APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3308_V1

sur le procédé photovoltaïque : « SOPRASOLAR FLEX TPO »

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)*

À LA DEMANDE DE :

Société : **SOPRASOLAR SAS**

Adresse : 202 Quai de Clichy
92110 Clichy

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3308_V1 du 3 janvier 2024

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé d'étanchéité et de production photovoltaïque SOPRASOLAR FLEX TPO 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 TPO

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEx 3308_V1 et résumée dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A 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 attendus 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 et/ou sécurité des équipements

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant au vent : 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 5.2.2 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 et 3 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/3308_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

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 FLAGON EP/PR SC.

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 TPO.

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 TPO 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 TPO 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 dimensions 82 x 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° 3308_V1.

5°) Attendus

- 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.
- Fournir un rapport d'essai de stabilité dimensionnelle selon la norme NF EN 1107-2 avec membrane TPO et un résultat conforme à la norme.

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.

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations et attendus 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 TPO est un procédé d'étanchéité monocouche synthétique en TPO 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 monocouche synthétique fixée mécaniquement en TPO FLAGON EP/PR SC épaisseur ≥ 1,8 mm, largeur 1,05 m.
- 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 :

MEMBRANES

- FLAGON EP/PR SC épaisseur ≥ 1,8 mm , largeur 1,05 m

FIXATIONS MÉCANIQUES

- Attelages pour la fixation des panneaux isolants.
- Attelages pour la fixation des feuilles FLAGON EP/PR SC.

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Plusieurs références de modules photovoltaïques peuvent être mis en œuvre avec le système SOPRASOLAR FLEX TPO. 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 3308_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 41 pages.

Procédé SOPRASOLAR FLEX TPO

« 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 3308_V1.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3308_V1 du 3 janvier 2024

TABLE DES MATIERES

1 DESCRIPTION GENERALE 3

1.1 IDENTIFICATION DU DEMANDEUR 3
1.2 DENOMINATION COMMERCIALE DU PROCEDE 3
1.3 DESCRIPTION SUCCINCTE 3

2 DOMAINE D'EMPLOI 4

2.1 TYPE DE BATIMENTS 4
2.2 ZONE GEOGRAPHIQUE 4
2.3 PENTE 4
2.4 ELEMENTS PORTEURS ET SUPPORTS D'ETANCHEITE 4
2.5 CHARGES CLIMATIQUES 5

3 DESCRIPTION ET ELEMENTS CONSTITUTIFS 5

3.1 PRINCIPE 5
3.2 MATERIAUX 5
3.2.1 Membranes 5
3.2.2 Fixations mécaniques 6
3.2.2.1 Attelages pour la fixation des panneaux isolants 6
3.2.2.2 Attelages pour la fixation de la membrane FLAGON EP/PR SC 6
3.2.3 Modules photovoltaïques 6
3.2.3.1 Boites de connexion 7
3.2.3.2 Câbles électriques 7
3.2.3.3 Connecteurs électriques 7
3.2.4 Autres matériaux 7
3.2.4.1 Écran de séparation ou d'indépendance 7
3.2.4.2 Pare-Vapeurs 7
3.2.4.3 Autres matériaux en feuilles 7

4 DISPOSITIONS DE CONCEPTION 8

4.1 GENERALITES 8
4.2 TRAVAUX NEUFS 8
4.3 TRAVAUX DE REFECTION 8

5 DISPOSITIONS DE MISE EN ŒUVRE 8

5.1 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ELEMENTS PORTEURS ET AUX SUPPORTS 8
5.1.1 Éléments porteurs en tôles d'acier nervurés 8
5.1.2 Éléments porteurs et supports en bois et panneaux à base de bois 8
5.1.3 Éléments porteurs et supports en CLT 9
5.1.4 Pare-vapeur 9
5.1.5 Supports isolants non-porteurs 9
5.1.5.1 Mise en œuvre de l'isolant 9
5.1.6 Supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité 9
5.2 PRESCRIPTIONS DE MISE EN ŒUVRE RELATIVES AUX REVETEMENTS 10
5.2.1 Mise en œuvre de l'étanchéité FLAGON EP/PR SC 10
5.2.2 Densité et répartition des fixations mécaniques pour revêtements fixés mécaniquement 10
5.2.2.1 Généralités 10
5.2.2.2 Espacement des fixations 11
5.2.2.3 Fixations mécaniques de référence 12
5.2.3 Mise hors d'eau en fin de journée 12
5.3 MISE EN ŒUVRE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES 12
5.3.1 Généralités 12
5.3.2 Implantation des modules photovoltaïques 13

Le présent document comporte 47 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

5.3.3 Repérages 13
5.3.4 Préparation avant collage sur membrane FLAGON EP/PR SC 13
5.3.5 Traçage 14
5.3.6 Collage des modules photovoltaïques 14
5.3.7 Raccordement électrique des modules photovoltaïques 14
5.3.8 Interdictions à respecter lors de la pose des modules photovoltaïques 15
5.4 MISE EN ŒUVRE DES CHEMINS DE CABLES ET DES SUPPORTS 15
5.4.1 Mise en œuvre des chemins de câbles 15
5.4.2 Mise en œuvre des supports de chemins de câbles 16
5.5 RELEVES D'ETANCHEITE 16
5.6 OUVRAGES PARTICULIERS 16
5.6.1 Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment 16
5.6.2 Chemins de circulation 17
6 ENTRETIEN, MAINTENANCE ET REPARATION 17
6.1 INSTRUCTIONS POUR CIRCULER 17
6.2 MAINTENANCE ET ENTRETIEN 17
6.3 REPARABILITE 18
7 FABRICATION ET CONTROLE 19
7.1 LES FEUILLES D'ETANCHEITE 19
7.2 LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES 19
8 FORMATION 19
9 ASSISTANCE TECHNIQUE 19
10 ETIQUETAGE ET STOCKAGE 19
11 REFERENCES 20
12 RESULTATS EXPERIMENTAUX 20
13 ANNEXE A : REGLES D'ADAPTATION DE LA DENSITE DE FIXATIONS 21
13.1 DEFINITIONS 21
13.2 REGLES D'ADAPTATION EN FONCTION DE L'ELEMENT PORTEUR 22
13.3 REGLES GENERALES 22
13.4 DETERMINATION DE LA VALEUR ADMISSIBLE $W_{ADM_{LIM}}$ DES FIXATIONS 22
13.4.1 Généralités 22
13.4.2 Règles d'adaptation 22
13.5 DETERMINATION DE LA DENSITE DE REPARTITION DES FIXATIONS 23
13.6 DETERMINATION DE L'ESPACEMENT E ENTRE FIXATIONS 23
14 ANNEXE B : ESPACEMENTS DES FIXATIONS DES SYSTEMES DE REFERENCE 24
15 TABLEAUX DU DOSSIER TECHNIQUE 26
16 FIGURES DU DOSSIER TECHNIQUE 30

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 SRL
  Usines : Chigolo d'Isola (Italie)

- 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 TPO

1.3 DESCRIPTION SUCCINCTE

Procédé d'étanchéité synthétique (TPO) 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 TPO peut être mis en œuvre sur des bâtiments fermés ou ouverts au vent au sens des règles NV65 modifié 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

Élément porteur	Faible ou moyenne hygrométrie	Forte hygrométrie	Très forte hygrométrie
Tôles d'acier nervurées à plages pleines	Acceptée	Acceptée	Exclue
Tôles d'acier nervurées à plages perforées ou crevées	Acceptée	Exclue	Exclue
Bois, CLT et panneaux à base de bois	Acceptée	Exclue	Exclue

Le Tableau 6 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 4 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

Le procédé s'applique sur

- Toitures planes avec une pente de 3% à 100%.
- 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 une pente de 3% à 100%.

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).
- 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 TPO 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 avec étanchéité FLAGON EP/PR SC fixée mécaniquement est limité à des dépressions au 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.

De plus, la densité et la répartition des fixations doivent être calculées selon les dispositions du chapitre 5.2.2. 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 le Tableau 2 et le Tableau 3 de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes de référence.

3 DESCRIPTION ET ELEMENTS CONSTITUTIFS

3.1 PRINCIPE

Le procédé SOPRASOLAR FLEX TPO est un procédé d'étanchéité monocouche synthétique en TPO intégrant des modules photovoltaïques souples ou semi-rigides collés sur chantier par auto-adhésivité.

Le procédé est composé :

- D'une étanchéité monocouche synthétique fixée mécaniquement en TPO FLAGON EP/PR SC épaisseur ≥ 1,8 mm mm - largeur 1,05 m.
- 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.

3.2 MATERIAUX

3.2.1 MEMBRANES

La membrane d'étanchéité mise en œuvre pour le complexe SOPRASOLAR FLEX TPO est en TPO, référence FLAGON EP/PR SC, épaisseur ≥ 1,8 mm, largeur de lé 1,05 m.

Utilisée pour les parties courantes, les relevés et les bandes de pontages des toitures apparentes fixées mécaniquement. Cette membrane est conforme au Guide UEAtc FPO/TPO de 2001 – e-cahier du CSTB n°3541 de janvier 2006.

La description et les caractéristiques de la membrane sont indiquées dans le DTA FLAGON EP/PR SC n° 5.2/17-2557_V2.

3.2.2 FIXATIONS MECANIQUES

3.2.2.1 Attelages pour la fixation des panneaux isolants

Les prescriptions concernant les fixations des panneaux isolants sont décrites au §5.1.5.1.

3.2.2.2 Attelages pour la fixation de la membrane FLAGON EP/PR SC

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 de la membrane FLAGON EP/PR SC sont données au chapitre 5.2.2 et en Figure 6.

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 5.2.2.3) sont commercialisées par la Société LR ETANCO. D'autres références de fixations sont admises sous réserve de respecter l'Annexe A : Règles d'adaptation de la densité de fixations. Les plaquettes sont obligatoirement métalliques de dimensions 82 x 40 mm.

3.2.3 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les références de modules photovoltaïques pouvant être mis en œuvre avec le système SOPRASOLAR FLEX TPO 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 membrane FLAGON EP/PR SC épaisseur ≥ 1,8 mm – largeur 1,05 m est autorisée à être associée avec des modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO.

L'application du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO 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 4 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).

3.2.3.1 Boites de connexion

Les modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO 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.

3.2.3.2 Câbles électriques

Les modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO sont équipés de câbles électriques. Ils se trouvent en sortie de la boite de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir §3.2.3.3). 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).

3.2.3.3 Connecteurs électriques

Les modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO 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.

3.2.4 AUTRES MATERIAUX

3.2.4.1 Écran de séparation ou d'indépendance

- SOPRAVOILE 100 : constitué d'un voile de verre obtenu par répartition régulière de fibre de verre sans direction préférentielle, encollées entre elles pour former une feuille de masse surface de 100g/m² - conforme aux normes - DTU série 43
- FLAG GEOTEXTILE PET 300 : Feutre non tissé en polyester (PET) 300 g/m²

3.2.4.2 Pare-Vapeurs

Le pare-vapeur est conforme aux spécifications des normes NF DTU de la série 43 et le choix du pare-vapeur ainsi que son principe de mise en œuvre se fait conformément au DTA FLAGON EP/PR SC n° 5.2/17-2557_V2.

3.2.4.3 Autres matériaux en feuilles

Pour les membranes accessoires et/ ou membranes de chemin de circulation, il convient de se référer au DTA FLAGON EP/PR SC n° 5.2/17-2557_V2.

4 DISPOSITIONS DE CONCEPTION

4.1 GENERALITES

La mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO 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 TPO 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 TPO sera mise en œuvre conformément au DTA FLAGON EP/PR SC n° 5.2/17-2557_V2.

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.

La préparation des éléments porteurs et supports est effectuée conformément aux prescriptions du NF DTU 43.4 P1 et du Document Technique d'Application des panneaux à base de 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 6 s'applique pour le choix du pare-vapeur et son principe de mise en œuvre.

