

Avis Technique 21/11-18

Procédé photovoltaïque
Photovoltaic system
Photovoltaiksysteme

Revêtement d'étanchéité photovoltaïque mis en œuvre en toiture

Derbisolar®

Titulaire : Imperbel SA
Parc Industriel
BE-1360 Perwez

Usines : Imperbel SA
Parc Industriel
BE-1360 Perwez

United Solar Ovonic
Usine de Auburn Hills (USA)

Distributeur : Derbigum France
ZI Roubaix Est
Rue de la Plaine
FR-59115 Leers

Tel : 03 20 65 99 65
Fax : 03 20 65 99 60
Site internet : www.derbigum.fr
E-mail : infofr@derbigum.com

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

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 28 juillet 2011



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe spécialisé n° 21 « Procédés photovoltaïques » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 23 juin 2011, le revêtement d'étanchéité photovoltaïque mis en œuvre en toiture « Derbisolar® » présenté par la société IMPERBEL. Il a été formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Le procédé Derbisolar® est un revêtement d'étanchéité photovoltaïque intégrant des films photovoltaïques souples.

Il est constitué d'un revêtement d'étanchéité en bitume modifié Derbisolar Base, sur lequel sont collés sur chantier, par auto-adhésivité, un ou plusieurs films photovoltaïques (PVL-68, PVL-136 ou PVL-144). Ces films produisent de l'électricité en transformant l'énergie solaire reçue.

Le procédé Derbisolar® est mis en œuvre selon les techniques de pose suivantes :

- fixé mécaniquement, en système bicouche Derbicoat HP et Derbisolar Base (mise en œuvre de type E et E'),
- en adhérence totale, par collage à froid en système bicouche Derbicoat HP et Derbisolar Base (mise en œuvre de type B),
- en adhérence totale par soudage en système bicouche Derbicoat HP et Derbisolar Base (mise en œuvre de type D).

1.2 Identification des produits

Chaque film photovoltaïque est identifié par un code barre et sur leur emballage figurent le nom du film, le nombre de films et le numéro de fabrication.

Les feuilles sont conditionnées en rouleaux identifiés par des bandes adhésives où figurent le nom commercial des feuilles, les dimensions, le numéro de fabrication et le marquage CE.

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 Derbisolar® s'applique sur toiture-terrasse et toiture inclinée inaccessible, à versants plans ou courbes.

La pente minimale est de 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire et de 3 % sur tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés du bois.

Le procédé est utilisé en climat de plaine, en travaux neufs et de réfection en zones de vent 1, 2, 3 et 4 selon les règles NV 65 modifiées.

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 Derbisolar® est conforme à la norme NF EN 61646.

2.22 Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES pour le procédé Derbisolar®. Il est rappelé que les FDES n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé Derbisolar®.

2.23 Aptitude à l'emploi

2.231 Fonction Génie Electrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

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

Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante 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 aptitude à l'emploi 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, ayant un indice de protection électrique IP 67, sont des connecteurs débranchables 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 constitué de 22 cellules et le film PVL-68 de 11 cellules.

Puissance crête des modules utilisés

Les puissances crêtes des films photovoltaïques sont 68 Wc pour le PVL-68, 136 Wc pour le PVL-136 et 144 Wc pour le PVL-144.

2.232 Fonction 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 classement de tenue au feu du procédé Derbisolar® est connu pour les systèmes cités au *paragraphe B* du Dossier Technique.

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.

Dans le cas des Etablissements Recevant du Public (ERP), la Commission Centrale de Sécurité (CCS) préconise par ailleurs la réalisation de mesures visant à assurer la sécurité des intervenants et des usagers (Voir « Avis de la CCS sur les mesures de sécurité à prendre en cas d'installation de panneaux photovoltaïques dans un ERP – Relevé des Avis de la réunion du 5 novembre 2009 de la sous-commission permanente de la CCS »).

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.

Résistance au vent

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant en zones de vent 1, 2, 3 et 4 (cf. Règles NV 65 modifiées).

Pour les mises en œuvre de type E et E', le système de référence du procédé, selon l'*e-Cahier du CSTB 3563* « Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement » de juin 2006, est caractérisé par :

- Effort admissible par fixation du système de référence :
 $Wadm_{sr} = 794 \text{ N/fixation}$.

- Attelage de fixations du système de référence :
 - résistance à l'arrachement de l'attelage $P_{K_{sr}} = 1300 \text{ N}$,
 - dimensions de la plaquette SFS IR : 82 mm × 40 mm (épaisseur 1 mm).

Pour les mises en œuvre de type B et D, la limite de vent extrême est de 4712 Pa, sauf dans les conditions définies au *tableau 5* du Dossier Technique.

2.24 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 chapitre 3 du Dossier Technique.

2.25 Fabrication et contrôles

Les feuilles bitumineuses sont fabriquées par la société Imperbel, sur son site de production situé à Perwez (Belgique), 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 Etats-Unis.

Les contrôles internes de fabrication 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 photovoltaïques étant réalisée sur chantier, la qualité du collage peut être appréciée favorablement, dans la mesure où les poseurs sont formés par Derbigum France.

2.26 Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé Derbisolar®, 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.

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

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément au guide UTE C 15-712-1 en vigueur 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.

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 Derbisolar® s'applique sur toiture-terrasse et toiture inclinée 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 Plancher composite en béton

L'ancrage des attelages de fixations mécaniques dans la dalle collaborante d'un plancher composite de la norme NF DTU 23.2 est uniquement possible en travaux neufs.

Dans ce cas, la présence, la répartition et les charges induites par les fixations des attelages dans la dalle collaborante du gros œuvre, sera indiquée dans les Documents Particuliers du Marché par le maître d'ouvrage assisté de son maître d'œuvre.

2.322 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.

2.323 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 existe une couche isolante, 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 ($\frac{W}{n} > 7,5 \text{ g/m}^3$).

2.324 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 de la réfection sur éléments porteurs en maçonnerie, en béton cellulaire, en bois et panneaux dérivés du bois pour le revêtement Derbisolar® de type E et E', la résistance caractéristique P_k est systématiquement mesurée par campagne d'essais in situ, menée selon le Cahier 3563 du CSTB.

2.325 Installation électrique

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

2.326 Mise en œuvre

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

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

2.327 Entretien et réparation

Un contrat d'entretien doit être établi entre le maître d'ouvrage et l'entreprise qui a réalisé les ouvrages d'étanchéité ou auprès d'une entreprise agréée par Derbigum France pour le procédé.

L'entretien du procédé Derbisolar® doit être réalisé conformément au paragraphe 3.2 du Dossier Technique.

La réparation et le remplacement du procédé Derbisolar® doivent être réalisés conformément au paragraphe 3.3 du Dossier Technique.

2.328 Assistance technique

Les sociétés Imperbel et Derbigum France sont tenues d'apporter leur assistance technique à toute entreprise installant le procédé qui en fera la demande.

Conclusions

Appréciation globale

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

Une réserve est émise en cas de mise en œuvre par thermosoudage à travers un écran perforé sur panneaux isolants de polyuréthane parementés voile de verre bitumés.

Validité

Jusqu'au 30 juin 2014.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président
Georges CHAMBE

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Les applications de ce procédé, en climat de montagne (altitude > 900 m), ne sont pas concernées par le domaine d'emploi accepté par l'Avis.

Le Groupe Spécialisé souhaite également préciser que les préconisations relatives à l'installation électrique, conformes aux prescriptions actuelles du guide UTE C 15-712-1 en vigueur, nécessitent d'évoluer parallèlement aux éventuelles mises à jour de ce guide.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21
Nadège BLANCHARD

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Le procédé Derbisolar® est un revêtement d'étanchéité photovoltaïque intégrant des films photovoltaïques souples de type silicium amorphe (a-Si).

Il est constitué d'un revêtement d'étanchéité en bitume modifié Derbisolar Base, sur lequel sont collés sur chantier, par auto-adhésivité, un ou plusieurs films photovoltaïques (PVL-68, PVL-136 ou PVL-144). Ces films produisent de l'électricité en transformant l'énergie solaire reçue.

Le procédé Derbisolar® est mis en œuvre sur toiture-terrasse et toiture inclinée inaccessible (au sens du DTU série 43 concerné), ayant une pente minimale de 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire et de 3 % sur toles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés du bois et une pente maximale $\leq 100\%$. La pente minimale a pour but d'éviter les flaches d'eau.

Les modes de mise en œuvre sont les suivants :

- fixé mécaniquement, en système bicouche Derbicoat HP et Derbisolar Base (mises en œuvre de type E et E'),
- en adhérence totale, par collage à froid en système bicouche Derbicoat HP et Derbisolar Base (mise en œuvre de type B),
- en adhérence totale par soudage en système bicouche Derbicoat HP et Derbisolar Base (mise en œuvre de type D).

2. Organisation de la mise en œuvre

2.1 Etanchéité photovoltaïque

Sa mise en œuvre est assurée par des entreprises d'étanchéité qualifiées et obligatoirement formées par Derbigum France.

La formation s'articule autour :

- de stages de formation à l'école de pose de Derbigum France ou éventuellement chez les entreprises d'étanchéité (après accord préalable de Derbigum France). Ces stages sont nominatifs et sanctionnés par la délivrance d'un certificat de stage,
- de démarrages de chantier effectués par des formateurs, pouvant être demandés à Derbigum France.

Lors de l'étude du projet photovoltaïque, un plan de calepinage, prenant en compte les prescriptions du présent Dossier Technique, est réalisé par le concepteur (maître d'œuvre, bureau d'étude, architecte, entreprise d'étanchéité, entreprise d'électricité,...) en concertation avec les entreprises d'étanchéité et d'électricité ou, sur certains projets, par Derbigum France. Lorsque le plan de calepinage n'est pas établi par cette dernière, on peut demander à Derbigum France d'exprimer son avis sur celui-ci.

2.2 Raccordement électrique

La connexion, le câblage du champ photovoltaïque, la fourniture et la pose des onduleurs et divers matériels pour le raccordement électrique jusqu'en sortie d'onduleur, sont assurés par des électriciens habilités ayant suivi une formation théorique et pratique dans le domaine des installations photovoltaïques (par exemple, titulaire de l'appellation Quali'PV). Les prescriptions relatives au raccordement électrique sont traitées au chapitre 9.

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

3. Entretien et réparation

3.1 Précautions de circulation

- Il est interdit de marcher directement sur les films photovoltaïques.
- Une zone de circulation autour du champ photovoltaïque est prévue, reliée à l'accès en toiture (sans films photovoltaïques).
- Il est possible de marcher aux endroits où il n'y a pas de films photovoltaïques, tels que les recouvrements longitudinaux des feuilles Derbisolar Base et en bout des films photovoltaïques.

3.2 Entretien

L'entretien des toitures est celui prescrit par les normes NF P 84-203 à NF P 84-208 (DTU série 43) concernées.

Dans le cas de revêtements d'étanchéité photovoltaïques, le maître d'ouvrage doit obligatoirement souscrire un contrat d'entretien auprès de l'entreprise qui a réalisé les ouvrages d'étanchéité, voire auprès d'une entreprise agréée par Derbigum France pour le procédé.

Ce contrat d'entretien comporte des visites semestrielles d'entretien et de maintenance éventuelle ; il comprend entre autre :

- Le contrôle et l'entretien de l'étanchéité.
- Le contrôle de l'état des films, du champ photovoltaïque et des connexions électriques.
- L'enlèvement, sur les films, des éventuels détritiques et le nettoyage des salissures diverses.
- Le contrôle et le maintien en condition des dispositifs d'évacuations d'eaux pluviales.
- Le contrôle des détails (antennes, pénétrations de toitures, etc.).

Sur des sites particulièrement exposés aux salissures (pollutions importantes ; dépôts excessifs de poussière), la fréquence du nettoyage peut être accentuée pour prendre en compte ces spécificités.

