

Avis Technique 21/09-06

Procédé photovoltaïque
Photovoltaic system
Photovoltaiksysteme

Revêtement d'étanchéité photovoltaïque mis en œuvre en toiture

Soprasolar

Titulaire : Société Solardis
7 rue du Fossé Blanc
FR 92233 GENNEVILLIERS
Tél. : 01 47 30 16 61
Fax : 01 47 39 90 97
E-mail : contact@soprasolar.com
Site internet : www.soprasolar.com

Usines : Soprema
Usine de Strasbourg (67)
United Solar Ovonic
Usine de Auburn Hills (USA)

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 21
Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 27 août 2009

Le Groupe Spécialisé n° 21 « Procédés photovoltaïques » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 9 juillet 2009 le revêtement d'étanchéité photovoltaïque mis en œuvre en toiture « Soprasolar » présenté par la société SOLARDIS. Il a été formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Le procédé Soprasolar est un système complet d'étanchéité bitumineuse avec films photovoltaïques autocollés en surface sur chantier, destinés à générer de l'électricité lorsqu'ils sont exposés au soleil.

Le procédé est constitué :

- d'une étanchéité bicouche bitume élastomère :
 - la première couche en bitume élastomère SBS est une feuille Soprasolar Base soudée en plein au chalumeau,
 - la deuxième couche en bitume élastomérique SEBS, Soprasolar Cap est soudée en plein sur la première couche.
- d'un primaire Soprasolar Prim,
- de modules photovoltaïques présentés en films Soprasolar Cell collés sur chantier par autoadhésivité.

Les éléments porteurs sont en béton, béton cellulaire autoclavé, bois, panneaux dérivés du bois et tôles d'acier nervurées. Les panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité sont de classe C minimum.

1.2 Identification des produits

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

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

2. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

Le procédé Soprasolar s'applique sur toiture-terrasse inaccessible plane ou cintrée, dont le rayon de courbure est défini par le Document Technique d'Application de l'isolant.

La pente est $\geq 2\%$ sur maçonnerie et béton cellulaire, $\geq 3\%$ sur tôles d'acier nervurées et bois et panneaux dérivés du bois, et $\leq 100\%$; la pente minimale ayant pour but d'éviter les flaches d'eau préjudiciables aux films photovoltaïques.

Le procédé est utilisé en France européenne, en climat de plaine (altitude inférieure à 900 m), en travaux neufs et de réfection et son utilisation est limitée à une dépression au vent maximale de 4 712 Pa.

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 Conformité normative des films photovoltaïques

Les films photovoltaïques PVL-68, PVL-136 et PVL-144 sont conformes aux normes NF EN 61646 et NF EN 61730.

Le procédé Soprasolar est conforme à la norme NF EN 61646.

2.22 Aptitude à l'emploi

2.221 Fonction Génie Electrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

Le respect des prescriptions relatives au dimensionnement et à la pose, définies dans la norme NF C 15-100, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température de -40°C à 120°C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne résistance des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

Les films photovoltaïques sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique, conformément à la norme NF EN 61730, jusqu'à une tension maximale de 1000 V DC.

Les connecteurs utilisés entre les films photovoltaïques ont un indice de protection électrique IP67 et sont des connecteurs débouchables permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

Le phénomène de « point chaud » pouvant conduire à une détérioration du film photovoltaïque est évité grâce à l'implantation de deux diodes bypass entre chaque cellule ; les films photovoltaïques PVL-136 et PVL-144 étant constitués de 22 cellules et le film PVL-68 de 11 cellules.

Puissance crête des modules utilisés

Les puissances crêtes des films photovoltaïques sont les suivantes :

- 68 Wc pour le Soprasolar Cell avec PVL-68,
- 136 Wc pour le Soprasolar Cell avec PVL-136,
- 144 Wc pour le Soprasolar Cell avec PVL-144.

2.222 Fonction étanchéité de toiture

Sécurité au feu

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

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

Le système « Soprasolar Base + Soprasolar Cap + film photovoltaïque PVL 136 » sur isolant en laine de roche de masse volumique $\geq 135\text{ kg/m}^3$ et d'épaisseur maximale 140 mm, est classé B_{roof} (t3) pour une pente comprise entre 0° et 10° (dans les conditions du Procès-verbal de classement n°RS08-052 du CSTB en date du 6 juin 2008).

Les autres cas du système ne sont pas classés.

Vis-à-vis du feu intérieur

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

Sécurité des intervenants

Elle peut être normalement assurée.

Isolation thermique

Le procédé permet de satisfaire à la réglementation concernant la construction neuve ou existante. Il permet d'utiliser les isolants supports admis dans le Dossier Technique sans limitation de la résistance thermique utile validée dans leurs Documents Techniques d'Application respectifs.

Sur l'élément porteur TAN, le coefficient ponctuel du pont thermique intégré des fixations mécaniques « χ_{fixation} » des panneaux isolants, doit être pris en compte dans les calculs thermiques conformément aux dispositions prévues dans le fascicule 4/5 des Règles Th-U.

2.23 Durabilité – Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, les essais de type, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication ainsi que le retour d'expérience permettent de préjuger favorablement de la durabilité du système d'étanchéité bitumineuse avec films photovoltaïques.

L'entretien de la toiture, dans les zones avec ou sans films photovoltaïques, doit être réalisé conformément au paragraphe 2.3 du Dossier Technique.

2.24 Fabrication et contrôles

Les feuilles bitumineuses sont fabriquées par la société Soprema, dans son site de production situé à Strasbourg, et dont le système de management de la qualité est certifié conformément à la norme ISO 9001.

Le site de production des films photovoltaïques de la société United Solar Ovonic est situé à Auburn Hills aux États-Unis

Les contrôles systématiques effectués en usines permettent de préjuger favorablement de la constance de qualité de la fabrication des feuilles bitumineuses et des films photovoltaïques.

L'association de la feuille et des films étant réalisée sur chantier, la qualité du collage peut être appréciée favorablement, dans la mesure où les poseurs sont formés par Solardis.

2.25 Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé Soprasolar, effectuée par des entreprises formées aux spécificités du procédé et ayant les compétences requises en génie électrique et en étanchéité de toitures, conformément au Dossier Technique, permet d'assurer une bonne réalisation des installations.

Les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre des systèmes d'étanchéité de toiture, hormis le collage des films photovoltaïques qui nécessite un soin tout particulier et doit être effectué en respectant scrupuleusement les dispositions du Dossier Technique.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

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

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

Il est interdit de marcher sur les films photovoltaïques.

Le procédé Soprasolar s'applique sur toiture-terrasse inaccessible de pente minimale de 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire et de 3% sur tôles d'acier nervurées et sur bois et panneaux dérivés du bois.

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Supports en bois massifs ou en panneaux dérivés du bois

La mise en œuvre du procédé sur un support en bois (bois massif, panneaux de contreplaqué, panneaux de particules) est possible, si le support est constitué d'un matériau conforme à la norme NF DTU 43.4 Partie 1-2.

Pour les autres cas, le Document Technique d'Application du support à base de bois doit indiquer les conditions de mise en œuvre du procédé d'étanchéité : mode(s) de liaisonnement du revêtement sur le support, choix des attelages de fixation mécanique des panneaux isolants, limite au vent extrême du système selon les Règles NV 65 modifiées.

2.322 Attelages de fixations mécaniques de panneaux isolants

a) Les attelages de fixations mécaniques des panneaux isolants doivent être du type « solide au pas » ce qui empêche, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au-dessus de la plaquette lorsque la compression à 10 % de déformation de l'isolant support est inférieure à 100 kPa (norme NF EN 826).

Cette disposition est applicable en travaux neufs, comme en travaux de réfection.

À cet égard, dans le cas où il existerait une couche isolante existante, et à moins que la contrainte en déformation à 10 % de déformation de ce support isolant ne soit connue (norme NF EN 826), les attelages de fixation à employer doivent être également de type « solide au pas ».

b) L'usage de fixations mécaniques est exclu au-dessus de locaux à très forte hygrométrie ($\frac{W}{n} > 7,5 \text{ g/m}^3$).

2.323 Cas de la réfection

Il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF P 84-208 (réf. DTU 43.5) vis à vis des risques d'accumulation d'eau.

Dans le cas du revêtement Soprasolar type GS, les fixations de la sous-couche préalable ont une valeur d'ancrage minimale de 90 kg par référence au Cahier 3563 du CSTB : dans le cas d'éléments porteurs maçonnerie, béton cellulaire ou bois et panneaux dérivés du bois, le Pk réel est vérifié par campagne de mesures in situ menée également selon le cahier 3563 du CSTB et la valeur d'ancrage retenue est calculée selon ce même cahier.

2.324 Installation électrique

Les spécifications relatives à l'installation électrique décrite au Dossier Technique doivent être respectées.

Afin de protéger les biens et les personnes, l'installation photovoltaïque doit être réalisée conformément à la norme NF C 15-100.

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément au guide UTE C 15-712 et conformément au « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installation de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » édité par l'ADEME et le SER en décembre 2008.

2.325 Mise en œuvre

Les règles de mise en œuvre décrites dans le Dossier Technique doivent être respectées.

La mise en œuvre du procédé Soprasolar doit être assurée par des installateurs formés aux particularités et aux techniques de pose du procédé.

2.326 Entretien et réparation

Pour permettre l'entretien et la réparation, une demi-largeur de lé Soprasolar Cap doit être dépourvue de Soprasolar Cell, ceci avec un pas de quatre films photovoltaïques maximum.