En cas de réfection, la norme NF DTU 43.5 s'applique, notamment en ce qui concerne la conservation de l'ancienne étanchéité comme écran pare-vapeur.

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.

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 5 en configuration de toiture froide ventilée non isolée.

5.1.5.1 Mise en œuvre de l'isolant

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

Les panneaux isolants sont posés en quinconce et fixés préalablement selon les dispositions de leur Document Technique d'Application particulier.

Dans le cas d'un support isolant dont la compression à 10 % de déformation (norme NF EN 826) est inférieure à 100 kPa (cf. tableau des caractéristiques spécifiées du Document Technique d'Application des panneaux isolants), les attelages de fixation mécanique des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité doivent être du type « solide au pas » (cf. 3.2.2.1). Les fixations conformes à la norme NF P 30-313 conviennent.

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

Certains isolants thermiques (perlite fibrée, PSE, laine minérale parementée) nécessitent un écran de séparation (SOPRAVOILE 100 ou FLAG GEOTEXTILE PET 300) comme précisé dans le Tableau 5 en page 27.

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 doivent recevoir un écran de séparation type FLAG GEOTEXTILE PET 300 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

5.2.1 MISE EN ŒUVRE DE L'ETANCHEITE FLAGON EP/PR SC

Le choix du type de revêtement est décrit dans le Tableau 5 en fonction du complexe de toiture.

La membrane d'étanchéité mise en œuvre dans le cadre du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO est la membrane FLAGON EP/PR SC de la société SOPREMA. L'épaisseur minimale est 1,8 mm et la largeur de la membrane est 1,05 m maximum.

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux descriptions du Document Technique d'Application « FLAGON EP/PR SC » n°5.2/17-2557_V2.

Le support doit être propre et sec. Il est impératif de veiller à l'absence d'humidité sur la surface des panneaux isolant, notamment par temps froid. La pose de l'étanchéité est recommandée par temps chaud (température ambiante supérieure à 10°C) afin de détendre la membrane d'étanchéité.

Le revêtement d'étanchéité synthétique sera obligatoirement fixé mécaniquement en veillant à bien tendre la membrane afin d'éviter les plis qui pourraient gêner le collage des modules photovoltaïques.

Dans les zones de toitures équipées avec des modules photovoltaïques, les limites d'entraxe entre les fixations de la membrane d'étanchéité seront de :

- 95 cm dans le sens transversal de la feuille d'étanchéité FLAGON EP/PR SC
- Entraxe E définit dans le Tableau 2 ou le Tableau 3 en fonction du sens de collage des modules photovoltaïques par rapport à l'étanchéité.

Les fixations (attelages comportant éléments de liaison et plaquettes associées) sont décrites au chapitre 3.2.2.2. 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).

5.2.2 DENSITE ET REPARTITION DES FIXATIONS MECANIQUES POUR REVETEMENTS FIXES MECANIQUEMENT

5.2.2.1 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 ≤ 2,5 a,
  - f ≤ h/2 pour les toitures à versant plan,
  - f ≤ h x 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 8).
- 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 :
  - SRA : modules photovoltaïques parallèles aux rangées de fixations mécaniques de l'étanchéité.
  - SRB : modules photovoltaïques perpendiculaires aux rangées de fixations mécaniques de l'étanchéité.

  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.

5.2.2.2 Espacement des fixations

Le Tableau 2 et le Tableau 3 l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes de référence indiquent la densité de répartitions des fixations de la membrane FLAGON EP/PR SC en fonction 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). L'intervalle entre fixations ne doit pas être supérieur à deux fois l'entraxe des nervures des tôles.

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 8) :

- 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 8 ;

La Figure 9 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.

En périphérie de la toiture et au pourtour des émergences ou édicules, on disposera toujours des fixations complémentaires en pied de relevés avec un espacement maximal de 25 cm. Ces fixations périphériques ne sont pas comptées dans le calcul de densités.

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. 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 ».

5.2.2.3 Fixations mécaniques de référence

Le Tableau 2 et le Tableau 3 de de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes de référence donnent les valeurs précalculées maximales de l'intervalle E (cm) entre fixations, sur la base d'un attelage (vis + plaquettes) définit en Figure 6.

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.

5.2.3 MISE HORS D'EAU EN FIN DE JOURNEE

La mise hors d'eau doit être assurée quotidiennement en fin de journée de travail. La membrane synthétique est collée soit sur le pare-vapeur si adhérent à l'élément porteur, soit sur l'élément porteur par double encollage FLEXOCOL. À la reprise des travaux, la membrane est découpée (la partie collée restant sur le support) puis la pose des différents éléments du complexe d'étanchéité reprend dans la continuité du travail précédent.

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 TPO 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 3 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 4 illustre ces principes de mise en œuvre.

5.3.3 REPERAGES

Pour assurer la mise en œuvre des modules photovoltaïques, il est indispensable de :

- Vérifier l'indice du plan d'exécution SOPRASOLAR avec la maitrise d'œuvre du projet.
- Imprimer la dernière version du plan d'exécution dans le plus grand format possible.
- Vérifier les dimensions de la toiture et l'emplacement des émergences par rapport au plan d'exécution.
- Repérer la position approximative des champs solaires par traçage pour savoir dans quelles zones travailler.

5.3.4 PREPARATION AVANT COLLAGE SUR MEMBRANE FLAGON EP/PR SC

Avant le collage des modules photovoltaïques sur l'étanchéité en membrane FLAGON EP/PR SC il est indispensable de nettoyer la surface avec de l'eau et du produit de nettoyage à pH neutre puis rincer à l'eau claire et sécher.

5.3.5 TRAÇAGE

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 5).

5.3.6 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 5.

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 3 et la Figure 4.

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 sur la membrane préalablement nettoyée doit être réalisé par deux personnes minimum. 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.

5.3.7 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 14). 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.

5.3.8 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 4).

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 TPO 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'ATEx SOPRASOLAR FIX EVO TPO n°3200_V2 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 10). 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 11). 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

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux descriptions du Document Technique d'Application « FLAGON EP/PR SC ».

5.6 OUVRAGES PARTICULIERS

Pour les noues, cheneaux, caniveaux, joints de dilatation, évacuations des eaux pluviales et pénétrations, la mise en œuvre doit être réalisée conformément aux descriptions du Document Technique d'Application « FLAGON EP/PR SC ».

5.6.1 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 12),
- 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).

Le diamètre de la crosse est à choisir en fonction du diamètre et du nombre de câbles à acheminer vers l'intérieur du bâtiment. Les modules photovoltaïques doivent être exclus d'une zone minimale de 50 cm de rayon en périphérie de la crosse.

Un schéma de principe et la méthode de mise en œuvre d'une crosse de passage de câbles sont illustrés en Figure 12 et en Figure 13.

Les traversées de câbles sont habillées par des manchons préfabriqués en usine ou par membrane non armée FLAGON EP/S d'épaisseur minimale 1,5 mm collée en plein à la colle FLEXOCOL TPO en double encollage à raison de 300 g/m2 (150 g par face). La finition en tête sera réalisée au mastic élastomère SNJF 25^{E} et collier de serrage.

Ces émergences sont ensuite étanchées par habillage avec une membrane souple homogène non armé de même composition que l'étanchéité en partie courante et d'épaisseur minimale 1,5 mm. La membrane est collée en plein en double encollage.

5.6.2 CHEMINS DE CIRCULATION

Il est toujours possible de prévoir au niveau du calepinage, des chemins de circulation en FLAGON WALKWAY TPO. Celles-ci sont déroulées et soudées à l'air chaud en périphérie sur les membranes FLAGON de partie courante.

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 TPO 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 TPO doit se faire après mise hors circuit de l'installation et par une entreprise qualifiée.

Le revêtement d'étanchéité du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO 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 FLAGON EP/PR SC épaisseur ≥ 1,8 mm – largeur 1,05 m.
    - Autocoller un nouveau module photovoltaïque selon § 5.3.3.
- Les modules photovoltaïques et le revêtement d'étanchéité 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. 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.
    - Reconstituer l'étanchéité selon le chapitre 5.2 du présent Dossier Technique avec l'assistance du service technique SOPRASOLAR et/ou SOPREMA.
    - Autocoller 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 SRL en Italie dans l'usine de Chigolo d'Isola (Italie).

Cette usine applique un système d'assurance de la qualité conforme à la norme ISO 9001.

Les méthodes de contrôle sont définies dans le DTA FLAGON EP/PR SC n° 5.2/17-2557_V2.

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 une fois par an sur chaque référence commercialisée selon un plan de contrôle défini. La nomenclature est reprise dans le Tableau 8.

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 TPO.

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 TPO. 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 TPO.

10 ETIQUETAGE ET STOCKAGE

Les membranes d'étanchéité 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 TPO est l'évolution du procédé d'étanchéité synthétique en TPO avec modules photovoltaïques souples nommé FLAGSOLAR, sous ETN en 2015.

Le procédé SOPRASOLAR FLEX TPO dans sa configuration actuelle est en cours de lancement et n'a pas de référence.

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 TPO selon la norme EN 13956 : 2012. Certificat 1085-CRP-0011_14052018 du 11/01/2016 délivré par l'organisme de certification OFI CERT.
- Essais de stabilité de forme lors de variations cycliques de températures selon la norme EN 1108. Rapports 199/20 MIASOLE du 24/06/2020, 83/23 HELIUP du 15/03/2023, 35-24 MIDSUMMER BOLD 6XXXX du 2/02/2024 délivrés par le Laboratoire R&D SOPREMA.
- Essais de tenue à la température pour valider l'assemblage FLAGON EP/PR SC et module photovoltaïque. Classement T4 selon les rapports 199/20 MIASOLE du 24/06/2020, 98/23 HELIUP du 15/03/2023 et 199/23 MIDSUMMER du 24/04/2020 délivrés par le Laboratoire R&D SOPREMA.
- Essais de résistance au pelage du procédé avec module MIASOLE selon la norme EN 12316 à neuf et vieilli à 70°C durant 6 mois. Rapport 2023-11-30_NK_pelage MIASOLE TPO neuf&6 mois du 30/11/2023 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Essais de résistance au pelage du procédé avec et module HELIUP selon la norme EN 12316 à neuf et vieilli à 70°C durant 6 mois. Rapport 2023-02-14_TC-EP PR SC+HB+HELIUP du 14/02/2023 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Essais de résistance au pelage du procédé avec et module MIDSUMMER selon la norme EN 12316 à neuf et vieilli à 70°C durant 6 mois. Rapport 2023-07-27_NK_EP PR SC+HB+MIDSUMMER du 27/07/2023 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Essais de résistance au pelage du procédé avec module MIASOLE selon la norme EN 12316 à neuf sur membrane vieillie 14 mois. Rapport 2023-11-30_NK_pelage MIASOLE TPO neuf&6 mois du 30/11/2023 délivré par le Service Technique SOPRASOLAR.
- Tenue au vent du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO (tôle d'acier nervurée + laine de roche + complexe d'étanchéité fixé mécaniquement + module PV posés parallèlement aux lés du revêtement d'étanchéité) selon l'ETAG n°006. Rapport d'essai BEB1.M.4123-1 du 16/12/2022 délivré par le Laboratoire CEBTP.
- Tenue au vent du procédé SOPRASOLAR FLEX (tôle d'acier nervurée + laine de roche + complexe d'étanchéité fixé mécaniquement + module PV posés perpendiculairement aux lés du revêtement d'étanchéité) selon l'ETAG n°006. Rapport d'essai BEB1.M.4123-2 du 16/12/2022 délivré par le Laboratoire CEBTP.
- Tenue au vent du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO (tôle d'acier nervurée + laine de roche + complexe d'étanchéité fixé mécaniquement + module PV posés perpendiculairement aux lés du revêtement d'étanchéité) selon l'ETAG n°006. Rapport d'essai BEB1.N.4076-1 du 13/11/2023 délivré par le Laboratoire CEBTP.
- Essais de mise en œuvre des modules photovoltaïques sur complexes de toitures et vieillissement en conditions extérieures.