Pour le nettoyage des films photovoltaïques, il convient :

- d'utiliser exclusivement de l'eau (sans additif quelconque), sous pression maximale de 2,5 bars (ne pas utiliser de matériel à haute pression) avec un tuyau d'arrosage ou un arrosoir,

Pour cela, le maître d'ouvrage doit prévoir une ou plusieurs alimentations en eau; chacune d'elles ne devant pas être distante de plus de 50 m de tout point de la toiture et chacune d'elles devant rester en état de fonctionnement,

- d'utiliser une raclette en caoutchouc ou en mousse avec un manche de longueur adéquate.

Note : le contrôle et l'entretien des équipements électriques installés sont ceux prescrits par les normes électriques en vigueur. Ils font également l'objet d'un contrat d'entretien ou de maintenance auprès de l'électricien qui a réalisé les ouvrages électriques (ou autre entreprise d'électricité habilitée et expérimentée).

3.3 Réparation

Ce procédé peut être facilement réparé en cas de blessure accidentelle :

- de l'étanchéité seule (sans film photovoltaïque) : reconstituer l'étanchéité selon les dispositions du présent Dossier Technique.
- du revêtement d'étanchéité photovoltaïque :
 - si tout le film est concerné, arracher le film blessé et préparer la surface selon la méthode fournie par Derbigum France, afin d'obtenir une surface lisse, propre et sèche ; puis remettre un nouveau film selon les dispositions du présent Dossier Technique. S'il est constaté que l'étanchéité est altérée, reconstituer l'étanchéité puis remettre un nouveau film selon les dispositions du présent Dossier Technique,
 - s'il s'agit d'une blessure sur la couche superficielle du film (perçement de l'EVA non préjudiciable au fonctionnement global de l'installation), suivre la méthode fournie par Derbigum France.

4. Destination et domaine d'emploi

4.1 Généralités

Le procédé Derbisolar® est employé en climat de plaine, en travaux neufs ou de réfection, pour toitures-terrasses plates et toitures inclinées inaccessibles, à versants plans ou courbes.

Le procédé est employé sur locaux à faible, moyenne, forte hygrométrie (selon les normes NF P 84-203 à NF P 84-207 (DTU série 43) concernées) ; ou sur locaux à très forte hygrométrie (système fixé mécaniquement exclu).

Les règles et clauses des normes NF P 84-203 à NF P 84-207 (DTU série 43), non modifiées par le présent Dossier Technique, sont applicables.

4.2 Cadre d'utilisation

Les *tableaux 1, 2 et 3* résument les conditions d'utilisation du procédé Derbisolar®, en apparent sur toitures-terrasses et toitures inclinées inaccessibles. Son emploi doit prendre en compte les règles propres aux éléments porteurs et/ou aux panneaux isolants supports, qui peuvent restreindre ou affecter le domaine d'utilisation.

4.3 Règles de conception pour la mise en place des films photovoltaïques

4.31 Règles pour l'exposition du champ photovoltaïque

Il faut prendre en compte les incidences du site et des constructions avoisinantes sur le champ photovoltaïque, notamment : la présence d'ombres projetées par des éléments situés aux alentours du bâtiment et de sa toiture (arbres, autres constructions plus hautes, montagnes, etc....).

De plus, les films photovoltaïques doivent être mis en œuvre sur des surfaces de toitures présentant une exposition maximale au rayonnement solaire, et le plus possible hors de l'ombrage porté par des équipements en toiture.

4.32 Règles pour l'implantation des films (voir *figure 1*)

Indépendamment des zones avec ombres portées, il n'y a pas de films photovoltaïques aux endroits suivants :

- Dans une zone de 50 cm minimum en périphérie de toitures et ouvrages émergents tels que lanterneaux, coupoles, cheminées, joints de dilatation,...
- Dans une zone de 100 cm minimum en périphérie d'équipements (VMC par exemple).
- Dans une zone de 150 cm minimum de part et d'autre du fil d'eau des noues centrales ou de rives.
- Dans une zone de 150 cm minimum de diamètre centré sur les évacuations d'eaux pluviales.
- Autour de systèmes d'extraction où il y a un risque d'accumulation de débris, saletés, poussières ou aérosol.
- Dans les zones à rupture de pente (faitage par exemple).
- Les DPM peuvent définir les périphéries de toitures comme chemins de circulation. Dans ce cas, on veillera à ce que l'acrotère éventuel ait une fonction garde-corps ou à installer un garde-corps conforme à la réglementation, en rive et autour des ouvrages présentant des risques de chute.
- Des zones techniques peuvent se trouver sur des zones adjacentes à la toiture photovoltaïque traitée ; elles doivent être éloignées de 100 cm minimum du champ photovoltaïque.

5. Prescriptions relatives aux éléments porteurs et aux supports

5.1 Éléments porteurs et supports en maçonnerie

Sont admis les éléments porteurs et supports en maçonnerie conformes à la norme NF P 10-203 (DTU 20.12) ou bénéficiant d'un Avis Technique favorable ; à l'exclusion, pour le système fixé mécaniquement, des chapés ou formes de pente en béton léger ou lourd (les dalles ou formes de pente rapportées sur un plancher composite en béton, selon la norme NF DTU 23.2, sont admises avec des essais d'arrachement in situ sur les fixations mécaniques), les voiles précontraints, les voiles minces préfabriqués, les corps creux avec ou sans chape de répartition, les planchers à chauffage intégré, les planchers comportant des distributions électriques noyées et les planchers de type D sans dalle de répartition définis dans la norme NF P 10-203 (DTU 20.12).

5.2 Éléments porteurs et supports en dalles de béton cellulaire autoclavé armé

Sont admises les dalles de béton cellulaire autoclavé armé bénéficiant d'un Avis Technique favorable. Le support est mis en œuvre conformément à ces Avis Techniques et aux "Conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé" (Cahier du CSTB 2192 - octobre 1987).

5.3 Éléments porteurs et supports bois et panneaux dérivés du bois

Sont admis les supports traditionnels en bois massif et panneaux dérivés du bois conformes à la norme NF P 84-207 (DTU 43.4) et les supports non traditionnels (panneaux composites sandwichs,...) bénéficiant d'un Avis Technique favorable.

5.4 Éléments porteurs en tôles acier nervurées

Ils sont conformes aux prescriptions de la norme NF P 84-206 (DTU 43.3) ou pour les tôles d'acier nervurées d'ouverture haute de nervure (OHN) supérieure à 70 mm conformes aux prescriptions du Cahier des Prescriptions Techniques « 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 - janvier 2009).

5.5 Supports isolants non porteurs

Les revêtements d'étanchéité n'apportent pas de limite à la résistance thermique des supports isolants.

Sont admis en support direct du revêtement d'étanchéité, les panneaux isolants de classe C à 80 °C (compressibilité selon Guide UEAtc) ainsi que les panneaux isolants en polystyrène expansé (PSE) de classe de compressibilité B à 80 °C. Ces panneaux isolants mentionnés dans les *tableaux 1, 2 et 3* sont admis dans les conditions de leur Document Technique d'Application particulier pour l'emploi considéré.

Lorsque l'isolant a une résistance à la compression à 10 % inférieure à 100 kPa (NF EN 826), les fixations mécaniques du revêtement d'étanchéité doivent être du type « solide au pas ».

5.51 Mise en œuvre du pare-vapeur

Le choix et le principe de mise en œuvre de l'écran pare-vapeur sont résumés dans le *tableau 4*.

Lorsque le relief est en maçonnerie, dans le cas d'isolant placé sous le revêtement d'étanchéité, la continuité du pare-vapeur avec le relevé d'étanchéité est assurée par une équerre de renfort Derbigum SP 3 comportant un talon de 6 cm au minimum soudé sur le pare-vapeur et une aile verticale soudée dépassant d'au moins 6 cm au-dessus du nu supérieur de l'isolant de partie courante.

5.52 Mise en œuvre de l'isolant

Le choix et le principe de mise en œuvre des panneaux isolants sont résumés dans le *tableau 5*.

Les panneaux isolants sont mis en œuvre en quinconce et jointifs selon les prescriptions de leur Document Technique d'Application particulier. Sur tôles d'acier nervurées, le joint filant est perpendiculaire aux nervures des tôles.

Cas particulier du polystyrène expansé (PSE) : l'écran thermique Derbicoat Mono est déroulé à sec, avec joints de recouvrements de 10 cm libre.

5.6 Supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité

Ce sont d'anciennes étanchéités apparentes type asphalte, multicouche traditionnel ou à base de bitume modifié pouvant être sur différents supports (maçonnerie, béton cellulaire autoclavé, bois et dérivés du bois, panneaux isolants sur les trois éléments porteurs précités et tôles d'acier nervurées). Les critères de conservation et de préparation de ces anciennes étanchéités sont définis dans la norme NF P 84-208 (DTU 43.5). Les relevés anciens sont déposés sauf s'ils sont parfaitement adhérents.

Pour évaluer la possibilité de pose directe du revêtement Derbisolar® sur l'ancien complexe d'étanchéité, une étude particulière est demandée à Derbigum France, avec visite sur le site, afin d'évaluer la possibilité de conservation de l'ancien complexe d'étanchéité suivant le type, l'âge et l'état de l'étanchéité existante (état de vieillissement, état de surface, planéité,...) et suivant le type et l'état de l'isolation existante.

Dans le cas contraire, si la pose directe n'est pas possible mais que l'ancien complexe d'étanchéité peut néanmoins être conservé après diagnostic favorable selon la norme NF P 84-208 (DTU 43.5), le revêtement Derbisolar® peut être mis en œuvre sur un isolant selon les dispositions du paragraphe 5.5 ou un platelage.

6. Prescriptions relatives aux revêtements

6.1 Généralités

6.1.1 Règles de substitution

Le Derbisolar Base peut être remplacé par le Derbibrite® NT, de même longueur.

La première couche Derbicoat HP peut être remplacée par une feuille d'étanchéité décrite au paragraphe 10.6.

L'équerre de renfort Derbigum SP 3 peut être remplacée par une équerre de renfort décrite au paragraphe 10.6.

6.1.2 Règles d'inversion

L'inversion des couches n'est pas autorisée.

6.1.3 Dispositions générales

Pour les pentes comprises entre 2-3 % et 5 %, la deuxième couche en Derbisolar Base munie de ses films photovoltaïques est posée, dans le sens de la longueur, dans le même sens que la pente (*figure 2*) ou perpendiculaire à la pente (pose transversale).

Pour éviter les joints dans l'eau au niveau des recouvrements, les feuilles sont posées à partir du point bas vers le point haut.

6.2 Mise en œuvre du système fixé mécaniquement (*Tableau 1*)

6.2.1 Mise en œuvre de la 1^{ère} couche : Derbicoat HP

Les feuilles de la première couche Derbicoat HP sont déroulées à sec sur le support, positionnées et fixées mécaniquement en lisière sous les recouvrements longitudinaux soudés au chalumeau. Sur élément porteur en tôle d'acier nervurée (TAN), les feuilles sont déroulées perpendiculairement aux nervures.

Les recouvrements longitudinaux sont d'au moins 12 cm, les transversaux d'au moins 15 cm, soudés au chalumeau (*figure 3*).

6.2.1.1 Densité et répartition des fixations en partie courante, rives et angles

L'espacement maximal entre fixations est calculé en fonction de la zone et du site de vent (selon les Règles NV 65 modifiées), à la localisation en toiture, aux dispositions du Cahier des Prescriptions Techniques « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toiture fixés mécaniquement » (e-Cahier du CSTB 3563 de juin 2006) et à la charge dynamique admissible par fixation : $W_{admsr} = 794 \text{ N/fixation}$.