Dans le cas de dispositions différentes, l'entretien est réalisé conformément au paragraphe 2.32 du Dossier Technique.

La réparation et le remplacement du procédé Soprasolar doivent être réalisés conformément au paragraphe 2.33 du Dossier Technique.

2.327 Assistance technique

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

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé Soprasolar dans le domaine d'emploi accepté, fait l'objet d'une appréciation favorable.

Validité

Jusqu'au 31 juillet 2012.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président
Alain Duigou

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Le procédé Soprasolar est un système complet d'étanchéité bitumineuse avec films photovoltaïques autocollés en surface sur chantier.

Le procédé est constitué :

- d'une étanchéité bicouche bitume élastomère :
 - la première couche est une feuille Soprasolar Base soudée en plein au chalumeau,
 - la deuxième couche, Soprasolar Cap est soudée en plein sur la première couche,
- d'un primaire Soprasolar Prim,
- de modules photovoltaïques, présentés en films, Soprasolar Cell (PVL-68, PVL-136, PVL-144) collés sur chantier par autoadhésivité. Ces films sont destinés à générer de l'électricité lorsqu'ils sont exposés au soleil.

Le procédé Soprasolar s'applique sur toiture-terrasse inaccessible de pente minimale de 2% sur maçonnerie et béton cellulaire et de 3% sur tôles d'acier nervurées et bois et panneaux dérivés du bois ; la pente minimale ayant pour but d'éviter les flaches d'eau préjudiciables aux films photovoltaïques.

2. Organisation de la mise en œuvre

2.1 Etanchéité avec films photovoltaïques

La mise en œuvre, décrite au chapitre 5, est assurée par les entreprises d'étanchéité qualifiées et obligatoirement formées chez Solardis qui s'appuie sur les compétences de Soprema par :

- des stages organisés au Centre de formation de Soprema à Strasbourg. Ces stages nominatifs sont formalisés par la délivrance d'une attestation de fin de stage et d'un certificat.
- l'intervention de démonstrateurs – formateurs sur chantier, ceci sur l'ensemble du processus de mise en œuvre.

Le plan de calepinage est établi par Solardis lors de l'étude du projet

2.2 Raccordement électrique

L'entreprise d'étanchéité confie à un installateur, titulaire de l'appellation QualiPV et agréé par Solardis, la fourniture et la pose des onduleurs et matériels pour le raccordement électrique des films photovoltaïques jusqu'en sortie d'onduleur. L'électricien est donc le sous-traitant de l'entreprise d'étanchéité. Les points relatifs à l'aspect électrique sont traités au chapitre 6.

Le raccordement de l'onduleur au réseau électrique Basse Tension est réalisé par EDF.

2.3 Entretien – Réparabilité

2.31 Instructions pour circuler

- Il est interdit de marcher sur les films photovoltaïques.
- Il est possible de circuler dans les zones en périphérie et en bout de films photovoltaïques où il n'y a pas de chemins de câbles (zone hachurée sur la *figure 6*).
- Il est possible de circuler dans les zones en bout de film côté chemins de câbles en prenant garde de ne pas marcher sur les câbles (zone en noire sur la *figure 6*).
- Il est possible aussi de marcher sur les galons de recouvrement longitudinal des membranes Soprasolar Cap d'une largeur de 15 cm environ.

2.32 Entretien

L'entretien des toitures est celui prescrit par les normes NF P 84 série 200 (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 films photovoltaïques et les connexions électriques, et maintenance éventuelle. Il convient notamment de retirer des films photovoltaïques, les éventuels objets pouvant les cacher, ainsi que de nettoyer toute salissure. Le contrat d'entretien peut être confié à l'entreprise qui a réalisé l'ouvrage Soprasolar ou à toute entreprise agréée par Solardis.

S'il est constaté, lors des visites semestrielles, que les films sont sales ou dans le cas où l'installation est placée à côté d'un élément susceptible de salir les films photovoltaïques de façon anormale, tel qu'un rejet excessif de poussière, il convient alors de s'assurer du nettoyage des films 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 : une raclette en éponge ou en caoutchouc avec un manche de longueur d'environ 2,5 mètres permettant d'atteindre le milieu du film, l'opérateur étant placé à une extrémité. S'assurer que l'extrémité de la raclette en contact avec la cellule soit en bon état (pas de partie métallique en contact avec la cellule pouvant rayer ou percer l'encapsulation).

Procédure :

- Commencer le nettoyage en haut de pente.
- Se placer à l'extrémité d'un film photovoltaïque et y verser de l'eau à l'aide de l'arrosoir ou du jet d'eau sur la moitié du film.
- Nettoyer la surface à l'aide de la raclette en poussant les saletés vers le bas de pente, le manche de 2,5 mètres permet d'atteindre la moitié du film. Pour nettoyer l'autre moitié, se placer à l'autre extrémité et recommencer la procédure (arrosage + nettoyage) en tirant les saletés.

Il est interdit à l'utilisateur, afin de ne pas altérer la fonction de production d'électricité des films photovoltaïques :

- De marcher sur les films photovoltaïques.
- De déverser des produits agressifs sur les films photovoltaïques, ni sur la toiture.

2.33 Réparabilité

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

Le revêtement Soprasolar peut être facilement réparé en cas de blessure accidentelle sur :

- Les films photovoltaïques :
Arrachage du film incriminé puis autocollage d'un nouveau film sur une nouvelle membrane Soprasolar Cap soudée sur la membrane Soprasolar Cap existante.
- Les films photovoltaïques et le revêtement Soprasolar sous-jacent :
Arracher les films photovoltaïques, reconstituer l'étanchéité selon le paragraphe 5.3 du présent Dossier Technique et remettre des nouveaux films photovoltaïques selon le présent Avis Technique.

3. Destination et domaine d'emploi

3.1 Généralités

Les règles propres aux travaux d'étanchéité, aux éléments porteurs et aux panneaux isolants, non modifiées par le présent document sont applicables, notamment :

- Norme NF P 10-203 (DTU 20.12).
- Normes NF P 84-204-1-1 (DTU 43.1), NF DTU 43.3 et NF DTU 43.4.
- « Conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé » (Cahier du CSTB n° 2192 - octobre 1987).
- Norme NF P 84-208 (DTU 43.5) pour les travaux de réfection.
- Si le Document Technique d'Application relatif à l'isolant le permet, le Cahier des Prescriptions Techniques « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôle d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm, dans les départements européens » (Cahier du CSTB n° 3537_V2 de janvier 2009).

Les *tableaux 1 et 2* résument les conditions d'utilisation. Leur emploi doit prendre en compte les règles propres aux éléments porteurs et aux panneaux isolants supports qui peuvent affecter le domaine d'utilisation.

3.2 Cadre d'utilisation

Le procédé est utilisé en climat de plaine, en travaux neufs et de réfection et son utilisation est limitée à une dépression au vent maximale de 4 712 Pa.

Les revêtements apparents sur toitures inaccessibles sont définis aux *tableaux 1 et 2*.

3.3 Implantation des films photovoltaïques Soprasolar Cell (voir *figure 2*)

Ils sont disposés à plus de 0,5 m de la périphérie des toitures (relevés, lanternaux, etc....) (voir cotes A1, A2 et A3 en *figure 2*). Les Documents Particuliers du Marché peuvent conférer à ces périphéries de toitures la fonction de chemin de circulation, dans ce cas, ils doivent prévoir l'installation d'un garde-corps conforme à la réglementation, en rive et autour des ouvrages présentant des risques de chute.

Sont interdites les zones suivantes :

- les noues sur au moins 1,5 m de part et d'autre du fil d'eau,
- le pourtour des évacuations d'eaux pluviales sur une emprise globale de 1,5 m (voir cote B en *figure 2*),
- les zones à rupture de pentes (faitage par exemple) ou non planes (joint de dilatation par exemple),
- les zones susceptibles d'être ombragées, même en partie dans la journée.

4. Prescriptions relatives aux supports

4.1 Généralités

Les éléments porteurs en maçonnerie, béton cellulaire autoclavé, bois et panneaux dérivés du bois, tôles d'acier nervurées et les supports doivent être conformes aux prescriptions des normes DTU ou des Avis Techniques les concernant. Toutefois, conformément aux *tableaux 1 et 2*, la pente minimale est de 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire et de 3% sur tôles d'acier nervurées et bois et panneaux dérivés du bois.

4.2 Supports isolants non porteurs

Le revêtement d'étanchéité n'apporte pas de limite à la résistance thermique des supports isolants. Sont admis les panneaux isolants de classe C minimum, mentionnés dans les *tableaux 1 et 2*, et ce dans les conditions précisées dans leur Document Technique d'Application particulier pour l'emploi considéré.

4.21 Mise en œuvre du pare-vapeur

Se référer au Document Technique d'Application « SOPRALENE FLAM – ELASTOPHENE FLAM ».

4.22 Mise en œuvre de l'isolant

Les panneaux isolants sont mis en œuvre selon l'une des techniques suivantes :

- collés par EAC, selon les normes NF P 84-204 à NF P 84-208 (DTU série 43), les conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé et les Documents Techniques d'Application particuliers des isolants.
- fixés mécaniquement, selon les normes NF P 84-204 à NF P 84-208 (DTU série 43), les conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé et les 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, les attelages de fixations mécaniques, élément de liaison et plaquette, doivent être du type « solides au pas », ce qui empêche, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au dessus de la plaquette.

