

Sur le procédé

IKO EXCEL®SOLAR FM

Famille de produit/Procédé : Film souple photovoltaïque sur revêtement d'étanchéité

Titulaire(s) : **Société IKO-AXTER**

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/24-85_V1. La version V2 est une édition corrigée qui modifie les § 1.2.10 et § 2.3.3 afin de supprimer la référence au Maître d'Ouvrage pour des tâches qu'il ne peut réaliser en tant que non sachant, au profit du Maître d'œuvre.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc
V1	Nouvel Avis Technique partiellement issu de l'Avis Technique 21/19-68_V3. Le Groupe Spécialisé n°21 a examiné ce dossier le 4 avril 2024.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc

Descripteur :

Le procédé IKO EXCEL®SOLAR FM est un procédé complet d'étanchéité bitumineuse permettant la pose en toitures isolées-étanchées, de modules photovoltaïques souples mis en oeuvre sur chantier par auto-adhésivité sur le revêtement bicouche ou monocouche, fixé mécaniquement, afin de réaliser des installations productrices d'électricité renouvelable solaire.

Le procédé IKO EXCEL®SOLAR FM intègre :

- Un élément porteur (non fourni par IKO-AXTER) :
 - en bois massif, panneaux dérivés du bois, panneaux bois à usage structurel (CLT),
 - ou en tôles d'acier nervurées,
- ou un élément support (non fourni par IKO-AXTER) :
 - constitué par d'anciens revêtements d'étanchéité,
 - ou constitué d'isolants non porteurs.
- Un pare-vapeur (lorsque nécessaire, cf. Tableau 9) (fourni par IKO-AXTER)
- Des panneaux isolants non porteurs (cf. §2.2.4.3.2) (non fournis par IKO-AXTER)
- Un revêtement d'étanchéité bitumineux (fourni par IKO-AXTER) :
 - Soit un système bicouche constitué :
 - d'une première couche, en bitume élastomère SBS, fixée mécaniquement :
 - IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G,
 - ou IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F avec un recouvrement mixte adapté au PSE,
 - d'une seconde couche, à base de liant ALPA, soudée en plein sur la première couche : IKO DUO ALPA 25 SOLAR,
 - Soit un système monocouche, à base de liant ALPA :
 - IKO MONO ALPA 4000 SOLAR
 - ou IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU
- Des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR (cf. Figure 1), fournis par IKO-AXTER, dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/24-85_V2, mis en oeuvre par auto-adhésivité sur le revêtement d'étanchéité pendant le chantier.

Les charges climatiques admissibles sont définies au §1.1.1.

Les ouvrages visés ainsi que la pente minimale et maximale sont définis au §1.1.2.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	5
1.1.1.	Zone géographique.....	5
1.1.2.	Ouvrages visés.....	5
1.2.	Appréciation.....	6
1.2.1.	Liminaire.....	6
1.2.2.	Conformité normative des modules.....	6
1.2.3.	Aptitude à l'emploi du procédé.....	6
1.2.4.	Aspects sanitaires.....	7
1.2.5.	Prévention, maîtrise des accidents et maîtrise de la mise en œuvre et de l'entretien.....	7
1.2.6.	Durabilité - Entretien.....	7
1.2.7.	Impact environnemental.....	7
1.2.8.	Fabrication et contrôle.....	8
1.2.9.	Mise en œuvre.....	8
1.2.10.	Modules photovoltaïques.....	8
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	8
2.	Dossier Technique.....	9
2.1.	Mode de commercialisation.....	9
2.1.1.	Coordonnées.....	9
2.1.2.	Identification.....	9
2.1.3.	Livraison.....	9
2.2.	Description.....	9
2.2.1.	Principe.....	9
2.2.2.	Modules photovoltaïques.....	10
2.2.3.	Éléments du procédé.....	11
2.2.4.	Autres éléments.....	13
2.3.	Dispositions de conception.....	15
2.3.1.	Généralités.....	15
2.3.2.	Caractéristiques dimensionnelles.....	16
2.3.3.	Calepinage et préparation de la toiture.....	16
2.3.4.	Caractéristiques électriques.....	16
2.3.5.	Spécifications électriques.....	16
2.4.	Dispositions de mise en œuvre.....	17
2.4.1.	Conditions préalables à la pose.....	17
2.4.2.	Compétences des installateurs.....	17
2.4.3.	Sécurité des intervenants.....	17
2.4.4.	Mise en œuvre en toiture.....	17
2.5.	Utilisation, entretien et réparation.....	22
2.5.1.	Généralités.....	22
2.5.2.	Maintenance du champ photovoltaïque.....	23
2.5.3.	Maintenance électrique.....	23
2.5.4.	Remplacement d'un module.....	23
2.6.	Traitement en fin de vie.....	24
2.7.	Fabrication et contrôles.....	24
2.7.1.	Modules photovoltaïques.....	24
2.7.2.	Éléments porteurs.....	24
2.7.3.	Isolants.....	24

2.7.4.	Feuilles bitumineuses (pare-vapeur et revêtement d'étanchéité).....	24
2.8.	Conditionnement, étiquetage, stockage	24
2.8.1.	Modules photovoltaïques	24
2.8.2.	Autres constituants du procédé.....	24
2.9.	Formation.....	25
2.10.	Assistance technique.....	25
2.11.	Mention des justificatifs	25
2.11.1.	Résultats expérimentaux	25
2.11.2.	Références chantiers	26
2.12.	Annexes du Dossier Technique	27
2.12.1.	Annexe A : Règles d'adaptation de la densité de fixation pour plaquettes métalliques.....	27
2.12.2.	Annexe B : Espacements des fixations pour les systèmes de référence	32
2.12.3.	Tableaux	44
3.	Annexes graphiques.....	53

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

- Utilisation en France métropolitaine sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m.
- Utilisation dans les DROM, uniquement sur éléments porteurs en tôle d'acier nervurée.
- Le procédé peut être installé sur des toitures soumises à ces charges climatiques sous vent extrême (*selon les règles NV65 modifiées*) n'excédant pas :

Groupes de modules photovoltaïques reportés dans la grille de vérification des modules*	Charges admissibles en vent extrême (Pa)
Modules Groupe A	2 333
Modules Groupe B	5 250
* Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique.	

- L'effort admissible des systèmes de référence du procédé Wadm_{sr}, selon l'e-cahier du CSTB 3563 « Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement », de juin 2006 est défini au Dossier Technique (cf. §2.4.4.1.3.3 et 2.12.2).

1.1.2. Ouvrages visés

Mise en œuvre :

- Sur toitures-terrasses et toitures inclinées inaccessibles, techniques ou à zones techniques.
- Sur tout type de bâtiments ouverts ou fermés, neufs ou en réfection :
En travaux neufs :
 - sur éléments porteurs ou supports en bois massif, panneaux dérivés du bois, panneaux bois à usage structurel (CLT), tôle d'acier nervurée.
 - sur toute la toiture ou sur une partie seulement. L'étanchéité de la surface non couverte par le procédé IKO EXCEL®SOLAR FM sera mise en œuvre conformément au Document Technique d'Application de l'un des procédés d'étanchéité de la société IKO-AXTER, visant favorablement l'emploi considéré.
 En travaux de réfection :
 - Sur éléments porteurs ou supports en bois massif, panneaux dérivés du bois, panneaux bois à usage structurel (CLT) et tôle d'acier nervurée.
 - Le support doit être rendu apte à supporter la mise en œuvre du nouveau revêtement d'étanchéité conformément à la norme NF DTU 43.5 et aux dispositions du §2.2.4.3.
 - Dans les DROM, sur éléments porteurs en tôle d'acier nervurée.
 - Sur versants plans et courbes.

La pose directe sur support bois n'est possible uniquement que sur bâtiments ouverts avec une toiture non isolée en sous-face. Le procédé IKO EXCEL®SOLAR FM s'applique sur les toitures-terrasses inaccessibles de pente minimale de 3% sur les tôles d'acier nervurées, sur bois massif, panneaux dérivés du bois, panneaux bois à usage structurel (CLT) faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un DTA visant favorablement une telle pente. La pente maximale est de 40%.

Les toitures-terrasses avec des évacuations siphonides des eaux pluviales ne sont pas visées.

Les modules photovoltaïques doivent être issus des gammes de modules indiquées dans la grille de vérification la plus récente qui est publiée avec cet Avis Technique, et dont le n° doit comporter le n° de version du présent document.

Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :

- Soit perpendiculairement, soit parallèlement aux lès d'étanchéité
- En respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (cf. §2.3.3 et Figure 3)

Les Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3 du Dossier Technique résumant les conditions d'utilisation en France métropolitaine et dans les DROM. Leur emploi doit prendre en compte les règles propres aux éléments porteurs et aux panneaux isolants supports qui pourront affecter le domaine d'utilisation.

1.2. Appréciation

1.2.1. Liminaire

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.

1.2.2. Conformité normative des modules

La conformité des modules photovoltaïques à la norme NF EN 61215 permet de déterminer leurs caractéristiques électriques et thermiques et de s'assurer de leur aptitude à supporter une exposition prolongée aux climats généraux d'air libre, définis dans la norme CEI 60721-2-1.

1.2.3. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.3.1. Fonction génie électrique

1.2.3.1.1. Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- **Conducteurs électriques**
Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C 15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.
Les boîtes de connexion, les câbles et les connecteurs sont conformes respectivement aux normes IEC 62790, NF EN 50518 ou IEC 62930, et IEC 62852, et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension en courant continu indiquée dans la grille de vérification des modules, 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 modules photovoltaïques sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730, jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).
À ce titre, ils sont marqués CE selon la Directive 2014/35/UE (dite « Directive Basse Tension ») du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États Membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.
Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs avec système de verrouillage, conformes à la norme IEC 62852 permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.
L'utilisation de rallonges électriques (*pour les connexions éventuelles entre modules, entre séries de modules et vers l'onduleur, ...*) équipées de connecteurs de même fabricant, même type et même marque, permet d'assurer la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.
La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.

1.2.3.1.2. Sécurité par rapport aux ombrages partiels

Le phénomène de "point chaud" pouvant conduire à une détérioration du module est évité grâce à l'implantation de diodes bypass sur chacun des modules photovoltaïques.

1.2.3.1.3. Puissance crête des modules utilisés

La grille de vérification des modules recense les puissances crêtes des modules, validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

1.2.3.2. Fonction toiture

1.2.3.2.1. Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve d'effectuer un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales (au sens des NV65 modifiées), pour vérifier que :

- La charge en vent extrême n'excède pas les valeurs du tableau suivant :

Groupes de modules photovoltaïques reportés dans la grille de vérification des modules*	Charges admissibles en vent extrême (Pa)
Modules Groupe A	2 333
Modules Groupe B	5 250
* Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique.	

La densité de fixation est calculée selon les dispositions des § 2.4.4.1.3.3 et 2.12.2.

1.2.3.2.2. Sécurité en cas de séisme

Les applications du procédé ne sont pas limitées compte tenu de la conception et de l'utilisation du procédé. Elles sont donc applicables pour toutes les zones et catégories de bâtiments, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

L'objectif de bon fonctionnement dans le cadre des bâtiments de catégorie d'importance IV n'est pas visé dans ce paragraphe.

1.2.3.2.3. Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique et les retours d'expérience sur ce procédé permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

1.2.3.2.4. Sécurité au feu

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

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

Des films photovoltaïques mis en œuvre sur des complexes d'étanchéité présentent un classement de tenue au feu B_{ROOF}(t3). Ils sont définis dans le procès-verbal cité au §2.11.1 du Dossier Technique. L'entreprise de pose doit se procurer ce procès-verbal auprès du titulaire de l'Avis Technique et vérifier que le procédé à mettre en œuvre (composé du film souple photovoltaïque et du complexe d'étanchéité) est pris en compte par ce procès-verbal.

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.

1.2.3.2.5. Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants lors de la pose, de l'entretien et de la maintenance est normalement assurée grâce à la mise en place :

- de dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules,
- de dispositifs antichute selon la réglementation en vigueur,
- de chemins de circulation définis suivant le calepinage de la société IKO-AXTER,
- de la consigne que les rouleaux de revêtement d'étanchéité de plus de 25 kg seront portés par deux personnes.

Se reporter aux préconisations indiquées dans la fiche pratique de sécurité ED 137 publiée par l'INRS « Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques ».

1.2.3.2.6. Sécurité des usagers

La sécurité des usagers est normalement assurée du fait de la nature même du procédé EXCEL[®]SOLAR FM.

1.2.4. Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.5. Prévention, maîtrise des accidents et maîtrise de la mise en œuvre et de l'entretien

Les revêtements d'étanchéité disposent d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS) chez la Société IKO-AXTER. L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce produit sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port des Équipements de Protection Individuels (EPI).

1.2.6. Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, 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 procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi prévu.

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis et moyennant un entretien conforme aux indications portées dans la notice de montage et dans le Dossier Technique, la durabilité de cette toiture peut être estimée comme satisfaisante.

1.2.7. Impact environnemental

Le traitement en fin de vie peut être assimilé à celui de produits traditionnels.

La grille de vérification associée à cet Avis Technique indique en fonction des gammes de module indiquées si le procédé « IKO EXCEL[®]SOLAR FM » associé à chaque gamme de module dispose ou non d'une Déclaration Environnementale (DE) individuelle ou collective vérifiée par tierce partie indépendante.

Sans DE, le titulaire du procédé ne peut revendiquer aucune performance environnementale particulière.

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

1.2.8. Fabrication et contrôle

Les contrôles internes de fabrication systématiquement effectués dans les usines de fabrication permettent de préjuger favorablement de la constance de qualité de la fabrication du procédé photovoltaïque.

1.2.9. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par la société IKO -AXTER (avertis des particularités de pose de ce procédé grâce à une formation obligatoire, disposant de compétences en étanchéité pour la pose du procédé en toiture et de compétences électriques pour la connexion électrique de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques – cf. §2.4.2) permet d'envisager une bonne réalisation des installations.

1.2.10. Modules photovoltaïques

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

La grille de vérification à utiliser doit être la version la plus récente se rapportant à cet Avis Technique. La grille porte alors un n° du type 21/Gn/24-85_V2 indiquant qu'il s'agit de la n^{ème} version de la grille. La version Gn la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site de la CCFAT.

1.3. 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.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine, chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales (au sens des NV65 modifiées), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur le fait que la pose directe sur support bois n'est possible que sur bâtiment ouvert avec une toiture non isolée en sous-face.

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur le fait qu'il conviendra de veiller au respect des pentes minimales (cf. §1.1.2), à la pose des câbles et connecteurs en dehors des zones de rétention et d'écoulement d'eau et à la surélévation des câbles.

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur le fait que le procédé propose deux types de revêtements d'étanchéité (monocouche et bicouche) et deux modes de pose des films photovoltaïques (parallèlement ou perpendiculairement aux lés du revêtement d'étanchéité) : 4 performances différentes au vent sont alors annoncées par le tenant du procédé (cf. § 2.4.4.1.3.3) et il devra donc en être tenu compte pour le dimensionnement au vent de l'ouvrage utilisant le présent procédé

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

Cet Avis Technique est assujéti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipédia de l'Avis Technique 21/24-85_V2.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire :

Société IKO-AXTER

6, rue Laferrière

FR – 75009 Paris

Internet : www.iko.fr

2.1.2. Identification

Membranes

Les rouleaux reçoivent les étiquettes où figurent :

- Le fabricant et le code usine (T pour Tourville-la-Rivière - C pour Courchelettes)
- Le nom commercial de la feuille
- Les dimensions
- Les conditions de stockage
- Le numéro de fabrication

Les feuilles bitumineuses mises sur le marché font l'objet d'une Déclaration de Performance (DdP) établie par le fabricant et portent le marquage CE accompagné des informations visées par l'annexe ZA sur la base des normes NF EN 13707 et NF EN 13970.