- La densité n'est jamais inférieure à 3 fixations/m² et l'intervalle entre fixations n'est jamais inférieur à 18 cm (ni supérieur à 34 cm), dans le cas contraire, on utilise des demies largeurs de feuille (55 cm), fixées en lisière sous les recouvrements soudés au chalumeau ou des lignes de fixations complémentaires en milieu de feuille, pontées par bande de 20 cm de largeur en Derbicoat HP soudée au chalumeau (*figure 4*).
- Les fixations mécaniques utilisées ont une plaquette adaptée à l'éventuel isolant de dimensions 82 mm x 40 mm x 10/10³ mm, de classe 2 anti-corrosion et de résistance caractéristique $P_{k_{sr}} \geq 1300 \text{ N}$ (sur élément porteur en tôles d'acier nervurées d'épaisseur nominale 0,75 mm).
- En pied des reliefs et émergences, le revêtement reçoit une rangée complémentaire de fixations (qui ne sont pas comptées dans le calcul de densité moyenne), espacées de 0,25 m environ (1 par plage sur tôle d'acier nervurée) (*figure 4* et *figure 5*).

Pour les éléments porteurs ou les fixations autres que celui du système de référence, l'adaptation est faite conformément aux règles d'adaptation du Cahier des Prescriptions Techniques « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toiture fixés mécaniquement » (e-Cahier 3563 du CSTB - juin 2006).

Dans le cas de la réfection sur éléments porteurs en maçonnerie, béton cellulaire, bois et panneaux dérivés, la résistance caractéristique est systématiquement mesurée par campagne d'essai in situ.

Sur demande, et en fournissant les éléments ci-dessus, l'assistance technique de Derbigum France fournit les calculs d'espacement.

6.2.1.2 Espacement des fixations

Les *tableaux 7 à 10* présentent les calculs des espacements entre fixations de la feuille d'étanchéité dans les conditions simplifiées des Règles NV 65 modifiées, qui prennent en compte des bâtiments d'élanement courant à versants plans et courbes de hauteur 20 m au plus, avec éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, en bois et dérivés du bois, en béton ou en béton cellulaire, ouverts ou fermés, en travaux neufs ou en réfection, pour des attelages de résistance caractéristique $P_k \geq 1300 \text{ N}$.

Pour un attelage de résistance caractéristique $P_k > 1300 \text{ N}$, on adopte la résistance caractéristique $P_k = 1300 \text{ N}$.

Pour un attelage de résistance caractéristique plus basse, une correction de l'écartement doit être faite dans le rapport des résistances caractéristiques ; lorsque nécessaire, demander l'assistance technique de la société Derbigum France.

6.2.2 Mise en œuvre de la 2^{ème} couche : Derbisolar Base

6.2.2.1 Adhérence à la colle à froid (pente $\leq 15 \%$) (Type E)

Cette technique de pose n'est admise que sur les supports ayant une pente $\leq 15 \%$.

Les rouleaux sont alignés sur le support en système « Bloc », avec des recouvrements longitudinaux de 10 cm, puis ré-enroulés ou repliés en deux. On applique la colle à froid Derbibond NT sur le support propre et sec, à raison d'au moins 1 kg/m², au moyen d'une raclette dentelée spéciale (disponible auprès de Derbigum France), puis on déroule les feuilles dans cette colle.

Le système « Bloc » consiste à aligner les abouts de feuilles, recouvrements longitudinaux d'au moins 10 cm.

Les recouvrements longitudinaux sont soudés au chalumeau et dans la foulée, à l'avancement, ils sont soigneusement pressés à l'aide d'un rouleau presseur propre de $\pm 9 \text{ kg}$ (disponible auprès de Derbigum France). Lors du pressage, un petit cordon régulier de bitume (2 à 5 mm) doit fluer et dépasser la ligne de jonction. On obtient ainsi un « Bloc ».

Système « Bloc 1 » (voir *figure 6*) :

Les abouts de lés sont ensuite pontés par des bandes de pontage en Derbisolar Base d'une largeur minimale de 33 cm, soudées en plein au chalumeau, vague de bitume devant les bandes, sur toute leur largeur, centrées sur les abouts des « Blocs ». Dans la foulée, la bande est pressée au moyen d'un rouleau presseur propre.

Un autre « bloc » est réalisé en Derbisolar Base et les abouts de lés sont soudés sur la bande de pontage avec recouvrements de 15 cm.

Système « Bloc 2 » (voir *figure 7*) :

On continue en réalisant un autre « Bloc » avec des feuilles qui sont mises bout à bout par rapport aux feuilles du « Bloc » adjacent, tout en gardant un recouvrement longitudinal d'au moins 10 cm.

Les lignes de contact entre les « Blocs » adjacents sont ensuite pontées par des bandes de pontage en Derbisolar Base d'une largeur minimale de 33 cm, soudées en plein au chalumeau, vague de bitume devant les bandes, sur toute leur largeur, centrées sur les abouts des « Blocs ». Dans la foulée, la bande est pressée au moyen d'un rouleau presseur propre.

Les recouvrements entre bandes de pontage sont de 15 cm minimum, soudés au chalumeau. En about de pontage, le pontage doit également dépasser de 15 cm minimum. On veillera à ce que la flamme du chalumeau soit toujours orientée vers la sous-face de la bande de pontage et non pas vers la partie courante de la toiture.

Le système « Bloc 1 » est utilisé quel que soit le sens de la pose par rapport à la pente (cf. *figure 6*).

Le système « Bloc 2 » n'est utilisé que si les bandes des « Blocs » sont posées perpendiculairement à la pente (cf. *figure 7*).

6.2.2.2 Adhérence soudée au chalumeau (Type E')

Cette technique de pose est admise quelque soit la pente du support et notamment lorsque la pente est supérieure à 15 %. Les feuilles Derbisolar® Base sont mises en œuvre dans le sens de la pente.

Les rouleaux sont alignés sur le support en système « Bloc » (« Bloc 1 » ou « Bloc 2 » (voir paragraphe 6.2.2.1)), recouvrements longitudinaux 10 cm, puis ré-enroulés. Chaque rouleau est déroulé et soudé au chalumeau en deux temps :

- premier temps : soudage au chalumeau sur la largeur de la feuille, hormis les 10 cm de recouvrements longitudinaux,
- deuxième temps : soudage au chalumeau des recouvrements longitudinaux et dans la foulée, à l'avancement, pressage soigneux à l'aide d'un rouleau presseur propre de $\pm 9 \text{ kg}$ (disponible auprès de Derbigum France). Lors du pressage, un petit cordon régulier de bitume (2 à 5 mm) doit fluer et dépasser la ligne de jonction.

6.3 Mise en œuvre du système adhérent par collage à froid – Type B (Pente ≤ 15 %) (Tableau 2)

6.31 Mise en œuvre de la 1^{ère} couche : Derbicoat HP

Les feuilles de la première couche Derbicoat HP sont collées à froid à raison d'au moins 1 kg/m² de Derbibond NT au moyen d'une raclette dentelée spéciale (disponible auprès de Derbigum France), joints soudés et décalés.

Les recouvrements longitudinaux et transversaux sont de 10 cm au moins, soudés au chalumeau.

6.32 Mise en œuvre de la 2^{ème} couche : Derbisolar Base collée à froid

Mise en œuvre selon le paragraphe 6.221.

6.4 Mise en œuvre du système adhérent par soudage – Type D (Tableau 3)

6.41 Mise en œuvre de la 1^{ère} couche Derbicoat HP

Les feuilles de la première couche Derbicoat HP sont soudées au chalumeau, recouvrements longitudinaux et transversaux sont de 10 cm au moins, décalés et soudés au chalumeau.

6.42 Mise en œuvre de la 2^{ème} couche Derbisolar Base soudée

Mise en œuvre selon le paragraphe 6.222.

6.5 Mise en œuvre des films photovoltaïques

6.51 Généralités

Les films photovoltaïques sont mis en œuvre par collage sur la membrane Derbisolar Base au moyen de la technique "Peel and Stick" ("Enlever le film pelable et Coller").

La surface de la membrane Derbisolar Base doit être lisse, propre et sèche. La température du support et des films photovoltaïques doit être de 10 °C minimum.

Les rouleaux de films photovoltaïques ne doivent pas être posés verticalement sur le Derbisolar Base, notamment lorsque la température est supérieure à 25 °C.

Les films photovoltaïques sont toujours mis en œuvre sur la partie centrale d'une bande de Derbisolar Base et ne peuvent être placés ni sur un recouvrement longitudinal, ni sur un recouvrement transversal. L'emplacement des films photovoltaïques et l'espacement des films tête-bêche doivent être conformes au plan de calepinage réalisé lors de l'étude de projet.

Sur une largeur de membrane Derbisolar Base, deux films photovoltaïques sont disposés côte à côte ; l'espacement du premier film par rapport au bord du joint de recouvrement est de ± 30 mm et l'espacement entre le deuxième et le premier film venant d'être posé est de ± 10 mm.

6.52 Application des films photovoltaïques

- Vérifier et nettoyer éventuellement la surface du support à l'eau claire, avec une raclette caoutchouc. Tout produit chimique ou solvant est interdit. Sécher la surface au moyen d'un chiffon et s'assurer qu'il n'y ait pas de particules laissées sur celle-ci.
- Dérouler et aligner le film photovoltaïque avec son film pelable sur la surface préparée.
- Amorçage : relever l'extrémité en amont du film photovoltaïque toujours munie de son film pelable sur une longueur de 30 cm environ. Enlever le film pelable sur une longueur d'environ 15 cm et le replier sous le rouleau. Bien s'assurer que le film photovoltaïque est toujours correctement aligné sur la membrane d'étanchéité et qu'il ne bouge pas durant cette opération. Cette opération est importante puisque le positionnement du film photovoltaïque est définitif une fois ces 15 cm collés sur la surface.
- Faire adhérer l'extrémité dégagée du film photovoltaïque sur la membrane Derbisolar Base. Réenrouler le film photovoltaïque avec son film pelable, puis un opérateur retire le film pelable de la face inférieure du film photovoltaïque pendant que le second opérateur maroufle à l'avancement. Le marouflage est aussi obligatoire en périphérie du film photovoltaïque avec un rouleau presseur adapté (disponible auprès de Derbigum France).

6.6 Mise hors d'eau en fin de journée

En fin de journée, ou en cas d'arrêt inopiné pour cause d'intempéries, l'ouvrage et la couche isolante sont mis hors d'eau comme suit : une bande de Derbicoat HP est soudée sur le pare-vapeur ou jusqu'à l'élément porteur et sur le revêtement de partie courante. Les équerres de renfort sont soudées en périphérie et autour des émergences sur la première couche. La périphérie des « Blocs » doit être soudée au chalumeau sur la première couche sur 10 cm au moins.

Toujours veiller à ce que l'eau puisse s'évacuer sans accumulation.

7. Relevés

7.1 Généralités

Les relevés et leur protection en tête sont réalisés conformément aux dispositions de la norme NF DTU de la série 43 concernée.

Les feuilles utilisées en relevés sont soudées à joints décalés, avec talon de 10 cm mini pour l'équerre de renfort et 15 cm mini pour la couche de relevé. Les relevés de plus d'un mètre de hauteur nécessitent des fixations mécaniques en tête : 4 fixations/m, sous recouvrement de 15 cm mini.

Pour le système fixé mécaniquement, préalablement, en pied des reliefs et émergences, la première couche de la partie courante reçoit une rangée complémentaire de fixations, espacées de 0,25 m environ (1 par plage sur tôle d'acier nervurée) (figure 5). Sur élément porteur en tôles d'acier nervurées, ces fixations traversent généralement le talon de la costière métallique, et l'on doit utiliser des vis d'une capacité de perçage de 20/10^{ème} mm.

Les costières et reliefs (béton, béton cellulaire et costière métallique) sont imprégnés de Derbiprimer. Sur les reliefs en bois, on cloue une sous-couche en Derbicoat HP.

