

CAHIER DE
PRESCRIPTIONS
DE POSE

SOPRASOLAR

Procédé d'étanchéité photovoltaïque intégré, pour toitures

Le présent document a été examiné favorablement par SOCOTEC, compte tenu des recommandations et des conclusions de son rapport d'Enquête de Technique Nouvelle réf 08/2175 du 28 novembre 2008, auquel il faut se référer, conjointement au présent Cahier des Charges.

A. Objet		4
<hr/>		
1. Principe		4
<hr/>		
2. Organisation de la mise en œuvre		4
<hr/>		
3. Entretien		5
<hr/>		
4. Destination et Domaine d'emploi		5
	4.1 Généralités	6
	4.2 cadre d'utilisation	6
	4.3 Implantations des cellules SOPRASOLAR CELL	6
<hr/>		
5. Prescriptions relatives au support		6
	5.1 Généralités	6
	5.2 Supports isolants non porteurs	6
	5.21. Mise en œuvre de l'isolant	6
	5.3 Supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité	7
<hr/>		
6. Prescriptions relatives aux revêtements en partie courante		7
	6.1 Composition du revêtement en adhérence	7
	6.2 composition du revêtement en semi-indépendance	7
	6.3 Mise en œuvre des revêtements en partie courante	7
	6.31 Mise en œuvre de la couche inférieure	8
	6.32 Mise en œuvre de la couche supérieure	8
	6.33 Mise en œuvre de SOPRASOLAR CELL	8
	6.34. Mise hors d'eau	9
	6.4 Mise en œuvre des revêtements en partie courante: cas particulier de la réfection	9

7. Protection des parties courantes

9

8. Relevés d'étanchéité

10

9. Ouvrages particuliers

10

10. Matériaux

10.1 Feuilles manufacturées

10

10.11 La membrane SOPRASOLAR BASE

10

10.12 La membrane SOPRASOLAR CAP

11

10.2 Les cellules photovoltaïques SOPRASOLAR CELL

12

11. Autres matériaux

11.1 Primaires ou enduits à froid

13

11.2 Bitume EAC

13

11.3 SOPRAMASTIC 200

13

11.4 Ecran de semi-indépendance AERISOL FLAM

13

11.5 Sous-couche clouée sur bois

13

11.6 Matériaux complémentaire

13

11.7 Pare-vapeur

13

11.8 Autres matériaux en feuilles

14 à 18

12. Annexe : Aspect électrique

19 à 22

Objet :

Ce présent document définit un système complet d'étanchéité bitumineuse avec cellules photovoltaïques intégrées. Ces cellules sont destinées à produire de l'électricité à partir du soleil.

1 Principe :

L'étanchéité est constituée d'un bicouche bitume élastomère SBS

- La première couche est une feuille **SOPRASOLAR BASE** soudée en plein au chalumeau.
- La deuxième couche, **SOPRASOLAR CAP** soudée en plein sur la première couche, comporte en surface les cellules **SOPRASOLAR CELL** destinées à générer de l'électricité lorsqu'elles sont exposées au soleil.

Le procédé **SOPRASOLAR** s'applique sur toiture-terrasse inaccessible de pente $\geq 2\%$ et $\leq 100\%$; la pente minimale ayant pour but d'éviter les flaches d'eau préjudiciables au fonctionnement des cellules électriques .

2 Organisation de la mise en œuvre :

21 Etanchéité avec cellules photovoltaïques

La mise en œuvre est assurée par les entreprises d'étanchéité qualifiées et obligatoirement formées chez **SOLARDIS** qui s'appuie sur les compétences de SOPREMA par :

- Stages organisés en son Centre de formation de Strasbourg
- Sur chantier, par l'intervention de démonstrateurs – formateurs, ceci sur l'ensemble du processus de mise en œuvre.

22 Raccordement électrique

L'entreprise d'étanchéité confiera à un installateur agréé par **SOLARDIS**, sous sa responsabilité, la fourniture et la pose des onduleurs et matériels pour le raccordement électrique des cellules photovoltaïques jusqu'en sortie d'onduleur. Le raccordement de l'onduleur au réseau électrique Basse Tension est réalisé par EDF.

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 .

3 Entretien :

L'entretien des toitures est celui prescrit par les normes NF P 84-204-1-1 (DTU 43.1) à NF P 84-208 (DTU 43.5). Dans ce cas de toiture concernée par la production d'électricité, le maître d'ouvrage doit obligatoirement opter pour un contrat d'entretien : visite semestrielle et maintenance éventuelle, afin de contrôler l'étanchéité, l'état des cellules et les connexions électriques. Il convient notamment de retirer des cellules 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**.

Le revêtement de surface de **SOPRASOLAR CELL** leur confère un caractère auto-nettoyant. Il n'est pas nécessaire de nettoyer les cellules. Cependant, dans le cas où l'installation serait placée à côté d'un élément susceptible de salir les cellules de façon anormale, tel qu'un rejet excessif de poussière par exemple, il convient alors de s'assurer du nettoyage des cellules. Pour cela, uniquement de l'eau (sans ajout de quelconque produit chimique d'entretien : par exemple solvant, hydrocarbures, détergent, ..) sous pression maximale de 3 bars et une raclette en éponge ou en caoutchouc pourront être utilisés.

Interdits à l'utilisateur, afin de ne pas altérer la fonction de production d'électricité des modules photovoltaïques :

- Marcher sur les cellules solaires
- Déverser des produits agressifs : ni sur les cellules, ni sur la toiture

Réparabilité

Ce revêtement peut être facilement réparé en cas de blessure accidentelle concernant :

- *les cellules photovoltaïques :*

arrachage de la cellule incriminée puis autocollage d'une nouvelle cellule sur une nouvelle membrane **SOPRASOLAR CAP** soudée sur la membrane **SOPRASOLAR CAP** existante.