- collés à froid : cas de la laine minérale sur maçonnerie, béton cellulaire en un seul lit, jusqu'à 20 % de pente, avec SOPRACOLLE 300 N.

Application de SOPRACOLLE 300 N

- Soit par bandes de 4 cm de largeur, à raison de 3 bandes par mètre (tous les 33 cm environ, consommation ≥ 400 g/m²). Des extrudeurs avec buse adaptée peuvent être fournis par Solardis.

Le *tableau 9* indique les cas (rives et angles) où l'espacement des bandes doit être réduit.

- Soit par plots à raison de 9 plots \varnothing 15 cm par m² (consommation 550 à 600 g/m²).

Le *tableau 10* indique les cas (rives et angles) où le nombre de plots doit être majoré.

L'extrémité des plots est située à 5 cm mini du bord des panneaux. L'ensemble des plots est réparti sur le panneau. Les panneaux coupés reçoivent un nombre de plots proportionnel à leur surface.

La température de mise en œuvre doit être comprise entre + 5 °C et + 40 °C, avec une humidité relative comprise entre 30 et 95 %.

- par toute autre technique visée favorablement par le Document Technique d'Application de l'isolant dans le cas de revêtement mis en œuvre en adhérence sur cet isolant.

Le *tableau 3* s'applique pour le choix des isolants et leur mode de mise en œuvre, à condition que le Document Technique d'Application de l'isolant vise cet emploi.

Dans le cas de la réfection, est mis en œuvre sur l'ancien revêtement conservé, après diagnostic favorable selon la norme NF P 84-208 (DTU 43.5), soit un isolant de classe C minimale, soit un panneau de classe C minimale apte à recevoir le revêtement Soprasolar tel que défini au *paragraphe 5*.

4.3 Supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité

Généralités

Ce sont d'anciennes étanchéités apparentes type bitume modifié ou multicouche traditionnel et qui ont été réalisées sur éléments porteurs : maçonnerie, bois et panneaux dérivés du bois.

Le diagnostic effectué selon la NF P 84-208 (DTU 43.5) doit être favorable à une conservation de ces anciens revêtements d'étanchéité.

Dans tous les cas, Solardis doit réaliser une étude spécifique et procéder à une visite sur place pour évaluer la qualité de l'étanchéité existante (état de surface, planéité).

Par ailleurs, les critères de préparation de ces anciennes étanchéités sont définis dans la norme NF P 84-208 (DTU 43.5).

Cas particuliers

- Dans le cas du revêtement Soprasolar type GS (*cf. tableau 2*), les fixations de la sous-couche préalable (*voir paragraphe 5.32, 2^{ème} puce*) ont une valeur d'ancrage minimale de 90 kg par référence au Cahier 3563 du CSTB : dans le cas d'éléments porteurs maçonnerie, béton cellulaire ou bois et panneaux dérivés du bois, le Pk réel est vérifié par campagne de mesures in situ menée également selon le cahier 3563 du CSTB et la valeur d'ancrage retenue est calculée selon ce même cahier.
- Il est également possible, conformément aux *tableaux 1 et 2*, de rapporter le revêtement Soprasolar directement sur l'étanchéité conservée dans le cas où il n'y a pas d'isolant existant ou dans le cas où l'isolant existant est de classe C minimale.

5. Prescriptions relatives aux revêtements en partie courante

5.1 Composition du revêtement en adhérence

Le revêtement est décrit dans le *tableau 1*.

5.2 Composition du revêtement en semi-indépendance

Le revêtement est décrit dans le *tableau 2*.

5.3 Mise en œuvre des revêtements en partie courante

5.31 Dispositions générales

Les lés d'étanchéité et les lés des films photovoltaïques sont posés dans le sens de leur longueur et dans le sens de la pente de la toiture. Pour des pentes comprises entre 2%-3% et 5 %, il est possible de faire une pose perpendiculaire (lés d'étanchéité + films photovoltaïques).

Il est interdit de marcher et circuler sur les films photovoltaïques.

5.32 Mise en œuvre de la couche inférieure

La première couche Soprasolar Base est soudée en plein, dans le sens de la pente, avec recouvrements de 6 cm au moins :

- sur isolant apte à cet usage,
- ou sur une sous-couche (cas du bois, panneaux dérivés du bois et ancienne étanchéité autoprotégée) : cette sous-couche est posée bord à bord et fixée mécaniquement par vis et rondelles de diamètre minimal de 4 cm, à raison d'une tous les 30 cm disposée sur les lisières du lé, à environ 6 cm du bord de lé et de deux lignes intermédiaires à raison également d'une fixation tous les 30 cm. Les valeurs d'ancrage de ces fixations (leur Pk, avec minoration dans le cas du béton cellulaire cf. cahier 3563 du CSTB) sont de 90 daN minimum,
- ou sur écran perforé posé bord à bord, dans le cas d'un support maçonnerie, béton cellulaire et ancienne étanchéité autoprotégée.

Les joints de recouvrements transversaux et longitudinaux sont écrasés à la spatule afin d'éviter les ressauts en surface de la deuxième couche lors du soudage de la membrane Soprasolar Cap.

5.33 Mise en œuvre de la couche supérieure

La membrane Soprasolar Cap est soudée sur la première couche dans le sens de la pente, à joints décalés de 25 cm \pm 2 cm. Les recouvrements longitudinaux sont de 6 cm et les recouvrements transversaux sont de 10 cm.

Des fixations conformes aux normes – DTU série 43, sont obligatoires en tête de lés de la deuxième couche (4 fixations par mètre linéaire) pour les pentes supérieures ou égales à :

- 40 % dans le cas des revêtements sans EAC,
- 20 % sur supports isolants surfacés par EAC et revêtements comportant une couche d'EAC.

5.34 Mise en œuvre du Soprasolar Prim

La membrane Soprasolar Cap doit être revêtue du primaire d'accrochage Soprasolar Prim (consommation : 400 g/m² - temps de séchage minimum 1 heure à 10°C).

Ce primaire s'applique à la brosse, au rouleau ou au pistolet sur surface sèche et propre en une seule couche.

5.35 Mise en œuvre des Soprasolar Cell

5.351 Liaisonnement des films photovoltaïques

L'entreprise qui pose les films photovoltaïques a obligatoirement suivi la formation dispensée par Solardis avant son premier chantier.

IMPORTANT : pour les opérations d'autocollage des films photovoltaïques, les supports doivent être secs (vérification par papier absorbant), propres et sans poussière (dans le cas contraire : nettoyage éventuel, balayage). La température du support et des Soprasolar Cell doit être de 10 °C minimum.

L'emplacement des Soprasolar Cell doit être conforme au plan de calepinage établi par Solardis lors de l'étude du projet.

La disposition des films photovoltaïques sur la membrane doit être respectée telle que représentée en *figure 1*. Il ne faut pas placer de film sur un recouvrement longitudinal, ni sur un recouvrement transversal.

La pose des films photovoltaïques est réalisée à l'avancement de la pose de la membrane Soprasolar Cap revêtue de primaire d'accrochage Soprasolar Prim.

Les films photovoltaïques possèdent un film pelable en sous-face. Ils sont autocollés, en retirant leur film pelable, de manière irréversible sur la membrane Soprasolar Cap préalablement primérisée, à raison de deux films photovoltaïques par membrane Soprasolar Cap. Il est obligatoire de maroufler le film photovoltaïque à l'avancement de son autocollage simultanément au retrait du film pelable. Il est également obligatoire de maroufler toute la périphérie du film à l'aide d'une roulette en plastique semi-rigide de 40 mm de large.

En complément du collage par pleine adhérence des films photovoltaïques, un cordon de Sopramastic 200 est appliqué sur la tranche du film, sur sa largeur, afin d'assurer une bonne finition en haut de pente.

Une demi-largeur de lé Soprasolar Cap sans Soprasolar Cell, ceci avec un pas de quatre films photovoltaïques maximum (*figure 2*), permet un accès aisé pour l'entretien.

Dans le cas de dispositions différentes, l'entretien est réalisé conformément au paragraphe 2.32 du présent Dossier Technique.

Les zones autour des films photovoltaïques (bouts de lés, recouvrements longitudinaux) n'ont pas besoin d'être protégées. Le liant de surface de la membrane Soprasolar Cap est résistant aux UV.

5.352 Raccordement électrique

L'entreprise d'étanchéité doit obligatoirement confier le raccordement électrique (fourniture et pose des onduleurs compris) à une entreprise spécialisée dans le photovoltaïque, titulaire de l'appellation QualiPV et formée par Solardis.

5.4 Mise en œuvre des revêtements en partie courante : cas particulier de la réfection

Dans les cas prévus aux *tableaux 1 et 2*, la démarche est identique au paragraphe 5.3 sous réserve que la faisabilité ait été validée par Solardis (voir *paragraphe 4.3*).

Dans le cas d'un isolant de classe C minimale, rapporté sur l'ancienne étanchéité (voir *paragraphe 4.3*), le procédé Soprasolar est mis en œuvre comme dans le cas de travaux neufs.

5.5 Mise hors d'eau en fin de journée

En fin de journée ou en cas d'intempéries, l'ouvrage en cours de réalisation doit être mis hors d'eau, c'est à dire à l'abri de tout risque de pénétration d'eau sous les couches déjà réalisées. À cet effet notamment :

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

6. Points traitant de l'aspect électrique

6.1 Généralités

Le nombre de films photovoltaïques à connecter en série, ainsi que le nombre de branches en parallèle, sont déterminés par l'électricien spécialisé, en fonction des onduleurs qu'il propose.