7.2 Composition et mise en œuvre

Le relevé comprend :

- Equerre de renfort Derbigum SP 3, développé 0,25 m, soudée, avec talon d'au moins 0,10 m soudé sur la première couche et dépassant de 4 cm au moins la rangée de fixations en pied de reliefs.
- Relevés en Derbisolar Base (ou en Derbigum SP 4) soudés, avec talon d'au moins 0,15 m soudé sur la deuxième couche.

8. Ouvrages particuliers

8.1 Noues

Elles sont réalisées en remplaçant la couche en Derbisolar Base par une couche de Derbigum SP 4 ou Derbicolor.

8.2 Chéneaux et caniveaux

Ils sont réalisés en bicouche soudé Derbicoat HP + Derbigum SP 4 selon le Document Technique d'Application Derbigum Bicouche.

8.3 Évacuations des eaux pluviales, pénétrations

Ces ouvrages sont réalisés conformément aux dispositions de la norme NF DTU de la série 43 concernée, avec une pièce de renfort soudée sur la platine en Derbicoat HP, dépassant de la platine de 10 cm mini. Sur tôles d'acier nervurées, la platine est fixée mécaniquement par une fixation à chaque angle.

8.4 Joints de dilatation

Les joints de dilatation sont exécutés sur costières conformément aux dispositions de la norme NF DTU de la série 43 concernée.

Le système en bitume modifié doit être titulaire d'un Avis Technique et la jonction de ce joint de dilatation avec les relevés se fait avec la feuille Derbigum SP 4 ou Derbicolor qui sont compatibles avec les joints de dilatation sous Avis Techniques.

9. Prescriptions relatives au raccordement électrique

9.1 Généralités

Le raccordement électrique jusqu'en sortie d'onduleur, est assurée par une entreprise spécialisée dans le photovoltaïque ayant des électriciens habilités ayant suivi une formation théorique et pratique dans le domaine des installations photovoltaïques (par exemple, titulaire de l'appellation Quali'PV).

Le nombre de films photovoltaïques disposés en série (pour former un « String ») et le nombre de « String » sont déterminés par l'entreprise électrique spécialisée, en fonction du type d'onduleurs proposé.

Les câbles pénètrent à l'intérieur du bâtiment par des crosses réalisées conformément à la norme NF DTU série 43 concernée.

9.2 Précaution à prendre en compte contre le choc électrique

Les films photovoltaïques produisent de l'électricité lorsqu'ils sont exposés au rayonnement solaire. La puissance fournie par un seul film photovoltaïque n'est pas considérée comme dangereuse. Toutefois, lorsque les films photovoltaïques sont connectés en série ("String") et/ou connectés en parallèle, le danger de choc électrique augmente en conséquence. Il convient donc de prendre en considération la totalité des points suivants :

- Ne jamais déposer ou stocker des équipements ou matériaux sur les films photovoltaïques.
- Ne pas couper ou perforez les films photovoltaïques.
- Ne pas laisser tomber d'objets tranchants ou coupants sur les films photovoltaïques.
- Respecter les polarités lors du raccordement des connecteurs rapides « Multi-Contact MC3 » avec le circuit électrique. Une mauvaise connexion peut endommager irréversiblement les films photovoltaïques et causer un risque de court-circuit.
- Les connecteurs rapides "Multi-Contact MC3" sont uniquement destinés pour l'interconnexion des films photovoltaïques entre eux. En aucun cas ils ne peuvent être utilisés comme dispositif pour déconnecter le champ photovoltaïque.
- Les câbles électriques doivent respecter les prescriptions relatives au dimensionnement et à la pose du circuit électrique, définies dans la norme NF C 15-100 et le guide UTE C15-712-1 en vigueur ainsi que les préconisations des onduleurs (longueur et section des câbles adaptés).

9.3 Connexions des câbles électriques

Les films photovoltaïques sont livrés avec des câbles de sortie munis de connecteurs. Afin de protéger ces connecteurs et ces câbles des rayons solaires, des intempéries et des tractions mécaniques, il est nécessaire de recouvrir les connecteurs et de placer les câbles dans un chemin de câbles fermé par un couvercle.

La liaison entre les câbles électriques des films photovoltaïques et les câbles électriques supplémentaires (pour le passage d'une rangée à une autre ou pour la liaison des séries de films photovoltaïques au circuit électrique doit toujours se faire au travers de connecteurs mâles et femelles du même fabricant, de la même marque et du même type. Pour ce faire, il peut être éventuellement nécessaire de confectionner, grâce à des sertisseuses spécifiques, des rallonges disposant de deux connecteurs de type différent.

9.4 Chemins de câbles et supports de chemins de câbles

Les dimensions du chemin de câbles dépendent du nombre et de la section des câbles utilisés. Le type et les dimensions des chemins de câbles et les couvercles sont définis par l'électricien en charge de l'exécution de la partie électrique de l'installation.

Les supports des chemins de câbles doivent également résister aux UV et aux intempéries. Ils sont en béton, en acier inoxydable ou en matériau synthétique (non visé par l'Avis). Leur mise en place est effectuée, par exemple, à l'aide de pontets métalliques maintenus à l'étanchéité avec des bandes d'étanchéité soudées à celle-ci ou à l'aide de dalles en béton posées sur un non tissé afin de ne pas endommager la membrane d'étanchéité. Le nombre et l'emplacement de ces supports sont définis par le concepteur en concertation avec l'électricien en charge de la partie électrique de l'installation et en fonction des dimensions du chemin de câbles, de la pente et de leur aptitude à résister au vent. La distance entre chacun de ces supports ne peut excéder 1,50 m. Certains types de supports de chemins de câbles peuvent être mis en place par l'étancheur, sur demande de l'électricien.

Dans une configuration « Tête-bêche » où les connecteurs des films photovoltaïques se font face, il est important pour l'étancheur de connaître les dimensions du chemin de câbles afin de placer correctement les films photovoltaïques. Dans cette configuration, un chemin de câbles commun peut être utilisé.

10. Matériaux

10.1 Feuille Derbicoat HP

10.11 Liant en bitume-polyoléfines atactiques

Il s'agit d'un mélange conforme au Guide UEAtc de décembre 2001, composé de bitume de distillation directe modifié par des polyoléfines avec légère adjonction de charges minérales inertes (voir *tableau 9* du Document Technique d'Application Derbigum Bicouche).

10.12 Caractéristiques de la feuille

Les caractéristiques de la feuille sont données dans le Document Technique d'Application Derbigum Bicouche.

10.2 Feuille Derbisolat® Base

10.21 Liant HCB en bitume modifié

Liant HCB : mélange conforme au guide UEAtc de décembre 2001, composé de bitume modifié avec des copolymères avec légère adjonction de charges minérales inertes (voir *tableau 12*).

10.22 Caractéristiques de la feuille

Feuille associant un bitume modifié à une armature saturée d'un coating acrylique résistant aux UV (voir *tableaux 13 et 14*).

La feuille Derbisolat Base est conforme à la norme NF EN 13707 et au « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toitures en feuilles de bitume polymère APP ou SBS armées » de décembre 2001.

Le système Derbicoat HP + Derbisolat Base est classé B_{ROOF}(t3) vis-à-vis du feu venant de l'extérieur, dans les conditions du rapport d'essais cités au chapitre B.

10.3 Films photovoltaïques

Les caractéristiques des films photovoltaïques sont données au *tableau 16*. Ils conformes à la norme CEI 61646 et à la norme CEI 61730.

Les implantations possibles des films photovoltaïques sur la membrane Derbisolat® Base sont celles du *tableau 15*.

10.4 Revêtement d'étanchéité photovoltaïque Derbisolat®

Le procédé Derbisolat® est conforme à la norme CEI 61646.

Le procédé Derbisolat® (système Derbicoat HP + Derbisolat Base soudé ou collé à froid à la Derbibond NT + films photovoltaïques PVL) est classé B_{ROOF}(t3) vis-à-vis du feu venant de l'extérieur, dans les conditions des rapports d'essais cités au chapitre B.

10.5 Fixations

Les fixations mécaniques utilisées ont une plaquette adaptée à l'éventuel isolant de dimensions 82 mm x 40 mm x 10/10^e mm, de classe 2 anti-corrosion et de résistance caractéristique Pk_{sr} ≥ 1300 N (sur élément porteur en tôles d'acier nervurées d'épaisseur nominale 0,75 mm).

10.6 Autres matériaux en feuilles

Derbicoat S, Derbicoat HP : voir Document Technique d'Application Derbigum Bicouche.

- Pare-vapeur renforcé :
 - Derbicoat Alu : voir Document Technique d'Application Derbigum Monocouche.
- Membrane d'étanchéité :
 - Derbibrite NT : même feuille que le Derbisolat Base mais avec une appellation commerciale différente.
 - Derbigum SP 3 : voir Document Technique d'Application Derbigum Bicouche.
 - Derbigum SP 4 : voir Document Technique d'Application Derbigum Monocouche.
- Equerre de renfort Derbigum SP 3 et Equerre de renfort Unistrip : voir Document Technique d'Application Derbigum Monocouche.
- Ecran thermique Derbicoat Mono : voir Document Technique d'Application Derbigum Monocouche.

10.7 Autres matériaux

- Primer d'adhérence EIF : Derbiprimer S et Derbiprimer E : voir Document Technique d'Application Derbigum Monocouche.
- Colles :
 - Derbimastic, Derbiseal : voir Document Technique d'Application Derbigum Monocouche.
 - Derbibond NT : masse de collage, sans solvants (sans COV), utilisée pour le collage à froid et en pleine adhérence des membranes sur les supports (pente ≤ 15 %).
 - masse volumique à 25 °C (g/cm³) : 1,15 ± 0,05,
 - point éclair Pensky Martens (°C) : > 200 °C,
 - extrait sec (3 h à 120 °C) (%) : 100 %,
 - viscosité apparente à 20 °C (ASTM 2556-69) : 17-25 Pa.s,
 - traction transversale (cohésion) selon EN 1607 (sur béton, 24 h à 22 °C) : 400 N/100 cm²,
 - résistance au pelage selon le guide UEAtc 2001 (paragraphe 4.3.3) (sur béton, 28 jours à 70 °C) : 50 N/5 cm.

10.8 Câbles et équipement électriques

10.81 Câbles et connecteurs

Chaque film photovoltaïque est muni à une extrémité de deux câbles électriques de sortie. Chacun de ces deux câbles se termine par un connecteur débrochable, à connexion rapide de la marque « Multi-Contact MC3 » : un connecteur mâle, l'autre, femelle.

Ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 67,
- Classe II de sécurité électrique,
- Tension assignée de 1000 V,
- Courant maximum admissible (intensité assignée) de 20 A,
- Plage de température de -40°C à +90°C,
- Résistance de contact 0,5 mΩ.

Les câbles électriques de 4 mm² et de 560 mm de long, de la société Multi-Contact ont une plage de température de - 40°C à 120°C, une Classe II de sécurité électrique et une tension assignée de 1000 V en courant continu.

10.82 Chemins de câbles et supports de chemin de câbles

Les chemins de câbles, les couvercles et les pièces de protection des connecteurs doivent résister aux UV et aux intempéries. Ils sont en acier inoxydable. 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 supports des chemins de câbles doivent également résister aux UV et aux intempéries. Ils sont en béton, en acier inoxydable ou en matériau synthétique (non visé par l'Avis).

11. Fabrication et contrôles

11.1 Fabrication

- Les feuilles sont fabriquées dans l'usine d'Imperbel SA à Perwez (B), selon ses techniques spécifiques.

L'usine applique un Système d'Assurance Qualité conforme à la norme ISO 9001 : 2008 et un Système de Management Environnemental conforme à la norme ISO 14 001 certifiés par BUREAU VERITAS.

D'autre part, l'usine applique un Système d'Audit et de Management Environnemental (EMAS), conformément au système communautaire de management environnemental, dans le cadre duquel le site est enregistré.