- *les cellules photovoltaïques et le revêtement Soprasolar sous-jacent :* arracher les cellules, reconstituer l'étanchéité selon les règles de l'art et remettre de nouvelles cellules selon le présent cahier de charges Soprasolar

- *l'étanchéité sans cellules (zones d'ombre, noues,...) :* reconstituer l'étanchéité selon les règles de l'art.

4 Destination et domaine d'emploi

41. 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 P 84-206 (DTU 43.3) et NF P 84-207 (DTU 43.4)
- « Conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé » (*Cahier du CSTB 2192* - octobre 1987) ;
- Norme NF P 84-208 (DTU 43.5) pour les travaux de réfection.
- Le CPT « 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 » Cahier du CSTB 3537 de décembre 2005.
- Cahier des charges NOFIX ACIER de **SOPREMA**

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.

42. Cadre d'utilisation

En climat de plaine, travaux neufs et de réfection
Revêtements apparents sur toitures inaccessibles – cf. tableaux 1 et 2

43. Implantation des cellules SOPRASOLAR CELL

Elles sont disposées à plus de 0,5 m de la périphérie des toitures (relevés, lanterneaux , etc...) Les DPM peuvent conférer à ces périphéries de toitures la fonction de chemin de circulation , alors 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 susceptibles de présenter des flaches : la pente de 2 % permet de s'affranchir en général de cette sujétion, sont néanmoins concernées 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 .

De même les zones à rupture de pentes (faitage par exemple) ou non planes (joint de dilatation par exemple) sont exclues.

Les zones susceptibles d'être ombragées même en partie dans la journée doivent être exclues.

5 Prescriptions relatives au support

51. Généralités

Les éléments porteurs : béton, béton cellulaire autoclavé, bois – panneaux dérivés du bois, acier et les supports sont conformes aux prescriptions des normes - DTU ou des Avis Techniques les concernant : toutefois cf tableaux 1 et 2 , la pente minimale est de 2 % sur béton et béton cellulaire et elle est de 3% minimum sur acier et bois.

52. 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 dans les conditions de leur Document d'Application particulier pour l'emploi considéré.

Mise en œuvre du pare-vapeur

Se référer à l'AT 5/05-1810 SOPRALENE FLAM – ELASTOPHENE FLAM ou au CPP NOFIX ACIER de SOPREMA

52.1. Mise en œuvre de l'isolant

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

- Soit collés par EAC, selon les normes NF P 84-204 à NF P 84-208 (réf. DTU série 43), Conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé et Documents d'Application particuliers des isolants
- Soit fixés mécaniquement, selon les normes NF P 84-204 à NF P 84-208 (réf. DTU série 43), conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé et Documents 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 » qui empêche, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au dessus de la plaquette.

- Soit collés à froid : cas de la laine minérale sur maçonnerie, béton cellulaire ou sur acier selon cpp **NOFIX ACIER**) en un seul lit, jusqu'à 20 % de pente, avec **SOPRACOLLE 300 N** à raison de 3 bandes de 4 cm par mètre ou 9 plots (diamètre 15 cm) par m².

-Soit par toute autre technique visée favorablement par le Document d'Application de l'isolant.

Nota : les désaffleurs entre panneaux isolants sont limités à 2 mm :
Si nécessaire la planéité est rétablie par glacis d'EAC (cas du verre cellulaire), par rondelle plus vis au droit des joints de panneaux (cas de la perlite et de la laine de roche).

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

53. Supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité

531 Support de nouveau revêtement d'étanchéité

Ce sont d'anciennes étanchéités apparentes type bitume modifié ou multicouche traditionnel et qui ont été réalisées sur supports de même nature que ceux prévus pour travaux neufs : maçonnerie, bois et panneaux dérivés du bois, isolants en perlite expansée, verre cellulaire et laine minérale de classe B ou C.

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

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

Dans le cas du revêtement **SOPRASOLAR type GS** (cf tableau 2), 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.

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

532 Support de panneau isolant

Sur l'ancien revêtement conservé après diagnostic favorable selon la norme NF P 84-208 (DTU 43.5), est mis en œuvre un isolant de classe C minimale tel que défini au § 52 et le revêtement **SOPRASOLAR** tel que défini au § 6.

6 Prescriptions relatives aux revêtements en partie courante :

61. Composition du revêtement en adhérence

Le revêtement est décrit dans le tableau 1.

62. Composition du revêtement en semi-indépendance

Le revêtement est décrit dans le tableau 2.

63. Mise en œuvre des revêtements en partie courante

Recommandation générale relative au sens de pose des lés d'étanchéité et des cellules solaires : ils sont tous posés (étanchéité et cellules) sens longueur dans le sens de la pente de la toiture.

63.1. Mise en œuvre de la couche inférieure

La première couche **SOPRASOLAR BASE** (définie au § 101.1) est soudée en plein, avec recouvrements de 6 cm au moins :

- *sur isolant apte à cet usage*
- *sur une sous-couche (choisie au § 115, cas du bois, panneaux dérivés du bois et ancienne étanchéité autoprotégée) :*
elle est posée bord à bord et fixée mécaniquement par vis et rondelle diamètre mini 4 cm, à raison d'une tous les 30 cm disposés 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 kg minimum
- *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 seront écrasés à la spatule afin d'éviter les ressauts en surface de la deuxième couche lors du soudage de la membrane **SOPRASOLAR CAP**.

La première et la deuxième couche sont posées dans le sens de la pente et à joints décalés de 25 cm \pm 2 cm.

63.2. Mise en œuvre de la couche supérieure

La membrane **SOPRASOLAR CAP** est soudée sur la première couche, à joints décalés. Les recouvrements sont de 6 cm. L'emplacement des **SOPRASOLAR CELL** devra être conforme au plan de calepinage établi lors de l'étude du projet.

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.

63.3. Mise en œuvre des SOPRASOLAR CELL

- Liaisonnement des cellules

La membrane **SOPRASOLAR CAP** présente une surface sablée et résistante aux UV. Les cellules photovoltaïques possèdent un film pelable en sous-face. Elles sont autocollées de manière irréversible sur la membrane **SOPRASOLAR CAP** en retirant leur film pelable à raison de deux cellules par membrane **SOPRASOLAR CAP** préalablement primérisée au **SOPRASOLAR PRIM** (environ 400 g/m² - temps de séchage mini 1 heure).