Notamment pour des raisons de câblage, il est impératif de respecter le calepinage prévu.

6.2 Précautions à prendre contre le choc électrique

- Il est interdit à l'étanchéité de connecter les films photovoltaïques entre eux. Le raccordement est strictement à la charge de l'électricien spécialisé.
- Ne pas couper ni percer les films photovoltaïques.
- Il est interdit de déconnecter les connecteurs rapides au niveau des films lorsque l'installation produit du courant. Toute intervention sur les connecteurs, pour un remplacement de film par exemple, doit être réalisée par l'électricien spécialisé selon les normes en vigueur.

6.3 Câbles électriques

Les films photovoltaïques sont équipés de deux câbles électriques MC FLEX-SOL 2,5 mm², de 56 cm chacun, de la société MultiContact. Ces câbles se trouvent centrés en surface à une extrémité du film photovoltaïque. Ils sont certifiés par les laboratoires TÜV et VDE et ont notamment les spécificités suivantes :

- Plage de température : - 40 °C à + 120 °C.
- Courant maximum admissible : 41 A.
- Classe II de sécurité électrique.
- Tension assignée : 1000 V.

Tous les câbles électriques de l'installation (en sortie des films photovoltaïques et pour les connexions entre séries de films et vers l'onduleur) respectent les prescriptions de la norme NF C 15-100, le guide UTE C15-712, et les spécifications des onduleurs (longueur et section de câble adaptées au projet.).

6.4 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs débouchables de marques MultiContact de type 3. Chaque film photovoltaïque possède un câble muni d'un connecteur mâle et un câble muni d'un connecteur femelle.

Ces connecteurs ont :

- un indice de protection électrique IP67,
- une classe II de sécurité électrique,
- une tension assignée de 1000 V,
- un courant maximum admissible de 20 A,
- une plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
- une résistance de contact de 0,5 mΩ.

6.5 Chemin de câbles

Lorsque deux films se font face avec leurs connexions, l'espacement maximal entre les films est de 50 cm afin de pouvoir rassembler les câbles dans un chemin de câbles commun. (cf. *figure 3*)

Les chemins de câbles munis de couvercles, définis par l'électricien, sont en fils d'acier inoxydable soudés adaptés au climat concerné. Des chemins de câbles en plastique (non visé par l'Avis) peuvent également être utilisés sous réserve que la résistance aux UV soit justifiée. Les dimensions et le type du chemin de câbles dépendent du nombre de câbles à acheminer. Ils sont déterminés par l'électricien spécialisé.

6.6 Supports de chemin de câbles

Les supports de chemin de câbles sont :

- des supports métalliques liaisonnés sur l'étanchéité : omégas en tôles d'acier inox AISI 304 pliées de dimensions 50 mm x 50 mm x 50 mm x 150 mm et d'épaisseur 1,2 mm (voir *figure 5A*). Ces supports sont liaisonnés sur leurs deux côtés sur l'étanchéité à l'aide de bandes de feuilles bitumineuses soudées (voir *figure 5B*). La mise en place de ces supports doit être faite par l'étancheur. Les supports sont espacés de 1,5 m.
- des dallettes en béton : les platines d'appuis du chemin de câbles sont fixées sur des dalles en béton de dimensions 30 cm x 30 cm x 3 cm minimum. Il convient de poser les dalles de béton sur un écran de protection (non-tissé polyester, 170 g/m²) afin de ne pas endommager le revêtement d'étanchéité. Ce système de dallettes peut être mis en œuvre par l'électricien spécialisé, pour des toitures de pente inférieure ou égale à 5%.
- Tout autre support (non visé par l'Avis) devant résister aux intempéries et être placé selon un espacement qui dépend de la portance au calepinage, des chemins de circulation en SOPRALENE FLAM 180 AR soudés en plein à la flamme sur la feuille Soprasolar Cap dans les zones contiguës, avant la mise en œuvre de Soprasolar Cell. Cette distance entre supports doit être précisée par l'électricien compétent, ou à défaut tous les 1,5 mètres.

7. Protection des parties courantes

Le système est autoprotégé.

Pour des pentes inférieures à 50 %, il est toujours possible de prévoir au calepinage, des chemins de circulation en SOPRALENE FLAM 180 AR soudés en plein à la flamme sur la feuille Soprasolar Cap dans les zones contiguës, avant la mise en œuvre de Soprasolar Cell.

8. Relevés

Se référer au Document Technique d'Application « SOPRALENE FLAM – ELASTOPHENE FLAM ».

9. Ouvrages particuliers

9.1 Noues

Elles sont réalisées en bicouche Soprasolar.

9.2 Chéneaux et caniveaux

Ils sont traités selon le Document Technique d'Application en bicouche SOPRALENE FLAM +SOPRALAST 50 TV ALU.

9.3 Évacuations des eaux pluviales, pénétrations

Ces ouvrages sont réalisés conformément aux DTU série 43, avec une couche de renfort sur la platine en Soprasolar Base de dimensions telles, qu'elle dépasse la platine de 0,20 m au minimum.

9.4 Joints de dilatation

Ils sont exécutés conformément aux DTU série 43 ou à l'Avis Technique Soprajoint, avec relevés bitumineux conformément au Document Technique d'Application « ELASTOPHENE FLAM/SOPRALENE FLAM ».

10. Matériaux

10.1 Membranes

10.11 Liants

Liant ETF 2 en bitume élastomère SBS

Le liant ETF 2 en bitume élastomère SBS est le mélange ETF 2 conforme à la Directive UEAtc de 1984, en bitume SBS fillérisé (cf. *tableau 7*).

Liant en bitume élastomérique SEBS

Voir *tableau 8*.

10.12 Feuilles manufacturées

Membrane Soprasolar Base

La membrane Soprasolar Base est une feuille souple d'étanchéité à base de bitume élastomère (mélange de bitume et de polymère SBS).

La description et les caractéristiques de la membrane sont indiquées au *tableau 4*.

Membrane Soprasolar Cap

La membrane Soprasolar Cap est une feuille d'étanchéité soudable, hyperstable, à base de bitume élastomère (mélange de bitume et de polymère SBS). Le liant de surface est un liant élastomérique SEBS spécial anti UV.

La description et les caractéristiques de la membrane sont indiquées au *tableau 5*.

10.2 Films photovoltaïques Soprasolar Cell

10.2.11 Films photovoltaïques

Les films photovoltaïques sont à base de silicium amorphe déposé sur un film « acier inoxydable » constituant le pôle négatif.

La couche supérieure capture les photons avec une énergie optique associée à la longueur d'onde du bleu, la couche intermédiaire ceux avec une énergie associée à la longueur d'onde du vert, et la dernière couche, ceux avec une énergie associée à la longueur d'onde des rouges et infrarouges.

Ils sont auto-adhésifs.

Caractéristiques des films Soprasolar Cell 136 et 144 :

- Dimensions : 548,5 cm x 39,5 cm x 0,3 cm.
- Surface : ~2,2 m².
- Poids : 7,7 kg (3,5 kg /m²).
- Puissance crête : 136 Wc (tension constante 33 V, intensité maximale 4,12 A) et 144 Wc.

Caractéristiques des films Soprasolar Cell 68 :

- Dimensions : 284,9 cm x 39,5 cm x 0,3 cm.
- Surface : ~1,15 m².
- Poids : 3,9 kg (3,5 kg/m²).
- Puissance crête : 68 Wc (tension constante 16,5 V, intensité maximale 4,12 A).

10.2.12 Diodes bypass

Les films sont constitués de 22 cellules pour les PVL 136 et 144 et de 11 cellules pour les PVL 68 raccordées en série et présentent, entre chaque cellule, deux diodes bypass permettant la protection et le fonctionnement du film en cas d'ombrage partiel ou de dysfonctionnement d'une cellule.

Elles permettent de limiter les échauffements de cellules dus aux ombrages : ceci permet d'éviter le phénomène de "point chaud".

10.2.13 Câbles électriques

Voir paragraphe 6.3.

10.2.14 Connecteurs électriques

Voir paragraphe 6.4.

10.3 Autres matériaux

10.3.1 Enduit à froid

Le primaire Soprasolar Prim est un enduit d'imprégnation à froid à base de bitume élastomère, de solvants aromatiques et de résines, conforme aux normes DTU série 43.

10.3.2 Bitume EAC

Suivant la pente, le bitume EAC est un :

- bitume oxydé EAC 100/40 pour pente de 15 % au plus sur panneaux isolants, de 50 % au plus sur autres supports,
- bitume oxydé EAC 110/30 - 125/30 pour toutes les pentes.

10.3.3 Mastic de jointolement

Le mastic Sopramastic 200 est un mastic de jointolement, non réticulable, à base de caoutchouc de synthèse plastifié par du bitume, compatible avec tous les composants du procédé Soprasolar.

10.3.4 Ecran de semi-indépendance (sur maçonnerie, béton cellulaire, ancienne étanchéité autoprotégée)

L'écran de semi-indépendance est l'Aérisol Flam : 36 S VV HR, composé d'un film thermofusible sur les deux faces, de 1 mm d'épaisseur, et dont la perforation est définie par la norme NF P 84-204-1-2 (DTU 43.1).