Les fixations éventuelles sont directement fournies par leurs fabricants, et leurs emballages permettent leur identification.

Modules

Les marques commerciales et les références des modules sont inscrites à l'arrière du module reprenant les informations conformément à la norme NF EN 50380 : le nom du module, son numéro de série, ses principales caractéristiques électriques ainsi que le nom et l'adresse du fabricant. Cet étiquetage fait également mention du risque inhérent à la production d'électricité du module dès son exposition à un rayonnement lumineux.

2.1.3. Livraison

Le système de traçabilité du titulaire doit permettre de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés, des éléments suivants :

- dénomination commerciale du procédé photovoltaïque,
- référence de l'Avis Technique,
- date de mise en œuvre de l'installation,
- nom du maître d'ouvrage,
- adresse ou coordonnées GPS du site de l'installation,
- nom de l'entreprise d'installation,
- nature de bâtiment : résidentiel individuel/collectif, industriel, agricole, tertiaire,
- référence et numéros de série des modules photovoltaïques.

La notice de montage et de câblage des modules photovoltaïques entre eux, un plan d'exécution - calepinage des modules photovoltaïques - doivent être fournis avec le procédé pour chaque projet par la société IKO-AXTER.

L'installateur doit prévoir :

- La vérification visuelle que les emballages des modules photovoltaïques sont intacts à réception sur site.
- La vérification visuelle que les modules photovoltaïques sont intacts au déballage.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé IKO EXCEL®SOLAR FM est un système complet d'étanchéité permettant la pose, en toitures isolées – étanchées, de modules photovoltaïques souples mis en œuvre sur chantier par auto-adhésivité sur le revêtement d'étanchéité bicouche ou monocouche, fixé mécaniquement, de la société IKO-AXTER afin de réaliser des installations productrices d'électricité solaire.

Le procédé IKO EXCEL®SOLAR FM intègre :

- Un élément porteur (non fourni par IKO-AXTER) :

- en bois massif, panneaux dérivés du bois, panneaux bois à usage structurel (CLT),
- ou en tôles d'acier nervurées,
- ou un élément support (non fourni par IKO-AXTER) :
 - constitué par d'anciens revêtements d'étanchéité,
 - ou constitué d'isolants non porteurs.
- Un pare-vapeur (lorsque nécessaire, cf. Tableau 9) (fourni par IKO-AXTER)
- Des panneaux isolants non porteurs (cf. §2.2.4.3.2) (non fournis par IKO-AXTER)
- Un revêtement d'étanchéité bitumineux (fourni par IKO-AXTER) :
 - Soit un système bicouche constitué :
 - d'une première couche, en bitume élastomère SBS, fixée mécaniquement :
 - IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G,
 - ou IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F avec un recouvrement mixte adapté au PSE,
 - d'une seconde couche, à base de liant ALPA, soudée en plein sur la première couche : IKO DUO ALPA 25 SOLAR,
 - Soit un système monocouche, à base de liant ALPA :
 - IKO MONO ALPA 4000 SOLAR
 - ou IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU
- Des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR (cf. Figure 1), fournis par IKO-AXTER, dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipédia de l'Avis Technique 21/24-85_V2, mis en œuvre par auto-adhésivité sur le revêtement d'étanchéité pendant le chantier.

2.2.2. Modules photovoltaïques

2.2.2.1. Généralités

Cet Avis Technique est assujéti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipédia de l'Avis Technique 21/24-85_V2.

La BOM (*Bill Of Materials*) de chaque gamme de modules et donc les références de tous les composants est rendue disponible au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques.

Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique (voir § 1.2.10).

Les caractéristiques génériques des modules photovoltaïques inclus dans cet Avis Technique sont définies dans les paragraphes suivants du § 2.2.2.

La mise en œuvre est possible en milieu salin à condition de choisir un module photovoltaïque présentant un certificat IEC 61701 avec une classe de corrosivité qui respecte les exigences du Tableau 13 par rapport à la distance à une étendue d'eau salée (cf. la grille de vérification des modules).

2.2.2.2. Caractéristiques dimensionnelles

Les dimensions hors-tout des modules doivent respecter les critères de la grille de vérification des modules.

2.2.2.3. Face arrière

Face arrière faite d'un film de sous-face sur laquelle sont appliquées des bandes adhésives en butyle (cf. §2.2.2.4) faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.4. Bandes de butyle

Bande de butyle adhésive protégée par un film pelable mise en œuvre en usine, de largeur 10 cm, d'épaisseur minimum de 0,75mm dont la valeur au pelage du système complet est au minimum de 100 N / 5 cm.

2.2.2.5. Cellules photovoltaïques

Nature des cellules faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.6. Intercalaire encapsulant

Référence faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.7. Face avant

Face avant non verrière faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.8. Constituants électriques

2.2.2.8.1. Boîte de connexion

Une boîte de connexion est collée en surface du module.

Cette boîte de connexion est fournie avec des diodes bypass (*qui protègent chacune une série de cellules*) et permet le raccordement aux câbles qui assurent la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques minimales suivantes :

- indice de protection : IP67 minimum,
- tension de système maximum : 1 000 à 1 500 V DC entre polarités et avec la terre (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62790:2014,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.8.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques dont la section est de 4 mm². Ces câbles se trouvent en partie haute du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (cf. §2.2.2.8.3).

Ces câbles ont les spécifications minimales suivantes :

- tension assignée : 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme EN 50618:2015 ou IEC 62930:2017,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

Tous les câbles électriques de l'installation (*en sortie des modules et pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur*) sont en accord avec la norme NF C 15-100 en vigueur, les guides UTE C 15-712 en vigueur et les spécifications des onduleurs (*longueur et section de câble adaptées au projet*).

2.2.2.8.3. Connecteurs électriques

Connecteurs avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. Ces connecteurs ont les caractéristiques minimales suivantes :

- indice de protection (*connecté*) : IP 67 minimum,
- tension assignée de 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62852:2014,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

Les connecteurs des câbles supplémentaires (*pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur*) doivent être identiques (*même fabricant, même marque et même type*) aux connecteurs auxquels ils sont destinés à être reliés : pour ce faire, des rallonges peuvent être fabriquées grâce à des sertisseuses spécifiques.

Les connecteurs sont débrochables uniquement au moyen d'un outil spécifique.

2.2.3. Éléments du procédé

2.2.3.1. Fourniture

Les éléments de ce procédé sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société IKO -AXTER. Tous les éléments décrits dans le paragraphe 2.2.3 font partie de la livraison du procédé assurée par la société IKO -AXTER.

2.2.3.2. Pare-vapeur

Le choix du pare-vapeur se fait conformément au Tableau 9.

Dans les DROM, conformément au CPT commun « Supports de système d'étanchéité de toitures dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) » (Cahier du CSTB 3644, octobre 2008), la présence d'un pare-vapeur n'est pas obligatoire, sauf sur locaux chauffés. Lorsque le pare-vapeur est prévu dans les Documents Particuliers du Marché (DPM), il est choisi conformément au Tableau 9.

Les pare vapeur font l'objet d'un marquage CE conformément à la norme EN 13970.

Les pare-vapeur pouvant être utilisés sont les suivants :

- IKO VAP ACIER,
- IKO VAP,
- IKO DUO FUSION G/F,
- IKO VAP ALPA 2 en 1,
- IKO VAP ALPA 3 en 1,
- IKO RLV ALU/F,
- IKO RLV ALPA ALU/F,
- IKO RLV ALU AR/F,
- IKO RLV ALU PLUS AR/F,
- IKO VAP ALU G/G,
- IKO VAP STICK ALU,

- IKO VAP STICK,
- IKO VAP STICK ALU GR.

Leur présentation et leurs caractéristiques sont données dans le Document Technique d'Application IKO DUO FUSION n°5.2/18-2627_V3.

2.2.3.3. Revêtement d'étanchéité

2.2.3.3.1. Caractéristiques des Liants

- Liant ALPA et ALPA FE : cf. DTA IKO ALPAL n°5.2/15-2481_V3
- Liant ARMOUR : cf. DTA IKO DUO FUSION n°5.2/18-2627_V3

2.2.3.3.2. Feuilles du système bicouche

- Première couche :
Les feuilles de première couche sont en bitume modifié par élastomère SBS avec une armature R4 au moins et conformes au Guide UEAtc de 2011 SBS-APP de la société IKO-AXTER :
 - IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G
 - IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F

Leur composition, présentation et caractéristiques sont définies dans le Tableau 5.

- Seconde couche :
La membrane ne relève pas du Guide UEAtc SBS-APP. Néanmoins l'intégralité des caractéristiques y figurant est suivie et évaluée. Il s'agit de la feuille, de la société IKO-AXTER : IKO DUO ALPA 25 SOLAR.
Sa composition, présentation et ses caractéristiques sont définies dans le Tableau 6.

2.2.3.3.3. Feuilles du système monocouche

Les membranes ne relèvent pas du Guide UEAtc SBS-APP. Néanmoins l'intégralité des caractéristiques y figurant est suivie et évaluée. Il s'agit des feuilles, de la société IKO-AXTER :

- IKO MONO ALPA 4000 SOLAR AR/F
- IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU AR/F

Leur composition, présentation et caractéristiques sont définies dans le Tableau 7.

2.2.3.3.4. Matériaux pour relevés

- IKO EQUERRE 25, 33 et 100 : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION n°5.2/18-2627_V3
- IKO RLV AR/F : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION n°5.2/18-2627_V3
- IKO RLV ALU/F : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION n°5.2/18-2627_V3
- IKO RLV ALU AR/F : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION n°5.2/18-2627_V3
- IKO RLV ALU PLUS AR/F : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION n°5.2/18-2627_V3
- IKO RLV ALPA ALU/F : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION n°5.2/18-2627_V3
- IKO MONO FUSION AR/F : cf. Document Technique d'Application IKO MONO FUSION n°5.2/18-2635_V4

Les feuilles présentes dans le Document Technique d'Application IKO ALPAL (n°5.2/15-2481_V3) peuvent servir de substitution.

2.2.3.3.5. Feuilles complémentaires pour chemins de circulation ou zones techniques

- IKO ACCESS : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION
L'IKO ACCESS peut être substitué par tout autre membrane autoprotégée minérale de performance et d'épaisseur identique ou supérieure de la gamme IKO-AXTER. La couleur de l'autoprotection devra être différente de celle de partie courante.
- IKO DUO FUSION L4 3000 AR/F peut être substitué à l'IKO ACCESS. (cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION)

2.2.3.3.6. Feuilles de renfort pour noue en pente nulle

- EXCELRENFORT : cf. Document Technique d'Application IKO ALPAL
- IKO DUO FUSION G/F : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION

2.2.3.3.7. Écrans de semi-indépendance

- IKO ECRAN PERFO : cf. Document Technique d'Application IKO DUO FUSION

2.2.3.3.8. Matériaux pour écran thermique, au droit des relevés, sur polystyrène

- IKO Band Butyle : cf. Document Technique d'Application IKO DUO STICK
- IKO Band Bitume : cf. Document Technique d'Application IKO DUO STICK

- IKO DUO STICK L3 T3 SI, IKO DUO STICK L3 T4 SI, IKO DUO STICK L4 T3 SI : cf. Document Technique d'Application IKO DUO STICK
- IKO EQUERRE 25 : cf. Document Technique d'Application IKO DUO STICK

2.2.3.3.9. Primaires et colles

- IKOpro Primaire ECOL'eau : cf. Document Technique D'Application IKO DUO FUSION
- IKOpro Primaire Bitume Adérosol SR : cf. Document Technique D'Application IKO DUO FUSION
- IKOpro Primaire Bitume Adérosol GC : cf. Document Technique D'Application IKO DUO FUSION
- Colle RUBERFIX pour support de chemin de câble : Colle bitumineuse modifiée en pâte à prise rapide, mono-composante, épaisse, thixotrope et à élasticité permanente. La colle est conditionnée en bidons de 5, 12,5 et 25 kg. Le stockage doit se faire dans un endroit tempéré, à l'abri des intempéries et du gel. La colle peut se conserver 12 mois au sec dans son emballage d'origine. Pour les conditions d'emploi, se référer à la fiche de sécurité. Elle est caractérisée par une résistance à la traction perpendiculaire entre une feuille élastomère grésé et un panneau de PSE > 50 kPa. La fréquence de contrôle est de 1/an. Les caractéristiques de la colle sont données dans le Tableau 8.

2.2.4. Autres éléments

2.2.4.1. Liminaire

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un système photovoltaïque : onduleurs, câbles électriques reliant le champ photovoltaïque au réseau électrique en aval de l'onduleur... Ces éléments ne sont pas examinés dans le cadre de l'Avis Technique qui se limite à la partie électrique en courant continu.

Les éléments qui suivent, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé.

2.2.4.2. Élément porteur

2.2.4.2.1. Généralités

Les éléments porteurs et les supports sont conformes aux prescriptions des normes - DTU ou des Documents Techniques d'Application les concernant.

Les supports, destinés à recevoir les revêtements d'étanchéité, doivent être secs, stables et plans, présenter une surface propre, libre de tout corps étranger et sans souillure.

2.2.4.2.2. Éléments porteurs et supports en bois, panneaux à base de bois et CLT

La pose sur élément porteur et supports en bois, panneaux à base de bois et CLT n'est possible qu'en France métropolitaine.

Sont admis :

- Les éléments porteurs et les supports panneaux bois et à base de bois conformes au NF DTU 43.4. Leur préparation comprend :
 - Pour les pare-vapeur indépendants : aucune préparation préalable.
 - Pour les pare-vapeur cloués : aucune préparation préalable.
 - Sur panneaux à base de bois uniquement, pour les revêtements ou pare vapeur adhésifs soudés : La préparation comporte le pontage des joints de panneaux en IKO DUO FUSION AR/F ou IKO RLV ALU/F de 20 cm de largeur sur les joints, la face aluminium ou ardoisée sur le support. L'application d'un EIF n'est pas obligatoire.
 - Pour les pare-vapeur adhésifs, sur panneaux à base de bois : La préparation comporte l'application d'un EIF en évitant les joints de panneaux. Les pontages ne sont pas nécessaires.
- Les panneaux à base de bois non traditionnels ainsi que les panneaux bois à usage structurel (CLT) conformes au e - Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019 et bénéficiant d'un Document Technique d'Application favorable pour l'emploi et la destination visés par le présent Dossier Technique.
 Dans le cas d'un support non traditionnel, le Document Technique d'Application de l'élément porteur 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. La préparation et le pontage de ces supports sont définis dans le DTA du panneau.
 En outre, dans le cas d'un support en panneaux sandwichs, le Document Technique d'Application précisera si l'ancrage des panneaux isolants doit se faire dans le parement supérieur ou inférieur. La répartition des résistances thermiques de part et d'autre du pare-vapeur, doit être réalisée dans le respect strict des prescriptions du §7.3 et de l'annexe B du e-cahier CSTB 3814.
- La pose directe sur support bois n'est possible uniquement que sur bâtiments ouverts avec une toiture non isolée en sous-face.

