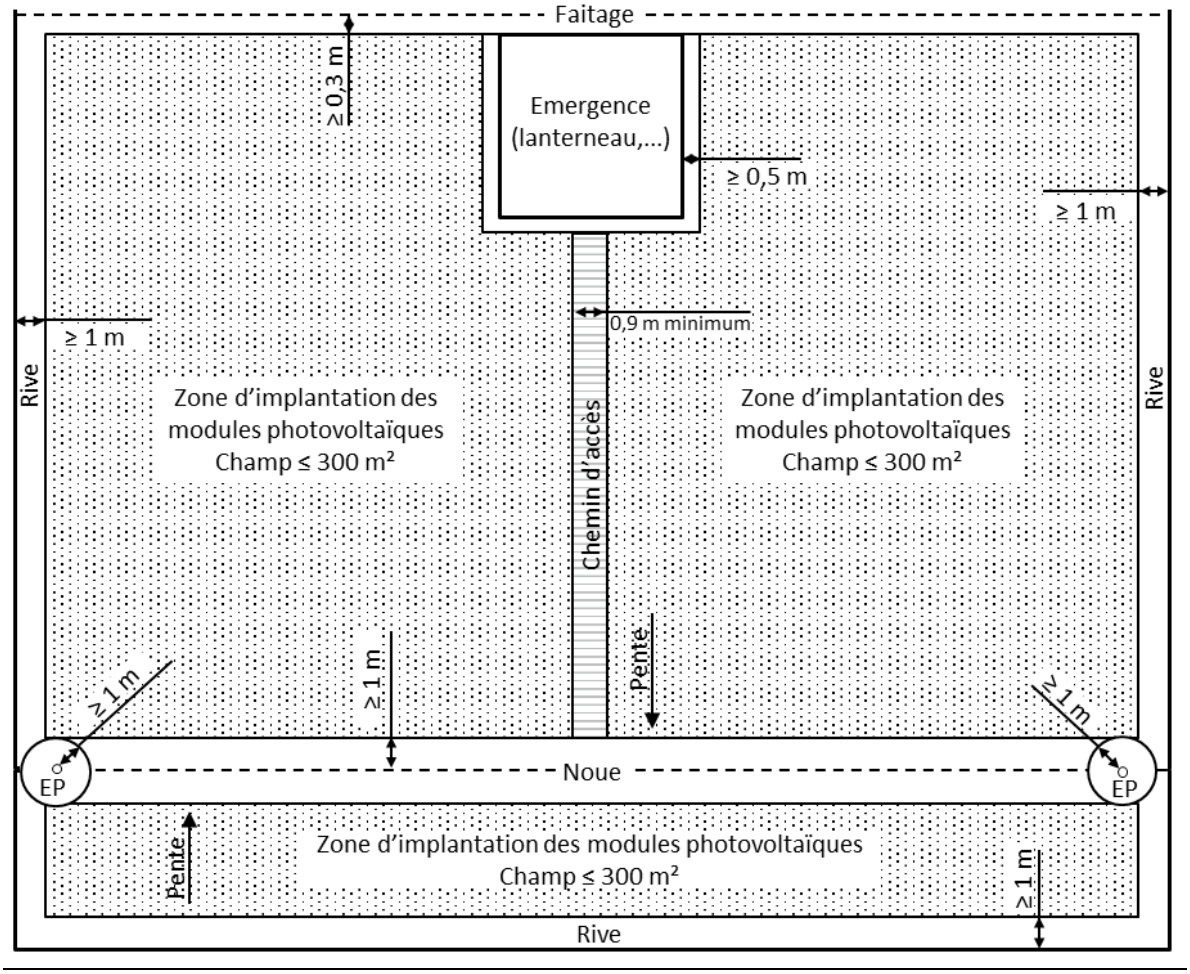


Figure 5 : Implantation des modules photovoltaïques

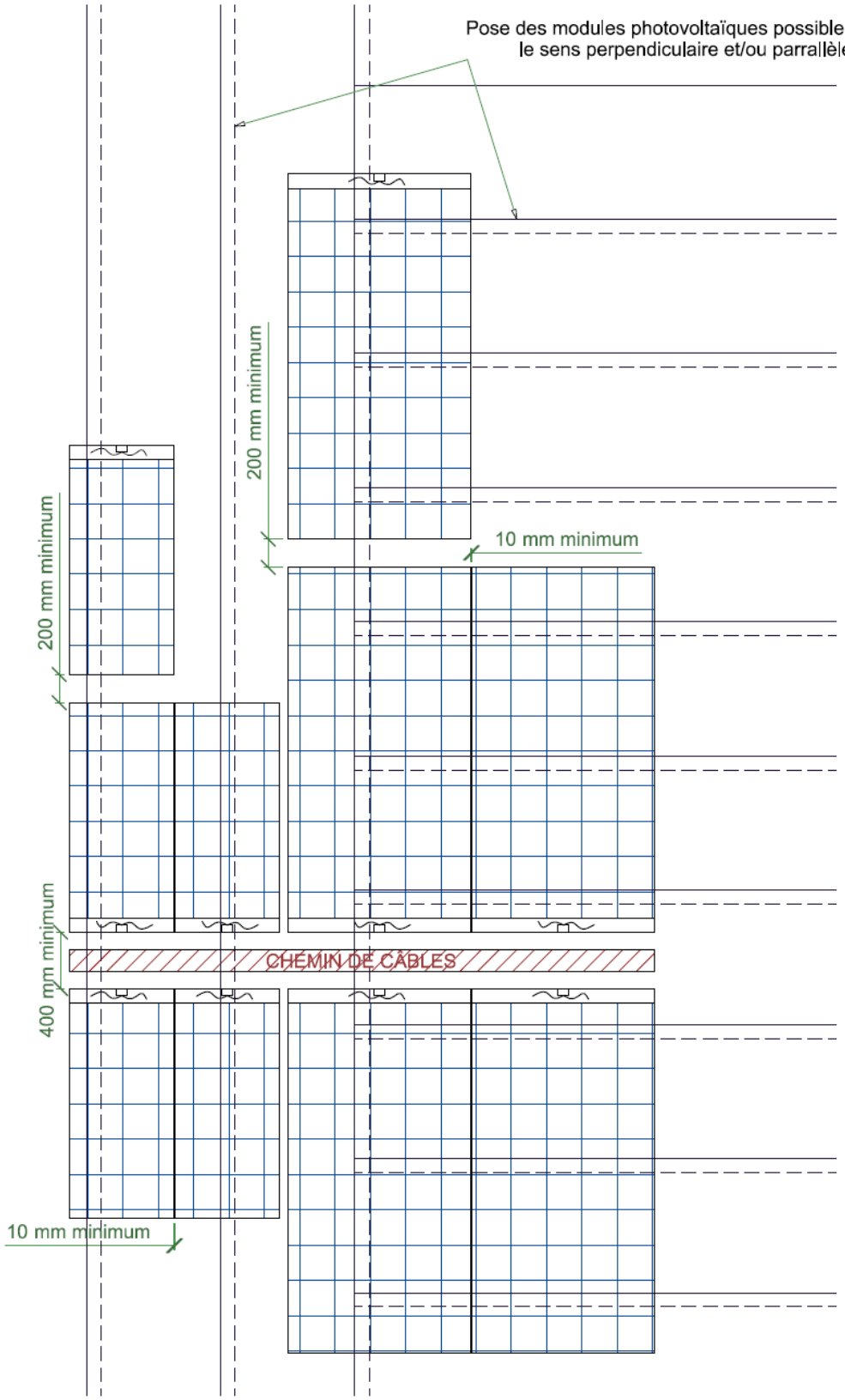
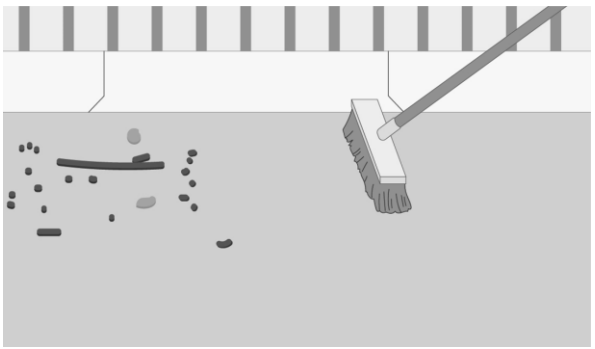
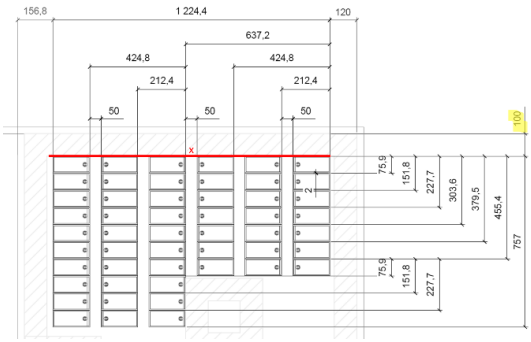


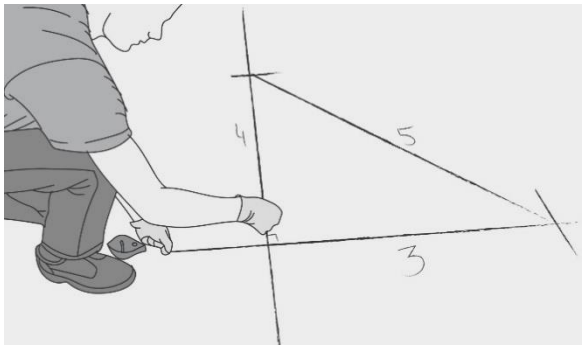
Figure 6 : Distances entre modules photovoltaïques pour le procédé SOPRASOLAR FLEX BITUME



1. Vérifier les dimensions de la toiture et l'emplacement des émergences par rapport au dernier plan d'exécution.

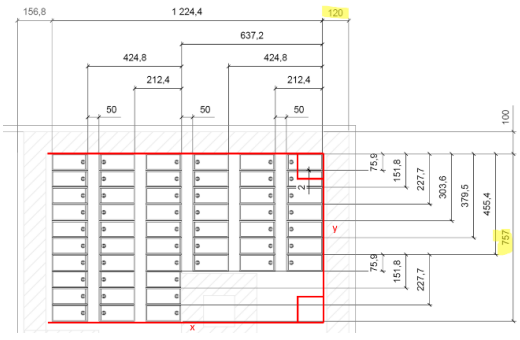
2. Balayer la zone destinée à recevoir l'installation photovoltaïque. Veiller à retirer les excès de sable de la membrane s'il y en a.