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 de la membrane FLAGON EP/PR SC, 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 TPO 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
SRA Membrane d'étanchéité FLAGON EP/PR SC ép. ≥ 1,8 mm - 1,05 m fixée mécaniquement Modules PV parallèles aux rangées de fixations de l'étanchéité	Plaquette acier galvanisé Ovale 82 x 40 mm Épaisseur : 1,0 mm	EVDF 2C Ø 4,8 mm	1520 N	730 N/fixation
SRB Membrane d'étanchéité FLAGON EP/PR SC ép. ≥ 1,8 mm - 1,05 m fixée mécaniquement Modules PV perpendiculaires aux rangées de fixations de l'étanchéité	Plaquette acier galvanisé Ovale 82 x 40 mm Épaisseur : 1,0 mm	EVDF 2C Ø 4,8 mm	1520 N	665 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

L'attelage complet doit être résistant à la corrosion selon l'essai dit « Kesternich », avec 2 litres de SO2 et présentant une surface de rouille ≤ 15 % à l'issue des 15 cycles de corrosion conformément au § 5.3.7.1 de l'EAD 030351-00-0402.

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 ≤ 35 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.
- Espacement des fixations d'une même rangée ≤ 2 fois l'entraxe des nervures des tôles.

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 5.2.2.

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 ».

$$D_{lim} = \frac{Dp}{Wadm_{lim}}$$

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 de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes de référence donnent les valeurs d'entraxe entre fixations d'une même rangée (E) en centimètres.

14 ANNEXE B : ESPACEMENTS DES FIXATIONS DES SYSTEMES DE REFERENCE

Système SRA : $Wadm_{SRA}$ = 730 N/fixation – Versants plans et courbes

FLAGON EP/PR SC EP/PR SC épaisseur ≥ 1,8 mm – largeur 1,05 m fixée mécaniquement.
Modules PV **parallèles** aux rangées de fixations de l'étanchéité.
Attelage de référence : EVDF 2C de Ø 4,8 mm avec plaquette métallique ovale 82 x 40 mm
Pk_{ft} = 1 520 N (selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier de 0,75 mm d'épaisseur).

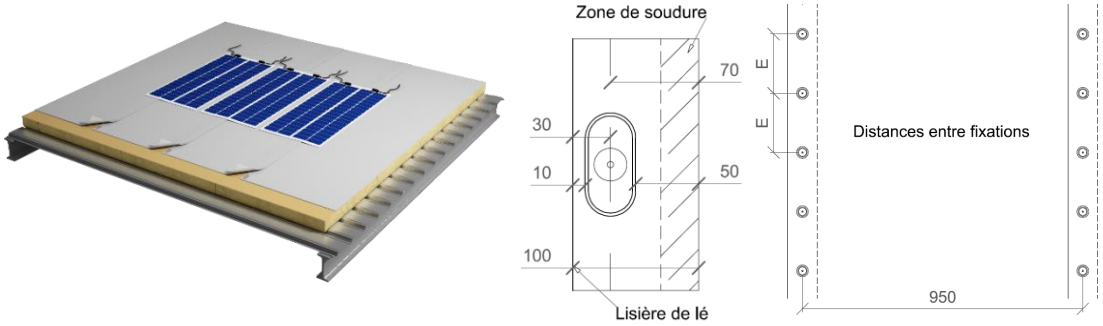


Tableau 2 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX TPO (SRA)

Tableau 2.1 - Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux de neufs - Bâtiments fermés												
Hauteur (m)	Localisation		Cp	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Repère Cf Figure 8	Type E Cf Figure 9		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1,1	35	35	35	35	35	35	35	35
	2 & 4	Er	1,9	35	34	35	29	30	24	25	21
	3	Ea	2,7	32	24	27		21			
15	2	Epc	1,1	35	35	35	35	35	35	35	33
	3 & 4	Er	1,9	35	31	35	26	28	22	23	
	4	Ea	2,7	29	21	24					
20	3	Epc	1,1	35	35	35	35	35	35	35	31
	4 & 4	Er	1,9	35	28	32	24	25		21	
	5	Ea	2,7	27		22					
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 8	Type E Cf Figure 9		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1,6	35	35	35	35	35	29	30	25
	2 & 4	Er	2	35	32	35	28	29	23	24	
	3	Ea	3	29	21	24					
15	2	Epc	1,6	35	35	35	31	33	26	27	23
	3 & 4	Er	2	35	29	33	25	26		22	
	4	Ea	3	26		22					
20	3	Epc	1,6	35	34	35	29	30	24	25	21
	4 & 4	Er	2	35	27	30	23	24			
	5	Ea	3	24							
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 8	Type E Cf Figure 9		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	0,8	35	35	35	35	35	35	35	35
	2 & 4	Er	1,6	35	35	35	35	35	29	30	25
	3	Ea	2,4	35	27	30	23	24			
15	2	Epc	0,8	35	35	35	35	35	35	35	35
	3 & 4	Er	1,6	35	35	35	31	33	26	27	23
	4	Ea	2,4	33	24	27		22			
20	3	Epc	0,8	35	35	35	35	35	35	35	35
	4 & 4	Er	1,6	35	34	35	29	30	24	25	21
	5	Ea	2,4	30	22	25					

Espacements des fixations en centimètres. | Domaine d'emploi non autorisé.

Système SRB : $Wadm_{SRB}$ = 665 N/fixation – Versants plans et courbes

FLAGON EP/PR SC EP/PR SC épaisseur ≥ 1,8 mm – largeur 1,05 m fixée mécaniquement.
Modules PV **perpendiculaires** aux rangées de fixations de l'étanchéité
Attelage de référence : EVDF 2C de Ø 4,8 mm avec plaquette métallique ovale 82 x 40 mm
Pk_{ft} = 1 520 N (selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier de 0,75 mm d'épaisseur).

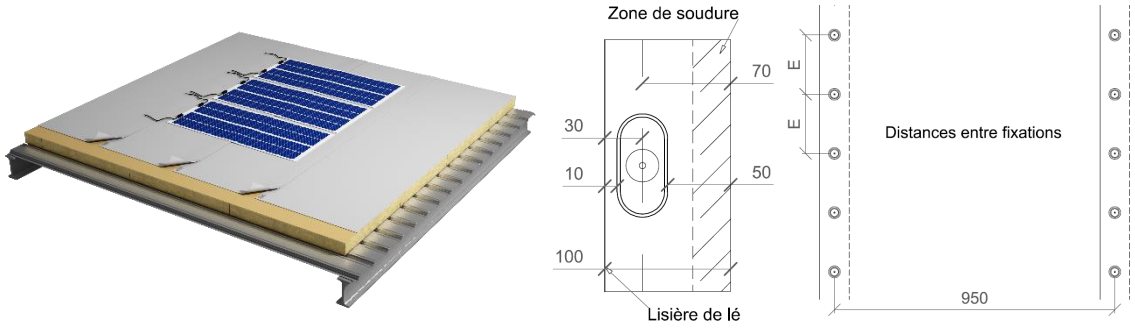


Tableau 3 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX TPO (SRB)

Tableau 3.1- Versants plans et courbes - Tôles d'acier nervurées, bois et à base de bois - Travaux de neufs - Bâtiments fermés												
Hauteur (m)	Localisation		Cp	**Zone 1**		**Zone 2**		**Zone 3**		**Zone 4**	
	Repère Cf Figure 8	Type E Cf Figure 9		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1,1	35	35	35	35	35	35	35	33
	2 & 4	Er	1,9	35	31	35	26	28	22	23	19
	3	Ea	2,7	29	21	24		19			
15	2	Epc	1,1	35	35	35	35	35	35	35	30
	3 & 4	Er	1,9	35	28	31	24	25	20	21	
	4	Ea	2,7	26	19	22					
20	3	Epc	1,1	35	35	35	35	35	32	34	28
	4 & 4	Er	1,9	35	26	29	22	23		19	
	5	Ea	2,7	24		20					
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 8	Type E Cf Figure 9		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	1,6	35	35	35	32	33	26	27	23
	2 & 4	Er	2	35	29	33	25	26	21	22	
	3	Ea	3	26	19	22					
15	2	Epc	1,6	35	33	35	29	30	24	25	21
	3 & 4	Er	2	35	26	30	23	24		20	
	4	Ea	3	24		20					
20	3	Epc	1,6	35	31	35	26	28	22	23	19
	4 & 4	Er	2	33	24	28	21	22			
	5	Ea	3	22							
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 8	Type E Cf Figure 9		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
10	1	Epc	0,8	35	35	35	35	35	35	35	35
	2 & 4	Er	1,6	35	35	35	32	33	26	27	23
	3	Ea	2,4	33	24	27	21	22			
15	2	Epc	0,8	35	35	35	35	35	35	35	35
	3 & 4	Er	1,6	35	33	35	29	30	24	25	21
	4	Ea	2,4	30	22	25		20			
20	3	Epc	0,8	35	35	35	35	35	35	35	35
	4 & 4	Er	1,6	35	31	35	26	28	22	23	19
	5	Ea	2,4	28	20	23					
Espacements des fixations en centimètres.						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 4
Tableau 2 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX TPO (SRA) 24
Tableau 3 : Espacements entre fixations mécaniques SOPRASOLAR FLEX TPO (SRB) 25
Tableau 4 : Classe de corrosivité en fonction de la distance à une étendue d'eau salée conformément à la norme IEC 61701 d'Août 2020 27
Tableau 5 : Composition des revêtements en travaux neufs et de réfection - France européenne 27
Tableau 6 : Guide de choix et de mise en œuvre du pare-vapeur 28
Tableau 7 : Compositions et caractéristiques spécifiées de la membrane FLAGON EP/PR SC du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO 28
Tableau 8 : Nomenclature des contrôles qualité par SOPRASOLAR 29

Tableau 4 : 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 5 : Composition des revêtements en travaux neufs et de réfection - France européenne

ÉLÉMENT PORTEUR	**SUPPORT DIRECT**	**Complexes**
Bois et Panneaux à base de bois		Écran de Régularisation ou de séparation (SOPRAVOILE 100 ou FLAG GEOTEXTILE PET 300) Membrane FLAGON EP/PR SC
Tôles d'acier nervurée Bois et panneaux à base de bois CLT	Isolants thermiques : PUR – PIR parementé sans bitume Laine minérale nue ou parementée sans bitume	Membrane FLAGON EP/PR SC
	Isolants thermiques : Perlite fibrée (1) PSE Laine minérale parementée bitume	Écran de séparation (SOPRAVOILE 100 ou FLAG GEOTEXTILE PET 300) Membrane FLAGON EP/PR SC
	Ancien isolant de classe C conservé (2) ou sans isolant et revêtements d'étanchéité Asphalte sans protection Revêtement bitumineux Membrane synthétique (3)	Écran de séparation FLAG GEOTEXTILE PET 300 Membrane FLAGON EP/PR SC
	Ancien isolant **non conforme** (2) conservés revêtements d'étanchéité et Asphalte sans protection Revêtement bitumineux Membrane synthétique (3)	Isolant de classe C (2) Membrane FLAGON EP/PR SC
(1) Sur l'isolant perlite fibrée : dans le cas de panneaux de perlite, un dispositif anti-poussière doit être prévu, soit sous forme d'un écran de séparation (FLAG GEOTEXTILE PET 300 ou SOPRAVOILE 100), lors de la mise en œuvre permettant d'éviter un contact direct entre les zones de membrane à souder et le panneau isolant, soit par nettoyage préalable avant de procéder à la soudure des recouvrements entre lés. (2) Conditions de conservation des isolants et exigences pour les nouveaux isolants au chapitre 5.1.6 (les panneaux PSE sont admis avec une compressibilité de classe C à 60°C et B à 80°C). (3) Sauf dans le cas d'une ancienne membrane synthétique autre que PVC/TPO sur isolant avec pare-vapeur polyéthylène (cf. tableau 1 de la norme NF P 84-208, DTU 43.5).		