10.35 Sous-couche fixée (sur bois et panneaux dérivés du bois, ancienne étanchéité autoprotégée)

SOPRASOLAR BASE, ELASTOPHENE FLAM 70-25 ou SOPRAFIX HP : Voir Document Technique d'Application de Soprema.

10.36 Pare-vapeurs

Voir Document Technique d'Application « ELASTOPHENE FLAM / SOPRALENE FLAM ».

10.37 Autres matériaux en feuilles

Voir Document Technique d'Application « ELASTOPHENE FLAM » et l'Avis Technique « SOPRAJOINT ».

11. Fabrication et contrôles en usine

- Les feuilles bitumineuses sont produites par la société Soprema dans son usine de Strasbourg certifiée ISO 9001 et ISO 14001.

La nomenclature des contrôles internes de fabrication est indiquée au *tableau 6*.

- La fabrication des films photovoltaïques PVL 136, 144 et 68 et l'application de la colle en sous-face de ceux-ci (*process automatisé à vitesse constante*) s'effectuent sur le site de la société United Solar Ovonic à Auburn Hills aux États-Unis.

Les contrôles internes effectués au cours de la fabrication du film photovoltaïque portent sur les points suivants :

- Contrôle des matières premières au regard d'un cahier des charges interne (*fréquence variable en fonction de l'élément concerné*),
 - Contrôle aidé par informatique du process de dépôt des cellules photovoltaïques,
 - Contrôle visuel et dimensionnel de chaque cellule et tri en fonction de leur colorimétrie,
 - Immersion de chaque film photovoltaïque et contrôle de l'isolation électrique,
 - Flash test de chaque film photovoltaïque pour détermination de sa puissance crête, ramenée sous conditions STC : les résultats sont enregistrés. La tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de $\pm 5\%$,
 - Essai en traction des câbles électriques du film photovoltaïque,
 - Contrôle de la polarité et de la tension électrique,
 - Contrôle visuel des films photovoltaïques.
- Solardis procède à un contrôle qualité à réception des films photovoltaïques selon un plan de contrôle défini qui s'appuie sur le cahier des charges Solardis. Ce plan de contrôle est appliqué par livraison de 60 cartons de films photovoltaïques. La nomenclature est reprise dans le *tableau 6bis*.

12. Etiquetage et stockage

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

Chaque cellule est identifiée par un code barre et chaque emballage des films photovoltaïques comporte les informations suivantes : numéro de série, quantité et modèle de cellule.

13. Assistance technique

En ce qui concerne l'étanchéité, Solardis assure une assistance technique en s'appuyant sur les compétences de Soprema.

En ce qui concerne les aspects électriques, Solardis est à la disposition des entreprises d'étanchéité et d'électricité, pour apporter une assistance technique, une aide à la description et à la prescription de solutions.

B. Résultats expérimentaux

- Caractéristiques des membranes Soprasolar Base et Soprasolar Cap selon la norme NF EN 13707 et le « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en feuilles de bitume polymère polypropylène atactique (APP) ou styrène-butadiène-styrène (SBS) armées ».
- Procès verbal de classement au feu B_{Roof}(t3) (Procès verbal du CSTB n°RS08-052 en date du 6 juin 2008).
- Attestation du TÜV sur les essais en chambre climatique selon IEC 61646 (essai de cycle thermique – essai humidité-chaleur – essai humidité-gel – essais de pelage « PVL Unisolar sur membrane SOPRASOLAR CAP » sur des éprouvettes placées dans chacune des enceintes climatiques).
- Essais de fluage sur le système « Soprasolar + film photovoltaïque » sous contraintes à 30° et 45° d'inclinaison.
- Détermination de la stabilité de forme lors d'une variation cyclique de température pour le système Soprasolar (Essai sur banc de dilatation thermique conformément à la norme NF EN 1108).
- Relevés de températures atteintes des modules sur la toiture pilote de Strasbourg.
- Caractéristiques après vieillissement UV de la membrane Soprasolar Cap (vieilli UV EN 1297 au CSTB, vieilli CEN 3 mois à 70°C, vieilli UEAtc 6 mois à 70°C).
- Essai de tenue au vent avec et sans film photovoltaïque (Rapport d'essai du CSTC n°651 XH 059 conformément au Guide UEAtc « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes isolants supports d'étanchéité des toitures plates et inclinées »).

C. Références

Le système SOPRASOLAR est utilisé depuis 2005. Il y fait globalement l'objet de 2 000 kWc (soit 31 700 m² de module Unisolar) commercialisés à fin 2008.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 – Revêtements apparents adhérents sur toitures inaccessibles

Support direct du revêtement	Revêtement de base et classement FIT
Pente ≥ 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire Pente $\geq 3\%$ sur acier et bois	Adhérent
	Type L =
	SOPRASOLAR BASE + SOPRASOLAR CAP + SOPRASOLAR PRIM + SOPRASOLAR CELL
	F5I5T4
Isolants :	
<ul style="list-style-type: none"> • Perlite expansée (fibrée) : <ul style="list-style-type: none"> - sur maçonnerie ou béton cellulaire autoclavé - sur acier, bois et panneaux dérivés du bois • Verre cellulaire : <ul style="list-style-type: none"> - sur maçonnerie ou béton cellulaire autoclavé - sur acier, bois et panneaux dérivés du bois • Laine minérale de classe C minimum : <ul style="list-style-type: none"> - sur tous éléments porteurs 	L (1)
	L (1)
	EAC refroidi + L (1)
	EAC refroidi + L (1)
	L (1)
Ancien revêtement d'étanchéité + isolant : dito ci-dessus	Dito cas isolants de ce tableau
Ancien revêtement d'étanchéité sans isolant existant	L (uniquement sur autoprotection aluminium délardée)
Ancien revêtement d'étanchéité avec isolant existant de classe C minimale	L (uniquement sur autoprotection aluminium délardée)
Ancien revêtement d'étanchéité avec isolant existant de classe B ou inconnu	Panneau de classe C (voir paragraphe 4.22) + L
(1) Sur panneaux isolants aptes à recevoir des revêtements soudés ; à défaut, panneaux courants surfacés par EAC avant soudage (ce surfacage confère un classement T2 au lieu de T4, et il implique des fixations en tête des lès au-delà de 20 % de pente).	

Tableau 2 – Revêtements apparents semi-indépendants sur toitures inaccessibles

	Revêtement de base et classement FIT	
	Semi-indépendant	
	Type HS = AERISOL FLAM + SOPRASOLAR BASE + SOPRASOLAR CAP + SOPRASOLAR PRIM + SOPRASOLAR CELL	Type GS = Sous-couche fixée + SOPRASOLAR BASE + SOPRASOLAR CAP + SOPRASOLAR PRIM + SOPRASOLAR CELL
Support direct du revêtement Pente ≥ 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire Pente ≥ 3 % sur acier et bois		
Bois et panneaux dérivés du bois		GS
Maçonnerie et Béton cellulaire	EIF + HS	
Ancien revêtement d'étanchéité avec autoprotection minérale sans isolant existant	EIF + HS	GS
Ancien revêtement d'étanchéité avec isolant existant de classe C minimale	EIF + HS	GS

Tableau 3 – Choix et modes de fixation des panneaux isolants

Nature	Sous étanchéité autoprotégée
Perlite expansée (fibrée)	- EAC (1)
Perlite expansée (fibrée) à pente intégrée	- Fixations mécaniques
Verre cellulaire Verre cellulaire à pente intégrée	- EAC (1)
Laine minérale classe C	- EAC (1) - Fixations mécaniques (2) - Colle à froid SOPRACOLLE 300 N
(1) Avec pare-vapeur avec EAC.	
(2) Attelages de fixation mécanique type « solide au pas » « si la compression à 10 % de l'isolant (NF EN 826) est inférieure à 100 kPa.	

Tableau 4 – Composition et caractéristiques de la membrane Soprasolar Base

Composition	Soprasolar Base
Armature	Composite polyester / verre de 140 g/m ² nominal
Liant Bitume élastomère ETF 2	3000 g/m ²
Epaisseur	2,5 mm minimum
Masse surfacique	3,1 kg/m ² environ
Rouleau : dimensions / poids	10x1 m / 31 kg environ
Face supérieure	Film thermofusible
Face inférieure	Film thermofusible
Caractéristiques	VLF*
Force maximale en traction (EN 12311-1) :	
- Longitudinale	400 N / 5 cm
- Transversale	350 N / 5 cm
Allongement à force maximale (EN 12311-1) :	
- Longitudinal	4,0 %
- Transversal	5,0 %
Souplesse à basse température (EN 1109)	Pas de fissure à -16°C
Tenue à la chaleur (EN 1110)	100 °C
Stabilité dimensionnelle (retrait libre) (EN 1107-1)	0,3 %
Poinçonnement statique (EN 12730)	15 kg
Résistance au choc (EN 12691)	750 mm
Résistance à la déchirure au clou (EN 12310-1) :	
- Longitudinale	150 N
- Transversale	150 N

* Valeur Limite du Fabricant : valeur minimale susceptible d'être fournie dans le cadre du système qualité.