Nota : au cours de sa pose, le primaire déborde légèrement au-delà des capteurs photovoltaïques : une éventuelle altération superficielle sur ces débordements exposés aux UV ne remet pas en cause le bon fonctionnement de l'ouvrage .

La disposition des cellules sur la membrane doit être respectée telle que représentée en figure 1. Il faudra prendre soin de ne pas placer de cellule sur un recouvrement longitudinal, ainsi que sur un recouvrement transversal.

Il est recommandé de laisser au minimum une demi-largeur de lé **SOPRASOLAR CAP** sans **SOPRASOLAR CELL**, ceci avec un pas de quatre cellules maximum (fig. 2).

La membrane **SOPRASOLAR CAP** a été conçue spécialement pour y intégrer les cellules photovoltaïques. La pose des cellules est réalisée à l'avancement de la pose de la membrane **SOPRASOLAR CAP** revêtue de primaire d'accrochage **SOPRASOLAR PRIM**.

En complément du collage par pleine adhérence des cellules, un cordon de **Sopramastic 200** sera appliqué sur la tranche de la cellule, sur sa largeur, afin d'assurer une bonne finition en haut de pente.

Les zones autour des cellules solaires (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.

Cependant, plusieurs options de finition esthétique sont proposées : **Flashing** + ardoisage (cf. AT **Elastophène Flam – Sopralène Flam**), finition **ALSAN**.

IMPORTANT : pour les opérations d'autocollage des cellules, 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.

RAPPEL : Il est interdit de marcher et circuler sur les cellules

- Raccordement électrique

L'entreprise d'étanchéité devra obligatoirement confier le raccordement électrique (fourniture et pose des onduleurs compris) à une entreprise spécialisée dans le photovoltaïque, titulaire du label QualiPV et agréée par **SOLARDIS** (cf. §2).

Sont susceptibles d'être agréés par **SOLARDIS**, après formation appropriée, les installateurs figurant sur les deux sites internet ci-dessous :

<http://www.portail-solaire.com/installateurs.htm>

<http://www.technosolar.fr/reseau.html>

63.4. Mise hors d'eau

Pour le principe de la mise hors d'eau ,se référer à l'AT 5/05-1810 SOPRALENE FLAM – ELASTOPHENE FLAM

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

Dans les cas prévus aux tableaux1 et 2, la démarche est identique au § 63 sous réserve que la faisabilité ait été validée par **SOLARDIS** (cf § 53).

Dans le cas d'un isolant de classe C minimale , rapporté sur l'ancienne étanchéité (cf § 53), le revêtement **SOPRASOLAR** est mis en œuvre comme dans le cas de travaux neufs .

7 Protection des parties courantes :

Le système est autoprotégé. Il est important de ne pas marcher sur les cellules.

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**, avant la mise en œuvre de **SOPRASOLAR CELL** dans les zones contigües

8 Relevés d'étanchéité

Se référer à l'AT 5/05 -1810 **SOPRALENE FLAM – ELASTOPHENE FLAM**

9 Ouvrages particuliers :

Noeues : elles sont réalisées comme les parties courantes en bicouche **SOPRASOLAR**.

Chéneaux et caniveaux : ils sont traités selon l'AT 5/05 -1810 en bicouche **SOPRALENE FLAM +SOPRALAST 50 TV ALU** ou en procédé **FLASHING**.

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 .

Joints de dilatation : ils sont exécutés conformément aux DTU série 43 ou à l'AT **SOPRAJOINT**, avec relevés bitumineux ou **FLASHING** cf. AT Elastophene Flam /Sopralene Flam 5/05-1810

10 Matériaux

101. Feuilles manufacturées

101.1. La membrane **SOPRASOLAR BASE**

SOPRASOLAR BASE est une feuille souple d'étanchéité à base de bitume élastomère (mélange de bitume et de polymère SBS), fabriqué par **SOPREMA SAS** .

SOPRASOLAR BASE	
- Armature	Composite polyester / verre de 140 g/m ² nominal
- Liant Bitume élastomère (1)	Mélange de bitume sélectionné et de polymères thermoplastiques SBS
- Epaisseur	2,5 mm minimum
- Masse surfacique	3,1 kg/m ² environ
- Rouleau : dimensions / poids	10x1m / 31 kg environ
- Face supérieure	Film thermofusible
- Face inférieure	Film thermofusible

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

SOPRASOLAR BASE	
	VLF (2)
- 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 fissures 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

(1) Selon Directives Particulières UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité homogènes en bitume élastomère SBS.

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

101.2. La membrane SOPRASOLAR CAP

La membrane **SOPRASOLAR CAP**, fabriquée par **SOPREMA SAS** 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 élastomère spécial anti UV.

	SOPRASOLAR CAP
- Armature	Composite 250 g/m ²
- Epaisseur nominale	3,5 mm sur galon (-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
- Face inférieure	Film thermofusible
- Galon de recouvrement surface	6 cm, filmthermofusible

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

SOPRASOLAR CAP	
	VLF *
- Force maximale en traction (EN 12311-1) - la longitudinale - la transversale	1100 N/ 5 cm 1000 N/ 5 cm
- Allongement à force maximale (EN 12311-1) - Longitudinal - Transversal	3 % 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 Transversale	200 N 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.

102. Les cellules photovoltaïques SOPRASOLAR CELL

Les cellules photovoltaïques, fabriquées par **UNISOLAR**, sont à base de silicium amorphe et sont auto-adhésives.

- **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

- **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)

**Puissance crête : nombre de Watts fournis sous conditions standardisées (1000 W/m²...).*
Une installation de 1 kWc produit environ 1000 kWh par an en France et requiert environ 27 m² de surface de toiture, soit environ 8 cellules de 136 Wc (voir fig.2).
L'énergie produite est fonction notamment de la situation géographique, de l'inclinaison et de l'orientation des panneaux, de l'absence d'ombres portées, ainsi que de leur état de propreté.