Tableau 6 : Guide de choix et de mise en œuvre du pare-vapeur

Élément porteur	Hygrométrie des locaux	Pare-vapeur (1)
Tôles d'acier nervurées à plages pleines	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	Se reporter au NF DTU 43.3 et son amendement NF DTU 43.3 P1-1/A1 ou SOPRAVAP STICK ALU S 16, appliqué directement sur les TAN, à recouvrement de 8 cm.
	Locaux à forte hygrométrie	
Tôles d'acier nervurées à plages perforées ou crevées	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	Se reporter au NF DTU 43.3 et son amendement NF DTU 43.3 P1-1/A1 ou SOPRAVAP STICK ALU S 16, appliqué directement sur les TAN, à recouvrement de 8 cm.
Bois, CLT et panneaux à base de bois (2)	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	ELASTOVAP cloué, joints soudés (3) ou ELASTOVAP (ou ELASTOPHENE 25) soudé sur panneaux uniquement, après pontage des joints

(1) Les pare-vapeur sans EAC sont jointoyés soudés sur 6 cm au moins.
(2) Pontage des joints si besoin selon les normes – DTU ou Avis techniques et Documents Techniques d'Application.
(3) Le pare-vapeur est cloué conformément au NF DTU 43.4. Toutefois sur des pentes < 5 %, ce clouage n'est pas nécessaire si l'isolant et le revêtement sont posés à l'avancement.

Tableau 7 : Compositions et caractéristiques spécifiées de la membrane FLAGON EP/PR SC du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO

	FLAGON EP/PR SC	
Composition		
Armature	Grille polyester 71 g/m²	
Largeur	1,05 m	
Longueur	20,00 m	
Epaisseur (EN 1849-2)	1,8 mm (±-0/+5%)	2,0 mm (±-0/+5%)
Poids	35,30 kg / rouleau	53,40 kg / rouleau
Coloris	Gris sable RAL 9002 (FGF) // Noir Gris basalte RAL 7012 // Noir Blanc (FBI) RAL 9016 // Noir BLANC : (ENERGY PLUS) RAL 9016 // RAL 9016	
Conditionnement	Rouleau de 20 m x 1,05 m = 21,00 m² / rouleau	
Masse surfacique (EN 1849-2)	2,28 kg/m²(±-5/ +10%)	
Rectitude (EN 1848-2)	± 10 mm	
Planéité (EN 1848-2)	< 10 mm	
Caractéristiques		
Se référer au DTA FLAGON EP/PR SC n° 5.2/17-2557_V2.		

Tableau 8 : 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 FLAGON EP/PR SC. Le seuil de performance minimum est de 40 N/5cm.
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 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO avec modules de technologie Si cristallin en pose parallèle aux fixations de l'étanchéité 31
Figure 2 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO avec modules de technologie CIGS en pose perpendiculaires aux fixations de l'étanchéité 31
Figure 3 : Implantation des modules photovoltaïques 32
Figure 4 : Distances entre modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO 33
Figure 5: Étapes de mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO 36
Figure 6 : Attelage de fixation de référence 37
Figure 7 : Aperçu de la bande de recouvrement de la membrane FLAGON EP/PR SC 37
Figure 8 : Localisation des zones en toiture pour définition de la densité de fixations l'étanchéité 38
Figure 9 : Schéma de principe des fixations de l'étanchéité (les valeurs E sont indiquées dans les tableaux de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes) 39
Figure 10 : Support de chemin de câble métallique 39
Figure 11 : Supports de chemin de câbles type "bigfoot" 40
Figure 12 : Schéma détail passage de câble à travers la toiture 40
Figure 13 : Méthode de mise en œuvre d'une crosse de passage de câbles 41
Figure 14 : Schéma de câblage des modules photovoltaïques 41

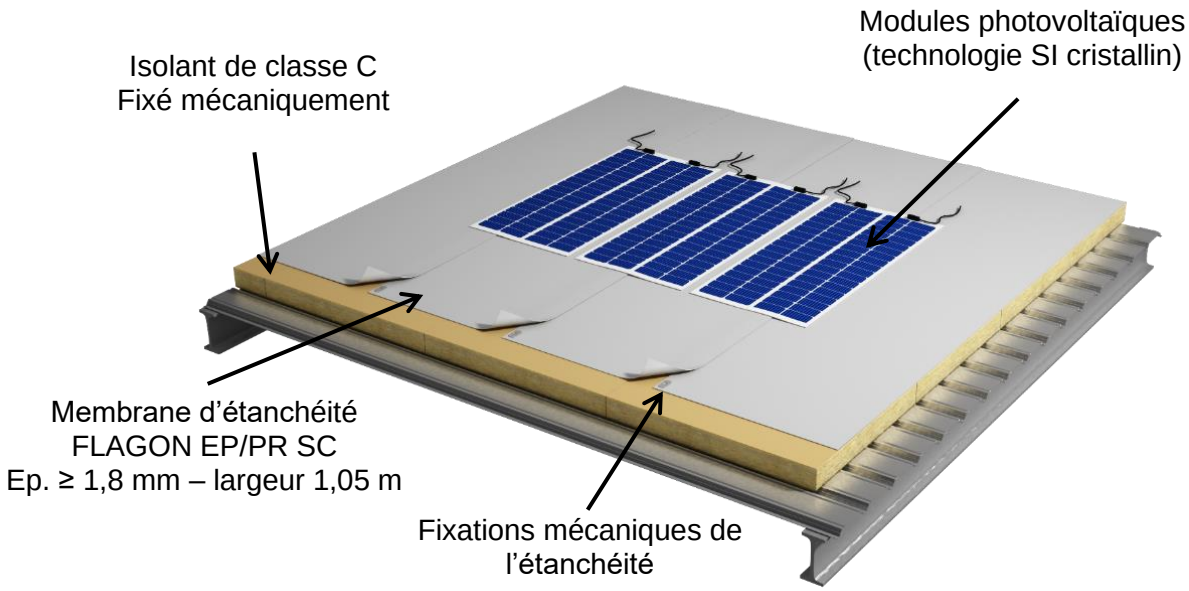


Figure 1 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO avec modules de technologie Si cristallin en pose parallèle aux fixations de l'étanchéité

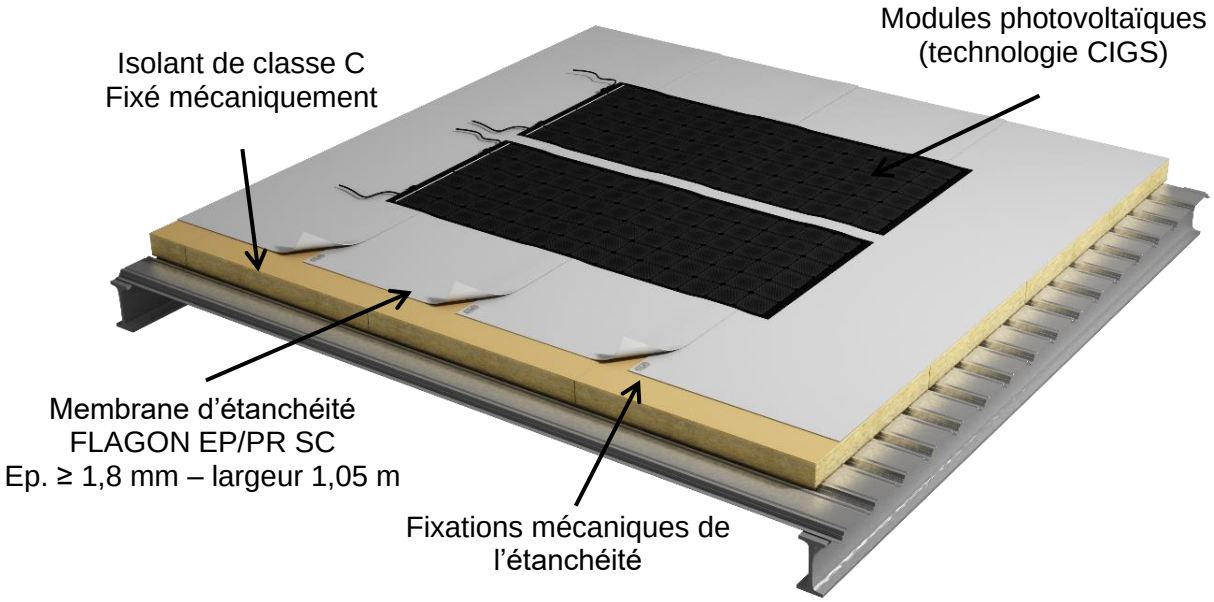


Figure 2 : Aperçu du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO avec modules de technologie CIGS en pose perpendiculaires aux fixations de l'étanchéité