Tableau 5 – Composition et caractéristiques de la membrane Soprasolar Cap

Composition	Soprasolar Cap
Armature	Composite 250 g/m ²
Liant bitume élastomère ETF 2	2500 g/m ²
Liant bitume élastomérique SEBS en surface de l'armature	600 g/m ²
Epaisseur nominale	3,5 mm pleine feuille (-5%)
Masse surfacique (indicative)	3,6 kg/m ²
Rouleau : dimensions /poids	6 m x 1 m / 24 kg environ 6,8 m x 1 m / 27 kg environ
Face supérieure	Sable fin noir (300 g/m ²)
Face inférieure	Film thermofusible
Galon de recouvrement surface	6 cm, filmthermofusible
Caractéristiques	VLF*
Force maximale en traction (EN 12311-1)	
Longitudinale	1100 N/ 5 cm
Transversale	1000 N/ 5 cm
Allongement à force maximale (EN 12311-1)	
Longitudinal	3 %
Transversal	3 %
Souplesse à basse température (EN 1109)	Pas de fissures à -10°C
Tenue à la chaleur (EN 1110)	95 °C
Stabilité dimensionnelle (retrait libre) (EN 1107-1)	0,3 %
Poinçonnement statique (EN 12730)	15 kg
Résistance au choc (EN 12691)	1350 mm
Résistance à la déchirure au clou (EN 12310-1)	
Longitudinale	200 N
Transversale	250 N
Susceptible d'un classement FIT avec sous-couche Soprasolar Base	F5 I5 T4

* Valeur Limite du Fabricant : valeur minimale susceptible d'être fournie dans le cadre du système qualité.

Tableau 6 – Contrôles internes de fabrication pour les feuilles bitumineuses

	Fréquence
<p align="center">Sur matières premières</p> <p>Bitume de base : - pénétration à 25 °C - mélange témoin</p> <p>Elastomère : granulométrie – GPC</p> <p>Armatures : - traction - poids</p>	<p>1 certificat / livraison 1 / semaine</p> <p>1 certificat / livraison</p> <p>1 certificat / livraison 1 certificat / livraison</p>
<p align="center">Sur bitume modifié</p> <p>TBA – image UV</p>	<p>1 / poste / machine</p>
<p align="center">Sur produits finis</p> <p>Epaisseur – longueur – largeur – poids Tenue à la chaleur Pliage à froid Retrait libre Caractéristiques mécaniques Vieillessement</p>	<p>Permanent 1 / poste / machine 1 / machine 1 / semaine 1 / semaine 2 / an (sur produits de type similaire)</p>

Tableau 6bis – Nomenclature des contrôles qualité à réception des films photovoltaïques Unisolar par Solardis

Action	Description
Prélèvement	Par livraison de 60 cartons, 2 cartons sélectionnés aléatoirement, 1 film photovoltaïque prélevé par carton sélectionné.
Inspection	<ul style="list-style-type: none"> - Rectitude - Absence d'inclusions diverses - Impacts - Plis - Rayures - Bulle en sous-face
Enregistrement des contrôles	<ul style="list-style-type: none"> - Date d'arrivage - Quantité livrée - Numéro de traçabilité des films photovoltaïques contrôlés - Conformité ou non-conformité - Cause de non-conformité - Action curative (exemple : mise à l'écart de tout ou partie de la livraison,...)

Tableau 7 – Liant ETF 2 en bitume élastomère SBS

Caractéristiques	Valeur spécifiée à l'état initial	Valeur spécifiée après 6 mois à +70°C
Ramollissement TBA (avec anneaux à épaulement)	≥ 110°C	≥ 100°C
Pénétrabilité à +25°C (indicatif)	30 à 40 1/10 mm	
Température limite de pliage à froid	≤ - 20°C	≤ - 5°C

Tableau 8 – Liant en bitume élastomérique SEBS

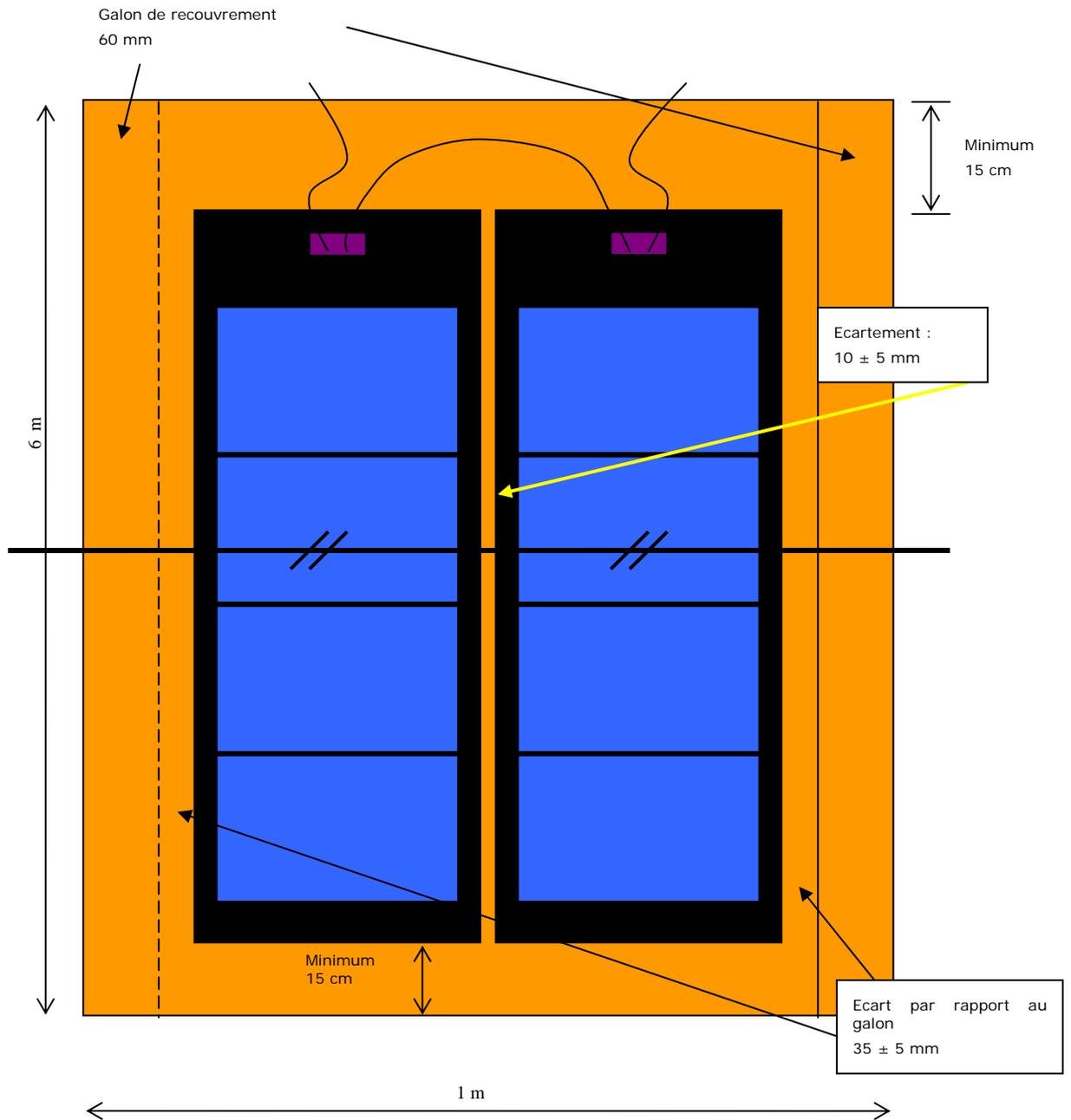
Caractéristiques	Valeur spécifiée à l'état initial	Valeur spécifiée après 6 mois à +70°C
Ramollissement TBA (avec anneaux à épaulement)	≥ 110°C	≥ 110°C
Pénétrabilité à +25°C (indicatif)	20 à 40 1/10 mm	
Température limite de pliage à froid	≤ - 10°C	≤ 0°C

Tableau 9 : Isolant Laine Minérale soudable collé par bandes de SOPRACOLLE 300 N (bâtiments versants plans de hauteur maximale 20 m, ouverts ou fermés, travaux neufs et réfection, sur éléments porteurs béton et béton cellulaire)

Isolant	Colle par bandes	Espacement (cm) en rives et en angles					
		Localisation	Zones et sites de vent				
			1 Normal	1 Exposé 2 Normal	2 Exposé 3 Normal	3 Exposé 4 Normal	4 Exposé
LAINE MINERALE	SOPRACOLLE 300 N (bandes de 4 cm)	Rives	33	33	33	25	Non prévu
		Angles	33	25	25	20	Non prévu