- La fabrication des films photovoltaïques PVL-68, PVL-136 et PVL-144 s'effectue dans l'usine d'United Solar Ovonic à Auburn Hills (USA).

11.2 Contrôles

La nomenclature des contrôles internes de fabrication sur les feuilles et sur les colles est indiquée au *tableau 17*.

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 ± 5 %,
- Essai en traction des câbles électriques du film photovoltaïque,
- Contrôle de la polarité et de la tension électrique,
- Contrôle visuel des films photovoltaïques.

A la réception des films photovoltaïques, chez Imperbel SA, les contrôles internes suivants sont effectués sur un film photovoltaïque prélevé aléatoirement dans un carton, lui-même prélevé dans un lot de 100 cartons :

- Contrôle de la longueur, largeur, rectitude,
- Contrôle de l'absence d'impacts, de rayures,
- Contrôle du flash test par rapport au flash test reçu.

11.3 Étiquetage et stockage

Les feuilles sont conditionnées en rouleaux identifiés par des bandes adhésives où figurent le nom commercial des feuilles, les dimensions, le numéro de fabrication et le marquage CE. Les rouleaux sont livrés sur palettes et sous housse rétractable. Ne pas superposer les palettes. Le stockage des rouleaux se fait debout.

Chaque film photovoltaïque est identifié par un code barre. Ils sont conditionnés dans des cartons sur lesquels figurent le nom du film, le nombre de films, et le numéro de fabrication.

B. Résultats expérimentaux

- Caractéristiques des feuilles Derbisolar Base selon la norme NF EN 13707 et selon le « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toitures en feuilles de bitume polymère APP ou SBS armées » de décembre 2001.
- Conformité des films photovoltaïques PVL-68, PVL-136 et PVL-144 à la norme CEI 61646 : rapport d'essai n° 21209765-1 en date du 14 avril 2009 et Certificat n° PV 60024982 en date du 22 avril 2009.
- Conformité des films photovoltaïques PVL-68, PVL-136 et PVL-144 à la norme CEI 61730 : rapport d'essai n° 21209765-2 du 14 juin 2009 et Certificat n° PV 60025819 en date du 1^{er} juillet 2009.
- Conformité du procédé Derbisolar® à la norme IEC 61646 : rapport d'essais n° 21207909-1 du TÜV en date du 8 mai 2009 et certificat n° PV 60025253 en date du 12 mai 2009.
- Essai de tenue au vent du procédé Derbisolar® (type E') : Rapport d'essai du CSTC n°651XH240 conformément au Guide UEAtc « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes isolants supports d'étanchéité des toitures plates et inclinées ».
- Essai de tenue au vent du procédé Derbisolar® (type E) : Rapport d'essai du CSTC n°651 XI 423 conformément au Guide UEAtc « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes isolants supports d'étanchéité des toitures plates et inclinées ».
- Essais de résistance au poinçonnement statique et essai de résistance au poinçonnement dynamique Gayant sur les systèmes Derbicoat HP + Derbisolar Base et Derbigum SP 3 + Derbisolar Base : sous-classe D3 (15) selon le rapport d'essai n° 2009-02/FR/Derbisolar Base en date du 13 janvier 2009.
- Essai de fluage du revêtement Derbisolar Base et du procédé Derbisolar® : rapport n°090311 en date du 11 mars 2009.
- Essai de détermination de la stabilité de forme lors d'une variation cyclique de température du Derbisolar® (essai dit du « Banc Thermique ») selon la norme NF EN 1108 : rapport d'essai n°090331 en date du 31 mars 2009.
- Essais de pelage, de cisaillement et de pliability à froid du revêtement Derbisolar Base à l'état neuf, à l'état vieilli par rayonnement UV (2500 h d'exposition - 45°C - 4500 MJ/m²) et à l'état vieilli après 6 mois à 70°C : rapport n°090602 en date du 2 juin 2009.
- Essai de vieillissement UV (durée d'exposition 1000h) de la membrane Derbisolar Base (rapport d'essai n°A3165-01 selon la norme NF EN 1297).
- Rapport de l'étude comparative des performances des colles Derbibond NT et Derbibond S en date du 29 novembre 2010.
- Rapport de classement B_{ROOF}(t3) n° 14455B de Warringtonfiregent, en date du 24 juin 2010, pour le système Derbicoat HP fixé mécaniquement + Derbisolar Base collée + films photovoltaïques sur isolant en laine minérale nue de 140 mm d'épaisseur et de masse volumique 145 kg/m³ et pour une pente comprise entre 0° et 10°.
- Rapport de classement B_{ROOF}(t3) n° 14202B de Warringtonfiregent, en date du 21 décembre 2009, pour le système Derbicoat HP fixé mécaniquement + Derbisolar Base soudée en plein + films photovoltaïques sur isolant en laine minérale nue de 140 mm d'épaisseur et de masse volumique 135 kg/m³ et pour une pente comprise entre 0° et 10°.
- Rapport de classement B_{ROOF}(t3) n° 13745B de Warringtonfiregent, en date du 28 mai 2009, pour le système Derbicoat HP fixé mécaniquement + Derbisolar Base soudée en plein sur isolant en laine minérale nue de 120 mm d'épaisseur et de masse volumique 151 kg/m³ et pour une pente comprise entre 0° et 10°.

C. Références

C.1 Données environnementales et sanitaires¹

Le procédé Derbisolar® ne fait pas l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES).

Les données issues des FDES ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

C.2 Autres références

Le système Derbisolar est utilisé depuis 2007. Il a fait l'objet de plus de 189 000 m², soit 4 230 kWc d'applications en France.

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 – Derbisolar® - Système fixé mécaniquement

Élément porteur (1)	Support direct du revêtement	Revêtement de base	
		Type E (Pente ≤ 15 %) = Derbicoat HP fixé mécaniquement en lisière + Derbibond NT + Derbisolar Base (2) + Films PVL	Type E' (Pente ≤ 100 %) = Derbicoat HP fixé mécaniquement en lisière + Derbisolar Base (3) + Films PVL
	Maçonnerie	E	E'
	Béton cellulaire autoclavé	E	E'
	Bois et panneaux dérivés du bois	E	E'
Maçonnerie Béton cellulaire autoclavé Bois et panneaux dérivés du bois Tôles d'acier nervurées	Isolants : - Perlite expansée (fibrée) (EPB) – Composite perlite - Laine minérale (MW) - Polyisocyanurate (PIR) - Polyuréthane (PUR)	E	E'
		E	E'
		E	E'
		E	E'
	- PSE	Ecran thermique + E	Ecran thermique + E'
Tous supports	Ancien revêtement (cf. § 5.6) - Asphalte autoprotégé - Bitumineux autoprotégé minéral - Bitumineux autoprotégé métallique - Membrane synthétique	E	E'
		E	E'
		E	E'
		Alu VV + E	Alu VV + E'

(1) Pente ≥ 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire autoclavé, pente ≥ 3 % sur bois, panneaux dérivés du bois et tôles d'acier nervurées.
(2) La seconde couche Derbisolar Base est en adhérence totale, collée à froid et en plein à la Derbibond NT (pente ≤ 15 %) (cf. § 6.221)
(3) La seconde couche Derbisolar Base est en adhérence totale, par soudage au chalumeau (cf. § 6.222).

Tableau 2 – Derbisolar® - Système en adhérence totale par collage à froid

Élément porteur (1)	Support direct du revêtement	Revêtement de base (2)
		Type B (Pente ≤ 15 %) = Derbibond NT + Derbicoat HP + Derbibond NT + Derbisolar Base + Films PVL
Maçonnerie Béton cellulaire autoclavé Bois et panneaux dérivés du bois Tôles d'acier nervurées	Isolants : - Gamme Fesco® non revêtu (Fesco, Fesco B ou Fesco C) - Kooltherm - Foamglas® (3)	
		B
		B
		EAC refroidi + B
Tous supports	Ancien revêtement (cf. § 5.6) - Asphalte autoprotégé - Bitumineux autoprotégé minéral - Bitumineux autoprotégé métallique (4)	
		B
		B
		B

(1) Pente ≥ 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire autoclavé, pente ≥ 3 % sur bois, panneaux dérivés du bois et tôles d'acier nervurées.
 (2) Limité à une pression de vent extrême de 4712 Pa selon les Règles V65 modifiées.
 (3) Les panneaux en verre cellulaire sont surfacés à l'EAC, conformément à leur Document Technique d'Application particulier.
 (4) Autoprotection métallique des anciens revêtements délaardée.

Tableau 3 – Derbissolar® - Système par soudage

Élément porteur (1)	Support direct du revêtement	Revêtement de base (2)	
		Adhérent	Semi-indépendant
		Type D (Pente ≤ 100 %) = Derbicoat HP + Derbissolar Base + Films PVL	
	Bois et panneaux dérivés du bois		Derbicoat HP cloué + D
Maçonnerie Béton cellulaire autoclavé Bois et panneaux dérivés du bois Tôles d'acier nervurées	Isolants : - Perlite expansée (fibrée) (EPB) - Composite perlite - Laine minérale (MW) - Verre cellulaire (CG) (4) - Polyuréthane (parements VV bitumé)		
		D (3)	
		D (3)	
		EAC refroidi + D	
			Ecran perforé + D (*)
Tous supports	Ancien revêtement (cf. § 5.6) - Asphalte autoprotégé - Bitumineux autoprotégé minéral - Bitumineux autoprotégé métallique (5)	D	
			Ecran perforé + D
		D	

(1) Pente ≥ 2 % sur maçonnerie et béton cellulaire autoclavé, pente ≥ 3 % sur bois, panneaux dérivés du bois et tôles d'acier nervurées.
 (2) Limité à une pression de vent extrême de 4712 Pa selon les Règles V65 modifiées.
 (3) Sur isolants aptes à recevoir des revêtements soudés.
 (4) Les panneaux en verre cellulaire sont surfacés à l'EAC, conformément à leur Document Technique d'Application particulier.
 (5) Autoprotection métallique des anciens revêtements délardée.
 (*) L'Avis est réservé sur cette possibilité avec isolant en polyuréthane parementé VV bitumé.

Tableau 4 – Mise en œuvre du pare-vapeur

Élément porteur	Hygrométrie des locaux	Pare-vapeur avec EAC	Pare-vapeur sans EAC
Maçonnerie (1)	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	EIF + EAC + Derbicoat S soudé sur EAC refroidi	Derbicoat S soudé sur Derbiprimer
	Locaux à forte hygrométrie	EIF + EAC + aluminium bitumé	Derbicoat Alu soudé sur Derbiprimer
	Locaux à très forte hygrométrie (7)	EIF + feutre bitumé perforé + EAC + aluminium bitumé	Derbicoat Alu soudé sur écran perforé et sur Derbiprimer (6)
Béton cellulaire autoclavé armé (2)	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	Se reporter aux Avis Techniques des dalles et aux « Conditions générales »	Derbicoat S sur plots (4) ou bandes de Derbimastic S (5), joints de 6 cm soudés (3)
Bois et panneaux dérivés du bois	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	EIF + EAC + DERBICOAT S soudé sur EAC refroidi sur panneaux dérivés seulement, après pontage des joints (1)	Derbicoat cloué selon NF DTU 43.4, joints soudés
Tôles d'acier nervurées	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	Selon NF DTU 43.3 P1	Selon NF DTU 43.3 P1
	Locaux à forte hygrométrie	Selon NF DTU 43.3 P1	Derbicoat S déroulé à sec, joints soudés de 6 cm ou selon NF DTU 43.3 P1
	Locaux à très forte hygrométrie (7)	Selon NF DTU 43.3 P1 ou selon DTA de l'isolant en verre cellulaire	Derbicoat Alu soudé sur EAC refroidi, sur platelage selon NF DTU 43.3 P1, avec Derbiprimer

(1) Pontage des joints par bandes de Derbicoat de 20 cm de large et fixées d'un côté.
(2) Pontage des joints selon les « Conditions générales d'emploi des dalles de toiture armées en béton cellulaire autoclavé » (Cahier du CSTB 2192-octobre 1987).
(3) Le pare-vapeur adhérent en totalité en périphérie de la toiture et autour des émergences sur 0,50 m environ.
(4) Consommation de colle Derbimastic S en plots : plots de 50 g environ tous les 33 cm environ (consommation minimale de 450 g/m²).
(5) Consommation du Derbimastic S en bandes : 3 bandes/mètre, régulièrement espacées tous les 0,25 m (consommation : 150 g/ml de bande soit une consommation minimale de 450 g/m²).
(6) Limité à une pression de vent extrême de 4 712 Pa selon les Règles V65 modifiées.
(7) Dans le cas des locaux à très forte hygrométrie, les fixations mécaniques sont exclues.