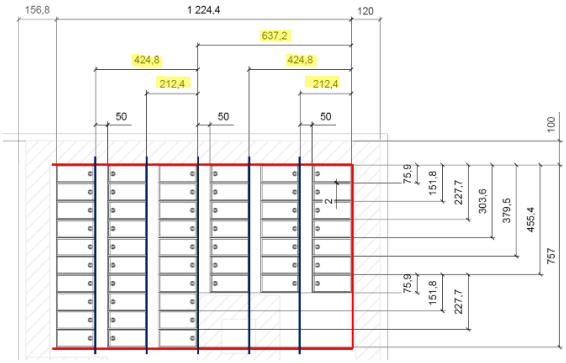
3. Tracer au cordex un premier axe nommé "x", parallèle au sens des modules photovoltaïques et positionné à l'aide de la cote de départ du plan d'exécution.

Le méthode 3-4-5 permet de réaliser un équerrage rapide et précis. Cette règle peut être adaptée en fonction des dimensions du champ solaire en multipliant les trois longueurs par un dénominateur commun (exemple 6-8-10).

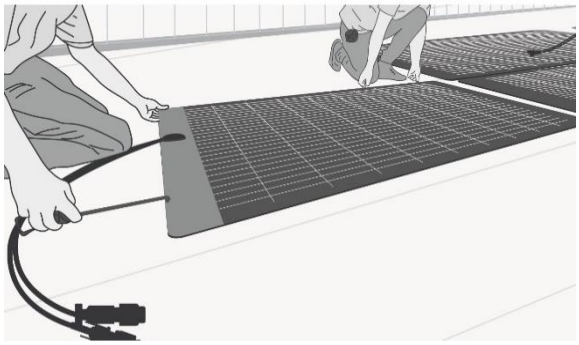
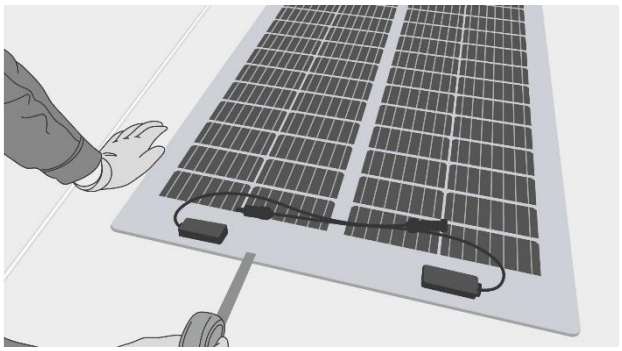
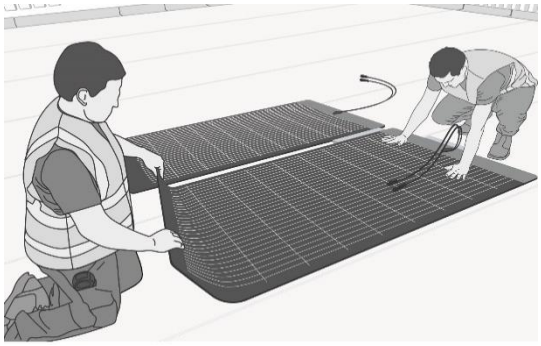
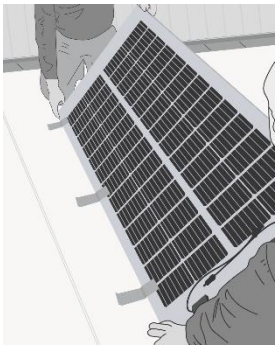


4. Tracer au cordex un axe nommé "y" perpendiculaire à "x" (voir méthode d'équerrage) positionné à l'aide de la cote de départ du plan d'exécution. Puis tracer au cordex un second axe "x" perpendiculaire à "y" (voir méthode d'équerrage) à l'aide des dimensions du champ solaire données sur le plan d'exécution.

5. Appliquer le primaire SOPRASOLAR PRIM (400 g/m²) au rouleau sur une emprise de +5 cm dans chaque direction par rapport à la surface des modules.
Un temps de séchage de minimum 1h doit être respecté.



6. Repérer le positionnement des rangées de modules sur les axes "x" à l'aide des cotes cumulées du plan d'exécution. Relier les repères en traçant à l'aide du cordex. Contrôler l'équerrage tous les 8 à 10 mètres.

Pour modules souples	**Pour modules semi-rigides**
	
7. Implanter le module conformément au plan d'execution SOPRASOLAR. Des cales peuvent être utilisées pour s'assurer du bon entraxe entre deux modules photovoltaïques.	7. Implanter le module conformément au plan d'execution SOPRASOLAR. Des cales peuvent être utilisées pour s'assurer du bon entraxe entre deux modules photovoltaïques.
	
8. Maintenir le module d'un coté et le relever sur le côté opposé	8. Scotcher le module ponctuellement sur un des longs-cotés puis le mettre sur la tranche

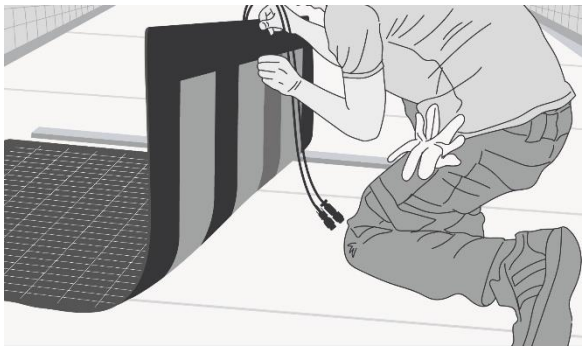
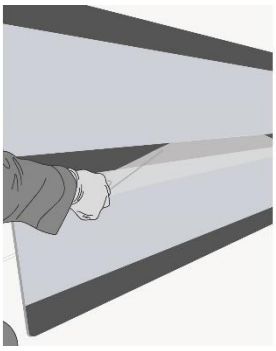
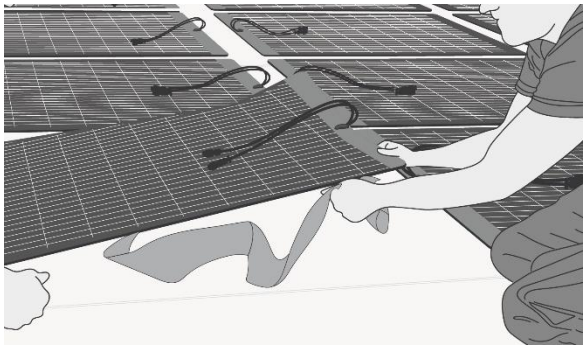
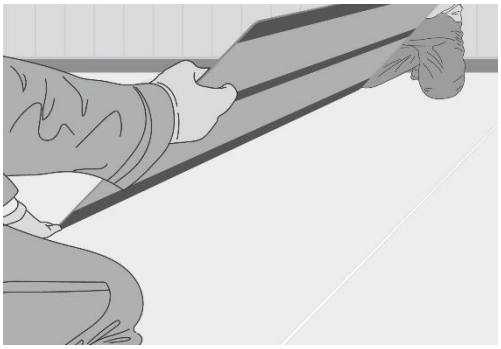
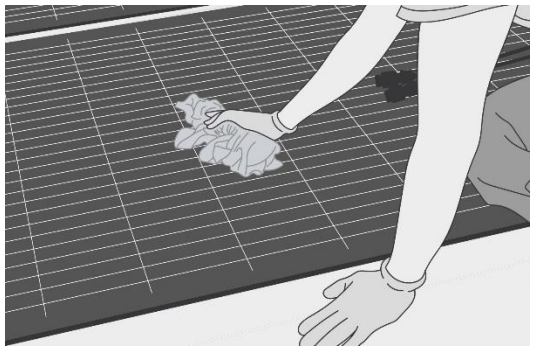
	
9. Sur le côté opposé à celui maintenu, relever le module photovoltaïque, retirer le film des bandes de butyle et coller.	9. Retirer le film des bandes de butyle
	
10. Retirer le film du butyle du côté opposé et coller le module entièrement.	10. Coller le module en s'aidant du guidage du scotch
	
11. Assurer le collage au droit des bandes butyle avec un chiffon doux et propre	11. Assurer le collage au droit des bandes butyle avec un chiffon doux et propre