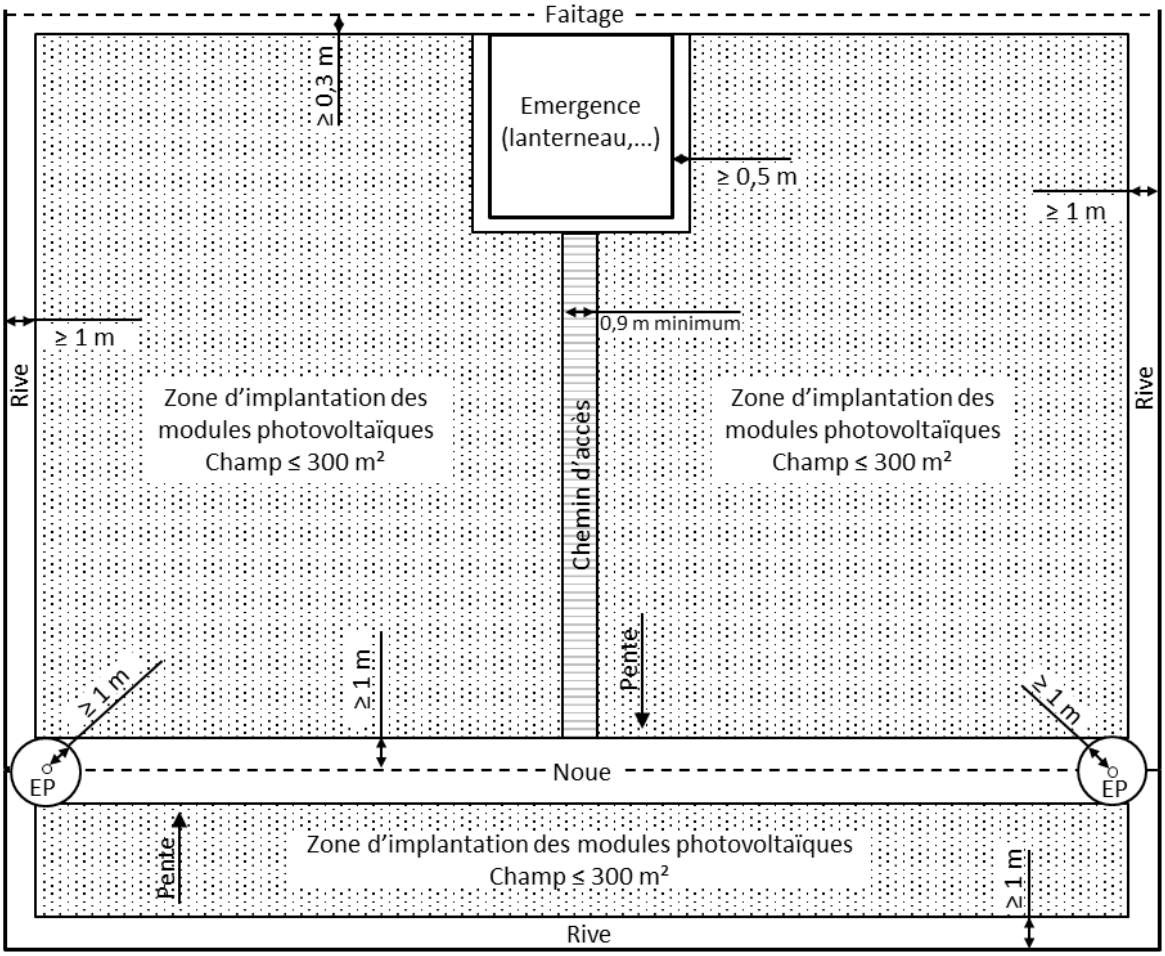


Figure 3 : Implantation des modules photovoltaïques

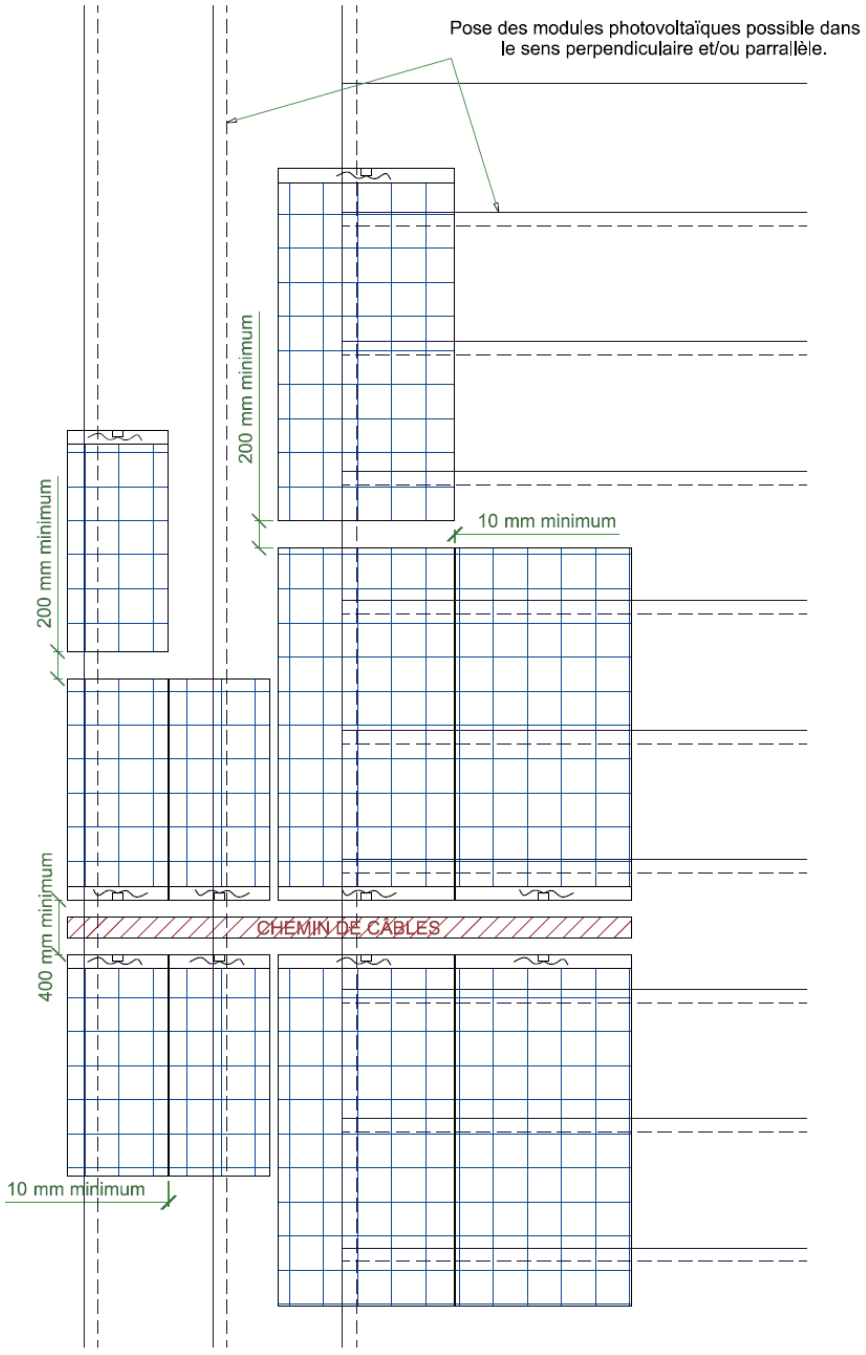
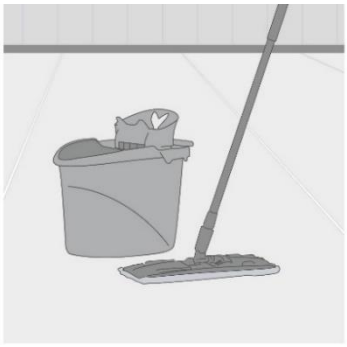
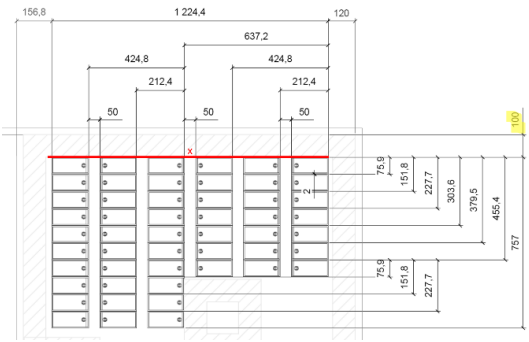


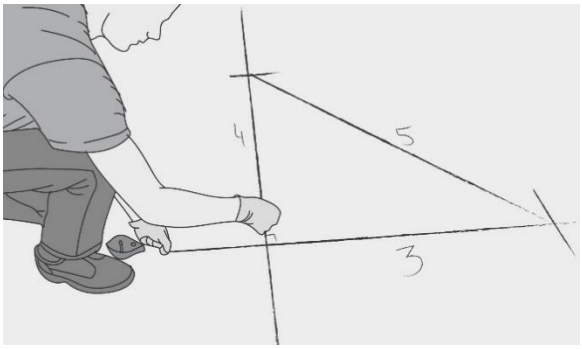
Figure 4 : Distances entre modules photovoltaïques du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO



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

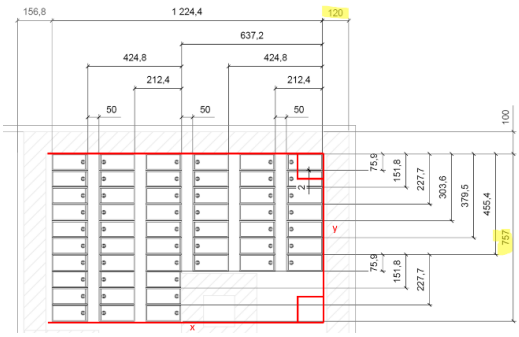
2. Nettoyer la membrane d'étanchéité FLAGON EP/PR SC à l'eau avec du produit de nettoyage à pH neutre puis rincer à l'eau claire et sécher (vérification au papier absorbant).

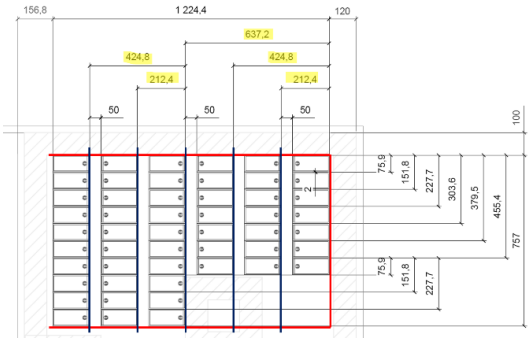




3. Tracer au cordex un premier axe nommé "x", parallèle au sens des modules photovoltaïques et positionné à l'aide de la cote de départ du plan d'exécution.

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).



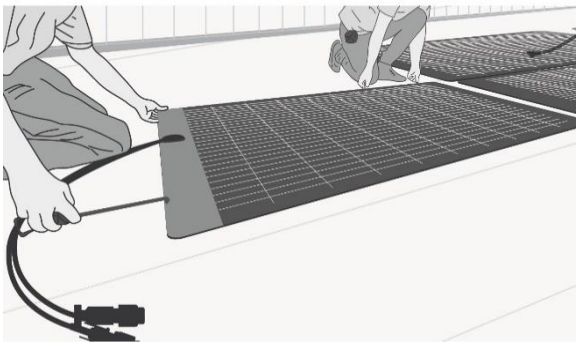
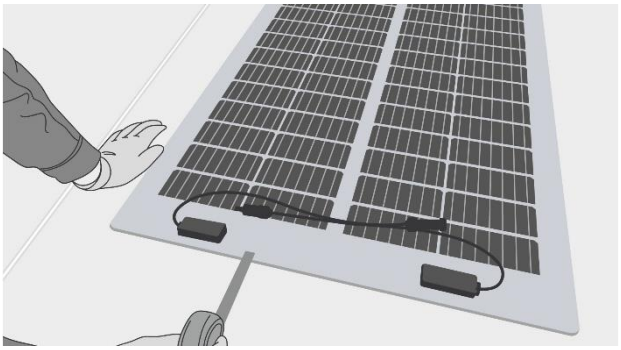
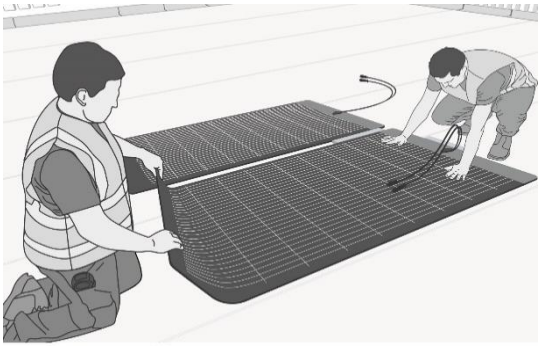
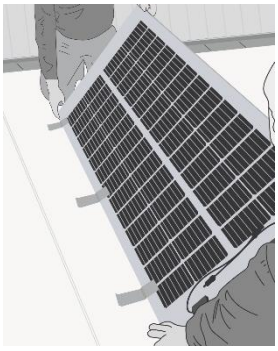
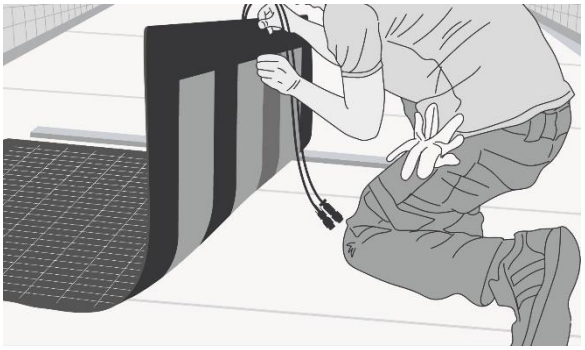
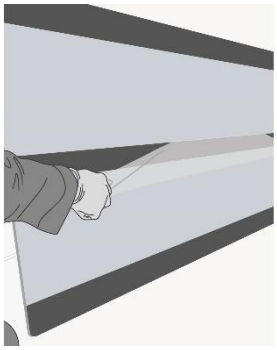


4. Tracer au cordex un axe nommé "y" perpendiculaire à "x" (voir méthode d'équerrage) positionné à l'aide de la cote de départ du plan d'exécution. Puis tracer au cordex un second axe "x" perpendiculaire à "y" (voir méthode d'équerrage) à l'aide des dimensions du champ solaire données sur le plan d'exécution.