2.2.4.2.3. Éléments porteurs en tôles d'acier nervurées

En France métropolitaine sont admis :

- Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées (pleines, perforées ou crevées) conformes au NF DTU 43.3 ou bénéficiant d'un Document Technique d'Application visant favorablement cet emploi

- Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées conformes au CPT « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm dans les départements européens » (e-Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009)

Dans les DROM sont admis :

- Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées conformes au CPT commun « Supports de système d'étanchéité de toitures dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) » (Cahier du CSTB 3644, octobre 2008).

2.2.4.3. Supports

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

La pose sur supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité n'est possible qu'en France métropolitaine.

Ce sont d'anciennes étanchéités, type asphalte, apparent, à base de bitume oxydé ou à base de bitume modifié pouvant être sur différents supports (bois et panneaux à base de bois, isolants sur les éléments porteurs précités et sur tôles d'acier nervurées).

Les critères de conservation et de préparation de ces anciennes étanchéités pour leur réemploi comme support ou comme écran-vapeur sont définis dans la norme NF DTU 43.5.

Les critères de conservation et de préparation des autres éléments de la toiture (éléments porteurs, pare -vapeur, isolant thermique, protection) doivent respecter la norme NF DTU 43.5.

Sur éléments porteurs bois, panneaux à base de bois, les valeurs d'ancrage (Qréel ou Pkréel) des fixations mécaniques envisagées pour la réfection sont systématiquement vérifiées par une campagne de mesures in situ conformément au e-Cahier du CSTB 3563 de juin 2006 Annexe A2.

Les anciens revêtements d'étanchéité chimiquement incompatibles avec les revêtements bitumineux (enduits pâteux, ciment volcanique, certaines membranes synthétiques) doivent recevoir un écran IKO VAP ACIER avant la pose du complexe, conformément aux spécifications de la norme NF DTU 43.5.

Si l'ancien isolant est conforme aux prescriptions du §2.2.4.3.2.1, l'ancienne étanchéité peut être conservée.

2.2.4.3.2. Supports isolants non porteurs

2.2.4.3.2.1. Isolants admis

Le revêtement d'étanchéité n'apporte pas de limite à la résistance thermique des panneaux isolants, sont admis :

- Les panneaux isolants de classe C minimum, mentionnés dans les Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3, bénéficiant d'un Document Technique d'application visant favorablement l'emploi en toiture -terrasse techniques, ou en toitures-terrasses inaccessibles avec un procédé d'étanchéité photovoltaïque avec des modules souples.
- Les panneaux isolants PSE de classe B à 80°C et classe C à 60°C conformément à leur Document Technique d'Application visant favorablement l'emploi en toitures-terrasses inaccessibles avec un procédé d'étanchéité photovoltaïque avec des modules souples.

2.2.4.3.2.2. Attelages de fixations mécaniques préalables pour panneaux isolants

Plaquettes conformes aux normes NF DTU série 43.

Éléments de liaison à l'élément porteur conformes aux normes-DTU série 43 ou au Document Technique d'Application spécifique du panneau isolant et au Cahier du CSTB 3564 – Juin 2006.

Les panneaux fixés mécaniquement peuvent être posés en plusieurs lits.

Dans le cas où la compression à 10 % de déformation (norme NF EN 826) de l'isolant est inférieure à 100 kPa (cf. tableau des caractéristiques spécifiées du Document Technique d'Application des panneaux isolants), les attelages de fixations mécaniques, éléments de liaison et plaquettes, doivent être du type « solide au pas » qui empêche en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au-dessus de la plaquette. Les attelages conformes à la norme NF P 30-317 répondent à cette condition.

2.2.4.4. Attelages de fixations mécaniques de l'étanchéité en tête de lé

Les fixations mécaniques de référence sont : vis et plaquettes carrées 40 x 40 mm ou rondes de Ø 40 mm au minimum.

Les éléments de liaison à l'élément porteur doivent être conformes aux normes-DTU série 43. D'autres modèles de fixation ou de plaquettes métalliques sont admis sous réserve de respecter les règles d'adaptation figurant à l'annexe A (cf. §2.12.1).

La fixation mécanique de référence est constituée de la plaquette carrée ou ronde associée à la vis VMS de Ø 4,8mm de LR Etanco : Pksr : 1520 N au sens de la norme NF P 30-313, sur tôle d'acier pleine de 0,75 mm d'épaisseur.

Les règles d'adaptation des attelages de fixations sont données à l'annexe A.

Les attelages de fixations répondent aux exigences de l'e-Cahier du CSTB 3563.

Ils sont associés à l'élément porteur et aux feuilles de première couche.

Ils font l'objet d'une fiche technique établie par le fabricant de fixations, précisant notamment la valeur de résistance caractéristique Pkft de l'attelage ou pour le béton la charge limite de service Qft (selon l'e-Cahier du CSTB 3563, juin 2006).

Le terme « solide au pas » s'applique à un attelage composé d'un élément de liaison et d'une plaquette de répartition servant à assurer la fixation mécanique d'un isolant, et/ou le revêtement d'étanchéité, sur un support. Cet attelage est muni d'un dispositif permettant d'éviter, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison (par exemple vis) de la partie supérieure de la plaquette de répartition. Les attelages conformes à la norme NF P 30-317 répondent à cette condition.

2.2.4.5. Chemins de câble

Les câbles ne doivent pas reposer sur le revêtement d'étanchéité mais être installés dans un chemin de câbles spécifique.

Des chemins de câbles, définis par l'électricien, en fils d'acier inoxydable soudés (type CABLOFIL par exemple) adaptés au climat concerné ou en plastique/polymère résistant aux UV peuvent être utilisés. Le type de chemin de câbles ainsi que ces dimensions dépendront du nombre de câbles à acheminer. Les dimensions seront déterminées par l'électricien spécialisé.

Les câbles courant continu et les connecteurs sont mis en œuvre dans des chemins de câbles de type Cablofil pour ne pas reposer sur l'étanchéité. Le choix et la mise en œuvre du matériel répondront aux spécifications suivantes :

- Le chemin de câble doit être relié à la masse de l'installation tous les 15 à 20 mètres à l'aide d'accessoires dédiés (raccord à griffes, bornes...).
- Le dimensionnement des chemins de câbles est effectué conformément aux spécifications de la norme NF C 15-100 sur la base des canalisations à isolation PR. Dans le cas particulier des canalisations soumises au rayonnement solaire direct, la température ambiante à prendre en compte pour leur dimensionnement est considérée égale à 70 °C, par conséquent un facteur de correction de 0,58 est à appliquer conformément au tableau 52K de la NF C 15-100.

Les supports de chemins de câbles sont :

- des supports galvanisés à chaud (grammage galvanisation $\geq 85 \mu\text{m}$ selon la norme EN ISO 14713) en ambiance urbaine normale ou en acier inoxydable 316 L en ambiance urbaine sévère ou industrielle ou marine. Les chemins de câbles et support galvanisés à chaud ne doivent pas être coupés. Les chemins de câbles (de type CABLOFIL) en toiture sont fixés sur des supports (cf. Figure 12) permettant une surélévation de 20 mm minimum par rapport à la toiture. Ces supports sont soudés industriellement au préalable sur une platine de même nature de dimensions minimales 10 cm x 10 cm, l'entraxe entre supports est limité dans tous les cas à 2 m maximum. Pour les pentes de toiture inférieures à 5%, la platine est collée sur la membrane d'étanchéité à l'aide de la colle RUBERFIX commercialisée par IKO-AXTER et compatible avec le liant des membranes d'étanchéité. La platine est collée sur toute sa surface avec une épaisseur minimale de 3 mm de colle RUBERFIX, le plan de collage ne doit pas être sollicité durant le temps de prise de la colle (qui dépend de la température ambiante, 24 h à 10°C ou 4 h à 25°C) donc le chemin de câble ne doit pas être installé avant ce délai minimal à respecter. Pour des pentes de toiture supérieures à 5%, le collage est renforcé par un plastron de 35 cm x 35 cm minimum évidé au droit du support, et soudé sur la platine et le revêtement d'étanchéité (le plastron est réalisé dans une feuille de finition du complexe).
- Des dalles en béton (exclues en DROM) : les platines d'appuis du chemin de câbles sont fixées sur des dalles en béton de dimensions 30 cm x 30 cm x 3 cm minimum. Il convient de poser les dalles de béton sur un écran de protection (non-tissé polyester, 170 g/m²) afin de ne pas endommager le revêtement d'étanchéité. Ce système de dalles peut être mis en œuvre par l'électricien qualifié pour la pose des installations photovoltaïques, pour des toitures de pente inférieure ou égale à 5%.

La mise en œuvre doit répondre aux exigences de la norme CEI 61 537 « Systèmes de chemins de câbles et systèmes d'échelle à câbles pour installations électriques ».

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage et de câblage des modules photovoltaïques entre eux, les plans d'exécution comprenant le calepinage des modules photovoltaïques.

Les plans d'exécution sont fournis par le bureau d'études de IKO-AXTER.

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour les domaines d'emploi défini au §1.1.

Les modules photovoltaïques peuvent être connectés en série et/ou en parallèle.

Les éléments porteurs et supports doivent être propres et secs, conformément aux prescriptions des DTU ou Avis Techniques correspondants.

Avant chaque projet, le devoir de conseil de l'installateur lui impose d'attirer l'attention du Maître d'ouvrage sur le fait qu'une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du Maître d'ouvrage afin de vérifier que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

Chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales (*au sens des NV65 modifiées*), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

La mise en œuvre est prévue pour être exécutée sur des structures porteuses :

- en bois, conformément à la norme NF EN 1995-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites à prendre en compte pour les flèches sont celles figurant à l'intersection de la colonne "Bâtiments courants" et de la ligne "Éléments structuraux" du Tableau 7.2 de la clause 7.2(2) de la norme NF EN 1995-1-1/NA,

- en acier, conformément à la norme NF EN 1993-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites maximales à prendre en compte pour les flèches verticales sont celles de la ligne "Toiture en général" du Tableau 1 de la clause 7.2.1(1)B de la norme NF EN 1993-1-1/NA,

- en béton avec insert métallique de 60 mm minimum de largeur par panneau, de 65 mm minimum dans le cas d'un recouvrement transversal et 2.5 mm minimum d'épaisseur, conformément aux normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1992-1-1/NA. Les classes de tolérances fonctionnelles de montage doivent être de classe 1 selon la NF EN 13670.

Les modules 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 modules.

Comme tous les procédés comprenant des plaques métalliques ou des panneaux en bois massif ou panneaux dérivés du bois ou panneaux bois à usage structurel (CLT) utilisés en toiture, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués ni

dans les plaques, ni dans le voligeage support, mais dans la structure porteuse. De plus, le traitement des pénétrations ponctuelles engendrées par les potelets des lignes de vie doit se faire conformément aux DTU série 43.

2.3.2. Caractéristiques dimensionnelles

Les caractéristiques dimensionnelles des modules sont données dans la grille de vérification des modules. Elles respectent les critères génériques du §2.2.2.

Le système de montage des modules photovoltaïques est modulaire. De ce fait, il permet d'obtenir une multitude de champs photovoltaïques.

2.3.3. Calepinage et préparation de la toiture

Le calepinage des modules photovoltaïques est nécessaire et doit impérativement respecter une distance de 1 m minimum autour du champ et la périphérie de toiture. Les DPM peuvent définir les périphéries de toitures comme chemins de circulation. Dans ce cas, le Maître d'Œuvre 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.

Indépendamment des zones comportant des ombres portées, les modules photovoltaïques ne peuvent pas être mis en œuvre aux endroits suivants :

- dans une zone de 0,9 m minimum en périphérie de toitures
- dans une zone de 0,9 m en bordure des relevés périphériques, des lanterneaux, reliefs et émergences
- dans une zone de largeur de 0,3 m de part et d'autre des faîtages
- dans une zone de largeur de 1,0 m le long des noues de part et d'autre du fil d'eau ainsi que sur le pourtour des évacuations d'eaux pluviales
- dans une zone de largeur de 0,5 m autour des joints de dilatation
- au-dessus d'un joint de dilatation

Dans la mesure où il est interdit de circuler et de marcher directement sur les modules photovoltaïques, afin de faciliter l'entretien sur les modules photovoltaïques sur les toitures à faible(s) pente(s), il faut inclure sur la toiture des chemins de circulation autour des zones de modules photovoltaïques.

Le champ photovoltaïque devra avoir une surface inférieure à 300m² et une longueur et/ou largeur de 30m maximum.

2.3.4. Caractéristiques électriques

2.3.4.1. Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules souples ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

2.3.4.2. Sécurité électrique

Les modules souples ont été certifiés conformes à la classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730.

2.3.4.3. Performances électriques

Les puissances électriques des modules sont validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

Dans les tableaux de la grille de vérification des modules, les performances électriques actuelles des modules ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC (*Standard Test Conditions : éclairement de 1 000 W/m² et répartition spectrale solaire de référence selon la norme CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C*).

2.3.5. Spécifications électriques

2.3.5.1. Généralités

Les spécifications relatives à l'installation électrique décrites au Dossier Technique doivent être respectées.
La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100 et guides UTE C 15-712.
Les câbles électriques et les connecteurs ne doivent pas reposer dans les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. §2.4.2).

Le nombre maximum de modules pouvant être raccordés en série est limité par la tension DC maximum d'entrée de l'onduleur tandis que le nombre maximum de modules ou de séries de modules pouvant être raccordés en parallèle est limité par le courant DC maximum d'entrée de l'onduleur. La tension maximum du champ photovoltaïque est aussi limitée par une tension de sécurité de 1 000 à 1 500 V (*liée à la classe II de sécurité électrique*).

2.3.5.2. Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 11.

- Liaison intermodules et module/onduleur.
Pour la connexion d'une colonne de modules à une autre, le passage des câbles s'effectue en passant dans des chemins de câble surélevés (cf. §2.4.5). Les câbles et connecteurs ne doivent pas reposer directement sur le revêtement d'étanchéité, notamment entre les modules et le chemin de câble surélevé.
La liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires (*pour le passage d'une rangée à une autre ou pour la liaison des séries de modules 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 différents.

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment.
Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité. Selon la disposition de la toiture-terrasse, du bâtiment et l'implantation du champ photovoltaïque, il peut être réalisé soit :
 - au niveau des traversées de toiture par l'intermédiaire de crosses de passage de câbles conformément au DTU 43.3 (Figure 10),
 - via une descente en façade dans une gaine technique ou un chemin de câbles.

L'installation photovoltaïque, une fois terminée, doit être vérifiée avant son raccordement à l'onduleur grâce à un multimètre : continuité, tension de circuit ouvert, ...

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Conditions préalables à la pose

Le procédé photovoltaïque peut-être installé sur toute la toiture en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (cf §2.3.3). Les chemins de circulation sont posés avant les modules photovoltaïques.