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

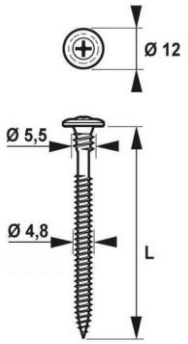
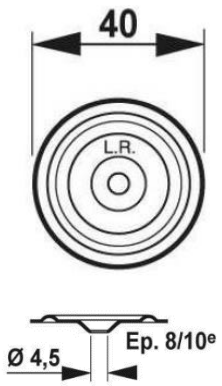
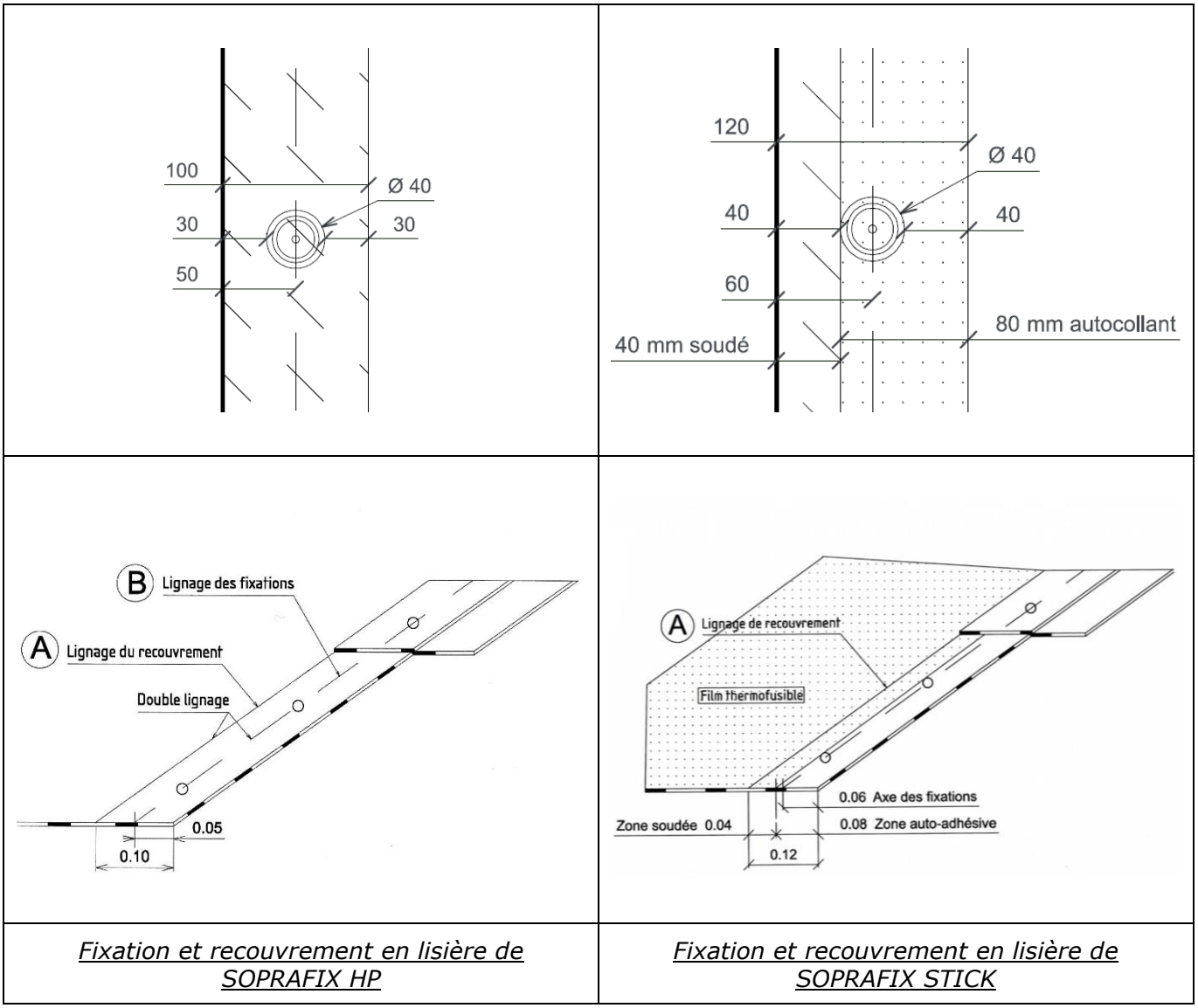
Élément porteur	Élément de liaison avec l'élément porteur		Plaquette de répartition	
Tôle d'acier nervurée à plage pleine	Vis EVDF 2C de Ø 4,8 mm de LR ETANCO Pk_{ft} = 1 520 N selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier nervurée pleine de 0,75 mm d'épaisseur		Plaquette métallique ronde Ø 40 mm nervurée	

Figure 8 : Attelage de fixation de référence



Fixation et recouvrement en lisière de SOPRAFIX HP

Fixation et recouvrement en lisière de SOPRAFIX STICK

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

Repère	Localisation	Largeur concernée
1	Partie courante	
2	Rives, pied de bâtiments surélevés, murs coupe-feu	$\frac{h_{bâtiment}}{10}$, 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

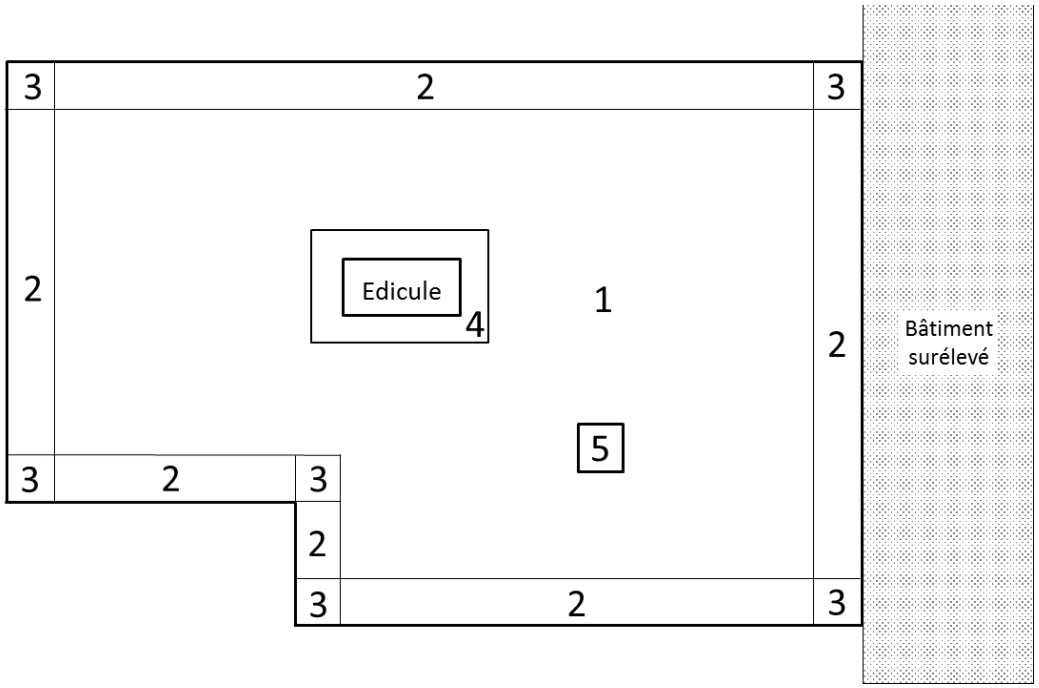


Figure 10 : Localisation des zones en toiture pour définition de la densité de fixations de la 1ère couche d'étanchéité

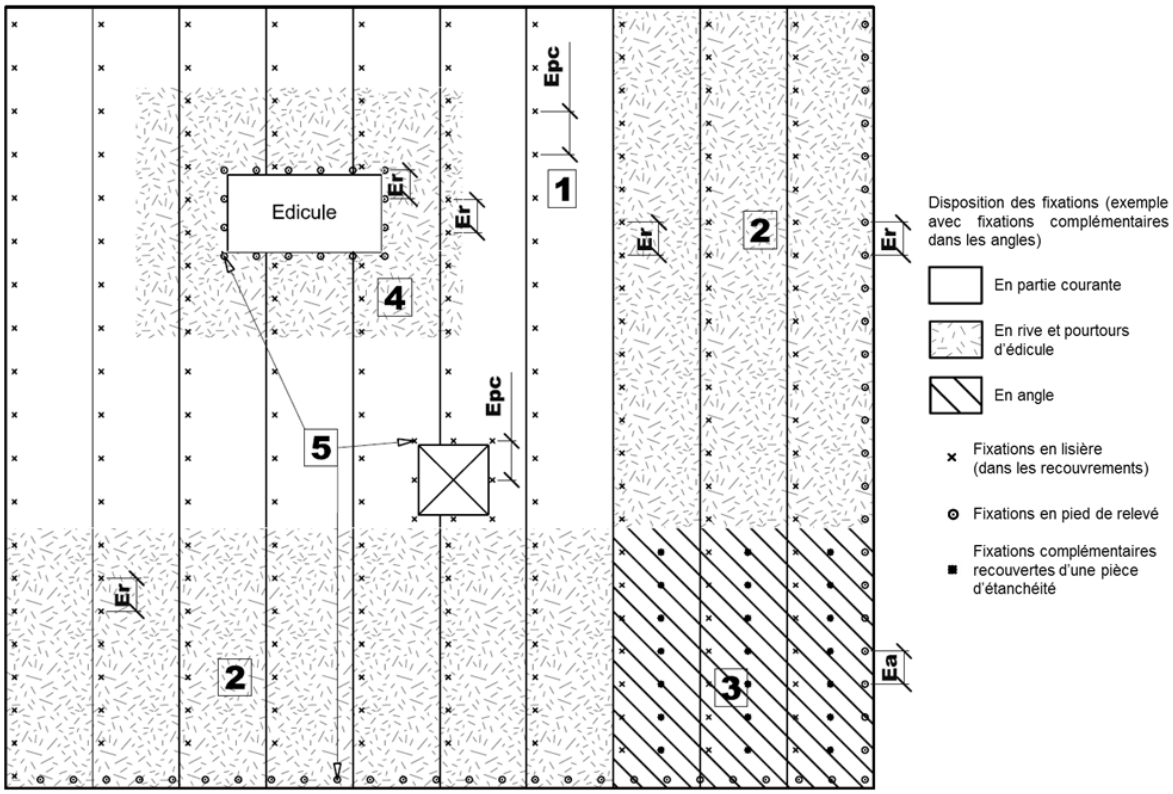


Figure 11 : Schéma de principe des fixations de la 1ère couche d'étanchéité (les valeurs E sont indiquées dans les tableaux de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes)