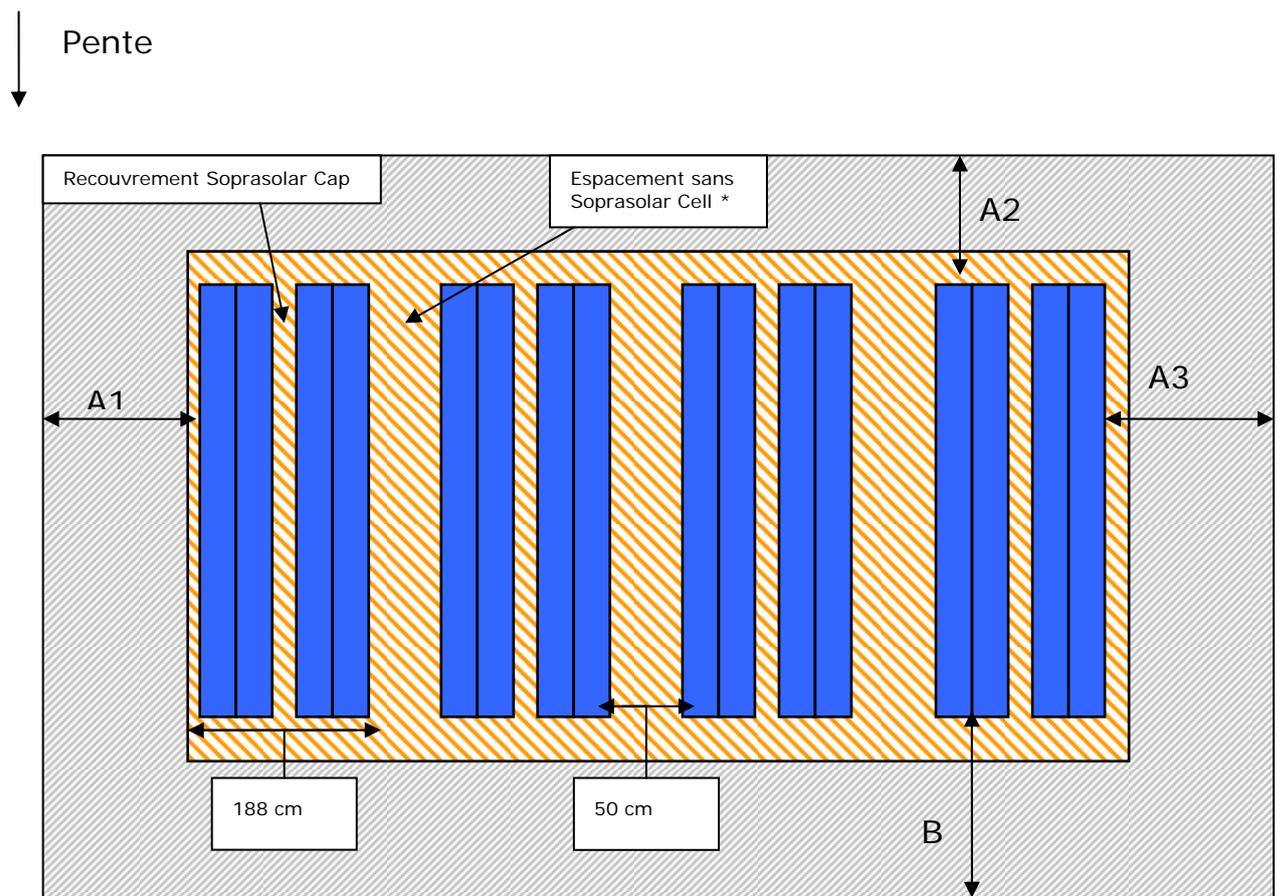
Tableau 10 : Isolant Laine Minérale soudable collé par plots de SOPRACOLLE 300 N (bâtiments versants plans de hauteur maximale 20 m, ouverts ou fermés, travaux neufs et réfection, sur éléments porteurs béton et béton cellulaire)

Isolant	Colle en plots	Nombre de plots / m ²					
		Localisation	Zones et sites de vent				
			1 Normal	1 Exposé 2 Normal	2 Exposé 3 Normal	3 Exposé 4 Normal	4 Exposé
LAINE MINERALE	SOPRACOLLE 300 N (Ø 15 cm)	Rives	9	9	9	9	Non prévu
		Angles	9	9	9	11	Non prévu



Les deux films photovoltaïques doivent être placés de façon à avoir un espace de 10 ± 5 mm au centre et ne pas reposer sur les recouvrements longitudinaux et transversaux, soit au minimum à 60 mm de chaque bord longitudinal de la feuille Soprasolar Cap et au minimum à 150 mm de chaque bord transversal.

Figure 1 – Disposition des films photovoltaïques sur la membrane Soprasolar Cap



A1, A2, A3 : périphéries de toiture, faitage, acrotères, lanterneaux, ...

B : distances de la noue, EEP, ...

Deux zones bleues contiguës représentent deux cellules solaires sur un lé SOPRASOLAR CAP.

* L'espacement d'une demi-largeur de lé au moins, sans film, facilite l'entretien de la toiture photovoltaïque.

Pour les côtes A1, A2, A3 et B, se référer au paragraphe 3.3 : périphéries de toiture, noues, zones d'ombre, ...

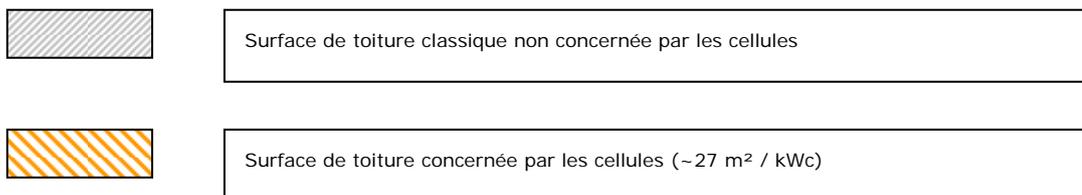


Figure 2 – Disposition des cellules sur la toiture

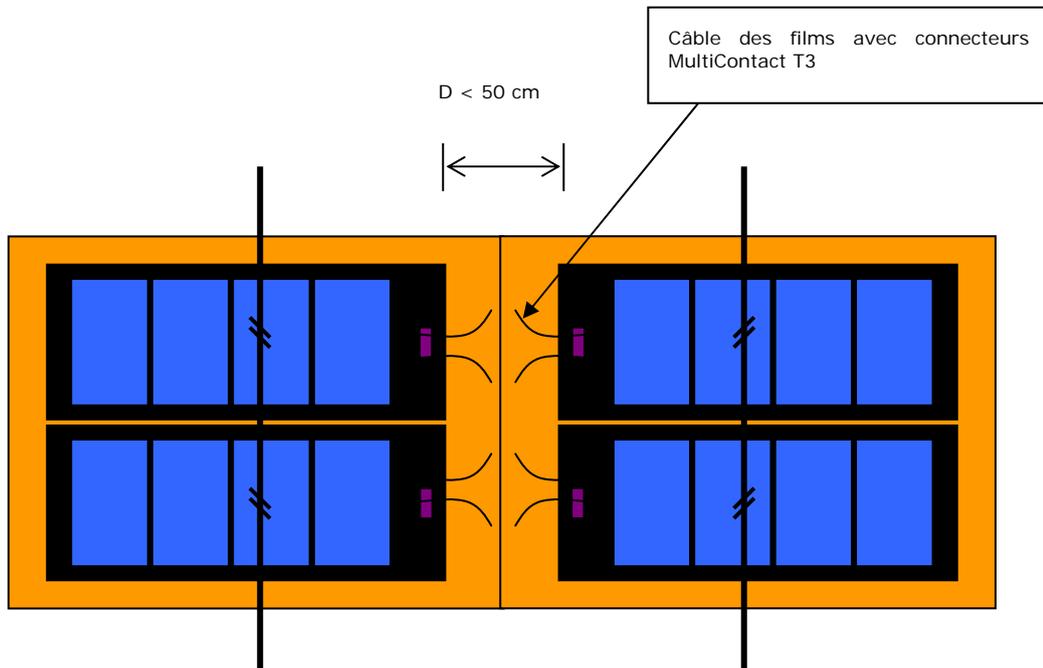
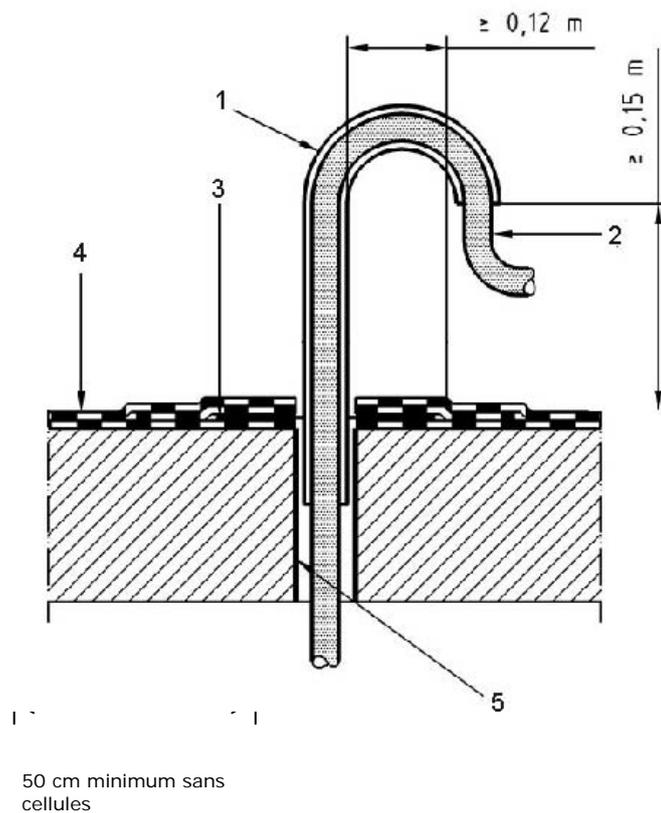


Figure 3 : Espacement maximal entre les films photovoltaïques



Légende :

1 : Crosse, 2 : Câble, 3 : Platine, 4 : Etanchéité bicouche Soprasolar et couche de renfort sur platine, 5 : Fourreau

Figure 4 : Traversée des câbles électriques - Raccordements à l'étanchéité à l'aide d'une crosse - Exemple