Tableau 5 – Mise en œuvre de l'isolant

Nature	Fixation de l'isolant
Laine de roche	- Attelages de fixation mécanique (1) - EAC - Derbiseal S (3)(6) - Colle à froid décrite dans le DTA de l'isolant
Laine de verre	- Attelages de fixation mécanique (1) - EAC
Perlite expansée (fibrée) (EPB)	- Attelages de fixation mécanique (2) - EAC - Derbiseal S (4)(6)
Composite perlite expansée + mousse phénolique (Résol) (EPB + PF)	- Attelages de fixation mécanique (2) - EAC
Verre cellulaire (CG)	- EAC
Polyuréthane (PUR) - Parement voile de verre bitumé (EUROTHANE Bi3 ou Bi3A)	- Attelages de fixation mécanique (2) - EAC - Derbiseal S (5)(6)
Polyuréthane (PUR) parement VV bitumé ou composite	- Attelages de fixation mécanique (2)
Polyisocyanurate (PIR)	- Attelages de fixation mécanique (2)
Polystyrène expansé (EPS)	- Attelages de fixation mécanique (2)

(1) Avec des attelages de fixation mécanique de type « solide au pas » si la résistance à la compression à 10 % du panneau utilisé est < 100 kPa.
(2) Suivant prescriptions de la norme NF P 84-204 à NF P 84-208 (DTU série 43) et du DTA de l'isolant.
(3) Sur support en maçonnerie, béton cellulaire ou bois-panneaux dérivés du bois, pour un vent extrême limitée à 3000 Pa selon Règles V65 modifiées.
(4) Sur support en maçonnerie, béton cellulaire ou bois-panneaux dérivés du bois, pour un vent extrême limitée à 2000 Pa selon Règles V65 modifiées.
(5) Sur support en maçonnerie, béton cellulaire ou bois-panneaux dérivés du bois, pour un vent extrême limitée à 2833 Pa selon Règles V65 modifiées.
(6) Le collage au Derbiseal se fait pour une pente ≤ 20 %, sur support en maçonnerie, béton cellulaire ou bois et panneaux dérivés du bois.
Mise en œuvre soit par plots (consommation ≥ 750 g/m²), avec un minimum de 5 plots par panneaux (plots déposés à 5 cm minimum du bord des panneaux) ; soit par bandes, à raison de 5 bandes/ml (tous les 20 cm environ, consommation ≥ 750 g/m²).

Tableau 6 – Localisation en toiture (Pour le système fixé mécaniquement Type E ou E')

Localisation	Largeur concernée
Rives, comprenant le pied de bâtiments surélevés, murs coupe-feu, ...	1/10 de la hauteur du bâtiment, sans être inférieure à 2 m
Angles	intersection de 2 rives
Pourtour des édifices dont la hauteur est > 1 m et dont l'une des dimensions en plan est > 1 m	1 m
Pourtour des autres émergences de dimensions plus petites : souches, lanterneaux, joints de dilatation, ...	en pied de relevé

Tableau 7 - Zones avec films photovoltaïques sur toitures à versants plans :

- **Derbisolar (système Type E ou E') (Derbicoat HP fixé mécaniquement en lisière + Derbisolar Base + Films PVL)**
- **Espacement maximum (cm) entre fixations en parties courantes, rives et angles - Versants plans**

Système de référence : $W_{adm_{sr}} = 794 \text{ N/fixation}$ et $Pk_{sr} \geq 1300 \text{ N}$ pour l'attelage de fixation mécanique

7.1) Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Travaux neufs - Bâtiments fermés

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
≤ 10 m	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
	Rives	34	34	34	34	34	29	30	25
	Angles	34	28	32	24	25	20	21	½ largeur 34
≤ 15 m	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
	Rives	34	34	34	31	33	26	27	22
	Angles	34	25	29	22	23	18	19	½ largeur 34
≤ 20 m	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
	Rives	34	33	34	29	30	24	25	21
	Angles	32	24	27	20	21	½ largeur 34	18	½ largeur 34

7.2) Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Travaux neufs et Réfections - Bâtiments ouverts

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
≤ 10 m	Courante	34	34	34	34	34	32	34	28
	Rives	34	34	34	29	30	24	25	21
	Angles	31	23	26	20	21	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 33
≤ 15 m	Courante	34	34	34	34	34	29	31	25
	Rives	34	31	34	26	28	22	23	19
	Angles	29	21	24	18	19	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 30
≤ 20 m	Courante	34	34	34	33	34	27	28	24
	Rives	34	28	32	24	25	20	21	18
	Angles	26	19	22	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 32	½ largeur 34	½ largeur 28

7.3) Béton et béton cellulaire : Travaux neufs et Réfections - Bâtiments fermés et ouverts

Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Réfections, sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection meuble (cf. 7.1 dans ce cas)

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
≤ 10 m	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
	Rives	34	34	34	34	34	34	34	30
	Angles	34	32	34	28	29	23	24	20
≤ 15 m	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
	Rives	34	34	34	34	34	32	33	27
	Angles	34	29	33	25	26	21	22	18
≤ 20 m	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
	Rives	34	34	34	34	34	29	30	25
	Angles	34	27	30	23	24	19	20	½ largeur 34

Nota : La ½ largeur de feuille (55 cm), peut être remplacée par une ligne de fixation complémentaire en milieu de feuille, pontée par bande de 20 cm de largeur en Derbicoat HP soudée au chalumeau, avec le même espacement de fixations ; cet espacement étant aussi celui des fixations dans le recouvrement de la feuille entière.

Tableau 8 - Zones avec films photovoltaïques sur toitures à versants courbes :

- **Derbisolar (système Type E ou E') (Derbicoat HP fixé mécaniquement en lisière + Derbisolar Base + Films PVL)**
- **Espacement maximum (cm) entre fixations en parties courantes, rives et angles - Versants courbes**

Système de référence : $W_{adm_{sr}} = 794 \text{ N/fixation}$ et $P_{k_{sr}} \geq 1300 \text{ N}$ pour l'attelage de fixation mécanique

8.1) Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Travaux neufs - Bâtiments fermés

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 10 m	Rives	34	34	34	31	32	25	27	22
	Angles	34	25	28	21	22	18	19	½ largeur 34
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 15 m	Rives	34	32	34	28	29	23	24	20
	Angles	31	23	25	19	20	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 32
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	32
≤ 20 m	Rives	34	30	34	26	27	21	22	19
	Angles	28	21	24	18	19	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 30

8.2) Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Travaux neufs et Réfections - Bâtiments ouverts

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	30	32	26
≤ 10 m	Rives	34	34	34	29	30	24	25	21
	Angles	30	22	25	19	20	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 32
	Courante	34	34	34	33	34	28	29	24
≤ 15 m	Rives	34	31	34	26	28	22	23	19
	Angles	28	20	23	½ largeur 34	18	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 29
	Courante	34	34	34	31	32	25	27	22
≤ 20 m	Rives	34	28	32	24	25	20	21	18
	Angles	25	19	21	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 31	½ largeur 32	½ largeur 27

8.3) Béton et béton cellulaire : Travaux neufs et Réfections - Bâtiments fermés et ouverts

Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Réfections, sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection meuble (cf. 8.1 dans ce cas)

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 10 m	Rives	34	34	34	34	34	30	32	26
	Angles	34	28	32	24	25	20	21	½ largeur 34
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 15 m	Rives	34	34	34	33	34	28	29	24
	Angles	34	25	29	22	23	18	19	½ largeur 34
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 20 m	Rives	34	34	34	31	32	25	27	22
	Angles	32	24	27	20	21	½ largeur 34	18	½ largeur 34

Nota : La ½ largeur de feuille (55 cm), peut être remplacée par une ligne de fixation complémentaire en milieu de feuille, pontée par bande de 20 cm de largeur en Derbicoat HP soudée au chalumeau, avec le même espacement de fixations ; cet espacement étant aussi celui des fixations dans le recouvrement de la feuille entière.

Tableau 9 - Zones sans films photovoltaïques sur toitures à versants plans :

- **Derbicoat HP fixé mécaniquement en lisière + Derbisolar Base**
- **Espacement maximum (cm) entre fixations en parties courantes, rives et angles - Versants plans**

Système de référence : $W_{dm_{sr}} = 794$ N/fixation et $Pk_{sr} \geq 1300$ N pour l'attelage de fixation mécanique

9.1) Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Travaux neufs - Bâtiments fermés

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 10 m	Rives	34	34	34	34	34	29	30	25
	Angles	34	28	32	24	25	20	21	½ largeur 34
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 15 m	Rives	34	34	34	31	33	26	27	22
	Angles	34	25	29	22	23	18	19	½ largeur 34
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 20 m	Rives	34	33	34	29	30	24	25	21
	Angles	32	24	27	20	21	½ largeur 34	18	½ largeur 34

9.2) Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Travaux neufs et Réfections - Bâtiments ouverts

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	32	34	28
≤ 10 m	Rives	34	34	34	29	30	24	25	21
	Angles	31	23	26	20	21	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 33
	Courante	34	34	34	34	34	29	31	25
≤ 15 m	Rives	34	31	34	26	28	22	23	19
	Angles	29	21	24	18	19	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 30
	Courante	34	34	34	33	34	27	28	24
≤ 20 m	Rives	34	28	32	24	25	20	21	18
	Angles	26	19	22	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 32	½ largeur 34	½ largeur 28

9.3) Béton et béton cellulaire : Travaux neufs et Réfections - Bâtiments fermés et ouverts

Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Réfections, sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection meuble (cf. 9.1 dans ce cas)

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 10 m	Rives	34	34	34	34	34	34	34	30
	Angles	34	32	34	28	29	23	24	20
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 15 m	Rives	34	34	34	34	34	32	33	27
	Angles	34	29	33	25	26	21	22	18
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 20 m	Rives	34	34	34	34	34	29	30	25
	Angles	34	27	30	23	24	19	20	½ largeur 34

Nota : La ½ largeur de feuille (55 cm), peut être remplacée par une ligne de fixation complémentaire en milieu de feuille, pontée par bande de 20 cm de largeur en Derbicoat HP soudée au chalumeau, avec le même espacement de fixations ; cet espacement étant aussi celui des fixations dans le recouvrement de la feuille entière.