La pose des modules souples se fait à l'avancement de la pose de la deuxième couche ou du monocouche. Avant de procéder à la mise en œuvre des modules (§ 2.4.4.2) il faudra suivre la procédure suivante :

- Balayer la zone où les modules seront implantés.
- Vérifier que le bitume du revêtement existant est de qualité suffisante pour être chauffé au chalumeau. Absence de défauts ponctuels (cloques, plis, fissures).

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au §1.2.3.2.1 doivent être respectées.

La mise en œuvre, ainsi que les opérations d'entretien, de maintenance et de réparation du procédé photovoltaïque doivent être assurées par des installateurs qualifiés et formés (cf. §2.4.2).

2.4.2. Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été qualifiés, habilités au travail en hauteur et ayant été formés par la société IKO-AXTER (cf. §2.9).

Les compétences requises sont de 2 types :

- Compétences en étanchéité : pour la mise en œuvre du complexe pare-vapeur/isolant/étanchéité et film souple photovoltaïque.
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou habilitation pour la réalisation d'installations photovoltaïques : habilitation électrique selon la norme NF C 18-510, habilitation "BP" pour le raccordement des modules, habilitation "BR" requise pour le branchement aux onduleurs.

2.4.3. Sécurité des intervenants

L'emploi de dispositifs de sécurité (*protections collectives, nacelle, harnais, ceintures, dispositifs d'arrêt...*) est obligatoire afin de répondre aux exigences en matière de prévention des accidents. Lors de la pose, de l'entretien ou de la maintenance, il est notamment nécessaire de mettre en place des dispositifs pour empêcher les chutes depuis la toiture selon la réglementation en vigueur (*par exemple, un harnais de sécurité relié à une ligne de vie fixée à la charpente*) ainsi que des dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules (*échelle de couvreur, ...*).

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison.

Les risques inhérents à la pose de modules photovoltaïques et les dispositions à prendre lors de la conception, de la préparation et de l'exécution du chantier sont décrits dans la fiche pratique de sécurité ED 137 publiée par l'INRS.

2.4.4. Mise en œuvre en toiture

2.4.4.1. Mise en place du complexe isolant-étanchéité

2.4.4.1.1. Mise en place du pare-vapeur

Le Tableau 9 s'applique au choix et au principe de mise en œuvre de l'écran pare-vapeur. La mise en œuvre du pare-vapeur est réalisée conformément aux normes NF DTU série 43.

Règles de substitution :

- L'IKO VAP peut être substitué par l'IKO DUO FUSION G/F ou IKO VAP ALPA 2 en 1, ou par toute autre membrane grésée de surface – filmée sous-face, de performance et d'épaisseur identiques ou supérieures dans un DTA de la gamme IKO-AXTER.
- L'IKO RLV ALU/F peut être substitué par l'IKO RLV ALU/F.
- L'IKO RLV ALU AR/F peut être substitué par IKO RLV ALU PLUS AR/F ou IKO VAP ALU G/G.

2.4.4.1.2. Mise en place de l'isolant

2.4.4.1.2.1. Généralités

Les panneaux isolants sont mis en œuvre en un ou plusieurs lits en quinconce et jointifs, fixés mécaniquement selon les prescriptions de leur Avis Technique particulier.

Sur TAN, le joint filant est perpendiculaire aux nervures des tôles.

La mise en œuvre sur pare-vapeur IKO Band Bitume impose la fixation mécanique de l'isolant, selon les densités définies dans l'Avis Technique propre à cet isolant pour l'usage considéré.

2.4.4.1.2.2. Isolant fixé mécaniquement

Les panneaux isolants sont mis en œuvre en un ou plusieurs lits en quinconce et jointifs, fixés mécaniquement selon les prescriptions de leur Avis Technique particulier.

2.4.4.1.2.3. Cas particulier du polystyrène expansé au droit des relevés

Une protection de la tranche du panneau au droit des relevés ou émergences est prescrite par le Document Technique d'Application particulier à l'isolant.

En variantes :

- Une bande auto-adhésive à froid, IKO Band Butyle ou IKO Band Bitume, de développé au moins égal à l'épaisseur de l'isolant + 20 cm, rabattue d'au moins 20 cm sur l'isolant peuvent être utilisées. Une bande découpée dans IKO DUO FUSION G/F avec recouvrement de 10 cm entre bandes ou toute autre membrane de performances supérieures placée de la même manière convient également.
- Une bande auto-adhésive à froid, IKO Band Butyle ou IKO Band Bitume ou une bande découpée dans IKO DUO STICK L3 ADH est appliquée en fond de gorge à ailes sensiblement égales. Le recouvrement de ces bandes est de 10 cm.

Il est également possible d'éviter cette protection en remplaçant le PSE au droit des émergences, par un panneau ou une bande de 20 cm minimum en perlite fibrée ou en laine minérale.

2.4.4.1.3. Mise en place du revêtement d'étanchéité

2.4.4.1.3.1. Revêtement bicouche (systèmes A et B)

L'inversion des couches des revêtements n'est pas admise.

Pose de la première couche :

La préparation des supports est réalisée conformément au §2.4.1.

La feuille IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G est déroulée à sec (perpendiculairement aux nervures des tôles, sur tôles d'acier nervurées) et fixée mécaniquement en lisière sous les recouvrements longitudinaux.

Dans le cas de la feuille IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/G à galon mixte (adhésif (≥ 20 mm) – thermosoudable (≥ 80 mm)), la membrane de première couche est positionnée par rapport au lé précédent de manière que le galon adhésif soit en vis-à-vis du galon adhésif de la membrane déjà posée (cf. Figure 4), puis réenroulée. Elle est ensuite déroulée en retirant les bandes pelables de protection des galons adhésifs au fur et à mesure du déroulage. Le recouvrement longitudinal est assuré par auto-adhésivité en marouflant le galon adhésif de 2 cm, puis par soudure à la flamme du recouvrement restant.

Les recouvrements longitudinaux sont de 10 cm pour l'IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G et de 12 cm pour le IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F (cf. Figure 4). La feuille IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G comporte deux lignages en surface, utilisables comme aide au positionnement des fixations et à la réalisation des joints de recouvrements longitudinaux, respectivement positionnés par rapport au bord du lé à 4 cm mini et 10 cm mini. La feuille IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F n'a qu'un seul lignage utilisable comme aide au positionnement de la fixation.

Les recouvrements transversaux sont de 10 cm pour la feuille IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G et de 20 cm, soudé sur 10 cm pour la feuille IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F sur PSE.

En variante : protéger provisoirement l'isolant de la flamme en plaçant un écran thermique (IKO EQUERRE 25 ou bande de 25 cm de IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F découpée sur place) à l'emplacement du recouvrement. Dans ce cas, le recouvrement transversal est de 10 cm.

Pose de la deuxième couche IKO DUO ALPA 25 SOLAR

L'IKO DUO ALPA 25 SOLAR est soudé en plein sur la première couche du système d'étanchéité. Les recouvrements longitudinaux sont soudés sur 6 cm minimum et les recouvrements transversaux sont soudés sur 10 cm minimum.

2.4.4.1.3.2. Revêtement monocouche (système C)

Les feuilles IKO MONO ALPA 4000 SOLAR et IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU sont déroulées à sec (perpendiculairement aux nervures des tôles sur élément porteur en tôles d'acier nervurées) et fixées mécaniquement en lisière sous les recouvrements longitudinaux qui sont au minimum de 10cm. Les recouvrements transversaux d'about de lé se font sur 15 cm. La réduction des surépaisseurs se fait en réchauffant légèrement et en écrasant avec une spatule chaude la lisière à recouvrir. Il est interdit de superposer 4 lés à un croisement de recouvrements. Tous les croisements doivent donc être en T. Pour faciliter la réalisation des jonctions en T, il est recommandé de rallonger le fil d'eau éventuel en coupant à 45° l'about inférieur de la bande de soudure de chaque lé selon la Figure 4. Ces coupes biaisées doivent également être mises en sifflet par écrasement, à la spatule chaude. Après soudure des jonctions, on doit constater la présence d'un petit bourrelet de bitume en bordure.

2.4.4.1.3.3. Densité et répartition des fixations en partie courante, rives et angles pour les revêtements mis en œuvre par fixations mécaniques

Dispositions générales :

La densité de fixations est calculée en fonction de la zone et du site de vent par référence :

- Aux règles NV 65 modifiées, en vent extrême, pour des bâtiments d'élanement courant respectant les conditions suivantes :
 - $h \leq 2,5 a$, avec h = hauteur du bâtiment et a = longueur
 - $f \leq h/2$ pour des toitures à versants plans ou $f \leq 2/3.h$ pour des toitures à versants courbes avec f = flèche entre le faîtage et la noue
- Aux dispositions du CPT « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toiture fixés mécaniquement » (e -Cahier du CSTB 3563, de juin 2006).
- À la zone et du site de vent (zones 1 à 5) ; site (normal ou exposé).
- A la localisation en toiture : parties courantes, rives, angles, etc.... (cf. Tableau 10).
- Au sens de pose des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR :
 - Modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR posés perpendiculairement aux lignes de fixations : systèmes de référence SRA1 (bicouche) et SRB1 (monocouche)
 - Modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR posés parallèlement aux lignes de fixations : système de référence SRA2 (bicouche) et SRB2 (monocouche)
 - A la charge dynamique admissible par fixation, Wadmsr, obtenue pour chacun des systèmes de référence (voir tableau ci-dessous) sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées pleines d'épaisseur 0,75 mm, pour une fixation de référence de résistance caractéristique Pksr de 1 520 N selon la norme NF P 30-313 (les plaquettes à rupture thermique ne sont pas envisagées).

Récapitulatif de la charge dynamique admissible par fixation

	Perpendiculaire aux lignes de fixations	Parallèle aux lignes de fixations
Étanchéité Bicouche	SRA1 WadmsrA1 = 491 N/fixation	SRA2 WadmsrA2 = 409 N/fixation
Étanchéité Monocouche	SRB1 WadmsrB1 = 600 N/fixation	SRB2 WadmsrB2 = 467 N/fixation

Les Wadmsr des systèmes fixés mécaniquement sont différents suivant le sens de pose des modules photovoltaïques souples (parallèles ou perpendiculaires aux lignes de fixations). Lorsque celui-ci ne sera pas indiqué dans les DPM, il conviendra d'utiliser le Wadmsr le plus faible.

Pour les éléments porteurs et/ou les fixations autres que ceux du dossier Technique, l'adaptation est faite conformément aux règles d'adaptation du CPT « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toiture fixés mécaniquement » (e -Cahier du CSTB 3563, de juin 2006) (cf. ANNEXE A).

La densité de fixation n'est jamais inférieure à 3/m².

Lorsque l'intervalle entre fixations devient inférieur à 18 cm, on utilisera obligatoirement la solution mentionnée au paragraphe ci-dessous.

Fixations complémentaires

Lorsque l'espacement calculé entre fixations est inférieur à 18 cm, il est nécessaire de mettre en œuvre des fixations complémentaires.

Cas des revêtements bicouches

La première couche est fixée en lisière, avec une ligne complémentaire de fixations en milieu de lé, ou deux lignes de fixations distantes de 30 cm, l'espacement des fixations en lisière et des fixations complémentaires étant identiques. Une bande de pontage, de largeur 16 cm minimum, de même nature que la feuille de première couche, est soudée en plein sur la première couche en recouvrement des fixations complémentaires (cf. Figure 7).

Cas des revêtements monocouches

Le revêtement monocouche IKO MONO ALPA 4000 SOLAR ou IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU est fixé en lisière avec :

- Soit une ligne complémentaire de fixations en milieu de lé
- Soit deux lignes de fixations distantes de 30 cm

L'espacement des fixations en lisière et des fixations complémentaires étant identique.

Une bande de pontage en IKO MONO ALPA 4000 SOLAR ou IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU, de largeur 16 cm minimum, est soudée en plein sur la couche d'étanchéité en recouvrement des fixations complémentaires.

Espacement des fixations

Les Tableaux B1, B2, B3 et B4 de l'annexe B (cf. §2.12.2) récapitulent les espacements entre fixations dans les conditions simplifiées des Règles V 65 modifiées pour des bâtiments avec éléments porteurs en tôles d'acier nervurées et en bois de hauteur 20 m au plus, ouverts ou fermés, en travaux neufs ou en réfection.

Ces espacements sont calculés sur la base des Wadmsr des systèmes de référence obtenus avec une fixation de référence de résistance caractéristique selon NF P 30-313 Pksr = 1 520 N (avec une plaquette métallique) sur élément porteur en tôle d'acier nervurée à plage pleine de 0,75 mm d'épaisseur.

L'étude des autres cas (bâtiment de hauteur > 20 m ou élancé, toiture à versants courbes) est fournie par l'assistance technique d'IKO-AXTER, sur demande.

Tolérances sur l'espacement maximal entre deux fixations

Les valeurs des tolérances ci-dessous permettent d'adapter les espacements entre fixations au pas réel des tôles d'acier nervurées.

Si l'espacement entre deux fixations est supérieur à la valeur calculée (cf. Tableaux B1, B2, B3 et B4 de l'ANNEXE B), l'espacement entre les deux fixations suivantes sera réduit d'autant (voir tableau ci-dessous).

Tolérances sur l'espacement maximal entre deux fixations

Espacement (cm)	≥ 35	de 35 à 25	de 25 à 18
Tolérance (cm)	+ 4	+ 3	+ 2

Cas des T.A.N. à ouverture haute de nervure (> 70 mm)

Dans le cas d'éléments porteurs en T.A.N. dont l'ouverture haute de nervure est > 70 mm (et ≤ 200 mm), un espacement, et un seul, entre 2 fixations < 18 cm (mais toujours > 12 cm) peut être appliqué lorsqu'une fixation tombe dans une ouverture haute de nervure. Celle-ci est reportée sur la plage précédente tout en conservant ensuite l'espacement théorique de pose (toujours supérieur ou égal à 18 cm) des attelages de fixations.

Fixations mécaniques de référence

Les fixations mécaniques de référence sont constituées de la plaquette métallique ø 40 mm nervurée (cf. Figure 8) associée à la vis EVDF 2C de Ø 4,8 mm de LR ETANCO de Pksr = 1 520 N selon la norme NF P 30-313 sur tôle d'acier de 0,75 mm d'épaisseur :

- Pour les systèmes de référence bicouche SRA1 (Modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR posés perpendiculairement aux lignes de fixations) et SRA2 (Modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR posés parallèlement aux lignes de fixations).
- Pour les systèmes de référence monocouche SRB1 (Modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR posés perpendiculairement aux lignes de fixations) et SRB2 (Modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR posés parallèlement aux lignes de fixations).

Les plaquettes à rupture thermique ne sont pas visées.

IKO-AXTER peut apporter son Assistance Technique au calcul du Wadmns de l'attelage de fixation mécanique et à l'étude des densités et répartitions des fixations.

2.4.4.1.3.4. Mise hors d'eau en fin de journée

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

- Une bande de première couche est soudée sur le pare-vapeur s'il est adhérent à l'élément porteur ou sur les plages de tôles d'acier nervurées et sur le revêtement de partie courante.
- Les équerrés de renforts sont soudés en périphérie sur la couche de revêtement en place.