11 Autres matériaux

111. Primaires ou enduits à froid

SOPRASOLAR PRIM : un enduit d'imprégnation à froid à base de bitume élastomère, de solvants aromatiques et de résines.

112. Bitume EAC

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

113. SOPRAMASTIC 200

SOPRAMASTIC 200 est un mastic de jointoiement, non réticulable, à base de caoutchouc de synthèse plastifié par du bitume, compatible avec tous les composants du revêtement **SOPRASOLAR** .

114. Ecran de semi-indépendance Aérisol Flam (sur maçonnerie, béton cellulaire, ancienne étanchéité autoprotégée)

AERISOL FLAM : 36 S VV HR 2 faces film thermofusible, épaisseur 1 mm, perforation définie par la norme NF P 84-204-1-2 (DTU 43.1)

115. Sous couche fixée (sur bois et panneaux dérivés du bois, ancienne étanchéité autoprotégée)

SOPRASOLAR BASE, ELASTOPHENE FLAM 70-25 ou **SOPRAFIX HP** : cf. AT n° 5/05-1810 et 5/06-1903 de SOPREMA.

116. Matériaux complémentaires (option finition paillettes ou résine)

- Résine **FLASHING** + paillettes (se référer à l'AT 5/05-1810 **SOPRALENE FLAM – ELASTOPHENE FLAM**)
- Résine **ALSAN**

117 Pare-Vapeurs : cf. AT 5/05-1810 **ELASTOPHENE FLAM / SOPRALENE FLAM** ou CPP **NOFIX ACIER**

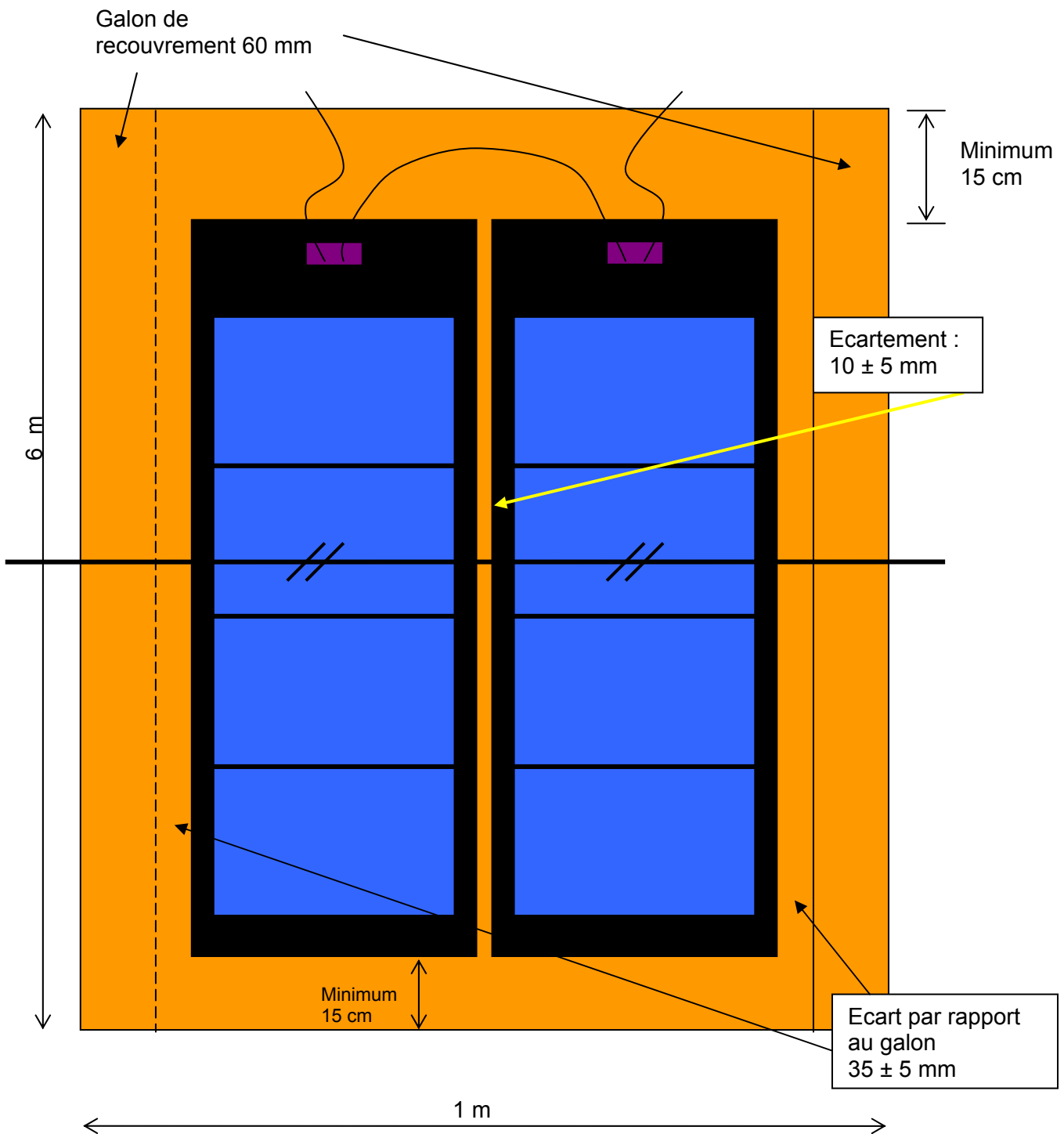
118 Autres matériaux en feuilles : cf. **ELASTOPHENE FLAM, AT SOPRAJOINT**