Tableau 10 - Zones sans films photovoltaïques sur toitures à versants courbes :

- **Derbicoat HP fixé mécaniquement en lisière + Derbisolar Base**
- **Espacement maximum (cm) entre fixations en parties courantes, rives et angles - Versants courbes**

Système de référence : $Wadm_{sr} = 794 \text{ N/fixation}$ et $Pk_{sr} \geq 1300 \text{ N}$ pour l'attelage de fixation mécanique

10.1) Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Travaux neufs - Bâtiments fermés

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 10 m	Rives	34	34	34	31	32	25	27	22
	Angles	34	25	28	21	22	18	19	½ largeur 34
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 15 m	Rives	34	32	34	28	29	23	24	20
	Angles	31	23	25	19	20	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 32
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	32
≤ 20 m	Rives	34	30	34	26	27	21	22	19
	Angles	28	21	24	18	19	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 30

10.2) Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Travaux neufs et Réfections - Bâtiments ouverts

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	30	32	26
≤ 10 m	Rives	34	34	34	29	30	24	25	21
	Angles	30	22	25	19	20	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 32
	Courante	34	34	34	33	34	28	29	24
≤ 15 m	Rives	34	31	34	26	28	22	23	19
	Angles	28	20	23	½ largeur 34	18	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 29
	Courante	34	34	34	31	32	25	27	22
≤ 20 m	Rives	34	28	32	24	25	20	21	18
	Angles	25	19	21	½ largeur 34	½ largeur 34	½ largeur 31	½ largeur 32	½ largeur 27

10.3) Béton et béton cellulaire : Travaux neufs et Réfections - Bâtiments fermés et ouverts

Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés : Réfections, sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection meuble (cf. 10.1 dans ce cas)

Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 10 m	Rives	34	34	34	34	34	30	32	26
	Angles	34	28	32	24	25	20	21	½ largeur 34
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 15 m	Rives	34	34	34	33	34	28	29	24
	Angles	34	25	29	22	23	18	19	½ largeur 34
	Courante	34	34	34	34	34	34	34	34
≤ 20 m	Rives	34	34	34	31	32	25	27	22
	Angles	32	24	27	20	21	½ largeur 34	18	½ largeur 34

Nota : La ½ largeur de feuille (55 cm), peut être remplacée par une ligne de fixation complémentaire en milieu de feuille, pontée par bande de 20 cm de largeur en Derbicoat HP soudée au chaluveau, avec le même espacement de fixations ; cet espacement étant aussi celui des fixations dans le recouvrement de la feuille entière.

Tableau 11 – Attelages de fixations mécaniques admis selon l'élément porteur (ou support)

Attelages de fixations mécaniques (1)	PK_{ft} ou Q_{ft} (N) (2)	Attelage "Solide au pas" (3)	Divers
TAN pleine (4)			
IR2 4,8 × L + IR 82 × 40 (SFS Intec)	1300	OUI	
IR2-S 4,8 × L + IR 82×40 (SFS Intec)	1300	OUI	(6)
EHB DF 2C + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1600	OUI	
EVDF 2C + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1900	OUI	
EVDF 2C + 82 × 40 R SC (LR Etanco)	1900	OUI	
VMS 2C + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1900		
EVF 2C + 82 × 40 R SC (LR Etanco)	1900		
EVF 2C + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1900		
ISODRILL TT + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1550		(6)
ISODRILL TH DF + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1550	OUI	(6)

TAN perforée ou crevée (acoustique) (4), dans				
	partie pleine	trou Ø 5 mm	un acier crevé	
IFP2 6,7 × L + IRP 82 × 40 (SFS Intec)	2490			OUI
TPR 6,3 × L + IRD 82 × 40 (SFS Intec)	1750			
FASTOVIS 3036 TF + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	2200	1500	1400	
FASTOVIS 3036 DF + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	2200	1500	1400	OUI
Rivet RER + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1500	1090	920	OUI
Rivet PER + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1500	1090	920	OUI

Bois et panneaux dérivés du bois			
IG 6,0 × L + IRD 82 × 40 (SFS Intec)	1960		(7)
IWT 5.0 × L + IRC/W 82 × 40 (SFS Intec)	1660		(7)
MULTIFAST TF + 80 × 40 R (LR Etanco)	2100		(7) (8)
EVDF 2C + 82 × 40 R SC (LR Etanco)	2100		(7)
EVDF 2C + 82 × 40 R DF (LR Etanco)	1900	OUI	(7)
EVF 2C + 82 × 40R SC (LR Etanco)	1900		(7)

Béton (5)			
TI 6,3 × L + IRD 82 × 40 (SFS Intec)	2600		(9)
TI 6,3 × L + IF/IGC 82 × 40 (SFS Intec)	2600		(10)
DT 6,3 × L + IRD 82 × 40 (SFS Intec)	1100		(11)
BETOFAST TH 3C + 82 × 40 R (LR Etanco)	2400		(12)
BETOFAST TH DF 3C + 82 × 40 R (LR Etanco)	2400	OUI	(12)
NAILFIX CH + 82 × 40 R SC (LR Etanco)	1100		(13)

Béton cellulaire autoclave armé			
IGR-S 8,0 × L + IG8-C 82 × 40 (SFS Intec)	1470		(8) (14)
MULTIFAST TB Inox + 82 × 40 R (LR Etanco)	1250		(8) (15)

- (1) Attelages de fixations définis dans les fiches techniques des fabricants.
 (2) PK_{ft} est la résistance caractéristique à l'arrachement de la fixation et Q_{ft} est la charge limite de service (cas de l'élément porteur en béton) définies dans la fiche technique du fabricant,
 (3) « Solide au pas »
 (4) TAN en acier galvanisé \geq S 320 et conformes au NF DTU 43.3.
 (5) Maçonnerie au sens de la norme NF P 10-203 (réf. DTU 20.12).
 (6) Élément de liaison en acier inoxydable austénitique A4.
 (7) Dans un support d'épaisseur \geq 18 mm et conforme à ceux du DTU 43.4.
 (8) Élément de liaison en acier inoxydable austénitique A2.
 (9) Dans du béton B25 ancrage \geq 30 mm.
 (10) Dans un support en béton B25, ancrage \geq 30 mm.
 (11) Dans un support en béton B25 d'épaisseur \geq 60 mm, ancrage \geq 25 mm.
 (12) Dans un support en béton B25, ancrage \geq 35 mm.
 (13) Dans un support en béton B25, ancrage \geq 30 mm.
 (14) Dans un support de masse volumique 500 kg/m³, ancrage \geq 60 mm.
 (15) Dans un support de masse volumique 500 kg/m³, ancrage \geq 55 mm.

Tableau 12 - Caractéristiques du liant HCB du Derbissolar® Base (Guide technique UEAtc – 2001)

Caractéristique	Valeur spécifiée à l'état initial	Valeur spécifiée après 6 mois à + 70 °C
Ramollissement TBA	≥ 115 °C	≥ 105 °C
Pénétration à 60°C	70 à 135 10 ^e mm	
Teneur en cendres à 800 °C	≤ 20 % en poids	
Température limite de souplesse à froid (éprouvette de 3 mm d'épaisseur)	≤ - 20 °C	≤ - 5 °C

Tableau 13 - Composition et présentation de la membrane Derbissolar® Base

Appellation commerciale	Derbissolar® Base
Armature composite verre-polyester + coating acrylique (MDV ± 15 %) Dont armature composite verre – polyester (MDV ± 15 %) Cette armature composite + coating constitue la face supérieure	520 g/m ² >170 g/m ²
Liant (poids moyen) (g/m ²)	2600
Épaisseur nominale (MDV ± 0,2)	3 mm
Talcage anti-adhérent sur face inférieure	130 g/m ² en face inférieure
Largeur	1 m
Longueur	12 m (*)
Surface	12 m ²
Poids moyen d'un rouleau (MDV ± 2)	38 kg

MDV : Valeur Déclarée / MLV : Valeur Limite

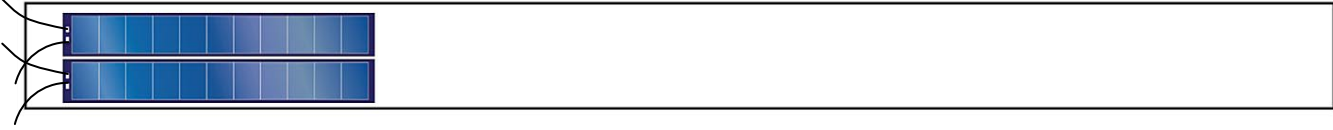
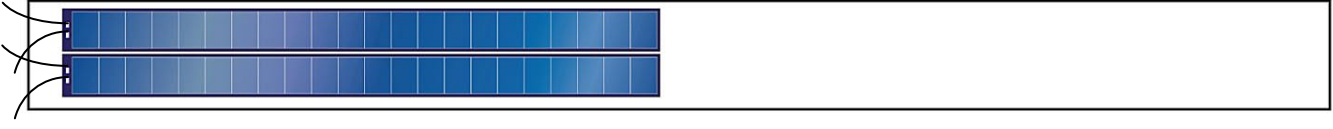
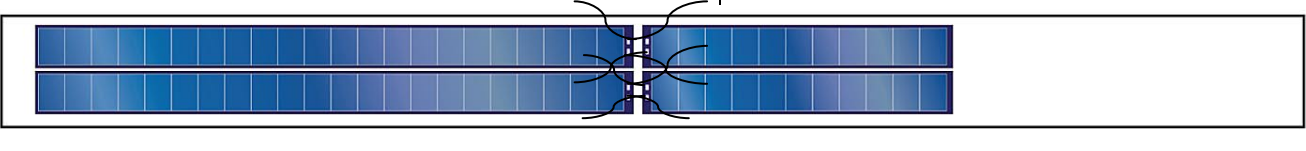
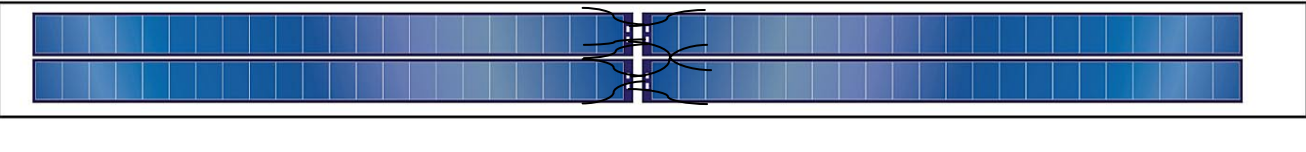
(*) Autre longueur sur demande spéciale

Tableau 14 - Caractéristiques techniques de la membrane Derbissolar® Base

Appellation commerciale	Derbissolar® Base
Tenue à la chaleur (EN 1110) (MLV)	≥ 120 °C
Souplesse à basse température (EN 1109) (MLV) - Neuf - Vieilli 6 mois à 70 °C (face inférieure)	≤ - 20 °C ≤ - 5 °C
Stabilité dimensionnelle à 80 °C (EN 1107-1) (MLV)	≤ 0,3 %
Résistance à la traction L x T (EN 12311-1) (MDV ± 20 %)	1000 N/5 cm x 1000 N/5 cm
Résistance à la déchirure au clou L x T (EN 12310-1) (MDV ± 30 %)	350 N x 350 N
Allongement de rupture L x T (EN 12311-1) (MDV ± 5)	5 % x 5 %
Poinçonnement statique (EN 12730) (A) (MLV)	20 kg
Résistance au choc dynamique (EN 12691) (MLV)	1400 mm
Résistance au poinçonnement : - statique (NF P 84-352) (sous-classe L) (Derbissolar Base, Derbissolar Base sur Derbicoat HP) - dynamique (NF P 84-353) (sous-classe D) (Derbissolar) - dynamique (NF P 84-353) (sous-classe D) (Derbissolar sur Derbicoat HP)	≥ 25 kg (L4) ≥ 15 J/cm ² (D2) ≥ 20 J/cm ² (D3)
Classement I du FIT	14
Classement I du FIT sur première couche Derbicoat HP	15

MDV : Valeur Déclarée / MLV : Valeur Limite

Tableau 15 - Implantations possibles des films photovoltaïques sur le Derbissolar® Base (*)

Présentation	Puissance crête totale
<p data-bbox="325 232 584 259">2 Films PVL 68 : 2 x 68 Wc</p> 	<p data-bbox="1110 232 1185 259">136 Wc</p>
<p data-bbox="312 463 596 490">2 Films PVL 136 : 2 x 136 Wc</p> <p data-bbox="312 526 596 553">2 Films PVL 144 : 2 x 144 Wc</p> 	<p data-bbox="1110 463 1185 490">272 Wc</p> <p data-bbox="1110 526 1185 553">288 Wc</p>
<p data-bbox="288 725 620 752">2 Films PVL 68 + 2 Films PVL 136</p> 	<p data-bbox="1110 748 1185 775">408 Wc</p>
<p data-bbox="312 978 596 1005">4 Films PVL 136 : 4 x 136 Wc</p> <p data-bbox="312 1041 596 1068">4 Films PVL 144 : 4 x 144 Wc</p> 	<p data-bbox="1110 978 1185 1005">544 Wc</p> <p data-bbox="1110 1041 1185 1068">576 Wc</p>

(*) La longueur standard est de 12 m ; autre longueur sur demande spéciale, dans la limite de l'encombrement des films photovoltaïques.