5. 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
	
6. Implanter le module conformément au plan d'execution SOPRASOLAR. Des cales peuvent être utilisées pour s'assurer du bon entraxe entre deux modules photovoltaïques.	6. 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. Maintenir le module d'un coté et le relever sur le côté opposé	7. Scotcher le module ponctuellement sur un des longs-cotés puis le mettre sur la tranche
	
8. Sur le côté opposé à celui maintenu, relever le module photovoltaïque, retirer le film des bandes de butyle et coller.	8. Retirer le film des bandes de butyle

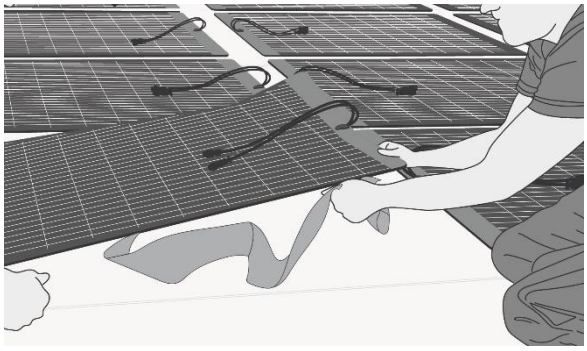
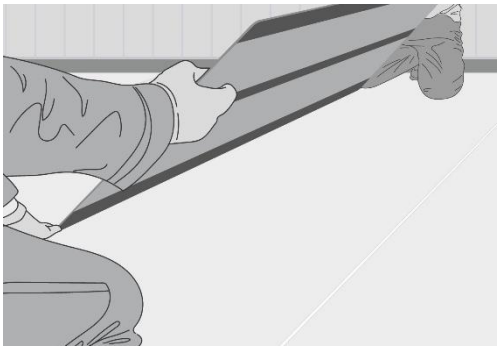
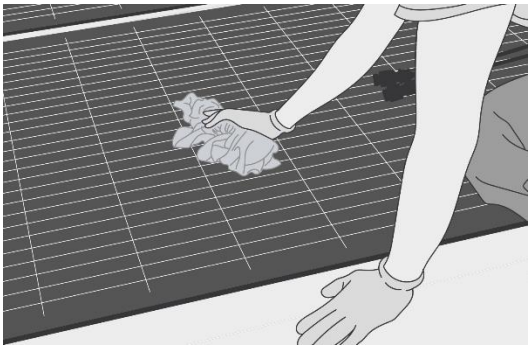
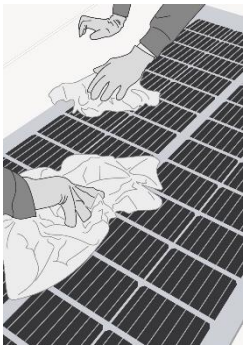
Pour modules souples	Pour modules semi-rigides
	
9. Retirer le film du butyle du côté opposé et coller le module entièrement.	9. Coller le module en s'aidant du guidage du scotch
	
10. Assurer le collage au droit des bandes butyle avec un chiffon doux et propre	10. Assurer le collage au droit des bandes butyle avec un chiffon doux et propre

Figure 5: Étapes de mise en œuvre du procédé SOPRASOLAR FLEX TPO

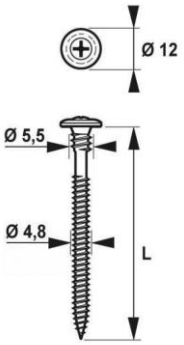
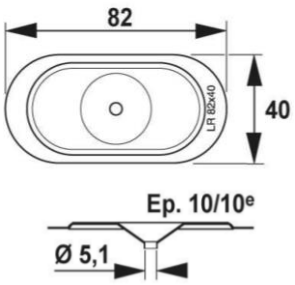
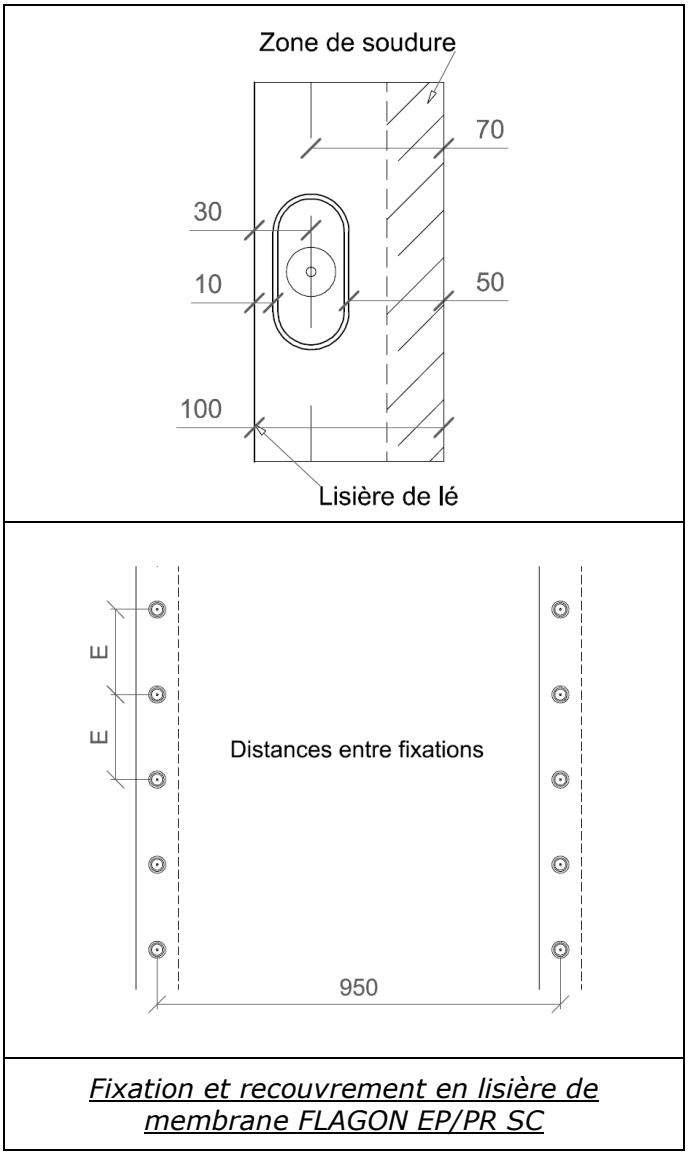
Élément porteur	Élément de liaison avec l'élément porteur		Plaquette de répartition	
Tôle d'acier nervurée à plage pleine	Vis EVDF 2C de Ø 4,8 mm de LR ETANCO Pk_{ft} = 1 520 N selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier nervurée pleine de 0,75 mm d'épaisseur		Plaquette acier galvanisé Ovale 82 x 40 mm Épaisseur 1,0 mm	

Figure 6 : Attelage de fixation de référence



Fixation et recouvrement en lisière de membrane FLAGON EP/PR SC

Figure 7 : Aperçu de la bande de recouvrement de la membrane FLAGON EP/PR SC

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

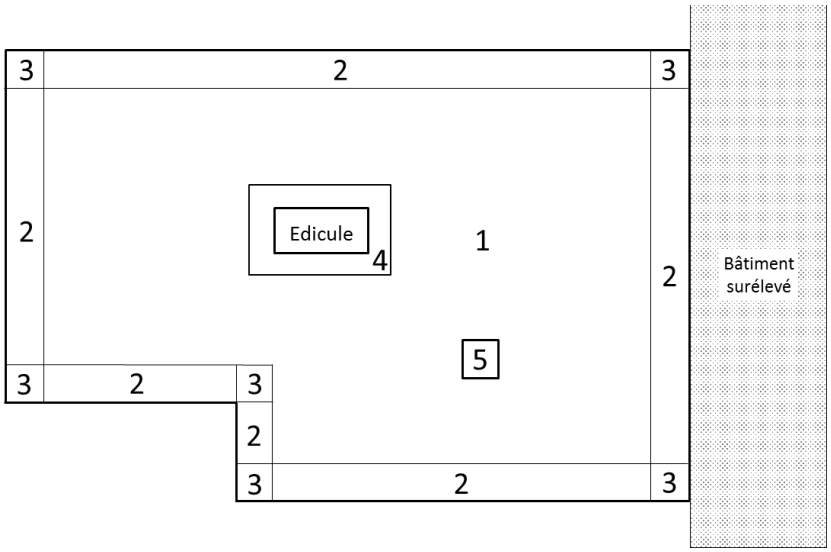


Figure 8 : Localisation des zones en toiture pour définition de la densité de fixations l'étanchéité

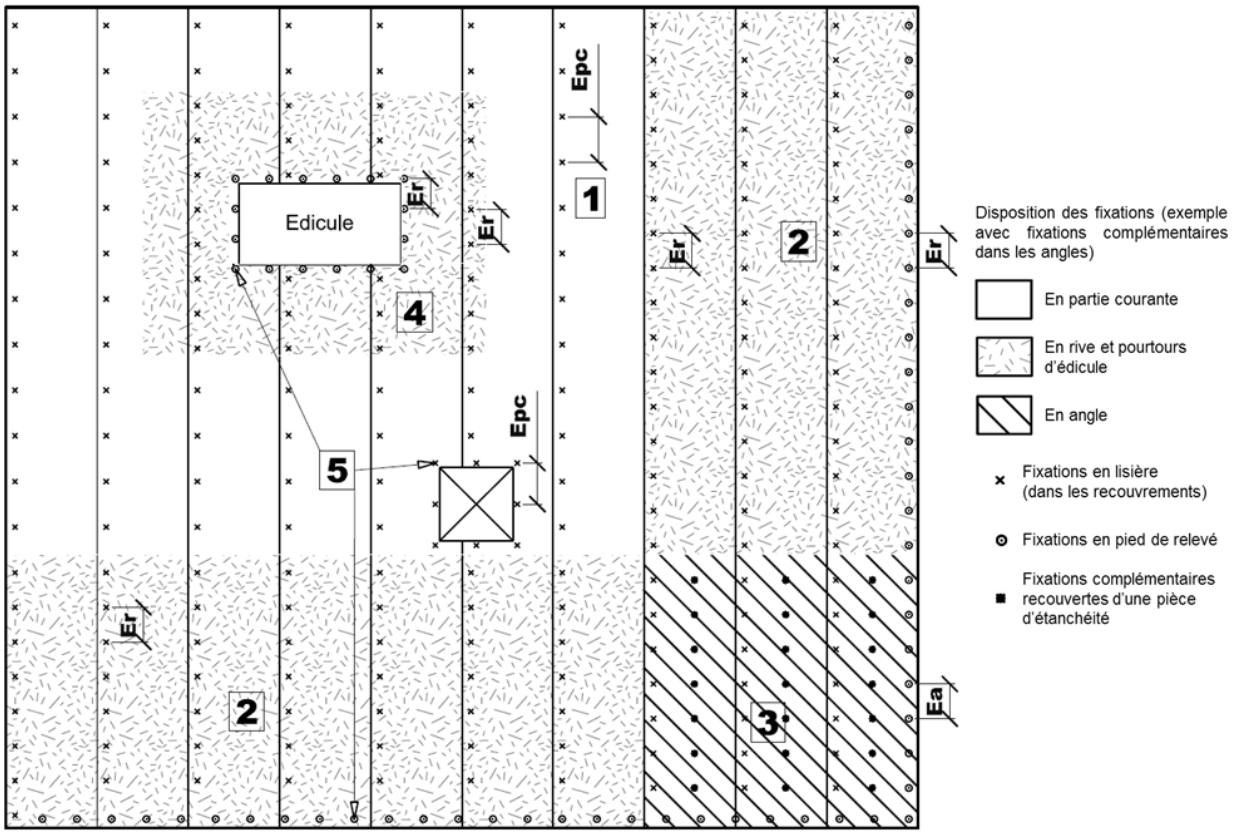


Figure 9 : Schéma de principe des fixations de l'étanchéité (les valeurs E sont indiquées dans les tableaux de l'Annexe B : Espacements des fixations des systèmes de référence)