Tableau 1 – Revêtements apparents adhérents sur toitures inaccessibles	
	Revêtement de base et classement FIT
	Adhérent
Support direct du revêtement	Type L
	=
	SOPRASOLAR BASE
	+
	SOPRASOLAR CAP
	+
	SOPRASOLAR PRIM
	+
	SOPRASOLAR CELL
	F5I5T4
Isolants :	
• Perlite expansée (fibrée) :	
- sur maçonnerie ou béton cellulaire autoclavé	L (1)
- sur acier, bois et panneaux dérivés du bois	L (1)
• Verre cellulaire :	
- sur maçonnerie ou béton cellulaire autoclavé	EAC refroidi + L (1)
- sur acier, bois et panneaux dérivés du bois	EAC refroidi + L (1)
• Laine minérale :	
- De classe C minimum :	
• sur tous éléments porteurs	L (1)
Ancien revêtement apparent à autoprotection métallique délardée (cf. § 53) :	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	Type GS
	=	=
Support direct du revêtement	AERISOL FLAM	Sous-couche fixée
	+	+
	SOPRASOLAR BASE	SOPRASOLAR BASE
	+	+
Pente ≥ 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire	SOPRASOLAR CAP	SOPRASOLAR CAP
	+	+
Pente ≥ 3 % sur acier et bois	SOPRASOLAR PRIM	SOPRASOLAR PRIM
	+	+
	SOPRASOLAR CELL	SOPRASOLAR CELL
Bois et Panneaux dérivés du bois	GS	
Maçonnerie et Béton cellulaire	EIF + HS	
Ancien revêtement apparent à autoprotection minérale (cf. § 53).	EIF+ HS	GS

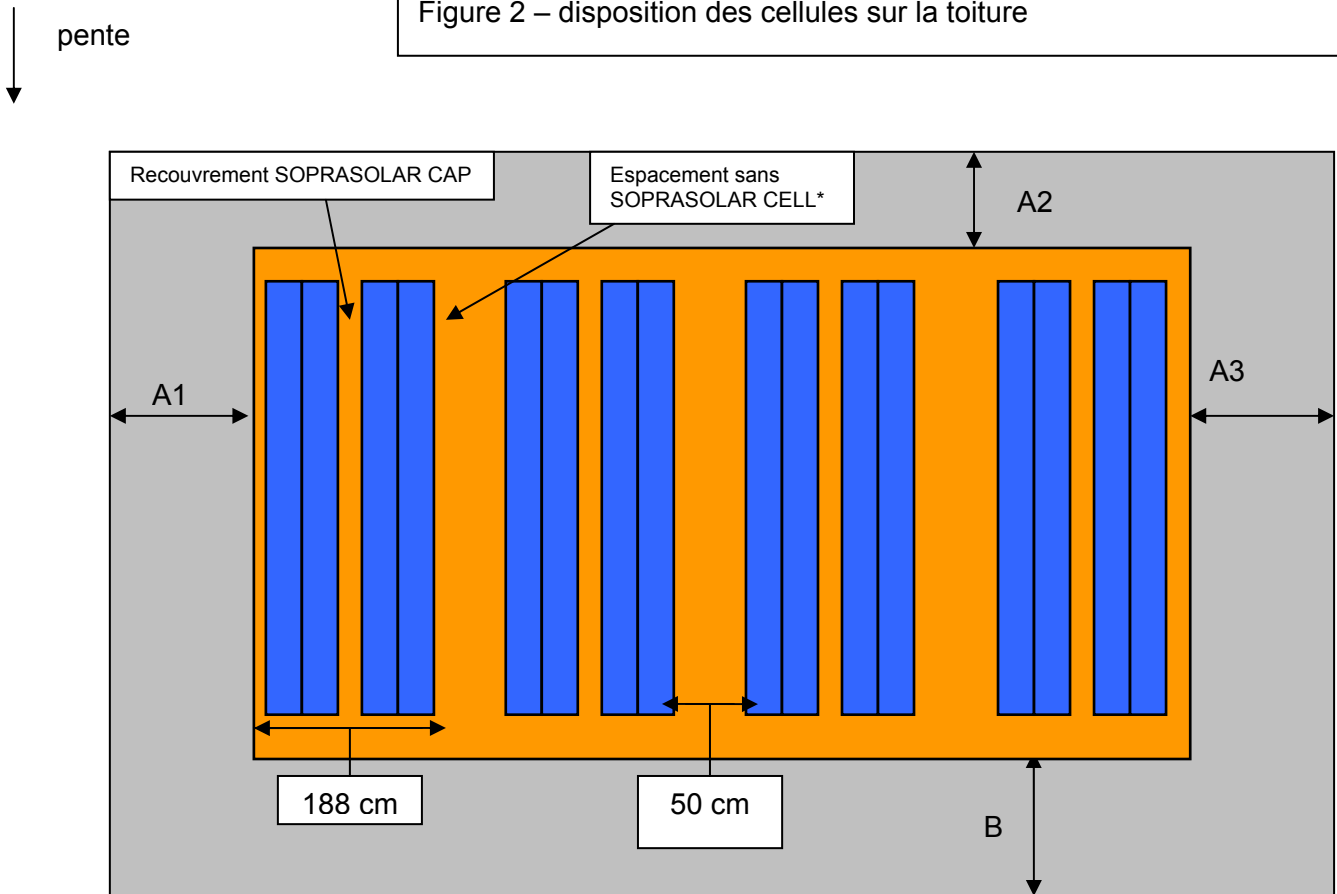
Tableau 3 – Choix et modes de fixation des panneaux isolants	
Nature	Sous étanchéité autoprotégée
Perlite expansée (fibrée) Perlite expansée(fibrée) à pente intégrée	- EAC (1) - Fixations mécaniques
Verre cellulaire Verre cellulaire à pente intégrée	- - EAC (1)
Laine minérale classe C	- EAC (1) - Fixations 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.	

Figure 1 – disposition des cellules sur la membrane Soprasolar



Les deux cellules doivent être placées 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** et au minimum à 150 mm de chaque bord transversal.