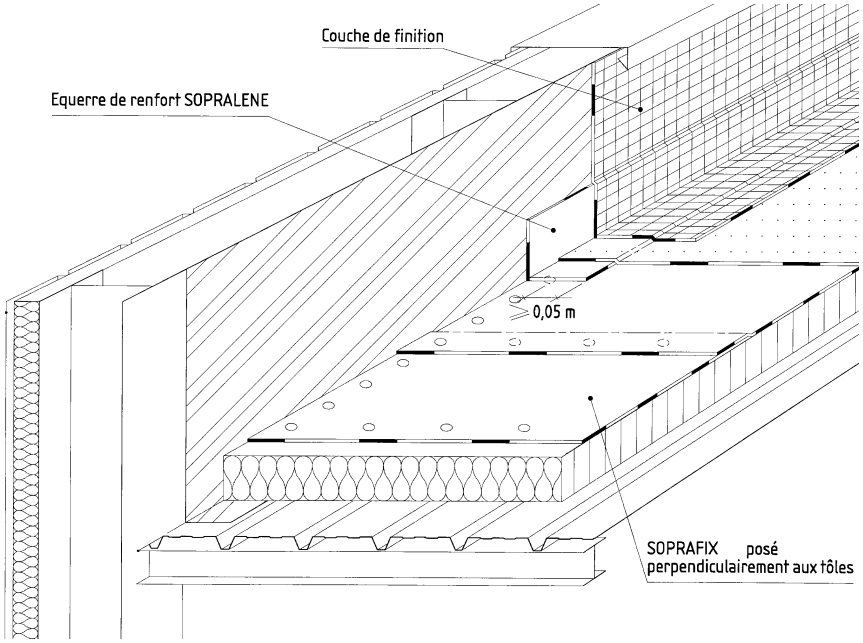
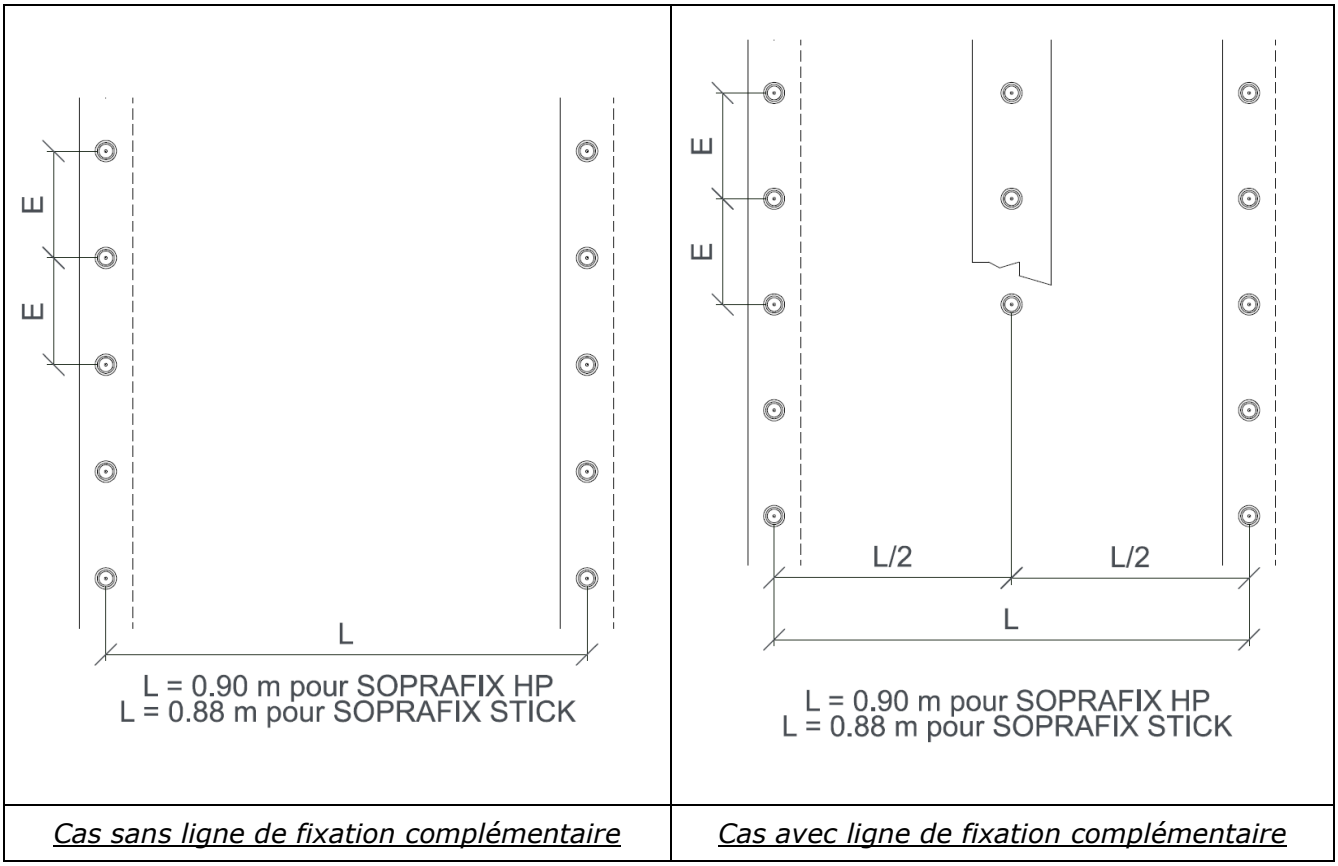


Figure 12 : Relevés en feuilles bitumineuses - Exemple sur élément porteur en tôles d'acier nervurées



Cas sans ligne de fixation complémentaire	*Cas avec ligne de fixation complémentaire*

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

Figure 14 : Plot SOPRASOLAR FIX EVO utilisé comme support de chemin de câbles

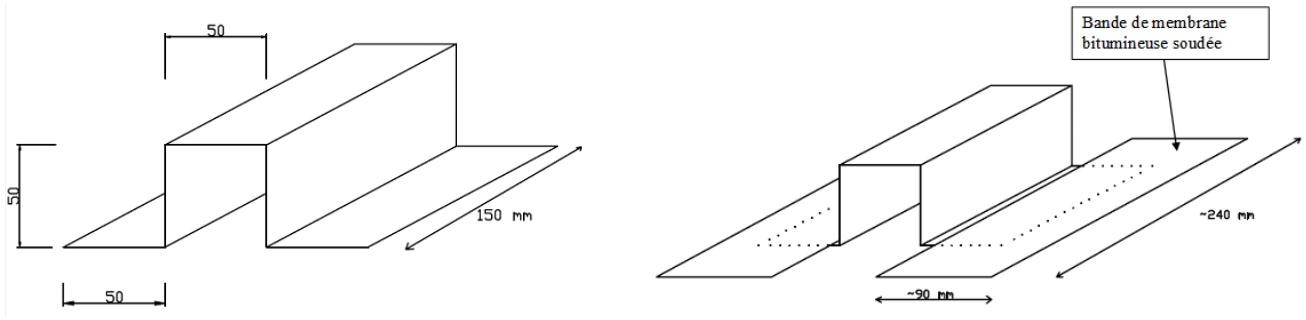
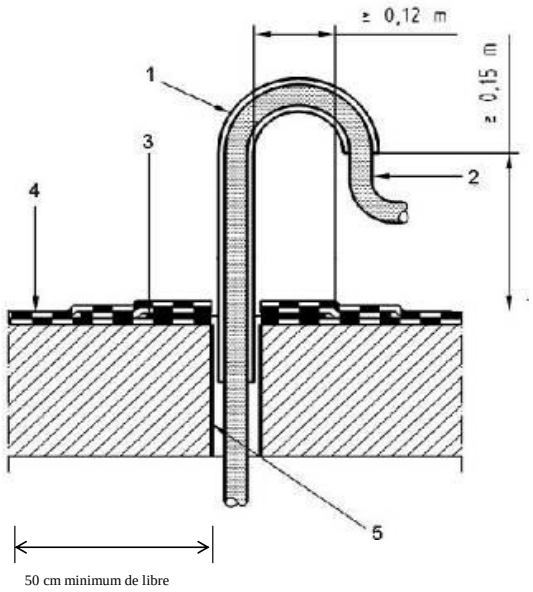


Figure 15 : Support de chemin de câble métallique

Figure 16 : Supports de chemin de câbles type "bigfoot"



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

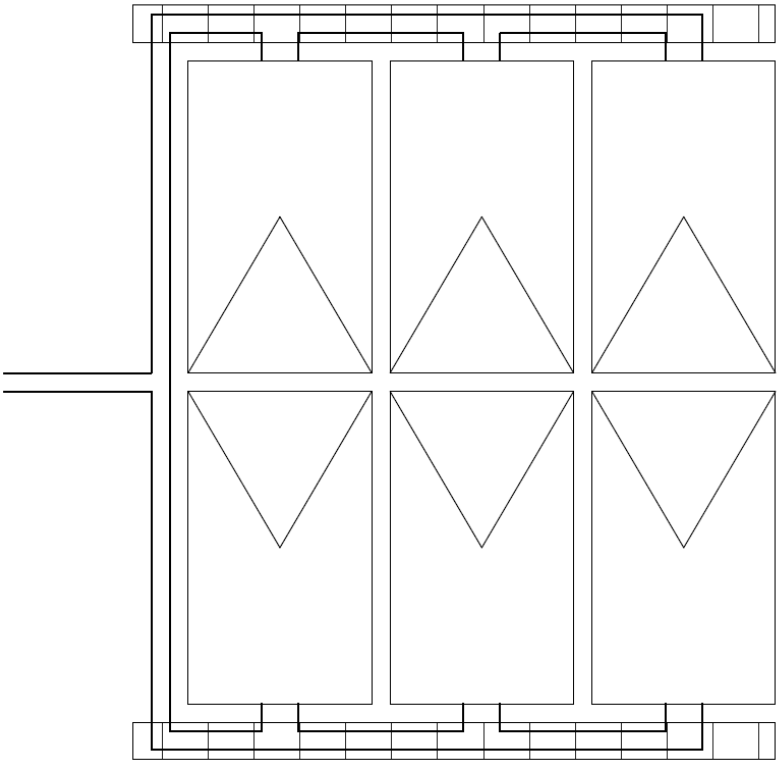


Figure 18 : Schéma de câblage des modules photovoltaïques

Fin du rapport

Grille de vérification des gammes de modules par le comité d'ATEx sur la base du référentiel de vérification des modules photovoltaïques en Avis Technique

Grille de vérification G01/3309_V1

***Associée à* l'ATEx de cas a n°3309_V1**

***Procédé* : SOPRASOLAR FLEX BITUME**

Date de mise en application : 20/02/2024

Cette grille de vérification indique les gammes de modules acceptées par le comité d'ATEx, dont les modules peuvent être intégrés en tant qu'élément constitutif d'un procédé photovoltaïque faisant l'objet de l'Avis Technique cité. L'ATEx citée fait elle-même référence à cette grille de vérification des gammes de modules.