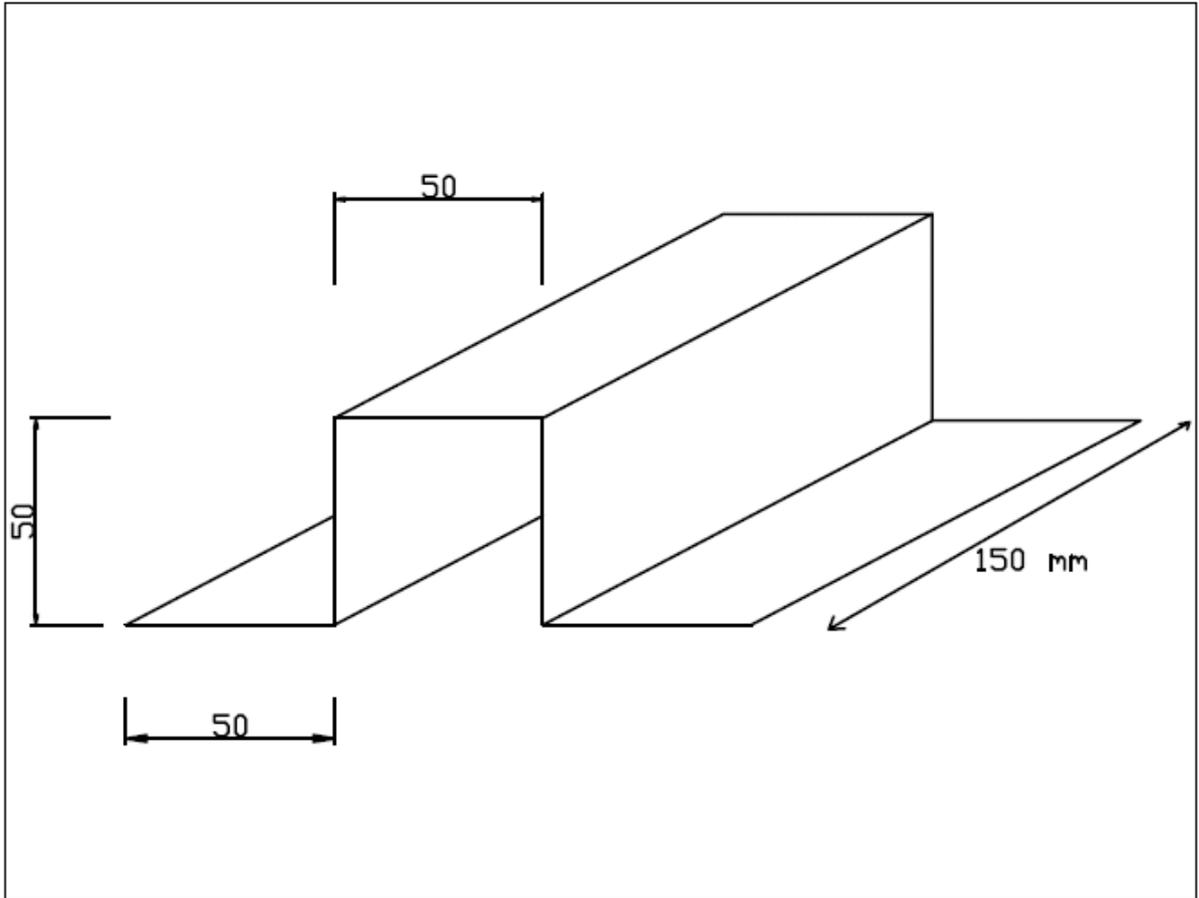


Figure 5A : Oméga de dimensions 50 mm par 150 mm

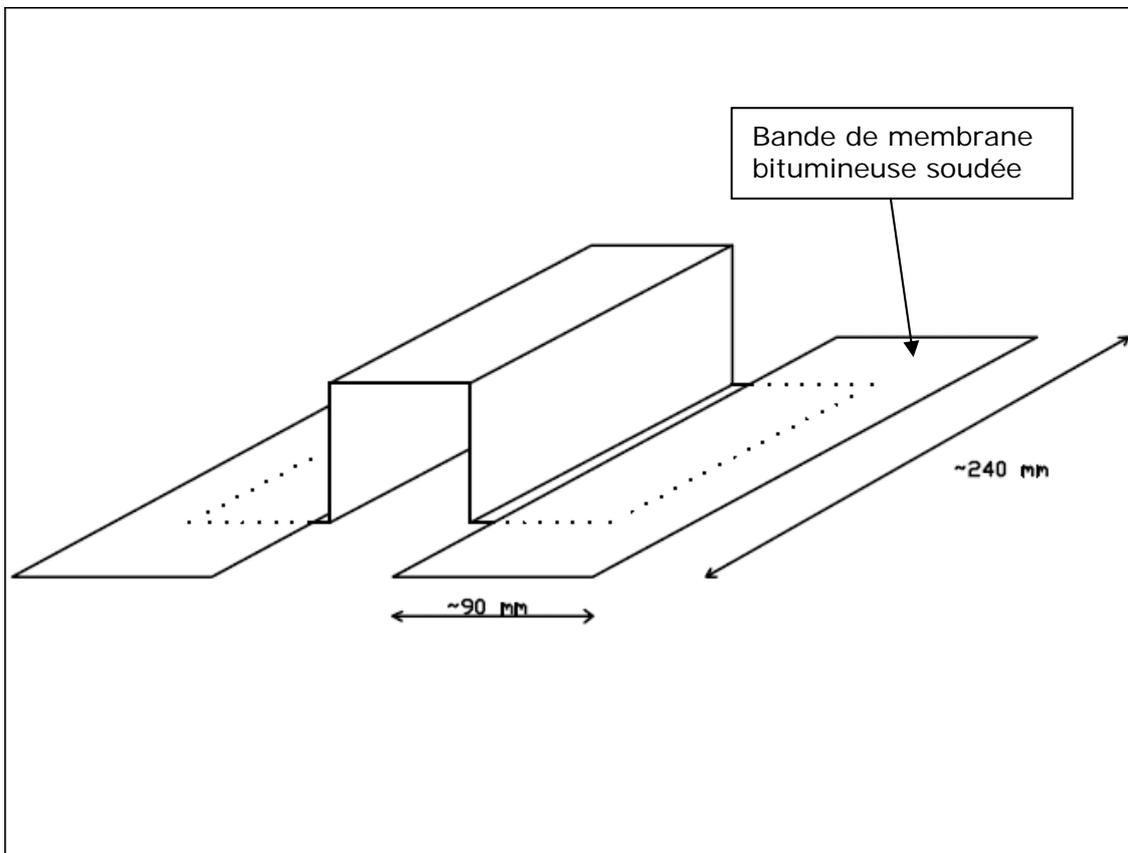


Figure 5B : Oméga avec bandes bitumineuses soudées

-  membrane SOPRASOLAR
-  PVL 136
-  zones circulables possibles : présence de chemins de câbles
-  zones circulables : en périphérie et entre cellules sans chemins de câbles

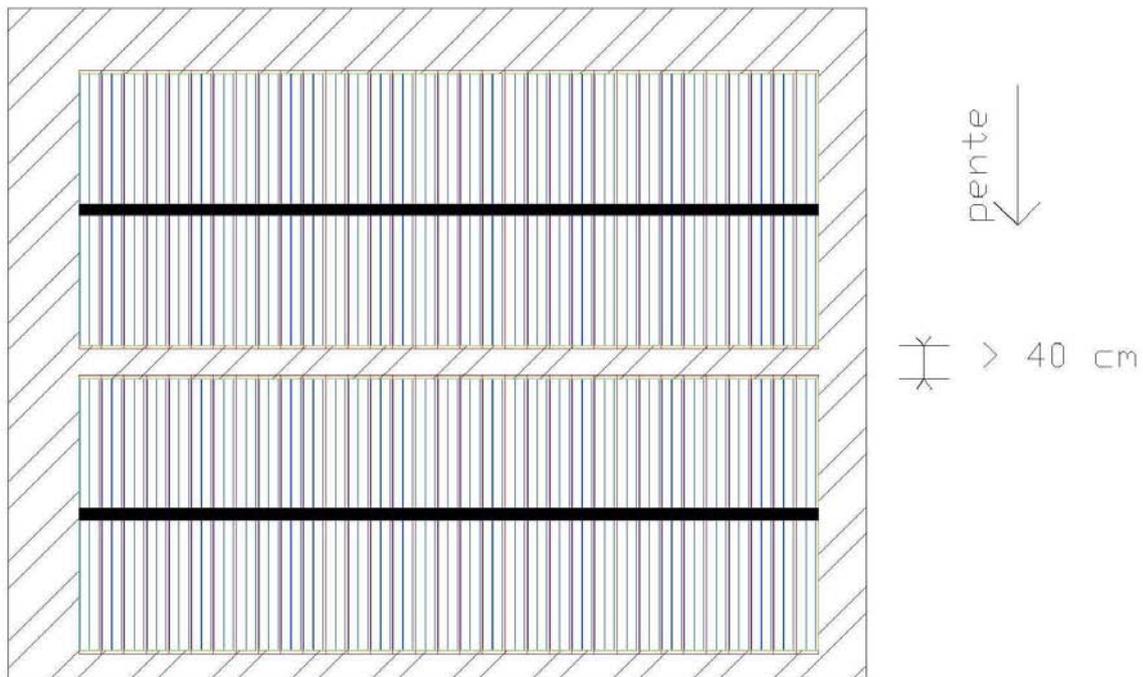


Figure 6 : Zones circulables