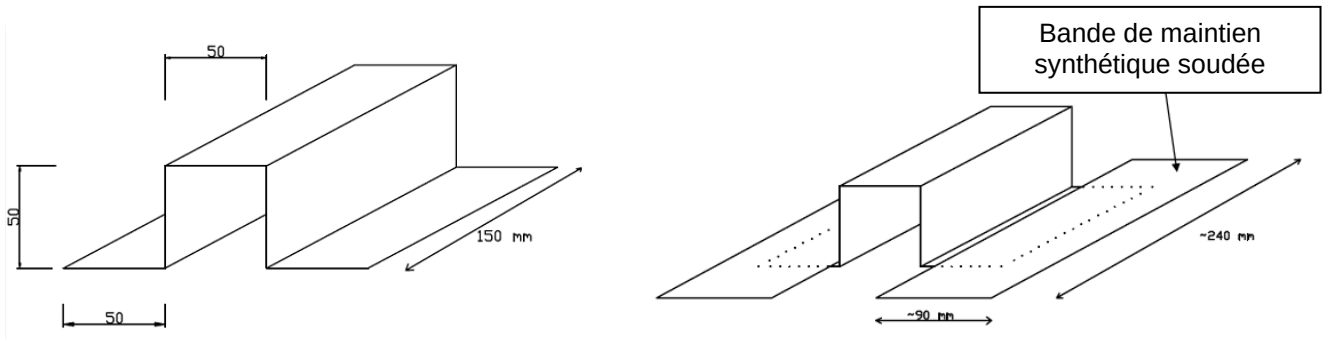


Figure 10 : Support de chemin de câble métallique

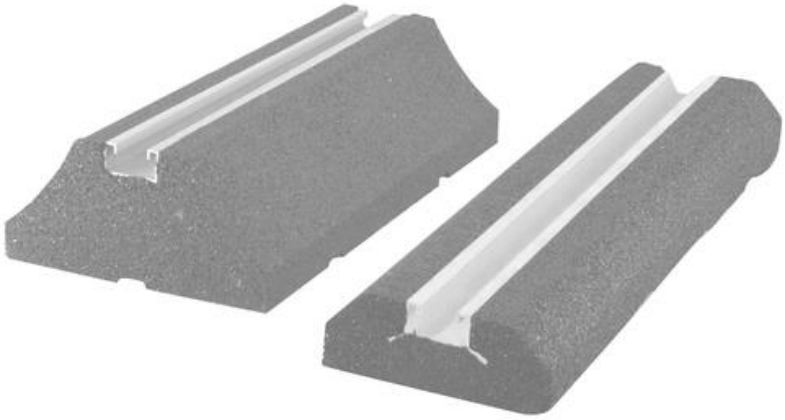


Figure 11 : Supports de chemin de câbles type "bigfoot"

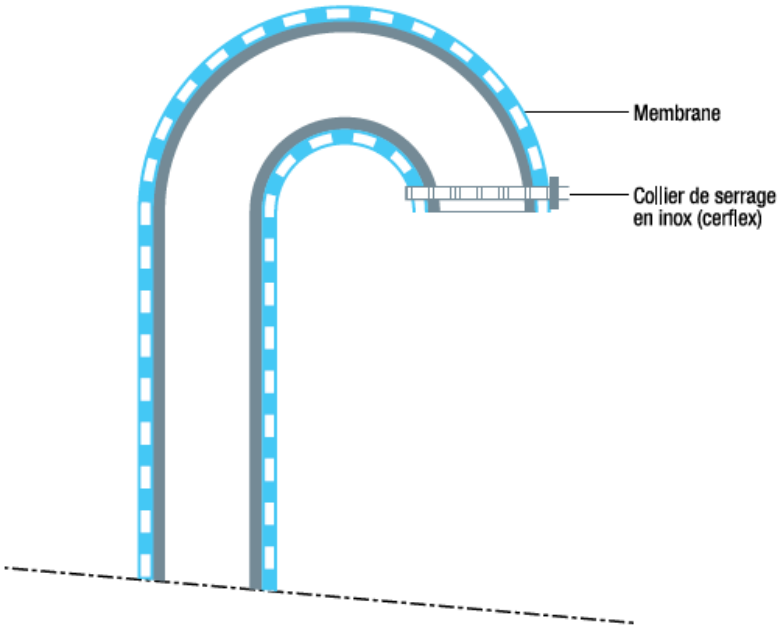


Figure 12 : Schéma détail passage de câble à travers la toiture

Couper une bande de membrane souple non armée de **FLAGON®** (**FLAGON® EP/S** en **TPO** ou **FLAGON® CSL** en **PVC**) avec un excédent de 3 cm pour la soudure verticale, comme indiqué sur la photo.

La hauteur de la bande doit être identique à la hauteur du corps cylindrique, avec un excédent de 3 cm pour la soudure sur la partie courante. Réaliser le pontage, la pré-soudure et la soudure de la ligne de superposition verticale.

Ôter le cylindre ainsi obtenu et étirer manuellement l'excédent pour la soudure sur la partie courante.

Réintroduire le cylindre et souder à la surface horizontale.

Note : Nettoyer les surfaces à souder en utilisant toujours un chiffon imbibé de **FLAGON® TPO CLEANER** ou **FLAGON® PVC CLEANER**.

Figure 13 : Méthode de mise en œuvre d'une crosse de passage de câbles

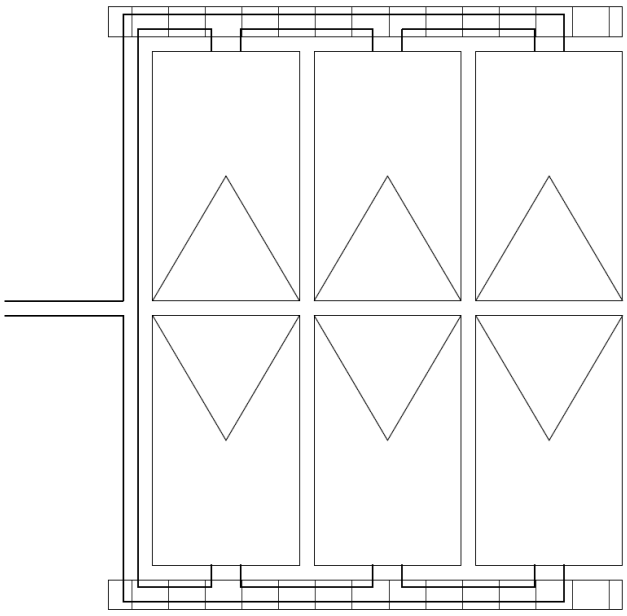


Figure 14 : Schéma de câblage des modules photovoltaïques

Fin du rapport

Le présent document comporte 47 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

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 G01/3308_V1

***Associée à* l'ATEx de cas a n°3308_V1**

***Procédé* : SOPRASOLAR FLEX TPO**

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° 3308_V1**. S'il existe une grille de vérification plus récente portant un n° du type **Gn/3308_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

G01/3308_V1

SOPRASOLAR FLEX TPO

Fabricant	Gamme de modules	Technologie	Rigidité du module photovoltaïque	Plages de puissances	Groupe de module de l'ATEx 3308_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.