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

Cette grille de vérification est utilisable exclusivement en association avec l'ATEx de cas A **n° 3309_V1**. S'il existe une grille de vérification plus récente portant un n° du type **Gn/3309_V1 avec n > 01**, celle-ci annule et remplace la présente grille. La version la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site du CSTB.

Dans l'ATEx concernée, si plusieurs groupes de gammes de modules se distinguent par des domaines d'emploi différents ou des mises en œuvre différentes, etc, ces différents groupes sont désignés pas des lettres (A, B, C… par ordre chronologique de validation, s'il n'y a qu'un seul groupe, il est désigné par la lettre A). L'ordre des lettres ne constitue en aucun cas un quelconque classement des groupes les uns par rapport aux autres.

Une lettre indiquée dans une case de la grille de vérification valide qu'une gamme de module a été acceptée par le comité d'ATEx pour une utilisation en tant qu'élément constitutif du procédé sous ATEx pour le domaine d'emploi du groupe que la lettre désigne (voir l'ATEx pour les caractéristiques de chaque groupe vis-à-vis du domaine d'emploi ou de la mise en œuvre).

Liste des gammes de modules vérifiées sur la base des critères d'acceptation de modules photovoltaïques en Avis Technique

G01/3309_V1

SOPRASOLAR FLEX BITUME

Fabricant	Gamme de modules	Technologie	Rigidité du module photovoltaïque	Plages de puissances	Groupe de module de l'ATEx 3309_V1
MIASOLE	FLEX03-xxxW	*CIGS (cuivre, indium, gallium et sélénium)*	*Souple*	*460 Wc à 520 Wc*	***A***
HELIUP	STYKON 4x18M6Pxxx	*Silicium cristallin*	*Semi-rigide*	*205 Wc à 215 Wc*	***A***
MIDSUMMER	BOLD 6xXX	*CIGS (cuivre, indium, gallium et sélénium)*	*Souple*	*200 Wc à 320 Wc*	***A***
MIDSUMMER	BOLD S-xxx	*CIGS (cuivre, indium, gallium et sélénium)*	*Souple*	*460 Wc à 520 Wc*	***A***

Détail des caractéristiques des modules :

Légende :

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

U_{co} : Tension en circuit ouvert.

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

I_{cc} : Courant de court-circuit.

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

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

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

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

Liste des gammes de modules vérifiées sur la base des critères d'acceptation de modules photovoltaïques en Avis Technique

G01/3309_V1

SOPRASOLAR FLEX BITUME

Sommaire des gammes de modules

Partie 1MIASOLE FLEX03-xxxW 4
Partie 2HELIUP STYKON 4X18M6Pxxx 7
Partie 3MIDSUMMER BOLD 6xXX 10
Partie 4MIDSUMMER BOLD S-xxx 13

Partie 1 MIASOLE FLEX03-xxxW

MIASOLE	FLEX03-xxxW

MIASOLE FLEX03-xxxW								
Caractéristiques électriques STC*								
P_{mpp}	[W]	460	470	480	490	500	510	520
U_{co}	[V]	74,1	74,8	75,6	76,4	77,2	77,9	78,7
U_{mpp}	[V]	58,7	59,6	60,5	61,4	62,4	63,3	64,2
I_{cc}	[A]	9,23	9,19	9,15	9,11	9,07	9,02	8,98
I_{mpp}	[A]	7,87	7,91	7,95	7,99	8,03	8,07	8,11
α_T (P_{mpp})	[%/°C]	-0,38						
α_T (U_{co})	[%/°C]	-0,28						
α_T (I_{cc})	[%/°C]	0,008						
Caractéristiques dimensionnelles								
Longueur	[mm]	2 583 (-2/+5)						
Largeur	[mm]	1 292 (±2)						
Épaisseur min (module avec adhésif)	[mm]	2,5 (±0,5)						
Épaisseur max (boite de connexion avec adhésif)	[mm]	17						
Poids (avec adhésif)	[kg]	6,6						
Masse surfacique (avec adhésif)	[kg/m²]	2,0						
Rayon de courbure minimum pour la manipulation	[m]	0,5						
Pose en toiture courbe		Autorisée uniquement en toiture convexe						
Rayon de courbure minimum pour pose en toiture courbe	[m]	0,5						
Conditionnement	5 modules / carton, 20 modules / palette							
Certificats IEC	IEC 61215-2016 : Certificat n° US-35384-UL du 02/06/2020 délivré par le Laboratoire UL US IEC 61730-2016 : Certificat n° US-35383-UL du 04/07/2016 délivré par le Laboratoire UL US							
Résistances mécaniques selon l'IEC	Charge : +5400 Pa/-5400 Pa Testé selon l'IEC 61215							
Compatibilité en milieu salin	IEC 61701-2011 (classe de corrosivité C3) Certificat n°201805-MIA-002 du 21/05/2018 délivré par le Laboratoire Renewable Energy Test Center (RETC, LLC)							
*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.								
Fabrication								
Site(s) de fabrication	Zibo City (Chine)							
Certification qualité	ISO 9001:2015							

Tableau 1 : Caractéristiques principales du module MIASOLE FLEX03-xxxW

Boites de connexion	
Référence	HBTGCNAND
Fabricant	AMPHENOL TECHNOLOGY SHENZHEN
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
Certification IEC 62790-2020	Certificat 40055475 du 19/07/2022 délivré par le VDE
Câbles électriques	
Référence	Câbles H1Z2Z2-K
Fabricant	AMPHENOL
Section	4 mm²
Longueur	1200 mm
Protection électrique	Classe 2
Tension de système maximum	1000 V
Courant maximal admissible	20 A
Plage de température	- 40 °C à + 90 °C
Certification IEC 50618:2014	TÜV RHEINLAND R 50383751
Connecteurs électriques	
Référence	H4C S&F
Fabricant	AMPHENOL
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
Certification IEC 62852:2015	TÜV RHEINLAND R 50388083
Plan de contrôle qualité	
Electroluminescence string	≥1x par string
Contrôle visuel avant laminage	≥1x par module photovoltaïque
Inspection visuelle et nettoyage après laminage	≥1x par module photovoltaïque
Inspection visuelle de la boîte de jonction après soudure	≥1x par module photovoltaïque
Test d'activation des diodes	≥1x par module photovoltaïque
Test de tension/courant du module	≥1x par module photovoltaïque
Test de fuite humide	≥1x par module PV par jour de travail
L'inspection finale	≥1x par module photovoltaïque
Puissance nominale Pmpp	≥1x par module photovoltaïque
Dimensions	≥1x par module photovoltaïque pour deux heures
Tension à vide Uoc	≥1x par module photovoltaïque
Tension nominale au point de puissance maximum Umpp	≥1x par module photovoltaïque
Courant de court-circuit Icc	≥1x par module photovoltaïque
Courant nominal au point de puissance maximum Impp	≥1x par module photovoltaïque
Contrôle du butyle mis en œuvre en face arrière du module	≥1x par module photovoltaïque

Tableau 2 : Caractéristiques des composants et plan de contrôle qualité du module MIASOLE FLEX03-xxxW