Figure 2 – disposition des cellules sur la toiture

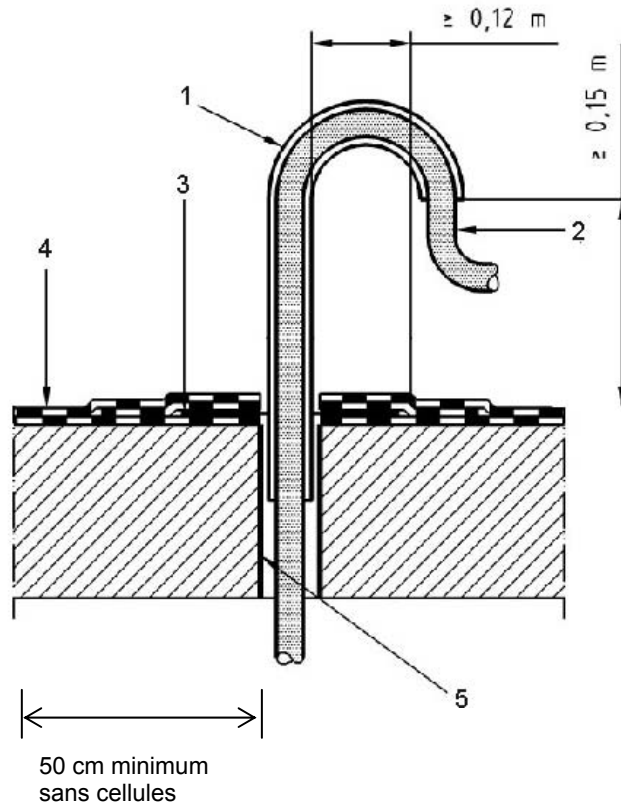


Deux zones bleues contigües représentent deux cellules solaires sur un lé SOPRASOLAR CAP.
 * L'espace orange d'une demi-largeur de lé au moins, sans cellules, facilite la mise en œuvre des cellules avoisinantes et l'entretien de la toiture photovoltaïque.

Pour les côtes A1, A2, A3 et B, se référer au paragraphe 43 : périphéries de toiture, noues, zones d'ombre, ...

- Surface de toiture classique non concernée par les cellules
- Surface de toiture concernée par les cellules (~27 m² / kWc)

Figure 3 : Traversée des câbles électriques Raccordements à l'étanchéité à l'aide d'une crosse - Exemple



Légende :

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

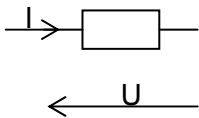
12 Annexe : Points traitant de l'aspect électrique

1. Informations générales

Notions d'électricité :

- la puissance P (en Watts) est le produit de la tension U (en Volts) par l'intensité I (en Ampères) : $P = U \times I$
- en série, la tension s'additionne, l'intensité est constante
- en parallèle, l'intensité s'additionne, la tension est constante

Exemple : installation de 6,12 kWc, soit 45 SOPRASOLAR CELL 136

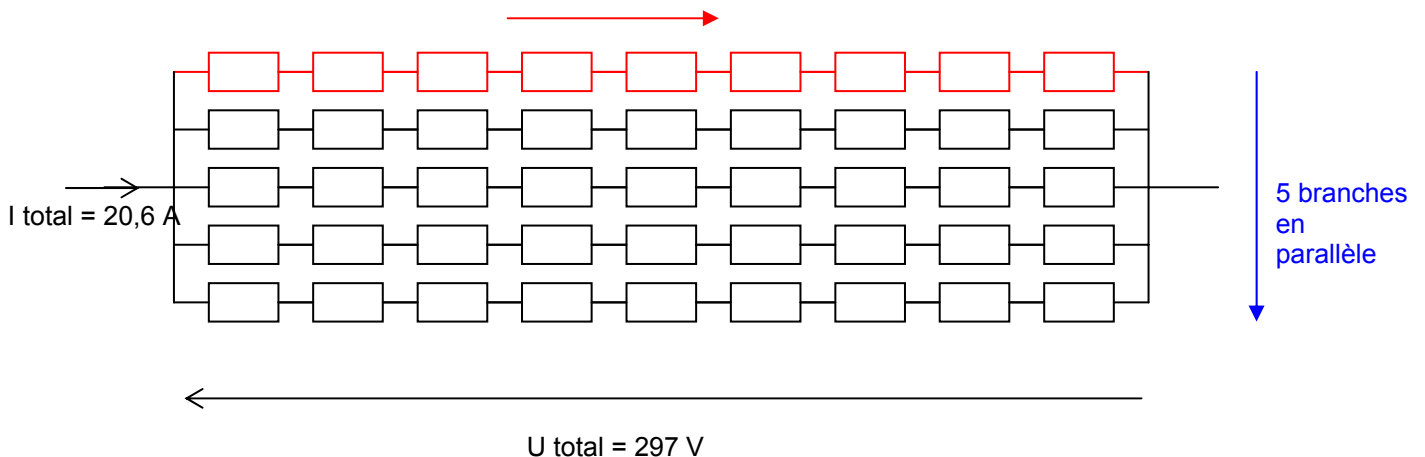


1 cellule solaire délivre une tension $U = 33$ V et une intensité $I = 4,12$ A

Raccordement des 45 cellules sur la toiture solaire :

Par définition, des cellules solaires associées en série constituent « une branche ».

9 cellules en série = 1 branche



Tension U_b dans une branche : 9 cellules sont associées en série, leur tension d'additionne : soit

$$U_b = U + U + \dots + U \text{ neuf fois, avec } U \text{ la tension d'une cellule}$$

$$U_b = 9 \times U = 9 \times 33 \text{ V} = 297 \text{ V}$$

- Tension totale : $U_{\text{total}} = U_b$ car les branches sont en parallèle, la tension ne s'additionne pas

- Intensité d'une branche I_b : en série, l'intensité ne s'additionne pas, l'intensité de la branche est égale à l'intensité d'une cellule soit $I_b = 4,12$ A

Intensité totale : les 5 branches sont associées en parallèle, leur intensité s'additionne : soit $I_{\text{total}} = I_b + I_b + \dots + I_b = 4,12 \text{ A} \times 5 = 20,6$

Le nombre de cellules à connecter en série, ainsi que le nombre de branches en parallèle, seront déterminés par l'électricien spécialisé, en fonction des onduleurs qu'il proposera.