Il convient de veiller à ce que l'eau ait toujours la possibilité de s'évacuer sans accumulation

2.4.4.1.3.5. Relevés et émergences

Les reliefs et les dispositifs d'écartements des eaux de ruissellement des relevés sont réalisés conformément aux normes – DTU série 43 concernées et, dans le cas de relevés isolés, au CPT Commun « Isolation thermique des relevés d'étanchéité sur acrotères en béton des toitures accessibles, inaccessibles, techniques, terrasses et toitures végétalisées et toitures jardin sur éléments porteurs en maçonnerie » e-Cahier du CSTB 3741_V2 de janvier 2020.

Les reliefs en acier (costière métallique) non isolés sont préalablement imprégnés d'EIF. Les reliefs en bois et panneaux à base de bois sont traités par clouage préalable d'une feuille EXCELGORGE ou IKO EQUERRE ou IKO RLVAR/F à l'envers conformément à la norme NF DTU 43.4. Dans le cas d'un isolant PSE de partie courante, la tranche des panneaux est protégée conformément au § 2.4.4.1.2.3.

Les feuilles, utilisées en relevés, sont posées à joints décalés avec talons soudés sur le revêtement de partie courante :

- De 10 cm mini pour l'équerre de renfort
- De 15 cm mini pour le relevé
- La différence de largeur des deux talons doit être de 5 cm au minimum

Les revêtements des relevés d'étanchéité ont alors la composition décrite ci-dessous.

Relevés non isolés thermiquement

Les feuilles utilisées en relevés sont soudées à joints décalés par rapport à la partie courante :

- Avec talon de 10 cm mini sur la première couche de partie courante pour l'équerre de renfort, débordant de 4 cm mini le bord de la plaquette
- Et 15 cm mini pour la feuille de relevé (talon dépassant d'au moins 5 cm celui de l'équerre sur la deuxième couche de partie courante).

En pied de relief et d'émergences, la feuille de première couche de partie courante reçoit une rangée complémentaire de fixations d'entraxe ≤ 25 cm au maximum, (non comptées dans le calcul de densité moyenne), espacées de l'intervalle donné en rive et en angle, selon la localisation, et détaillé dans les Tableaux B1 à B4 de l'Annexe B. Elles sont recouvertes par le talon de l'équerre de renfort du relevé. Le recouvrement soudé doit dépasser d'au moins 4 cm les bords des plaquettes.

Dans l'acier, les vis utilisées en pied de relevé doivent présenter une capacité de perçage :

- ≥ 20/10 mm si les fixations sont au droit de la costière

- $\geq 8/10$ mm si les fixations échappent à la costière

Les relevés sont réalisés par soudure au chalumeau et comprennent (cf. Figure 13) : exemple pour le cas d'un support en tôles d'acier nervurées) :

- EIF sur costière métallique
- Une équerre de renfort IKO EQUERRE 25
- Relevés d'étanchéité en IKO RLV AR/F (ou feuilles de relevés définies au § 2.2.3.3.4) avec talon de 15 cm minimum.
- L'IKO EQUERRE 25 peut être substituer par EXCELGORGE 25

L'IKO RLV AR/F peut être substitué par tout autre membrane autoprotégée de la gamme IKO -AXTER de performances et d'épaisseur identiques ou supérieures.

DROM

Les revêtements des relevés, de hauteur minimales 150 mm et leur protection sont définis au § 2.4.4.1.3.5.

Cas particulier du polystyrène expansé au droit des relevés

Ils sont mis en œuvre conformément à leur Avis Technique pour l'usage considéré. En surface des panneaux isolants, un écran thermique est nécessaire soit :

- IKO DUO FUSION AR/F (ou tout autre membrane ardoisée) déroulé à sec face ardoisée dessous, joints à recouvrement de 10 cm libres décalé par rapport au revêtement d'étanchéité
- IKO DUO FUSION L4 JA FMP/MAT déroulé à sec, joints à recouvrements longitudinaux de 6 cm auto-adhésifs

Dispositifs écartant les eaux de ruissellement

Les relevés sont protégés en tête, conformément aux normes NF DTU série 43. Le dispositif écartant les eaux de ruissellement en tête des relevés pourra être également constitué d'une bande porte solin métallique.

2.4.4.1.3.6. Ouvrages particuliers

2.4.4.1.3.6.1. Noues

Noues en pente

Elles sont réalisées de manière identique aux parties courantes, quel que soit le type de toiture et la pente de la noue, sans les modules photovoltaïques.

Noue centrale : cf. Figure 14 pour les monocouches

Les noues centrales sont renforcées sur 1,00 m de part et d'autre du fil d'eau. La feuille de renfort monocouche est fixée mécaniquement en lisière à intervalles requis. Le recouvrement longitudinal entre ces deux feuilles est de 10 cm.

Le revêtement de partie courante recouvre celui de la noue sur 0,15 m au moins, soudé.

L'entraxe des fixations de la couche de renfort est le même que celui de la partie courante (calculé à partir de $WadmsrB1 = 600$ N/fix et $WadmsrB2 = 467$ N/fix. avec des plaquettes 40 / 40 nervurées cf. Tableaux B3 et B4, ANNEXE B).

Pour les noues nécessitant une ou plusieurs lignes de fixations complémentaires, la feuille de renfort est fixée :

- Soit par une ligne complémentaire de fixations en milieu de lé
- Soit par deux lignes de fixations distantes de 30 cm

Une bande de pontage (16 cm) d'IKO MONO ALPA 4000 SOLAR est ensuite soudée au droit des fixations complémentaires.

Noues de rive : cf. Figure 15 pour les monocouches

Les noues centrales sont renforcées sur 1.00 m de part et d'autre du fil d'eau. La feuille de renfort monocouche est fixée mécaniquement en lisière à intervalles requis.

Si la feuille IKO MONO ALPA 4000 SOLAR de partie courante est :

- Transversales au fil d'eau, alors elles sont soudées en plein sur la feuille de renfort de noue.
- Parallèles au fil d'eau, alors un demi-lé d'IKO MONO ALPA 4000 SOLAR est préalablement soudé sur ce renfort en rive pour être recouvert par la partie courante sur 0,15 m.

DROM :

La pente dans les noues et caniveaux est de 1 % minimum.

2.4.4.1.3.6.2. Évacuations des eaux pluviales, pénétrations

Ces ouvrages sont réalisés conformément aux normes NF DTU série 43 concernées. Le raccordement du revêtement d'étanchéité aux entrées d'eaux pluviales se font sur des platines enduites d'EIF sur leurs deux faces insérées entre le monocouche ou la première couche de partie courante et une pièce de renfort IKO DUO FUSION F/G débordant d'au moins 5 cm de la platine. Sur isolant polystyrène expansé, la pièce de renfort déborde de 20 cm de la platine. Le revêtement monocouche ou première couche de partie courante est soudé dessus et sur au moins 5 cm en débord de la platine.

DROM :

Elles sont traitées comme ci-avant. L'intensité pluviométrique à prendre en compte et le dimensionnement des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales est donné dans le NF DTU 60.11-P3 pour des débits de 4,5 l/m².min. Les DPM peuvent prévoir des débits à 6 l/m².min.

2.4.4.1.3.6.3. Joint de dilatation

Les joints de dilatation sont exécutés conformément aux dispositions des normes NF DTU 20.12 et NF DTU série 43 concernées et selon l'Avis Technique pour les terrasses non accessibles et techniques de la gamme IKO -AXTER.

2.4.4.1.3.6.4. Chemins de circulation, terrasses techniques et zones techniques

Les chemins de circulations sont mis en œuvre préalablement à la pose des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR sur toitures de pentes $\leq 50\%$. Les chemins de circulation sur terrasses techniques et zones techniques sont réalisés par :

- Réchauffage au chalumeau pour noyer le surfaçage minéral dans le revêtement.
- Soudure d'une feuille complémentaire IKO ACCESS de couleur différente de celle des parties courantes. Le renforcement s'effectue sur 1 m environ dans les zones de circulation.

2.4.4.2. Mise en place des modules photovoltaïques (cf. Figure 9)

2.4.4.2.1. Préparation du revêtement d'étanchéité

L'emplacement des modules doit être repéré par traçage au cordeau sur le revêtement d'étanchéité conformément aux informations fournies sur le plan d'exécution – calepinage des modules. Le quadrillage obtenu lors de ce tracé sur la zone du champ photovoltaïque permet de positionner les modules (exemple d'équerrage avec la méthode 3-4-5).

2.4.4.2.2. Collage des modules photovoltaïques

IMPORTANT : Avant l'auto-collage des modules photovoltaïques, les supports doivent être secs, propres et sans poussière (dans le cas contraire : nettoyage éventuel, balayage). Le film thermofusible de surface des membranes support sera impérativement effacé au chalumeau avant le collage des modules photovoltaïques. Lors de la mise en œuvre des modules photovoltaïques souples, la température ambiante extérieure doit être comprise entre 10°C et 30°C. La pose des modules photovoltaïques se fera autant que possible à l'avancement de la pose de la membrane de seconde couche ou du monocouche, afin de minimiser la fixation de poussières sur le support.

La sous-face des modules photovoltaïques est munie d'une ou de plusieurs bandes autoadhésives en butyle recouvertes de films pelables selon le type de module (cf. la grille de vérification de l'Avis Technique). Les films pelables sont retirés préalablement, avant l'auto-collage des modules photovoltaïques sur la surface des membranes support, préparée selon les prescriptions du § 2.4.4.2.1.

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

L'emplacement des modules photovoltaïques sur la toiture et par rapport aux modules adjacents doit être conforme au plan de calepinage établi par IKO-AXTER lors de l'étude du projet. Le collage des modules photovoltaïques sur l'étanchéité étant une opération irréversible, il est demandé à l'applicateur d'effectuer un rapide contrôle visuel sur chaque module selon les critères suivants : impacts en face avant et face arrière, plis, rayures en face avant, bullage en face avant et face arrière, état, nombre et position des bandes butyle (cf. schémas de la grille de vérification la plus récente qui est publiée).

La mise en œuvre des modules photovoltaïques peut se faire avec une pose soit parallèle soit perpendiculaire aux lés d'étanchéité. Elle est irréversible et nécessite l'intervention de deux personnes au minimum (cf. Figure 9). Les modules photovoltaïques sont ensuite marouflés au droit des bandes butyle à l'aide d'une roulette en plastique semi rigide. Les membranes support non recouvertes de modules photovoltaïques souples n'ont pas besoin d'être protégées.

Le procédé photovoltaïque peut-être installé sur toute la toiture, néanmoins les modules doivent être positionnés en respectant des zones de sécurité et de circulation requise en fonction de l'entretien et de l'installation.

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

- Espacement minimum de 10 mm entre chaque module dans le sens de la largeur.
- Espacement de 100 mm minimum entre module dans le sens de la longueur.
- Autorisé en pose perpendiculaire et/ou parallèle à la membrane d'étanchéité. Collage possible sur les recouvrements longitudinaux et transversaux.

La Figure 4 illustre ces principes de mise en œuvre.

2.4.4.2.3. Interdiction lors de la mise en œuvre

Lors de la pose des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR, il est interdit :

- De marcher directement sur les modules photovoltaïques souples
- De déposer sur les modules photovoltaïques souples des équipements, matériau ou matériel de chantier
- De déverser des produits agressifs sur modules photovoltaïques souples et sur la toiture
- De plier les modules photovoltaïques souples
- D'enrouler les modules photovoltaïques souples avec un rayon de courbure inférieur à la valeur précisée dans le tableau des caractéristiques dimensionnelles du module de la grille de vérification la plus récente
- De découper les modules photovoltaïques souples
- De soulever ou déplacer le module à l'aide des câbles ou de la boîte de jonction

2.5. Utilisation, entretien et réparation

2.5.1. Généralités

En présence d'un rayonnement lumineux, les modules photovoltaïques produisent du courant continu et ceci sans possibilité d'arrêt. La tension en sortie d'une chaîne de modules 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.

L'installateur doit recommander de réaliser l'entretien et la maintenance en s'inspirant de la norme NF EN 62446-2:2020.

En cas d'endommagement d'un module photovoltaïque, un bâchage efficace doit être assuré et un remplacement de ce module défectueux réalisé dans les plus brefs délais.

Les interventions sur le procédé doivent être réalisées dans le respect du code du travail et notamment de la réglementation sur le travail en hauteur.

IKO-AXTER remet un guide d'entretien de l'installation photovoltaïque au Maître d'ouvrage pour pouvoir en assurer la traçabilité.

En cas d'intervention sur le procédé photovoltaïque nécessitant la dépose d'un module photovoltaïque, la procédure de déconnexion et de reconnexion électrique appliquée lors du remplacement d'un module doit être respectée (cf. §2.5.4).

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés et habilités. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en étanchéité (cf. §2.4.2).

L'entretien des toitures est celui prescrit par les normes NF DTU série 43 concernées. Dans le cas de toiture concernée par la production d'électricité, le maître d'ouvrage doit obligatoirement opter pour un contrat d'entretien, visite semestrielle (après l'hiver ou avant l'été pour optimiser le rendement électrique, sinon selon les conditions environnementales du bâtiment d'implantation).

Il est interdit de circuler directement sur les modules photovoltaïques souples. Il est possible de circuler en périphérie des modules photovoltaïques souples en prenant garde à ne pas marcher sur les câbles électriques. Néanmoins en cas de nécessité, la circulation sur les modules photovoltaïques souples peut s'effectuer après interposition d'une protection temporaire à base de panneaux isolants thermique (PIR, PSE, laine).

L'intervenant devra également prendre connaissance des consignes de sécurité indiquées au §2.5.4.

2.5.2. Maintenance du champ photovoltaïque

Dans le cadre de l'entretien de la toiture, les opérations suivantes doivent être réalisées au moins deux fois par an :

- Inspection visuelle (éventuels dommages, éventuels décollement)
- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si ceux-ci sont sales, les nettoyer à l'eau, en utilisant un chiffon non abrasif ou une serpillère, notamment en fin de chantier. Un tuyau d'eau peut être utilisé, sa pression de service ne dépassera pas 3 bars. Il convient de retirer des modules les éventuels objets pouvant créer des ombrages même partiels.
- Vérification de l'étanchéité par un étancheur : Vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau au niveau des évacuations pluviales, des chéneaux, des noues
- Vérification des jonctions d'abergements périphériques, du maintien des abergements et des éléments de couverture sur le pourtour du champ photovoltaïque
- Vérification des risques d'ombres portées (arbres) : élagage si besoin
- Vérification du câblage par un électricien habilité
- Aucune manipulation des connecteurs électriques des modules photovoltaïques ou des rallonges électriques ne doit avoir lieu en présence d'eau résiduelle en toiture.

2.5.3. Maintenance électrique

Si, tenant compte de l'ensoleillement réel, une baisse mesurable de la production d'une année sur l'autre est observée, il convient de faire vérifier le bon fonctionnement de l'onduleur et des modules individuellement par un électricien habilité.

2.5.4. Remplacement d'un module

Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en endechant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.

Dans le cas du remplacement de modules photovoltaïques EXCEL®SOLAR endommagés ou non productifs, il faut déposer les anciens modules avant mise en œuvre des modules de remplacement.