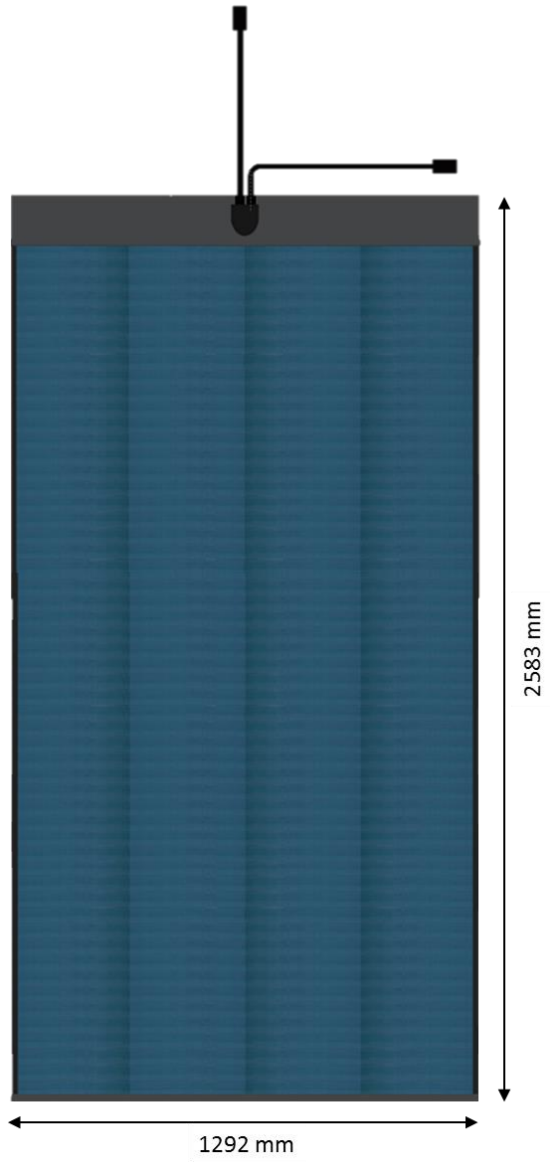


Schéma face avant

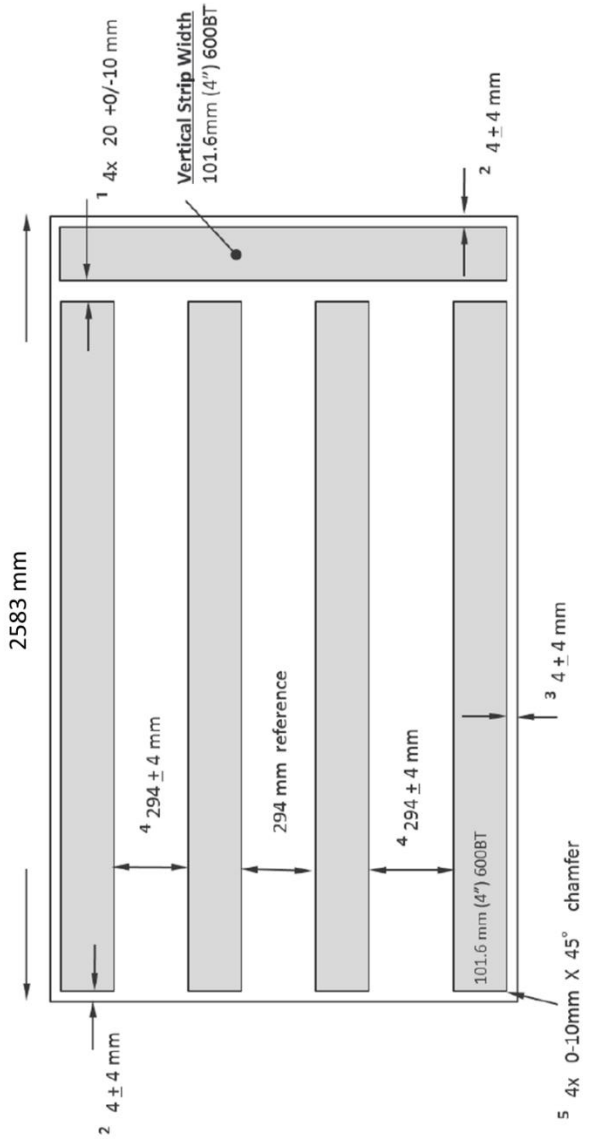


Schéma face arrière

Schéma vue latérale

Tableau 3 : Schémas du module MIASOLE FLEX03-xxxW

Partie 2 HELIUP STYKON 4X18M6Pxxx

HELIUP	STYKON 4x18M6Pxxx

HELIUP STYKON 4x18M6Pxxx				
Caractéristiques électriques STC*				
P_{mpp}	[W]	205	210	215
U_{co}	[V]	24,7	24,7	24,8
U_{mpp}	[V]	20,6	20,8	20,9
I_{cc}	[A]	10,31	10,64	10,77
I_{mpp}	[A]	9,93	10,13	10,28
α_T (P_{mpp})	[%/°C]	−0,38		
α_T (U_{co})	[%/°C]	−0,36		
α_T (I_{cc})	[%/°C]	0,07		
Caractéristiques dimensionnelles				
Longueur	[mm]	1 624 (±1)		
Largeur	[mm]	739 (±1)		
Épaisseur min (module avec adhésif)	[mm]	3,9 (±0,2)		
Épaisseur max (boite de connexion avec adhésif)	[mm]	22,9		
Poids (avec adhésif)	[kg]	7,2		
Masse surfacique (avec adhésif)	[kg/m²]	6		
Rayon de courbure minimum pour la manipulation	[m]	2		
Pose en toiture courbe		Non autorisée		
Conditionnement		38 modules / palette 1680 x 1150 x 790 mm		
Certificats IEC		IEC 61215-61730:2016 : Certificat n° CC0130_1 du 10/05/2023 délivré par le Laboratoire CERTISOLIS		
Résistances mécaniques selon l'IEC		Charge : +5400 Pa/-5400 Pa Testé selon l'IEC 61215		
Compatibilité en milieu salin		IEC 61701-2020 (classe de corrosivité C2) Rapport 20230931 du 18/01/2024 délivré par le Laboratoire CERTISOLIS		
*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.				
Fabrication				
Site(s) de fabrication		Le-Bourget-du-Lac, France		
Certification qualité		Voir nomenclature des contrôles dans le Tableau 5		

Tableau 4 : Caractéristiques principales du module HELIUP STYKON 4X18M6Pxxx

Boites de connexion	
Référence	JBS
Fabricant	EKINLER
Dimensions hors-tout	83,5 mm x 30 mm x 16,5 mm
Indice de protection	IP68
Protection électrique	Classe 2
Tension de système maximum	1500 V
Courant maximal admissible (intensité assignée)	15 A
Plage de température	- 40 °C à + 85 °C
Certification IEC 62790-2020	TUV RHEINLAND No. R 60158362 du 03/09/2021
Câbles électriques	
Référence	H1Z2Z2-K
Fabricant	EGE KABLO
Section	4 mm²
Longueur	500 mm
Protection électrique	Classe 5
Tension de système maximum	1500 V
Courant maximal admissible	55 A
Plage de température	- 40 °C à + 85 °C
Certification IEC 50618:2014	TUV RHEINLAND No. R 50389201 du 08/11/2017
Connecteurs électriques	
Référence	MC4-Evo 2
Fabricant	Stäubli Electrical Connectors AG
Indice de protection	IP68
Protection électrique	Classe 2
Tension de système maximum	1500 V
Courant maximal admissible (intensité assignée)	45 A
Plage de température	- 40 °C à + 85 °C
Résistance de contact	<0,2 mΩ
Certification IEC 62852:2014	TUV RHEINLAND No. R 60127169 du 15/03/2018
Plan de contrôle qualité	
Certificat de conformité sur les matières premières Contrôle qualité de la boîte de jonction : diode, sertissage soudure Inspection visuelle sur streaming de 18 2000 cellule M6 Contrôle des points de soudure lors de l'interconnexion du squelette Électroluminescence sur squelette assemblée Inspection visuelle avant lamination Inspection visuelle de la boîte de jonction après soudure Inspection visuelle du module fini avec respect des distances d'isolation contrôle dimensionnel du module fini Courbe IV avec paramètres électriques STC (1000 W/m²) : Pmpp, Voc, Isc, Vmpp, Impp, FF Électroluminescence sur module fini Contrôle du butyle mis en œuvre en face arrière du module	Chaque lot réceptionné Échantillonnage par lot Chaque string Chaque squelette Chaque module Chaque module Chaque module 2x par jour de production Chaque module Chaque module Chaque module

Tableau 5 : Caractéristiques des composants et plan de contrôle qualité du module HELIUP STYKON 4X18M6Pxxx