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

2. Précautions à prendre contre le choc électrique

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

3. Chemin de câbles

- Lorsque deux modules se font face avec leurs connexions, l'espacement maximal entre les modules est de 50 cm afin de pouvoir rassembler les câbles dans un chemin de câbles commun. (cf. figure 4)
- Des chemins de câbles, définis par l'électricien, en fils d'acier inoxydable soudés adaptés au climat concerné ou en plastique résistant aux UV peuvent être utilisés. Il est nécessaire de prévoir un couvercle pour le chemin de câbles. Ces dimensions ainsi que le type du chemin de câbles dépendront du nombre de câbles à acheminer. Elles seront déterminées par l'électricien spécialisé.

4. Supports de chemin de câbles

- Les supports de chemin de câbles devront résister aux intempéries et seront placés selon un espacement qui dépend de la portance du chemin de câbles utilisé et de leur aptitude en résistance au vent. Cette distance entre supports devra être précisée par l'électricien compétent, avec au minimum un tous les 1,5 mètres.
- Cas de supports métalliques liaisonnés sur l'étanchéité : ce sont par exemple des 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 5A). Ces supports sont liaisonnés sur leurs deux côtés sur l'étanchéité à l'aide de bandes de membranes bitumineuses soudées (cf. figure 5B). La mise en place de ces supports doit être faite par l'étancheur.
- Cas de 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 3 cm minimum. Il conviendra de poser les dalles de béton sur un écran de protection (non-tissé polyester) 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 $\leq 5\%$.

121.1. Mise en œuvre des modules photovoltaïques

En référence au §2 du CPP, l'entreprise qui pose les modules photovoltaïques aura obligatoirement suivi la formation dispensée par SOPREMA avant son premier chantier. Il faut respecter la technique de liaisonnement des modules sur l'étanchéité enseignée afin que le module photovoltaïque épouse parfaitement le support.

Il est obligatoire de confirmer l'adhérence du module photovoltaïque sur la membrane en marouflant toute la périphérie du module à l'aide d'une roulette en plastique semi-rigide de 40 mm de large.