Important : le nouveau module doit être mis en œuvre immédiatement après le décollage de l'ancien

Le remplacement d'un module se fait de la façon suivante :

- Tirer sur le module incriminé en maintenant une pression sur la membrane d'étanchéité pour éviter d'arracher le système d'étanchéité. L'adhésif butyle pourra être coupé au cutter ponctuellement.
- Puis immédiatement poser par auto-collage un nouveau module photovoltaïque souple sur la membrane existante.
- Lors du démontage, une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débrosés. Ces connecteurs doivent être protégés avec des bouchons adaptés.
- Le montage du module de remplacement et sa connexion (électrique et liaison équipotentielle) seront réalisés conformément au présent Avis Technique.
- Après avoir mesuré la tension de la série de modules concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur, on procédera à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

Si le revêtement d'étanchéité sous-jacent est endommagé :

- Arracher les modules photovoltaïques souples endommagés ainsi que les modules photovoltaïques souples avoisinants afin d'avoir un espace suffisant conformément à la description du §2.3.3.

- Reconstituer l'étanchéité selon les § 2.4.4.1.3.1, § 2.4.4.1.3.2 et § 2.4.4.2 du présent Dossier Technique
- Le montage des nouveaux modules photovoltaïques souples sera réalisé conformément au présent Dossier Technique.

2.6. Traitement en fin de vie

Conformément à l'article L. 541-10 du Code de l'Environnement, à la directive 2012/19/UE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques et au décret n°2014-928 du 19 août 2014, les producteurs de modules photovoltaïques, dans le cadre de la Responsabilité Élargie des Producteurs, pourvoient ou contribuent à la collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers au prorata des équipements qu'ils mettent sur le marché. L'article R. 543-180.-I. du Code de l'Environnement et l'arrêté du 8 octobre 2014 prévoient qu'en cas de vente d'un équipement, le distributeur de modules photovoltaïques reprend gratuitement ou fait reprendre gratuitement pour son compte les équipements usagés dont le consommateur se défait, dans la limite de la quantité et du type d'équipement vendu.

Pour le reste des éléments (système de montage notamment), il n'y a pas d'information apportée.

2.7. Fabrication et contrôles

2.7.1. Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques a été examinée dans le cadre de la vérification des modules. Les informations principales (*site(s) de fabrication, certification ISO 9001, tolérance sur le flash-test, mesure(s) par électroluminescence, inspection finale*) sont données dans la grille de vérification des modules.

Un tableau sur fichier Excel avec code-barres permet un contrôle des caractéristiques électriques pour chaque livraison de modules.

La nomenclature de l'autocontrôle est donnée par le Tableau 12.

2.7.2. Éléments porteurs

Les éléments porteurs sont fabriqués conformément à la description des DTU série 43.

2.7.3. Isolants

L'isolant support d'étanchéité est fabriqué conformément à la description de son DTA.

2.7.4. Feuilles bitumineuses (pare-vapeur et revêtement d'étanchéité)

Le revêtement d'étanchéité est fabriqué par l'entreprise IKO-AXTER :

- Les feuilles à base de liants ALPA sont produites à Courchelettes (59) : Le liant, préparé en usine, est dirigé vers les machines d'enduction. Les armatures non tissées polyester sont imprégnées, puis enduites entre deux cylindres de réglage d'épaisseur. La feuille est ensuite refroidie, puis enroulée à dimensions.
- Les feuilles à base de liants ARMOUR et ARMOUR élastomérique sont produites sur les 2 sites.

L'autocontrôle de fabrication fait partie de l'ensemble d'un système qualité conforme aux prescriptions de la norme ISO 9001 : 2015 :

- Certifié par l'AFAQ pour l'usine de Courchelettes (59)
- Certifié par Bureau Veritas Certification pour l'usine de Tourville-la-Rivière (76)

De plus, le site de Courchelettes applique un système de management environnemental conforme à la norme ISO 14 001 : 2015 certifié par l'AFAQ.

La nomenclature de l'autocontrôle est donnée par le Tableau 11.

2.8. Conditionnement, étiquetage, stockage

2.8.1. Modules photovoltaïques

Les modalités de conditionnement (*nombre de modules par emballage, nature de l'emballage, position des modules, séparateurs entre modules*) des modules sont indiquées dans la grille de vérification des modules.

Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance.

Le module est lui-même identifié par un étiquetage conforme à la norme NF EN 50380.

Sauf spécificité du fabricant indiquée dans la grille de vérification des modules, le stockage sur chantier s'effectue au sec, sous abri. Il est possible de protéger des intempéries les palettes de module avec une bâche.

2.8.2. Autres constituants du procédé

2.8.2.1. Isolant

Les panneaux isolants sont conditionnés en piles, emballés et étiquetés conformément à leur DTA en vigueur.

2.8.2.2. Revêtements d'étanchéité et pare-vapeur

Les feuilles bitumineuses sont conditionnées en rouleaux, emballées et étiquetées conformément au §2.1.

2.9. Formation

La société IKO-AXTER impose systématiquement à ses clients une formation photovoltaïque théorique et pratique leur permettant d'appréhender les procédés photovoltaïques en général ainsi que le montage du procédé IKO EXCEL®SOLAR FM (lecture des plans de calepinage, mise en œuvre des modules photovoltaïques)

Cette formation se décline en 2 parties :

- L'une théorique : présentation de l'entreprise IKO-AXTER, sécurité des intervenants, exigences de qualité, description du procédé dispensée dans ses locaux à Courchelettes (59) ou à Tourville-la-Rivière (76)
- L'autre pratique : démonstration concrète d'une installation avec le montage du procédé IKO EXCEL®SOLAR FM sur une maquette et/ou intervention de démonstrateurs – formateurs de chantier, ceci pour l'ensemble du processus de mise en œuvre

Ces travaux pratiques permettent de travailler sous conditions réelles et selon les règles techniques en vigueur. Cela permet également de sensibiliser sur les risques professionnels et sur le respect des règles de sécurité.

A l'issue de cette formation, une attestation nominative est délivrée aux participants par la société IKO-AXTER pour la mise en œuvre uniquement, le dimensionnement de l'ouvrage ne fait pas partie de la formation.

Les entreprises de mise en œuvre doivent bénéficier d'une qualification ou certification professionnelle délivrée par un organisme accrédité par le Cofrac ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. Cette qualification ou certification professionnelle doit correspondre aux types de travaux effectués, à la puissance de l'installation et, pour des projets relevant de l'obligation d'achat, respecter les critères fixés par l'arrêté tarifaire correspondant.

2.10. Assistance technique

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

IKO-AXTER propose à tout client pour sa première installation photovoltaïque une assistance technique sur chantier, avec l'intervention pendant une journée d'un technicien formé.

La société assure ensuite sur demande une assistance technique pour tous renseignements complémentaires. Le service technique de la société IKO-AXTER peut aussi apporter son assistance sur la partie étanchéité.

Pour chaque projet, IKO-AXTER fournit un plan de calepinage - implantation des modules photovoltaïques. À la demande de l'entreprise, la société IKO-AXTER fournira une note de calcul pour la vérification de la tenue aux sollicitations climatiques du complexe isolant-étanchéité.

2.11. Mention des justificatifs

2.11.1. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques ont été vérifiés par le CSTB selon les critères d'acceptation du présent Avis Technique. La liste des références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur de la CCFAT via le lien Batipédia de l'Avis Technique 21/24-85_V2.
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques.
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe II de sécurité électrique jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).
- Les procédés photovoltaïques ont été testés pour la tenue au vent d'une étanchéité de toiture selon la norme NF EN 16002 :2018 / AC : 2021 (ETAG 006) : CSTC CAR17053-2 et CAR17053-3 (revêtement bicouche EXCEL®SOLAR fixé mécaniquement), KIWA 0240L17-1 et 0241L17-1, KIWA 23L0332-1, 23L0333-1, 23L0339-1 et n°23L0340-1 (revêtement monocouche EXCEL®SOLAR fixé mécaniquement)
- Les procédés photovoltaïques ont été testés dans le cadre d'un essai de résistance au pelage à l'état neuf et après vieillissement de 6 mois à 70°C selon la norme NF EN 1296
- Les procédés photovoltaïques ont été testés dans le cadre d'un essai de détermination de la stabilité de forme lors d'une variation cyclique de température selon la norme NF EN 1108 : CSTB FaCeT 19-0060-24032726, CSTB FaCeT 17-26068808, IKO-AXTER n°PV007-23 (avec bicouche ALPAL 25 SOLAR), CSTB FaCeT 17-26070462 (avec monocouche ALPAL 4000 SOLAR).
- Les procédés photovoltaïques ont été testés dans le cadre d'un essai de détermination du classement T en température selon le cahier du CSTB n°2858 : IKO-AXTER n°17-044, n°17-045, n°PV011-23 (avec bicouche ALPAL 25 SOLAR).
- Rapport de classement B_{ROOF}(t3) n° 18408 D pour le procédé EXCEL®SOLAR du 28 juillet 2017, délivré par le WarringtonFireGent conformément à la norme ENV 1187/A1:2005:Test 3.

2.11.2. Références chantiers

Le procédé photovoltaïque IKO EXCEL®SOLAR FM est fabriqué depuis 2017.
Environ 17 000 m² ont été commercialisés en France à ce jour, soit environ 1,7 MW

2.12. Annexes du Dossier Technique

2.12.1. Annexe A : Règles d'adaptation de la densité de fixation pour plaquettes métalliques

2.12.1.1. Définitions

Le procédé a été évalué au caisson de vent sur tôles d'acier nervurées à plage pleine de 0,75 mm d'épaisseur avec deux systèmes de fixation de référence, pour deux sens de pose des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR.

Système de référence	Type de revêtement	Sens de pose des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR	Type de plaquette (LR Étanco)	Type de vis (LR Étanco)	Pk _{ft} (en N)	Wadmsr (N/fixation)
SRA1	Bicouche	Perpendiculaires aux lignes de fixations	40 x 40 mm nervurée acier galva ép = 0,8 mm	EVDF 2C ø 4,8 mm	1520	491
SRA2	Bicouche	Parallèles aux lignes de fixations	40 x 40 mm nervurée acier galva ép = 0,8 mm	EVDF 2C ø 4,8 mm	1520	409
SRB1	Monocouche	Perpendiculaires aux lignes de fixations	40 x 40 mm nervurée acier galva ép = 0,8 mm	EVDF 2C ø 4,8 mm	1520	600
SRB2	Monocouche	Parallèles aux lignes de fixations	40 x 40 mm nervurée acier galva ép = 0,8 mm	EVDF 2C ø 4,8 mm	1520	467

Tableau A1 – Systèmes de référence

Pour tout autre « nouveau système » (autre élément porteur et/ou fixation : vis, cheville, clou etc. et plaquettes de répartition), il convient de respecter les présentes règles d'adaptation issue du CPT « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toiture fixés mécaniquement » e-Cahier du CSTB 3563 de juin 2006.

- sr : système de référence
- ns : nouveau système correspondant au système à évaluer
- ft : fiche technique du fabricant décrivant la fixation
- Pk : résistance caractéristique à l'arrachement de l'attelage de la fixation (ensemble vis + plaquette) déterminée selon norme NF P 30-313
- Rns : résistance caractéristique à retenir pour la fixation du nouveau système
- D : densité de fixation u/m²
- A : nuance de l'acier support
- e : épaisseur du support

2.12.1.2. Règles d'adaptation en fonction de l'élément porteur et de l'isolant thermique

Règle d'adaptation en fonction de l'élément porteur

Pour les éléments porteurs en tôles d'acier perforées ou crevées, ou en bois, le nouveau système « ns » est déterminé après consultation et accord du fabricant de fixations et après essai in situ dans le cas de la réfection.

Concernant les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, la fixation mécanique (attelage complet : vis + plaquette associée) doit résister au dévissage selon les critères d'acceptation du Guide EOTA n° 6 e-Cahier du CSTB 3563 (rotation ≤ ¼ tour après 500 cycles et rotation ≤ ½ tour après 900 cycles).

Règle d'adaptation en fonction de l'isolant thermique

Règle d'adaptation applicable à tous les panneaux isolants

Dans le cas où la fixation mécanique du revêtement traverse une couche de panneaux isolants thermiques, les fixations doivent également être conformes aux prescriptions du Document Technique d'Application particulier du panneau isolant.

Prescriptions complémentaires concernant les panneaux en laine minérale

Dans le cas où le support direct du revêtement d'étanchéité est constitué d'une couche de panneaux isolants en laine minérale, les modèles de fixation mécanique sont du type : plaquette avec vis à filet sous tête (solide au pas) ou plaquette avec rivet à entretoise ou plaquette à rupture de pont thermique. Les attelages conformes à la norme NF P 30-317 conviennent.

2.12.1.3. Domaine de validité des adaptations

La densité de fixations du nouveau système « Dns » doit être ≥ 3 fixations/m².

L'espacement entre fixations « E » d'une même rangée doit être ≥ 18 cm.

Dans le cas d'éléments porteurs en T.A.N. dont l'ouverture haute de nervure est > 70 mm (et ≤ 200 mm), un espacement entre 2 fixations < 18 cm (mais toujours > 12 cm) peut être appliqué lorsqu'une fixation tombe dans une ouverture haute de nervure. Celle-ci est reportée sur la plage précédente tout en conservant ensuite l'espacement théorique de pose des atelages de fixations.

Lorsqu'une fixation tombe dans une vallée, cette fixation est reportée sur la plage précédente tout en conservant ensuite le rythme théorique de pose des fixations.

L'espacement entre deux axes de fixations d'une même rangée \leq deux fois l'entraxe des nervures des tôles.

2.12.1.4. Exigences concernant les plaquettes de répartition des fixations

Il est rappelé que, en conformité aux normes NF DTU de la série 43, l'utilisation dans le nouveau système « ns » de plaquettes différentes de celles du système de référence « sr » est possible aux conditions suivantes :

- Les plaquettes sont admises avec leur Pkft
- L'épaisseur et la nuance d'acier sont \geq à celles de la plaquette référence
- Les dimensions respectent les conditions du tableau A2
- Les recouvrements entre feuilles d'étanchéité adaptés pour respecter une largeur en débord de 1 cm et une largeur de recouvrement au-delà de la plaquette de 3 cm (cf. Figure A1)

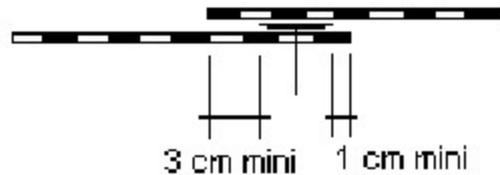


Figure A1 - Recouvrements entre feuilles de première couche

Plaquette des systèmes sri		Plaquette « ns »	
		Rondes	Carrées, rectangulaires ou oblongues
SRA1 et SRA2	Carrée 40 x 40 mm	$\varnothing \geq 80$ mm	Largeur et longueur ≥ 40 mm
SRB1 et SRB2	Carrée 40 x 40 mm	$\varnothing \geq 80$ mm	Largeur et longueur ≥ 40 mm

Tableau A2 - Dimension des plaquettes

2.12.1.5. Exigences et valeurs de la résistance R_{ns} à retenir

Les tableaux A3 (cas des travaux neufs) et A4 (cas de la réfection) donnent, en fonction de l'élément porteur du nouveau système :

- Les caractéristiques exigées du nouvel élément porteur.
- La résistance à la corrosion exigée pour les attelages complets (élément de liaison + plaquette) par référence à l'essai dit « Kesternich », avec 2 litres de SO₂ et présentant une surface de rouille ≤ 15 % à l'issue des 15 cycles de corrosion conformément au § 5.3.7.1 de l'EAD 030351-00-0402.
- La résistance caractéristique « R_{ns} » à retenir pour le calcul corrigé des densités de fixations (D_{ns}).