Tableau 16 - Caractéristiques des films photovoltaïques

Films photovoltaïques		Film PVL 136	Film PVL 144	Film PVL 68
Composition		Films auto-adhésifs (avec film pelable) composés de cellules photovoltaïques en silicium amorphe (a-Si) encapsulées dans de l'ETFE et solidaires d'un support en acier inoxydable souple		
Couleur des cellules solaires		Bleu foncé		
Dimensions des Films PV		5,486 m x 0,394 m ($\approx 2,2 \text{ m}^2$)		2,849 m x 0,394 m ($\approx 1,15 \text{ m}^2$)
Poids		7,7 kg (soit $\approx 3,5 \text{ kg/m}^2$)		3,9 kg (soit $\approx 3,5 \text{ kg/m}^2$)
Type de cellule		22 cellules à triple jonctions en série		11 cellules à triple jonctions en série
Diodes bypass entre les cellules (2)		2 par cellule (une pour le pôle + et une pour le pôle -)		
Câbles de sortie		4 mm ² avec protection contre les agents atmosphériques		
Connecteurs à connexion rapide Multi-Contact MC3		Contact PV-KST311-UR et PV-KBT311-UR		
Puissance crête (1)		Pmax (STC)	136 Wc	144 Wc
Tension à la puissance crête	Vmp (STC)	33 V	33 V	16,5 V
Intensité à la puissance crête	Imp (STC)	4,1 A	4,36 A	4,1 A
Tension circuit ouvert	Voc (STC)	46,2 V	46,2 V	23,1 V
Courant de court-circuit	Isc (STC)	5,1 A	5,3 A	5,1 A
Tolérance de production		$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$
Coefficient de température de Pmax	$\alpha T (P_{mpp})$	-0,21 %/K		
Coefficient de température de Voc	$\alpha T (U_{co})$	-0,38 %/K		
Coefficient de température de Isc	$\alpha T (I_{cc})$	0,10 %/K		
Courant inverse maximal		8 A		

(1) Puissance crête : Watts (W) fournis sous conditions d'essai standardisées (STC) (Rayonnement incident de 1000 W/m²,...).

(2) Les diodes bypass permettent d'optimiser le fonctionnement du film en cas d'ombrage sur quelques cellules ou de dysfonctionnement d'une cellule ; on évite ainsi l'échauffement de ces cellules (phénomène de « point chaud »).

Tableau 17 – Autocontrôles

Nomenclature de l'autocontrôle sur les matières premières		Fréquence
Bitume	Ramollissement TBA pénétration, composition générique	1 contrôle/mois
Polymères	Viscosité ou melt index, spectrophotométrie IR, ATD	Chaque livraison
Armatures	Masse surfacique, résistance à la traction	Chaque livraison
Mélange	Dispersion, ramollissement BA, pénétration à 60 °C	Chaque mélange
	Teneur en cendres	1 contrôle/mois
Nomenclature de l'autocontrôle du Derbisolar® Base		
Feuilles	Épaisseur	En continu
	Pliage à froid, masse surfacique	Chaque mélange
	Résistance à la traction	1 contrôle/mois
	Déchirure au clou, retrait libre, tenue à la chaleur, poinçonnement statique	1 contrôle/6 mois
Feuilles après vieillissement	Pliage à froid après 28 jours à 80 °C	1 contrôle/6 mois
Nomenclature de l'autocontrôle des colles (Derbibond NT, Derbimastic, Derbiseal)		
	Extrait sec	Chaque mélange
	Viscosité	Chaque mélange
	Traction transversale	2 contrôles / an
	Résistance au pelage	2 contrôles /an

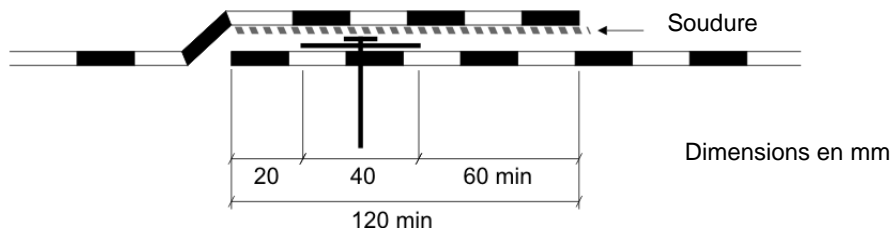


Figure 3 – Coupe sur joints de la première couche fixée mécaniquement en lisière

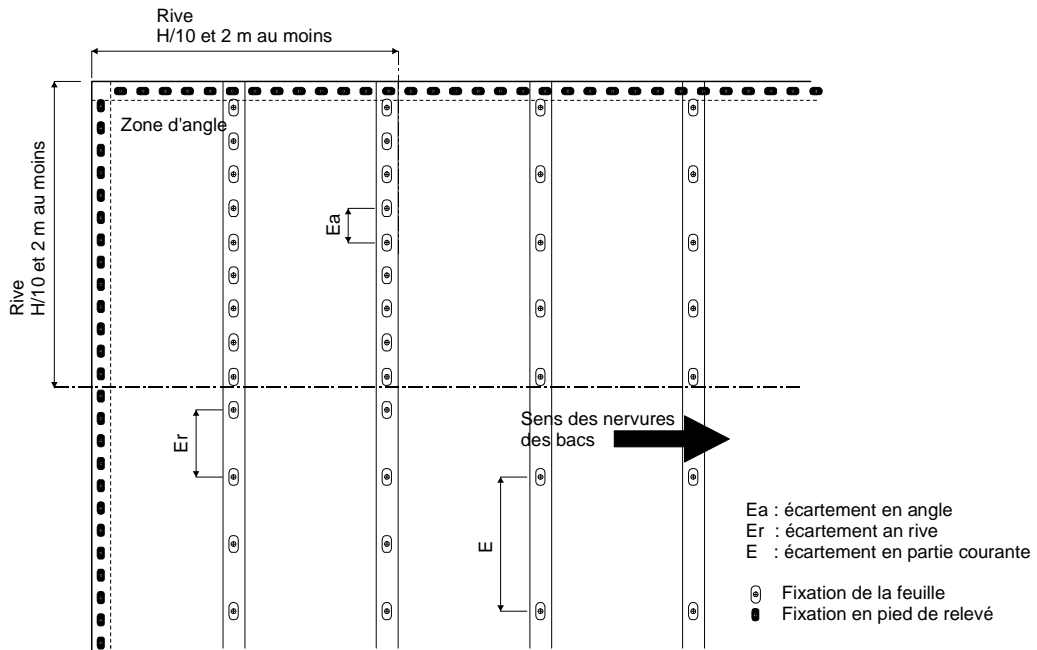


Figure 4 – Pose et fixation de la première couche fixée mécaniquement en lisière

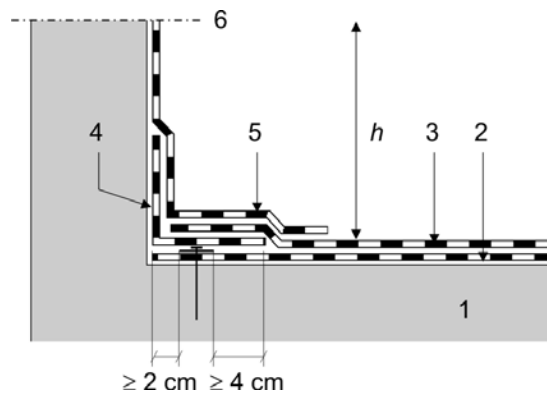


Figure 5 - Fixations en pied des reliefs et émergences

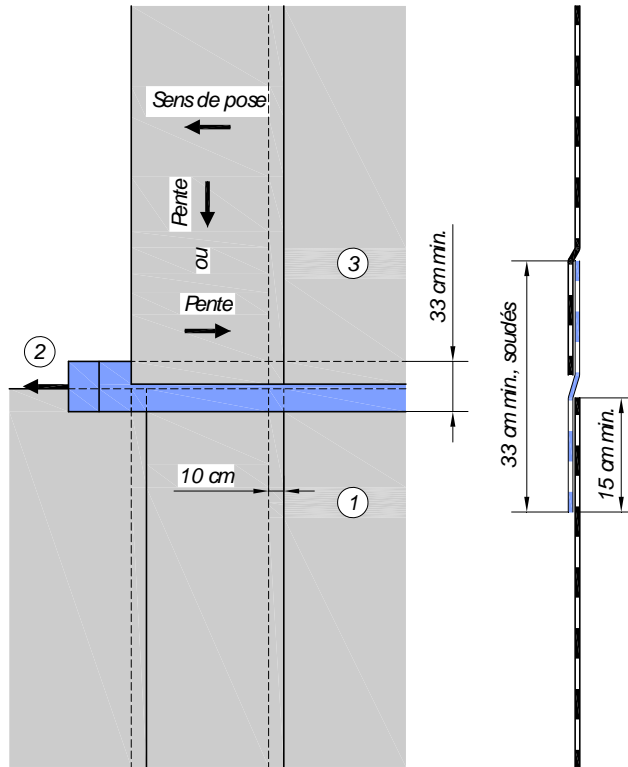


Figure 6 - Recouvrements du Derbisolar® Base - Pose en système « Bloc 1 »

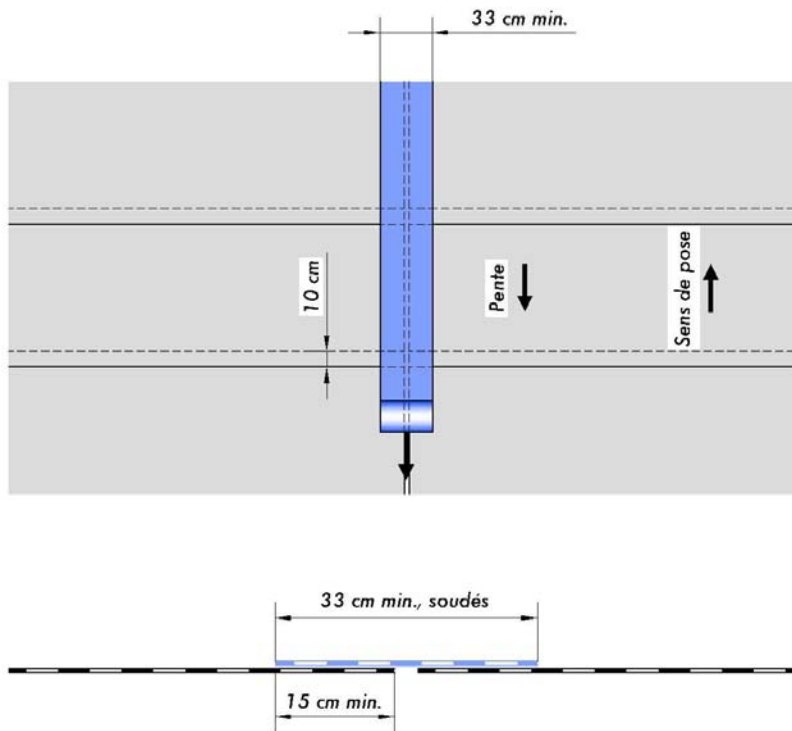


Figure 7 - Recouvrements du Derbisolar® Base - Pose en système « Bloc 2 »