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

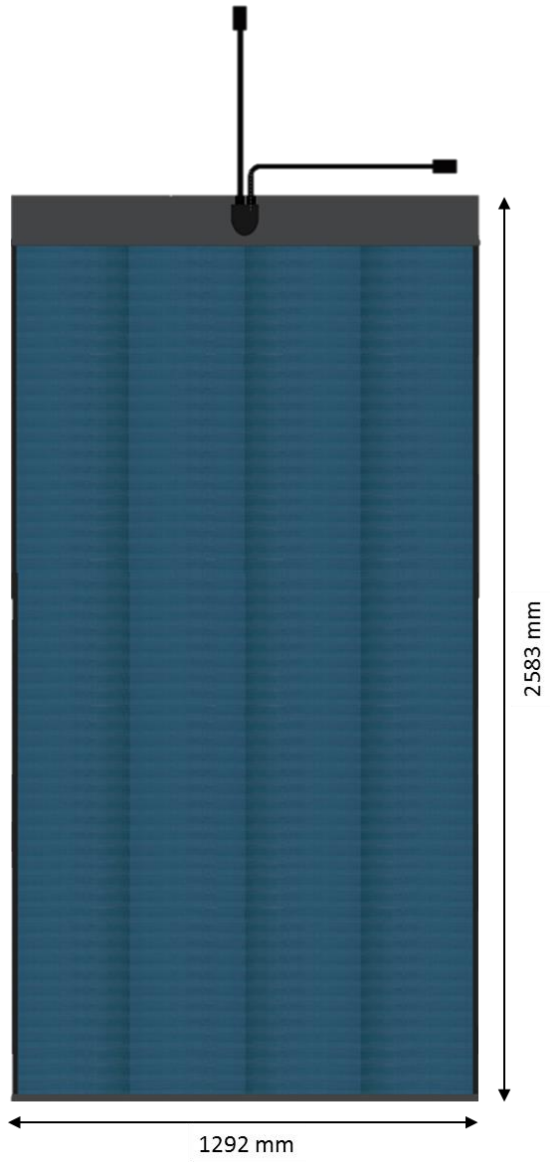


Schéma face avant

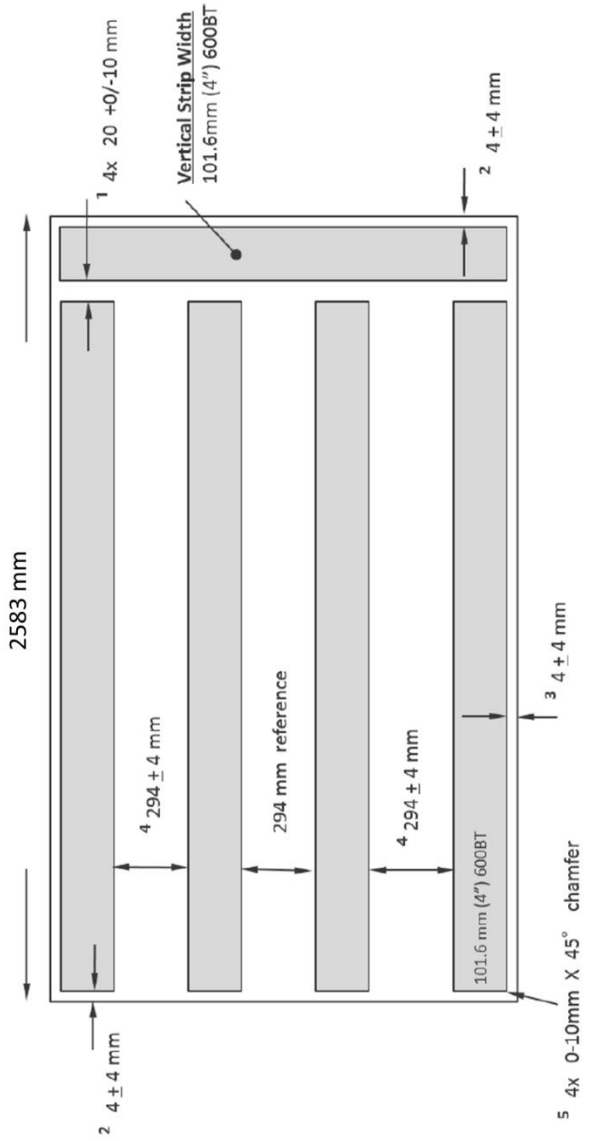


Schéma face arrière

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

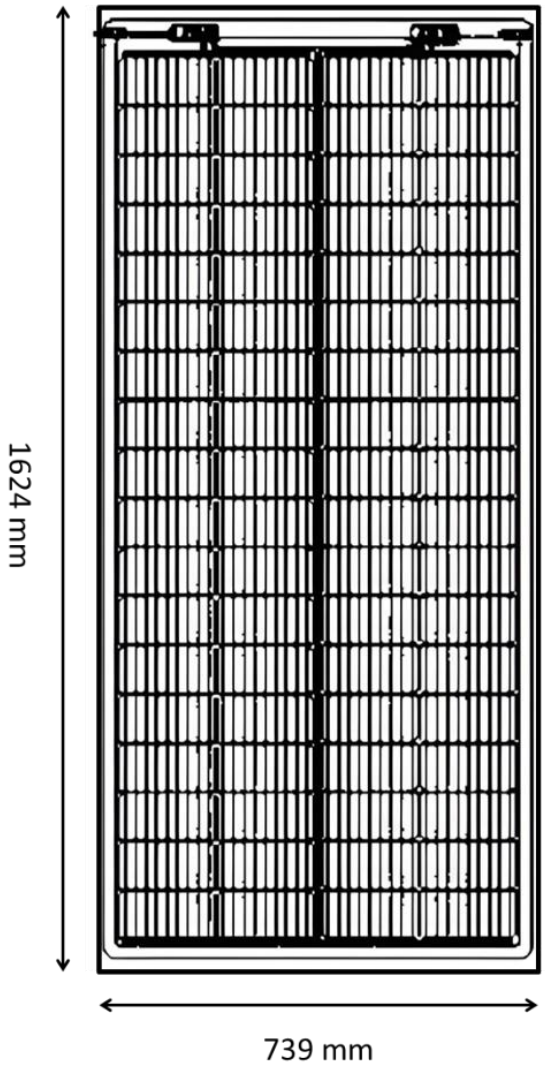


Schéma face avant

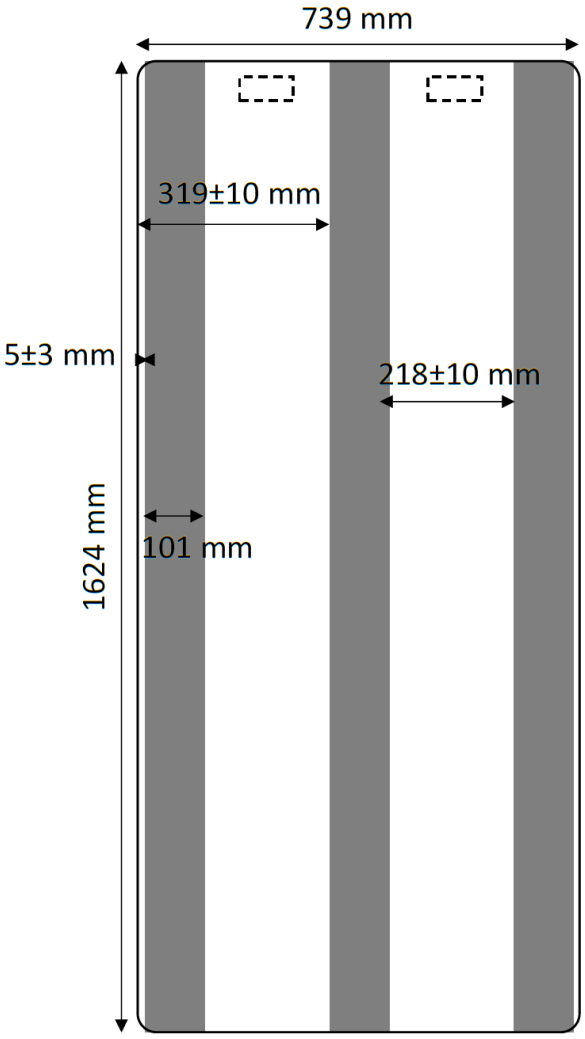


Schéma face arrière

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

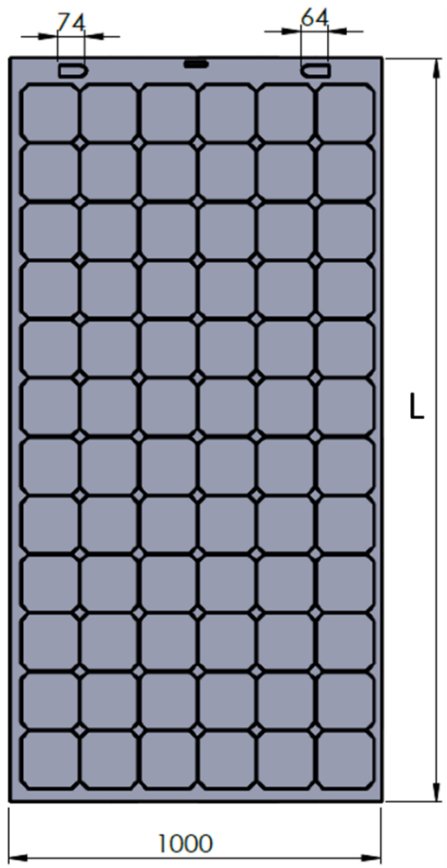


Schéma face avant

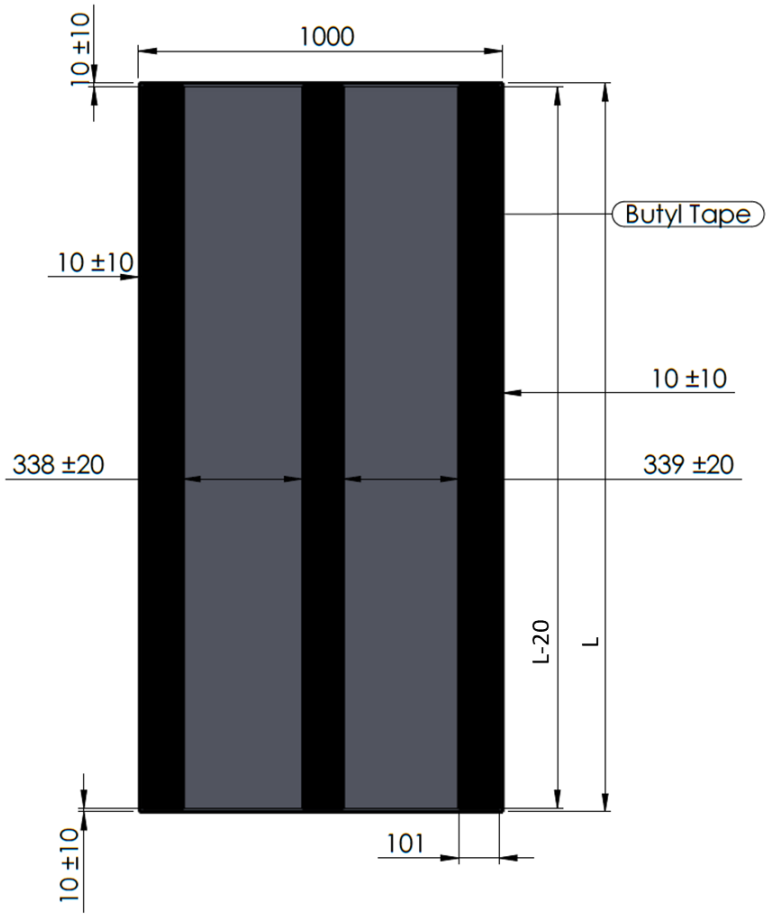


Schéma face arrière

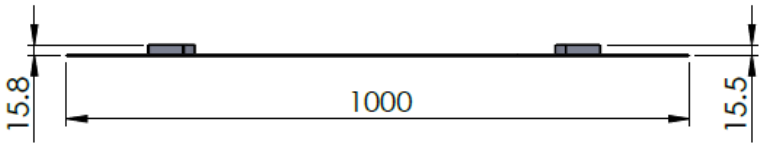


Schéma vue latérale

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

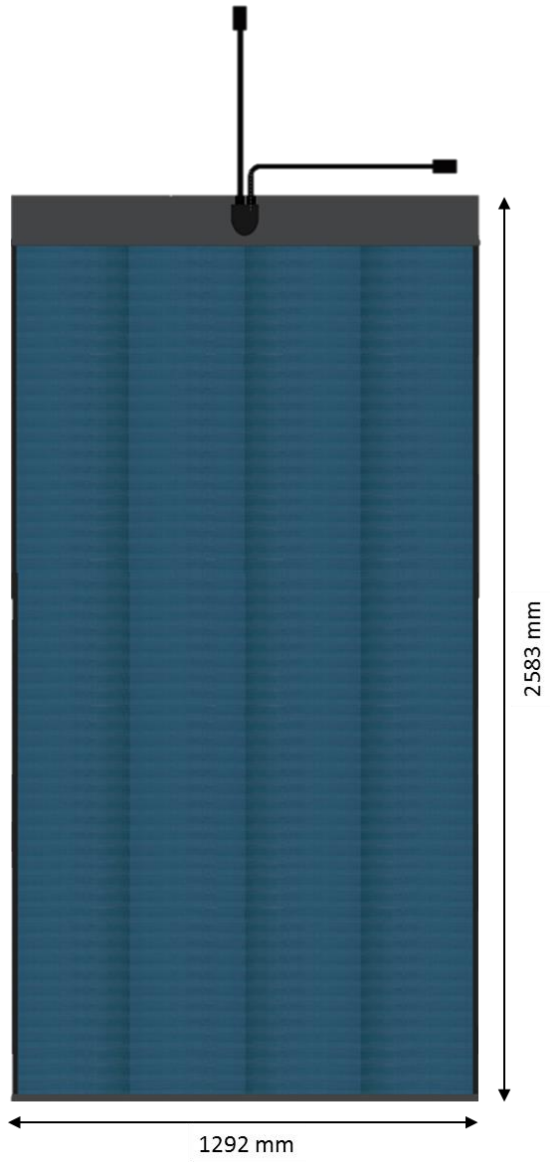


Schéma face avant

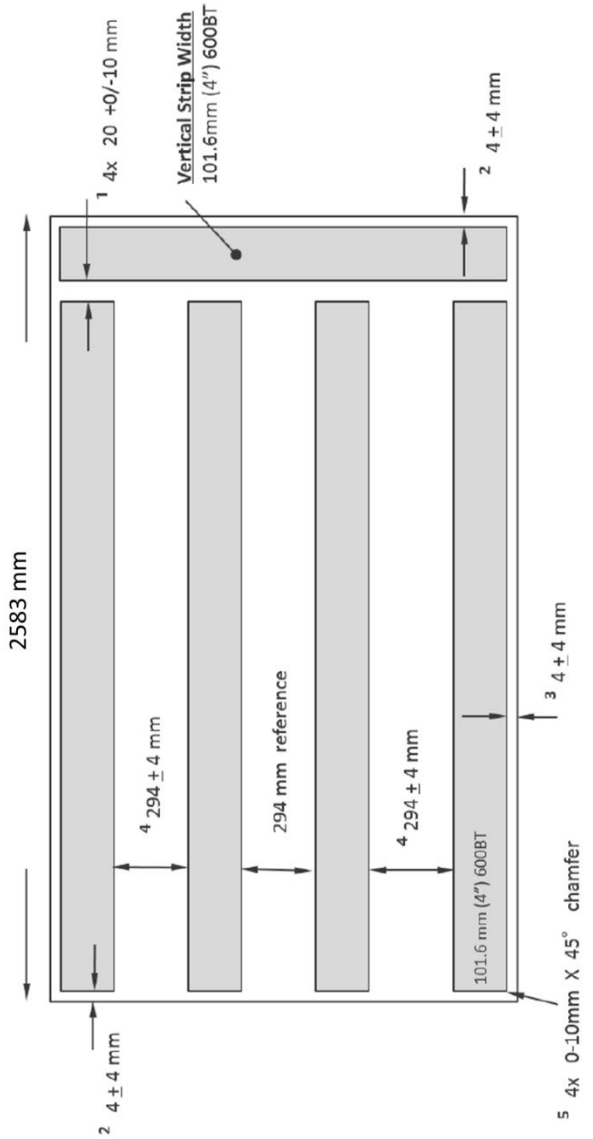


Schéma face arrière

Schéma vue latérale

Tableau 12 : Schémas du module MIDSUMMER BOLD S-xxx