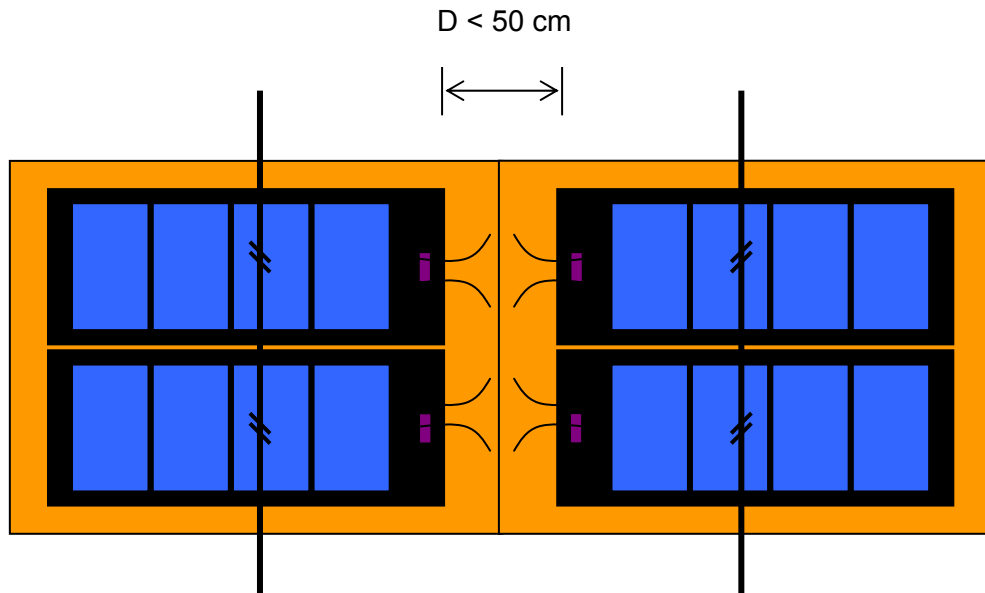


Figure 4 :
Espacement maximal de 50 cm

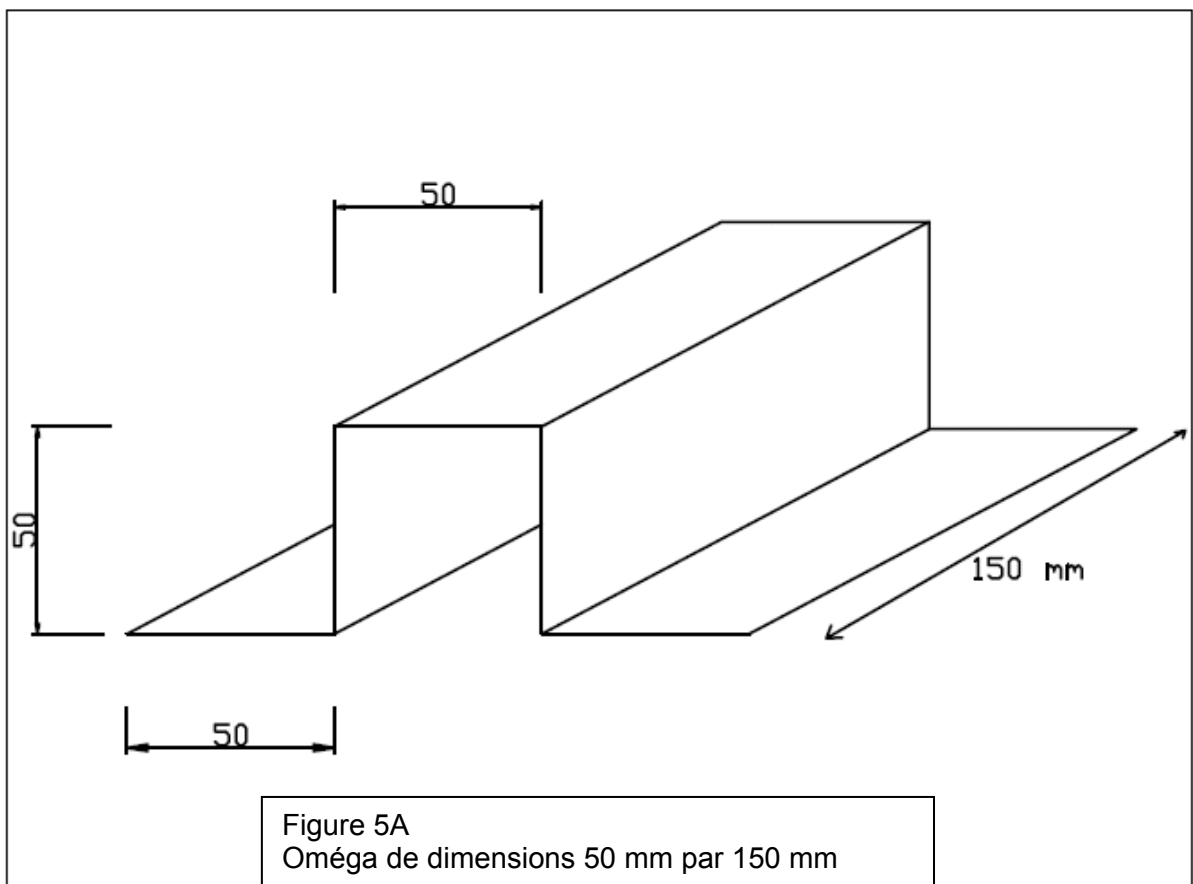
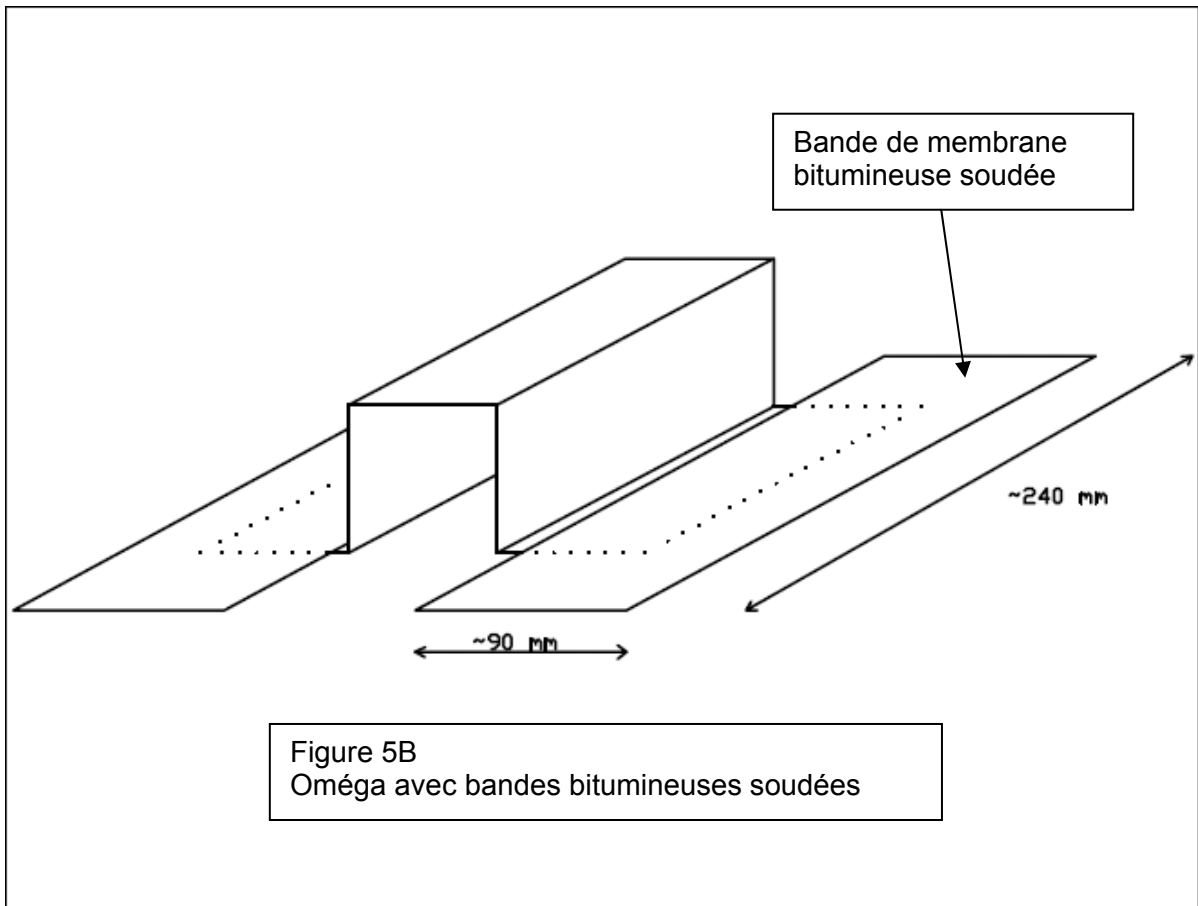


Figure 5A
Oméga de dimensions 50 mm par 150 mm



SOLARDIS

7 rue du Fossé Blanc 92333 GENNEVILLIERS CEDEX – France
Internet : <http://www.soprasolar.com>

SOLARDIS se réserve, en fonction de l'évolution des connaissances et des techniques, de modifier sans préavis la composition et les conditions d'utilisation de ses matériaux donc subséquemment leur prix. En conséquence toute commande ne sera acceptée qu'aux conditions et aux spécifications techniques en vigueur au jour de la réception de celle-ci.