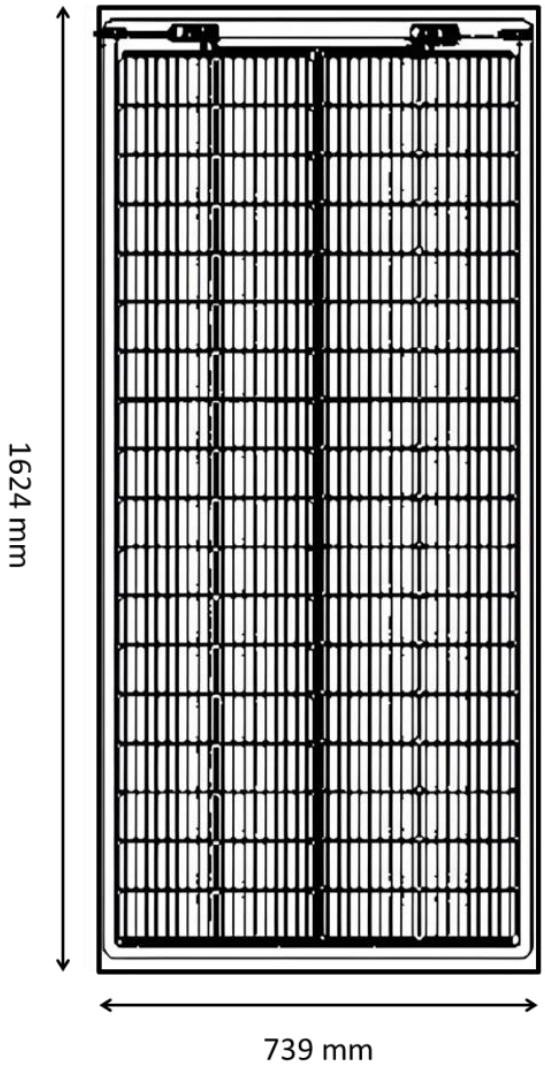


Schéma face avant

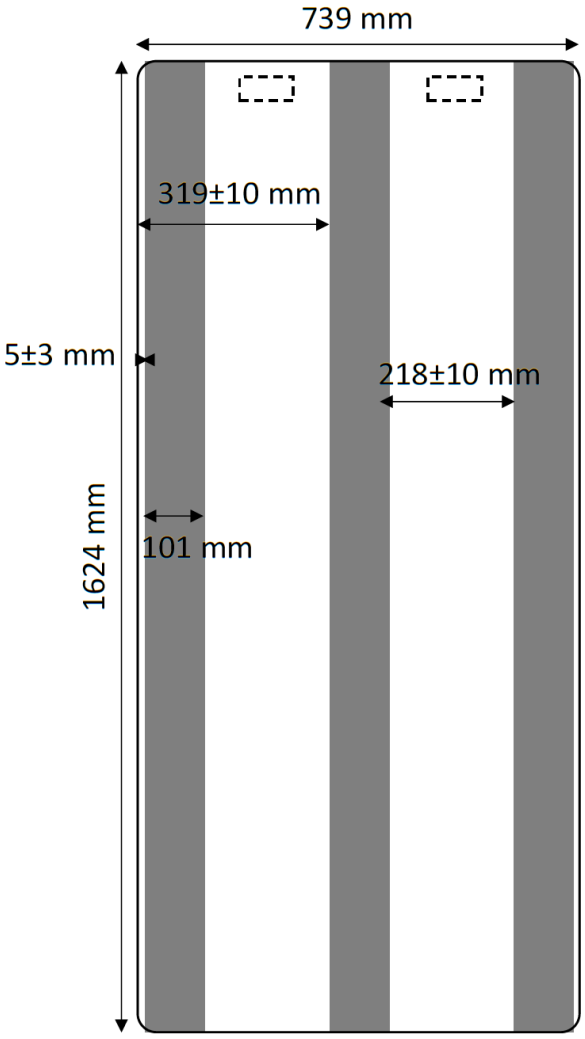


Schéma face arrière

Schéma vue latérale

Tableau 6 : Schémas du module HELIUP STYKON 4X18M6Pxxx

Partie 3 MIDSUMMER BOLD 6xXX

MIDSUMMER	BOLD 6xXX

MIDSUMMER BOLD 6xXX							
Caractéristiques électriques STC*							
Référence		BOLD 6x10	BOLD 6x11	BOLD 6x12	BOLD 6x14	BOLD 6x16	BOLD 6x18
P_{mpp}	[W]	200	220	240	280	320	360
U_{co}	[V]	37,9	41,9	45,7	53,3	60,9	68,6
U_{mpp}	[V]	31,2	34,3	37,4	43,7	49,9	56,1
I_{cc}	[A]	7,5	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
I_{mpp}	[A]	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
α_T (P_{mpp})	[%/°C]	−0,408					
α_T (U_{co})	[%/°C]	−0,328					
α_T (I_{cc})	[%/°C]	0,0006					
Caractéristiques dimensionnelles							
Longueur	[mm]	1685 (±10)	1843 (±10)	2001 (±10)	2317 (±10)	2633 (±10)	2949 (±10)
Largeur	[mm]	1000 (±5)					
Épaisseur min (module avec adhésif)	[mm]	2,9 (±0,5)					
Épaisseur max (boite de connexion avec adhésif)	[mm]	18,7					
Poids (avec adhésif)	[kg]	5,5	6,1	6,6	7,6	8,6	9,7
Masse surfacique (avec adhésif)	[kg/m²]	3,3					
Rayon de courbure minimum pour la manipulation	[m]	0,25					
Pose en toiture courbe		Autorisée					
Rayon de courbure minimum pour pose en toiture courbe	[m]	0,25					
Conditionnement		75 modules / palette 2150 (L) x 800 (W) x 1200 mm (H)			12 modules / palette 1200 (L) x 800 (W) x 1200 mm (H) 100 modules / wooden box 3000 (L) x 1100 (W) x 1000 mm (H)		
Certificats IEC		IEC 61215-61730 : TUV RHEINLAND PV PV 60173664 0001 du 21-11-2023					
Résistances mécaniques selon l'IEC		Charge essais : +5400 Pa/-5400 Pa Testé selon l'IEC 61215					
Compatibilité en milieu salin		Non testé					
*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.							
Fabrication							
Site(s) de fabrication		Järfälla, Suède					
Certification qualité		Voir nomenclature des contrôles dans le Tableau 8					

Tableau 7 : Caractéristiques principales du module MIDSUMMER BOLD 6xXX

Boites de connexion	
Référence	PV-JB/TB-ST4-UR (boîtier mâle +) PV-JB/TB-BT4-UR (boîtier femelle -)
Fabricant	STÄUBLI
Dimensions hors-tout	Length: 74 mm (+) / 64 mm (-) Width: 32 mm Height: 15,5 mm (+) / 15,8 mm (-)
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
Certification IEC 62790	TÜV RHEINLAND R 60133378
Câbles électriques	
Référence	FLEX-SOL-EVO-TX 6,0 FLEX-SOL-EVO-TX 4,0
Fabricant	STÄUBLI
Section	4 mm² or 6 mm²
Longueur	335 mm
Protection électrique	Classe 2
Tension de système maximum	1500 V
Plage de température	- 40 °C à + 90 °C
Certification IEC 50618:2014	TÜV RHEINLAND R 50542783
Connecteurs électriques	
Référence	PV-KBT4/6I-UR PV-KST4 STÄUBLI /6I-UR
Fabricant	STÄUBLI
Indice de protection	IP68
Protection électrique	Classe 2
Tension de système maximum	1000 V
Courant maximal admissible (intensité assignée)	39 A
Plage de température	- 40 °C à + 85 °C
Résistance de contact	0,25 mΩ
Certification IEC 62852:2015	TÜV RHEINLAND R 60127190
Plan de contrôle qualité	
Electroluminescence string	≥1x par string
Contrôle visuel avant laminage	≥1x par module photovoltaïque
Inspection visuelle et nettoyage après laminage	≥1x par module photovoltaïque
Inspection visuelle de la boîte de jonction après soudure	≥1x par module photovoltaïque
Essai de courant inverse	≥1x par module photovoltaïque
Test d'activation des diodes	≥1x par module photovoltaïque
Test de tension/courant du module	≥1x par module photovoltaïque
Test de fuite humide	≥1x par module PV par jour de travail
L'inspection finale	≥1x par module photovoltaïque
Puissance nominale Pmpp*	≥1x par module photovoltaïque
Dimensions	≥1x par module photovoltaïque
Tension à vide Uoc*	≥1x par module photovoltaïque
Tension nominale au point de puissance maximum Umpp*	≥1x par module photovoltaïque
Courant de court-circuit Icc*	≥1x par module photovoltaïque
Courant nominal au point de puissance maximum Impp*	≥1x par module photovoltaïque
Contrôle du butyle mis en œuvre en face arrière du module	≥1x par module photovoltaïque
Coefficient de température à puissance maximale αT (Pmpp)	≥1x par module type
Coefficient de température à tension en circuit ouvert αT (Uoc)	≥1x par module type
Coefficient de température pour le courant de court-circuit αT (Isc)	≥1x par module type

Tableau 8 : Caractéristiques des composants et plan de contrôle qualité du module MIDSUMMER BOLD 6xXX

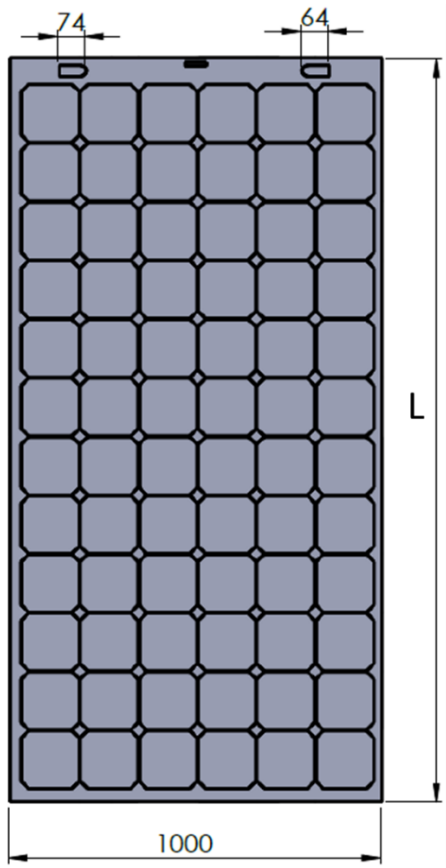


Schéma face avant

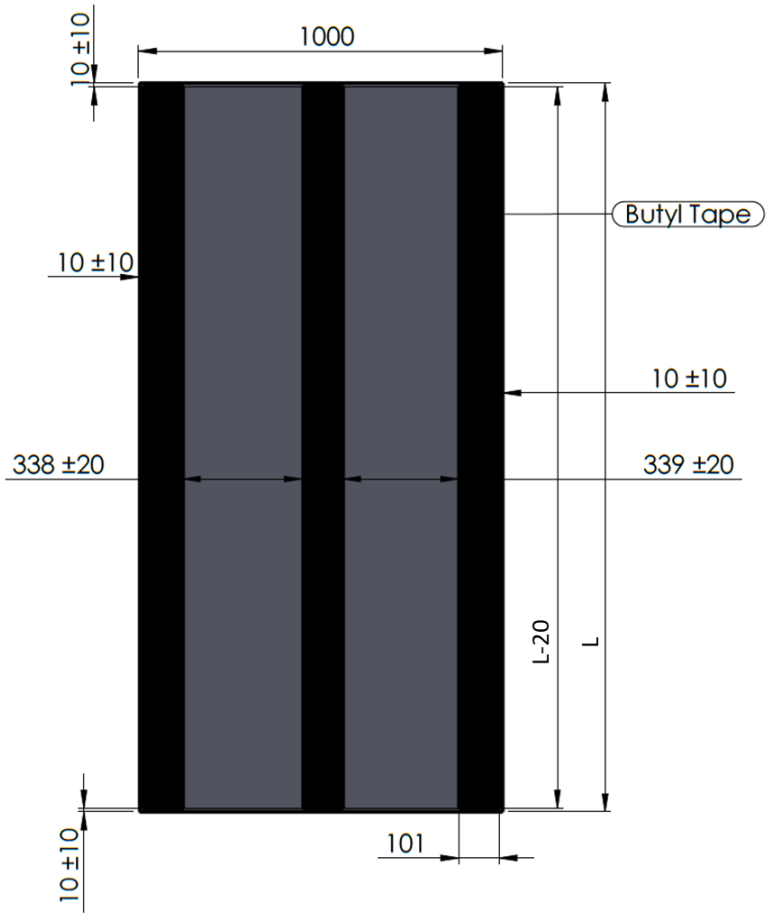


Schéma face arrière

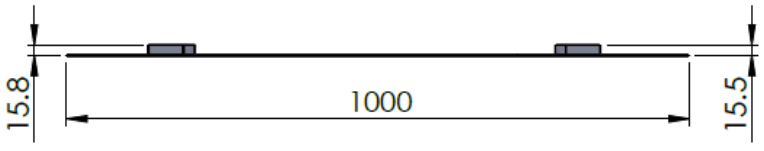


Schéma vue latérale

Tableau 9 : Schémas du module MIDSUMMER BOLD 6xXX

Partie 4 MIDSUMMER BOLD S-xxx

MIDSUMMER	BOLD S-xxx

MIDSUMMER BOLD S-xxx									
Caractéristiques électriques STC*									
P_{mpp}	[W]	460	470	480	490	500	510	520	530
U_{co}	[V]	74,75	74,81	74,88	74,96	75,08	75,21	75,28	75,36
U_{mpp}	[V]	59,63	59,76	59,89	60,03	60,16	60,16	60,39	60,57
I_{cc}	[A]	9,09	9,17	9,20	9,25	9,32	9,42	9,55	9,66
I_{mpp}	[A]	7,72	7,87	8,02	8,16	8,31	8,47	8,61	8,75
α_T (P_{mpp})	[%/°C]	-0,38							
α_T (U_{co})	[%/°C]	-0,28							
α_T (I_{cc})	[%/°C]	0,008							
Caractéristiques dimensionnelles									
Longueur	[mm]	2 583 (-2/+5)							
Largeur	[mm]	1 292 (±2)							
Épaisseur min (module avec adhésif)	[mm]	2,5 (±0,5)							
Épaisseur max (boite de connexion avec adhésif)	[mm]	17							
Poids (avec adhésif)	[kg]	6,6							
Masse surfacique (avec adhésif)	[kg/m²]	2,0							
Rayon de courbure minimum pour la manipulation	[m]	0,5							
Pose en toiture courbe		Autorisée uniquement en toiture convexe							
Rayon de courbure minimum pour pose en toiture courbe	[m]	0,5							
Conditionnement		5 modules / carton, 20 modules / palette							
Certificats IEC		IEC 61215-2016 & 61730-2016 : Certificat n° 40057521 du 20/10/2023 délivré par le Laboratoire VDE							
Résistances mécaniques selon l'IEC		Charge : +5400 Pa/-5400 Pa Testé selon l'IEC 61215							
Compatibilité en milieu salin		Non testé							
*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.									
Fabrication									
Site(s) de fabrication		Xuancheng City (Chine)							
Certification qualité		Voir nomenclature des contrôles dans le Tableau 11							

Tableau 10 : Caractéristiques principales du module MIDSUMMER BOLD S-xxx

Boites de connexion	
Référence	HBTGCNAND
Fabricant	AMPHENOL TECHNOLOGY SHENZHEN
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
Certification IEC 62790-2020	Certificat 40055475 du 19/07/2022 délivré par le VDE
Câbles électriques	
Référence	Câbles H1Z2Z2-K
Fabricant	AMPHENOL
Section	4 mm²
Longueur	1200 mm
Protection électrique	Classe 2
Tension de système maximum	1000 V
Courant maximal admissible	20 A
Plage de température	- 40 °C à + 90 °C
Certification IEC 50618:2014	TÜV RHEINLAND R 50383751
Connecteurs électriques	
Référence	H4C S&F
Fabricant	AMPHENOL
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
Certification IEC 62852:2015	TÜV RHEINLAND R 50388083
Plan de contrôle qualité	
Electroluminescence string	≥1x par string
Contrôle visuel avant laminage	≥1x par module photovoltaïque
Inspection visuelle et nettoyage après laminage	≥1x par module photovoltaïque
Inspection visuelle de la boîte de jonction après soudure	≥1x par module photovoltaïque
Essai de courant inverse	≥1x par module photovoltaïque
Test d'activation des diodes	≥1x par module photovoltaïque
Test de tension/courant du module	≥1x par module photovoltaïque
Test de fuite humide	≥1x par module PV par jour de travail
L'inspection finale	≥1x par module photovoltaïque
Puissance nominale Pmpp*	≥1x par module photovoltaïque
Dimensions	≥1x par module photovoltaïque
Tension à vide Uoc*	≥1x par module photovoltaïque
Tension nominale au point de puissance maximum Umpp*	≥1x par module photovoltaïque
Courant de court-circuit Icc*	≥1x par module photovoltaïque
Courant nominal au point de puissance maximum Impp*	≥1x par module photovoltaïque
Contrôle du butyle mis en œuvre en face arrière du module	≥1x par module photovoltaïque
Coefficient de température à puissance maximale αT (Pmpp)	≥1x par module type
Coefficient de température à tension en circuit ouvert αT (Uoc)	≥1x par module type
Coefficient de température pour le courant de court-circuit αT (Isc)	≥1x par module type

Tableau 11 : Caractéristiques des composants et plan de contrôle qualité du module MIDSUMMER BOLD S-xxx

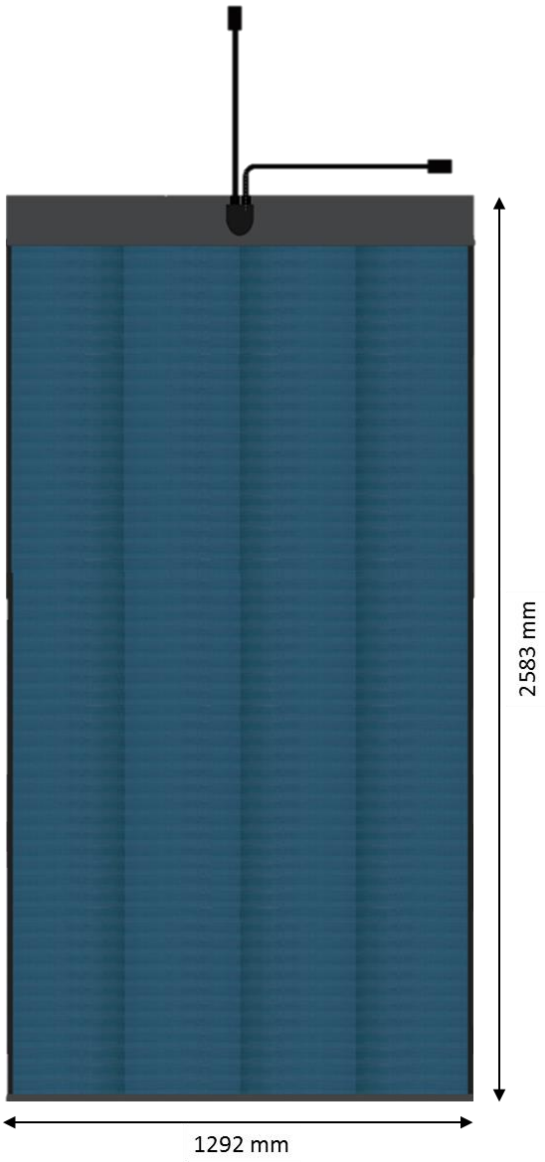


Schéma face avant

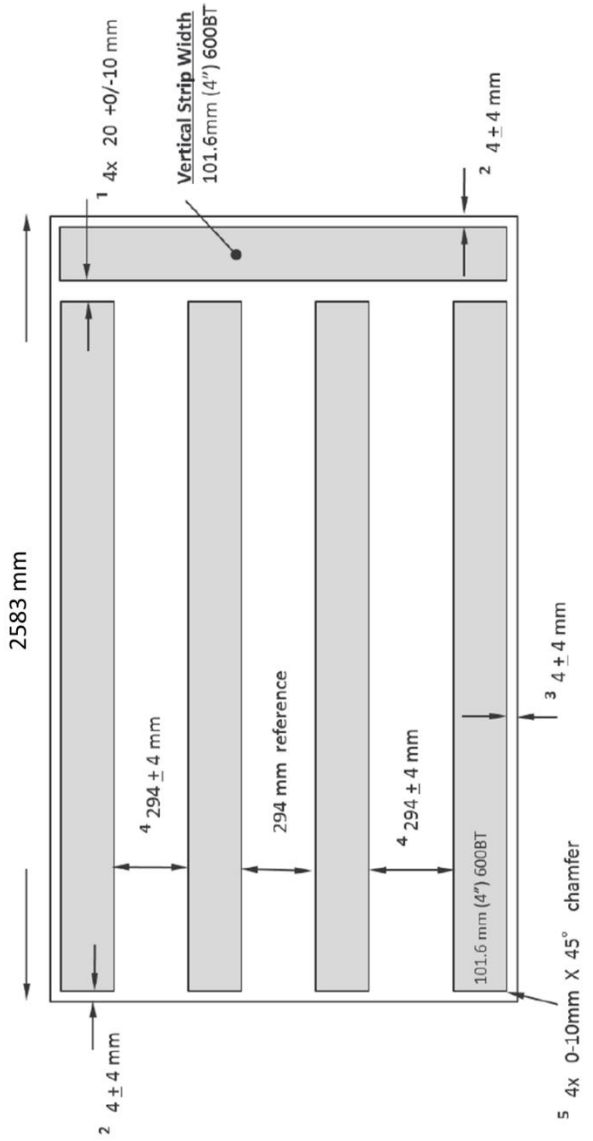


Schéma face arrière

Schéma vue latérale

Tableau 12 : Schémas du module MIDSUMMER BOLD S-xxx