Exigences	Élément porteur			
	Tôle d'acier nervurée			Bois et panneaux à base de bois
	Pleine	Perforée (4)	Crevée (4)	
Identification de l'élément porteur	$e_{ns} \geq e_{ft}$ $A_{ns} \geq A_{ft}$	$e_{ns} \geq e_{ft}$ $A_{ns} \geq A_{ft}$	$e_{ns} \geq e_{ft}$ $A_{ns} \geq A_{ft}$	$e_{ns} \geq e_{ft}$ Matériau de même type
Identification de l'élément de liaison	Vis \varnothing 4,8 mini	Vis \varnothing 6,3 mini	Vis \varnothing 6,3 mini	Vis \varnothing 4,8 mini
	Rivet \varnothing 4,8 mini (1)	Rivet \varnothing 4,8 mini (1)	Rivet \varnothing 4,8 mini (1)	
Résistance à la corrosion de l'attelage complet (3) sur locaux à faible et moyenne hygrométrie (2)	15 cycles avec surface rouille ≤ 15 % (9) ou acier inoxydable austénitique (10)	15 cycles avec surface rouille ≤ 15 % (9) ou acier inoxydable austénitique (10)	15 cycles avec surface rouille ≤ 15 % (9) ou acier inoxydable austénitique (10)	15 cycles avec surface rouille ≤ 15 % (9) ou acier inoxydable austénitique (10)
Résistance à la corrosion de l'attelage complet (3) sur locaux à forte hygrométrie (2)	15 cycles avec surface rouille ≤ 15 % (9) ou acier inoxydable austénitique (10)			
Pk minimal (daN)	90	90	90	90
Valeur de R_{ns} à retenir	Pk_{ft}	Pk_{ft} (5)	Pk_{ft} (5)	Pk_{ft} (7)

- (1) Rivet conforme au NF DTU 43.3 P1-2 avec clou acier et corps de rivet et entretoise alu.
- (2) Classes d'hygrométrie selon les normes P 84 série 200 (référence DTU série 43).
- (3) Certains panneaux isolants présentent des exigences particulières, cf. *Document Technique d'Application particulier*.
- (4) Le système de référence peut avoir utilisé une tôle pleine.
- (5) La valeur de Pk à retenir correspond au positionnement de la fixation le plus défavorable.
- (6) La valeur de Pk à retenir correspond à un Pk obtenu avec la fixation à une charge n'entraînant pas un déplacement de la fixation > 1 mm.
- (7) La profondeur d'ancrage des fixations du nouveau système doit être au moins égale à celle indiquée dans la fiche technique de la fixation.
- (8) Pk est la résistance au déboutonnage fixation/plaquette. Q est la charge limite de service correspondant à une charge n'entraînant pas un déplacement de la fixation > 2 mm ; le dispositif de fixation doit permettre ce déplacement de 2 mm sans désaffleurement de la tête de fixation. La connaissance des deux valeurs est nécessaire : si la valeur Q_{ft} est supérieure à la résistance caractéristique Pk_{ft} indiquée dans la fiche technique de la fixation, la valeur à retenir est celle de la fiche technique (Pk_{ft}).
- (9) Attelages complets présentant une surface de rouille ≤ 15 % à l'issue des 15 cycles de corrosion conformément au § 5.3.7.1 de l'EAD 030351-00-0402
- (10) Acier inoxydable austénitique 1.4301, 1.4302, 1.4306, 1.4401 ou 1.4404 conformément à la norme NF EN 10088.

Tableau A3 – Travaux neufs

Exigences	Élément porteur			
	Tôle d'acier nervurée			Bois et panneaux à base de bois
	Pleine	Perforée (4)	Crevée (4)	
Identification de l'élément porteur	$e_{ns} \geq e_{ft}$ $A_{ns} \geq A_{ft}$	$e_{ns} \geq e_{ft}$ $A_{ns} \geq A_{ft}$	$e_{ns} \geq e_{ft}$ $A_{ns} \geq A_{ft}$	e_{ns} Matériau de même type
Identification de l'élément de liaison	Vis \varnothing 4,8 mini	Vis \varnothing 6,3 mini	Vis \varnothing 6,3 mini	Vis \square 4,8 mini
Identification de l'élément de liaison	Rivet \varnothing 4,8 mini (1)	Rivet \varnothing 4,8 mini (1)	Rivet \varnothing 4,8 mini (1)	
Résistance à la corrosion de l'attelage complet (3) sur locaux à faible et moyenne hygrométrie (2)	15 cycles avec surface rouille $\leq 15\%$ (9) ou acier inoxydable austénitique (10)	15 cycles avec surface rouille $\leq 15\%$ (9) ou acier inoxydable austénitique (10)	15 cycles avec surface rouille $\leq 15\%$ (9) ou acier inoxydable austénitique (10)	15 cycles avec surface rouille $\leq 15\%$ (9) ou acier inoxydable austénitique (10)
Résistance à la corrosion de l'attelage complet (3) sur locaux à forte hygrométrie (2)	15 cycles avec surface rouille $\leq 15\%$ (9) ou acier inoxydable austénitique (10)			
Pk minimal (daN)	90	90	90	
Valeur de R_{rs} à retenir	Pk_{ft}	Pk_{ft} (5)	Pk_{ft} (5)	$Pk_{réel}$ (7)

- Rivet conforme au NF DTU 43.3 P1-2 avec clou acier et corps de rivet et entretoise alu.
 - Classes d'hygrométrie selon les normes P 84 série 200 (référence DTU série 43).
 - Certains panneaux isolants (par exemple, mousse phénolique - Résol) présentent des exigences particulières, cf. *Document Technique d'Application particulier*.
 - Le système de référence peut avoir utilisé une tôle pleine.
 - La valeur de Pk à retenir correspond au positionnement de la fixation le plus défavorable.
 - La valeur de Pk à retenir correspond à un Pk obtenu avec la fixation à une charge n'entraînant pas un déplacement de la fixation > 1 mm.
 - Le $Pk_{réel}$ ou $Q_{réel}$ s'évalue par mesures *in situ* selon le protocole d'essai de l'annexe 4 du CPT Commun de l'e-Cahier du CSTB 3563 de juin 2006 :
 - Les essais sont effectués par zones différenciées susceptibles de conduire à des résultats homogènes (même activité dans le local sous-jacent, même constitution et état de la toiture),
 - Chaque zone fait l'objet d'un minimum de 15 essais et d'un rapport d'essai distinct.
- La profondeur d'ancrage des fixations du nouveau système à la mise en œuvre doit être au moins égale à celle des essais préparatoires *in situ*.
- Pk est la résistance au déboutonnage fixation/plaquette. Q est la charge limite de service. La connaissance des deux valeurs est nécessaire si :
 - la valeur issue des essais sur chantier $Q_{réel}$ est supérieure à celle indiquée dans la fiche technique de la fixation Pk_{ft} ,
 - la valeur à retenir est celle de la fiche technique (Pk_{ft}).
 - Attelages complets présentant une surface de rouille $\leq 15\%$ à l'issue des 15 cycles de corrosion conformément au § 5.3.7.1 de l'EAD 030351-00-0402.
 - Acier inoxydable austénitique 1.4301, 1.4302, 1.4306, 1.4401 ou 1.4404 conformément à la norme NF EN 10088.

Tableau A4 - Travaux de réfections

2.12.1.6. Détermination de la densité de fixations D_{ns} du nouveau système

La valeur R_{ns} à retenir est donnée par les tableaux A1 et A2, les règles d'adaptation sont les suivantes :

- si R_{ns} (en N) ≥ 1520 N (P_{ksr}), alors $W_{admns} = W_{admSR}$,
- si R_{ns} (en N) ≤ 1520 N (P_{ksr}), alors $W_{admns} = W_{admSR} \times R_{ns} / P_{ksr}$.

La densité corrigée de fixation à prévoir pour le nouveau système = « D_{ns} » avec :

« D_{ns} » = pression de vent/ W_{admns} (avec $D_{ns} \geq 3$ dans tous les cas)

Avec pression de vent calculée en fonction de la région, du site, de la hauteur du bâtiment, de la forme du versant, de la zone de toiture (partie courante, rive et angle) selon Règles V 65 et modificatif n°4 de de février 2009.

2.12.2. Annexe B : Espacements des fixations pour les systèmes de référence

2.12.2.1. SYSTEME SRA1 : $WADM_{SRA1} = 491 \text{ N/FIXATION}$

Attelages des systèmes de référence :

- $PK_{sr} \geq 1\,520 \text{ N}$ (selon la norme NF P 30-313) avec plaquette métallique 40 x 40 mm
- Première couche : IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G ou IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F
- Modules photovoltaïques souples perpendiculaires aux lignes de fixations

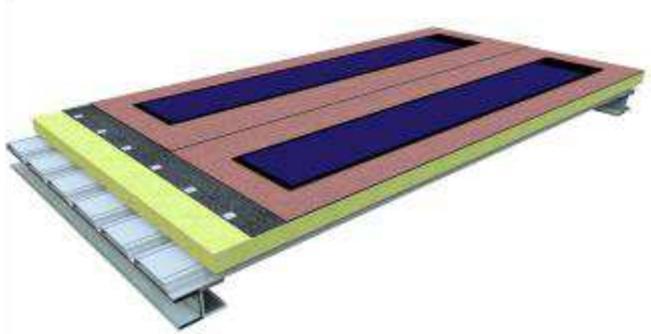
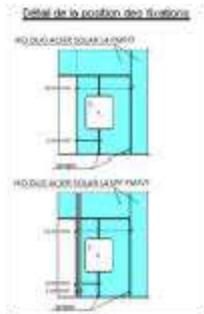


Figure B1 – système SRA1

France métropolitaine

Versants plans - Bâtiments d'élanement courant, hauteur ≤ 20 m.

Travaux neufs et de réfection pour les TAN

A. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois - Travaux neufs - Bâtiments fermés									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	37	37	33	34	28
	Rive	36	27	30	23	24	19	20	32*
	Angles	25	19	21	32*	34*	26*	28*	24*
15	Partie courante	37	37	37	36	37	30	31	26
	Rive	33	24	27	21	22	34*	18	30*
	Angles	23	34*	19	30*	30*	24*	26*	20*
20	Partie courante	37	37	37	33	35	28	29	24
	Rive	30	22	25	19	20	32*	34*	28*
	Angles	21	32*	18	28*	28*	22*	24*	20*
B. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois - Travaux neufs et réfections - Bâtiments ouverts									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	30	34	26	27	22	23	19
	Rive	31	23	25	19	20	32*	34*	28*
	Angles	21	30*	34*	26*	28*	22*	22*	18*
15	Partie courante	37	27	31	24	25	20	20	34*
	Rive	28	20	23	18	18	30*	30*	26*
	Angles	19	28*	32*	24*	26*	20*	20*	18*
20	Partie courante	35	25	29	22	23	18	19	32*
	Rive	26	19	21	32*	34*	28*	28*	24*
	Angles	18	26*	30*	22*	24*	18*	20*	24**
C. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois : réfections - Bâtiments fermés									
Sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection lourde (dans ce cas : partie A du tableau)									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	37
	Rive	37	32	37	28	29	23	24	20
	Angles	29	21	24	19	19	30*	32*	26*
15	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	37
	Rive	37	29	33	25	26	21	22	18
	Angles	26	19	22	34*	34*	28*	28*	24*
20	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	34
	Rive	37	27	31	24	25	20	20	34*
	Angles	25	18	20	32*	32*	26*	26*	22*

* Avec fixations complémentaires à mi-lé (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)

** Avec deux rangs de fixations complémentaires (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)

	Modules du groupe A exclus
	Modules des groupes A et B exclus, mise en œuvre avec bicoche seul autorisé dans zones adjacentes au champ photovoltaïque

Tableau B1 - Espacements entre fixations pour SRA1 en France métropolitaine

DROM

Versants plans - Bâtiments d'élanement courant, hauteur ≤ 20 m - DROM.

Travaux neufs pour les TAN

A. Tôles d'acier nervurées - Travaux neufs - Bâtiments fermés					
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 5	
		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
10	Partie courante	37	37	25	21
	Rive	36	27	30*	24*
	Angles	25	19	20*	18*
15	Partie courante	37	37	23	19
	Rive	33	24	26*	22*
	Angles	23	34*	18*	24**
20	Partie courante	37	37	21	18
	Rive	30	22	24*	20*
	Angles	21	32*	18*	21**
B. Tôles d'acier nervurées - Travaux neufs - Bâtiments ouverts					
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 5	
		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
10	Partie courante	37	30	34*	28*
	Rive	31	23	24*	20*
	Angles	21	30*	24**	21**
15	Partie courante	37	27	30*	26*
	Rive	28	20	22*	18*
	Angles	19	28*	24**	18**
20	Partie courante	35	25	28*	24*
	Rive	26	19	20*	18*
	Angles	18	26*	21**	18**
* Avec fixations complémentaires à mi-lé (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)					
** Avec deux rangs de fixations complémentaires (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)					
	Modules du groupe A exclus				
	Modules des groupes A et B exclus, mise en œuvre avec bicouche seul autorisé dans zones adjacentes au champ photovoltaïque				

Tableau B2 – espacements entre fixations pour SRA1 dans les DROM

2.12.2.2. SYSTEME SRA2 : $WADM_{SRA2} = 409 \text{ N/FIXATION}$

Attelages des systèmes de référence :

- $PK_{sr} \geq 1\,520 \text{ N}$ (selon la norme NF P 30-313) avec plaquette métallique 40 x 40 mm
- Première couche : IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G ou IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F
- Modules photovoltaïques souples parallèles aux lignes de fixations

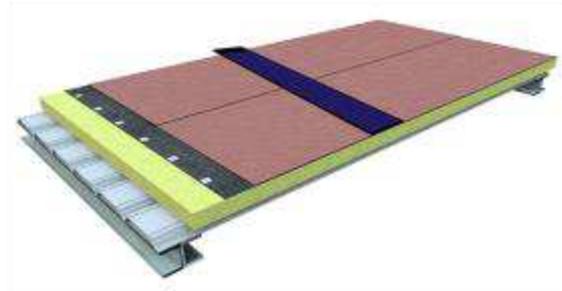
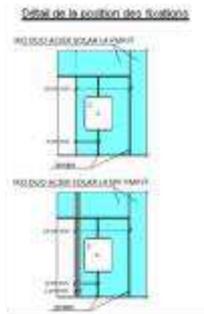


Figure B2 – système SRA2

France métropolitaine

Versants plans - Bâtiments d'élanement courant, hauteur $\leq 20 \text{ m}$. Travaux neufs et de réfection pour les TAN

A. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois - Travaux neufs - Bâtiments fermés									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	33	34	27	28	24
	Rive	30	22	25	19	20	32*	32*	28*
	Angles	21	32*	18	26*	28*	22*	24*	20*
15	Partie courante	37	34	37	30	31	25	26	21
	Rive	27	20	23	34*	18	28*	30*	24*
	Angles	19	28*	32*	24*	26*	20*	20*	18*
20	Partie courante	37	32	36	28	29	23	24	20
	Rive	25	19	21	32*	34*	26*	28*	22*
	Angles	18	26*	30*	22*	24*	18*	20*	24**
B. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois - Travaux neufs et réfections - Bâtiments ouverts									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	34	25	28	22	23	18	19	32*
	Rive	25	19	21	32*	34*	26*	28*	24*
	Angles	34*	26*	28*	22*	22*	18*	18*	24**
15	Partie courante	31	23	26	20	20	32*	34*	28*
	Rive	23	34*	19	30*	30*	24*	26*	20*
	Angles	32*	24*	26*	20*	20*	24**	18*	21**
20	Partie courante	29	21	24	18	19	30*	32*	26*
	Rive	21	32*	18	28*	28*	22*	24*	20*
	Angles	30*	22*	24*	18*	20*	24**	24**	18**
C. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois : réfections - Bâtiments fermés									
Sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection lourde (dans ce cas : partie A du tableau)									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	34
	Rive	37	27	30	23	24	19	20	34*
	Angles	24	18	20	30*	32*	26*	26*	22*
15	Partie courante	37	37	37	37	37	35	37	31
	Rive	33	24	28	21	22	34*	18	30*
	Angles	22	32*	18	28*	28*	22*	24*	20*
20	Partie courante	37	37	37	37	37	33	34	28
	Rive	31	23	26	20	20	32*	34*	28*
	Angles	20	30*	34*	26*	26*	22*	22*	18*
* Avec fixations complémentaires à mi-lé (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)									
** Avec deux rangs de fixations complémentaires (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)									
	Modules du groupe A exclus								
	Modules des groupes A et B exclus, mise en œuvre avec bicouche seul autorisé dans zones adjacentes au champ photovoltaïque								

Tableau B3 - Espacements entre fixations pour SRA2 en France métropolitaine**DROM**

Versants plans - Bâtiments d'élanement courant, hauteur ≤ 20 m

Travaux neufs pour les TAN

A. Tôles d'acier nervurées - Travaux neufs - Bâtiments fermés					
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 5	
		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
10	Partie courante	37	37	21	18
	Rive	30	22	24*	20*
	Angles	21	32*	18*	21**
15	Partie courante	37	34	19	32*
	Rive	27	20	22*	18*
	Angles	19	28*	24**	18**
20	Partie courante	37	32	18	30*
	Rive	25	19	20*	24**
	Angles	18	26*	21**	18**
B. Tôles d'acier nervurées - Travaux neufs - Bâtiments ouverts					
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 5	
		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
10	Partie courante	34	25	28*	24*
	Rive	25	19	20*	18*
	Angles	34*	26*	21**	18**
15	Partie courante	31	23	26*	20*
	Rive	23	34*	18*	24**
	Angles	32*	24*	18**	-
20	Partie courante	29	21	24*	20*
	Rive	21	32*	18*	21**
	Angles	30*	22*	18**	-
* Avec fixations complémentaires à mi-lé (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)					
** Avec deux rangs de fixations complémentaires (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)					
	Modules du groupe A exclus				
	Modules des groupes A et B exclus, mise en œuvre avec bicouche seul autorisé dans zones adjacentes au champ photovoltaïque				
	Exclu				

Tableau B4 - espacements entre fixations pour SRA2 dans les DROM

2.12.2.3. SYSTEME SRB1 : $WADM_{SRB1} = 600 \text{ N/FIXATION}$

Attelages des systèmes de référence :

- PKsr $\geq 1\,520 \text{ N}$ (selon la norme NF P 30-313) avec plaquette métallique $\varnothing 40 \times 40 \text{ mm}$
- Monocouche : IKO MONO ALPA 4000 SOLAR ou IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU
- Modules photovoltaïques souples perpendiculaires aux lignes de fixations

France métropolitaine

Versants plans - Bâtiments d'élanement courant, hauteur $\leq 20 \text{ m}$

Travaux neufs et de réfection pour les TAN

A. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois - Travaux neufs - Bâtiments fermés									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	35
	Rive	37	33	37	28	29	23	24	20
	Angles	31	23	26	20	21	32*	34*	28*
15	Partie courante	37	37	37	37	37	36	37	32
	Rive	37	30	33	26	27	21	22	18
	Angles	28	21	24	18	19	30*	32*	26*
20	Partie courante	37	37	37	37	37	34	35	29
	Rive	37	27	31	24	25	20	20	34*
	Angles	26	19	22	34*	34*	28*	28*	24*
B. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois - Travaux neufs et réfections - Bâtiments ouverts									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	32	33	27	28	23
	Rive	37	28	31	24	25	20	21	34*
	Angles	26	19	21	32*	34*	28*	28*	24*
15	Partie courante	37	34	37	29	30	24	25	21
	Rive	34	25	28	22	23	18	19	32*
	Angles	23	34*	19	30*	30*	24*	26*	22*
20	Partie courante	37	31	35	27	28	22	23	19
	Rive	32	23	26	20	21	34*	34*	28*
	Angles	22	32*	18	28*	28*	22*	24*	20*
C. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois : réfections - Bâtiments fermés									
Sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection lourde (dans ce cas : partie A du tableau)									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	37
	Rive	37	37	37	34	36	29	30	25
	Angles	36	26	30	23	24	19	20	32*
15	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	37
	Rive	37	36	37	31	32	26	27	22
	Angles	32	24	27	21	21	34*	18	30*
20	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	37
	Rive	37	33	37	29	30	24	25	21
	Angles	30	22	25	19	20	32*	32*	28*
* Avec fixations complémentaires à mi-lé (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)									
** Avec deux rangs de fixations complémentaires (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)									
	Modules du groupe A exclus								
	Modules des groupes A et B exclus, mise en œuvre avec bicouche seul autorisé dans zones adjacentes au champ photovoltaïque								

Tableau B5 - Espacements entre fixations pour SRB1 en France métropolitaine

DROMVersants plans - Bâtiments d'élanement courant, hauteur \leq 20 m

Travaux neufs pour les TAN

A. Tôles d'acier nervurées - Travaux neufs - Bâtiments fermés					
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 5	
		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
10	Partie courante	37	37	31	26
	Rive	37	33	18	30*
	Angles	31	23	26*	22*
15	Partie courante	37	37	28	24
	Rive	37	30	32*	28*
	Angles	28	21	24*	20*
20	Partie courante	37	37	26	22
	Rive	37	27	30*	26*
	Angles	26	19	22*	18*
B. Tôles d'acier nervurées - Travaux neufs - Bâtiments ouverts					
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 5	
		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
10	Partie courante	37	37	21	34*
	Rive	37	28	30*	26*
	Angles	26	19	20*	18*
15	Partie courante	37	34	19	32*
	Rive	34	25	28*	24*
	Angles	23	34*	18*	-
20	Partie courante	37	31	34*	28*
	Rive	32	23	26*	22*
	Angles	22	32*	18*	-
* Avec fixations complémentaires à mi-lé (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)					
** Avec deux rangs de fixations complémentaires (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)					
	Modules du groupe A exclus				
	Modules des groupes A et B exclus, mise en œuvre avec bicouche seul autorisé dans zones adjacentes au champ photovoltaïque				
	Exclu				

Tableau B6 - Espacements entre fixations pour SRB1 dans les DROM

2.12.2.4. SYSTEME SRB2 : $WADM_{SRB2} = 467 \text{ N/FIXATION}$

Attelages des systèmes de référence :

- PKsr $\geq 1\,520 \text{ N}$ (selon la norme NF P 30-313) avec plaquette métallique 40 x 40 mm
- Monocouche : IKO MONO ALPA 4000 SOLAR ou IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU
- Modules photovoltaïques souples parallèles aux lignes de fixations

France métropolitaine

Versants plans - Bâtiments d'élanement courant, hauteur $\leq 20 \text{ m}$

Travaux neufs et de réfection pour les TAN

A. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois- Travaux neufs - Bâtiments fermés									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	37	37	31	32	27
	Rive	34	25	29	22	23	18	19	32*
	Angles	24	18	20	30*	32*	26*	26*	22*
15	Partie courante	37	37	37	34	35	28	29	24
	Rive	31	23	26	20	21	32*	34*	28*
	Angles	22	32*	18	28*	28*	22*	24*	20*
20	Partie courante	37	36	37	32	33	26	27	23
	Rive	29	21	24	18	19	30*	32*	26*
	Angles	20	30*	34*	26*	26*	22*	22*	18*
B. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois- Travaux neufs et réfections - Bâtiments ouverts									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	29	32	25	26	21	21	18
	Rive	29	21	24	19	19	30*	32*	26*
	Angles	20	30*	34*	26*	26*	20*	22*	18*
15	Partie courante	35	26	29	23	23	19	19	32*
	Rive	26	19	22	34*	34*	28*	28*	24*
	Angles	18	26*	30*	22*	24*	18*	20*	24**
20	Partie courante	33	24	27	21	22	34*	18	30*
	Rive	24	18	20	32*	32*	26*	26*	22*
	Angles	34*	24*	28*	22*	22*	18*	18*	21**
C. Tôles d'acier nervurées, bois et panneaux à base de bois : réfections - Bâtiments fermés									
Sauf dans le cas d'un ancien revêtement sous protection lourde (dans ce cas : partie A du tableau)									
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
		Site normal	Site exposé						
10	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	37
	Rive	37	31	35	27	28	22	23	19
	Angles	28	20	23	18	18	30*	30*	26*
15	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	35
	Rive	37	28	32	24	25	20	21	34*
	Angles	25	19	21	32*	34*	26*	28*	22*
20	Partie courante	37	37	37	37	37	37	37	33
	Rive	35	26	29	22	23	19	19	32*
	Angles	23	34*	19	30*	30*	24*	26*	22*

* Avec fixations complémentaires à mi-lé (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)

** Avec deux rangs de fixations complémentaires (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)

	Modules du groupe A exclu
	Modules des groupes A et B exclus, mise en œuvre avec bicouche seul autorisé dans zones adjacentes au champ photovoltaïque

Tableau B7 - Espacements entre fixations pour SRB2 en France métropolitaine

DROMVersants plans - Bâtiments d'élanement courant, hauteur \leq 20 m

Travaux neufs pour les TAN

A. Tôles d'acier nervurées - Travaux neufs - Bâtiments fermés					
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 5	
		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
10	Partie courante	37	37	24	20
	Rive	34	25	28*	24*
	Angles	24	18	20*	24**
15	Partie courante	37	37	22	18
	Rive	31	23	26*	22*
	Angles	22	32*	18*	21**
20	Partie courante	37	36	20	34*
	Rive	29	21	24*	20*
	Angles	20	30*	24**	21**
B. Tôles d'acier nervurées - Travaux neufs - Bâtiments ouverts					
Hauteur	Position	Zone 1		Zone 5	
		Site normal	Site exposé	Site normal	Site exposé
10	Partie courante	37	29	32*	26*
	Rive	29	21	24*	20*
	Angles	20	30*	24**	21**
15	Partie courante	35	26	28*	24*
	Rive	26	19	22*	18*
	Angles	18	26*	21**	-
20	Partie courante	33	24	26*	22*
	Rive	24	18	20*	24**
	Angles	34*	24*	21**	-
* Avec fixations complémentaires à mi-lé (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)					
** Avec deux rangs de fixations complémentaires (cf. § 2.4.2.1.2. du Dossier Technique)					
	Modules du groupe A exclu				
	Modules des groupes A et B exclus, mise en œuvre avec bicouche seul autorisé dans zones adjacentes au champ photovoltaïque				
	Exclu				

Tableau B8 - Espacements entre fixations pour SRB2 dans les DROM

2.12.3. Tableaux

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

Revêtements bicouche		Revêtement monocouche					Zone géographique			
Élément porteur	Support	Hygrométrie	Pare vapeur en France Baropéenne		Isolant support direct du revêtement		Limites d'exposition au vent selon NV65 modifiées	France Métropolitaine	DROM	
			Nature	Mise en œuvre	Nature	Mise en œuvre				
Élément porteur en bois	Isolant support sur panneaux à base de bois ou CLT	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	Cas des DROM : cf. § 2.4.4.1.1	Nature	Mise en œuvre	Perlite expansée	Fixations mécaniques	cf. Annexe B	✓	
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Perlite expansée				
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Perlite expansée				
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Libre				
Élément porteur en TANI	TANI pleine ou perforée	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie (avec QdP a surf > 1,4 m ² /[h.m ²])	Non requis	Nature	Mise en œuvre	Perlite expansée	Fixations mécaniques	cf. Annexe B	✓	
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Perlite expansée				
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Perlite expansée				
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Libre				
Élément porteur en ALU	TANI pleine ou perforée	Locaux à forte hygrométrie	Cas des DROM : cf. § 2.4.4.1.1	Nature	Mise en œuvre	Perlite expansée	Fixations mécaniques	cf. Annexe B	✓	
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Perlite expansée				
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Perlite expansée				
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
						Adhésif				
Asphalte apparent, Bitumeux protection minérale	Bitumeux protection minérale	Libre	Cas des DROM : cf. § 2.4.4.1.1	Nature	Mise en œuvre	Perlite expansée	Fixations mécaniques	cf. Annexe B	✓	
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
Bitumeux protection métallique non déla robe	Bitumeux protection métallique non déla robe	Libre	Cas des DROM : cf. § 2.4.4.1.1	Nature	Mise en œuvre	Perlite expansée	Fixations mécaniques	cf. Annexe B	✓	
						La laine minérale				
						PIR / PSE				
Membrane synthétique	Membrane synthétique	Libre	Cas des DROM : cf. § 2.4.4.1.1	Nature	Mise en œuvre	Perlite expansée	Fixations mécaniques	cf. Annexe B	✓	
						La laine minérale				
						PIR / PSE				

Tableau 1 - Synthèse des complexes IKO EXCEL® SOLAR FM

Revêtements BICOUCHES		Revêtements MONOCOUCES		
Type A : IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G + IKO DUO ALPA 25 SOLAR + Modules PV EXCEL®SOLAR		Type C : soit IKO MONO ALPA 4000 SOLAR + Modules PV EXCEL®SOLAR		
Type B : IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F + IKO DUO ALPA 25 SOLAR + Modules PV EXCEL®SOLAR		soit IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU + Modules PV EXCEL®SOLAR		
Elément porteur	Support direct du revêtement		Revêtements	
TAN : pente ≥ 3% Bois et panneaux à base de bois et CLT : pente ≥ 3%	Bois et panneaux à base de bois		A, B ou C	
	Perlite expansée (fibrée)			
	Laine de roche de classe C minimum			
	Polyisocyanurate			
	Polystyrène expansé (1)		A (2), B ou C (2)	
	Ancien revêtement d'étanchéité avec isolant existant de classe C minimale Ou sans isolant existant	Asphalte		A, B ou C
		Bitumineux protection minérale		
		Bitumineux protection métallique non délardée		
		Membrane synthétique (3)		
	Ancien revêtement d'étanchéité avec isolant existant de classe B ou inconnue	Asphalte		Panneau isolant de classe C (4) + A Panneau isolant de classe C (4) + C
		Bitumineux protection minérale		
		Bitumineux protection métallique non délardée		
		Membrane synthétique (3)		
Ancien revêtement d'étanchéité avec protection déposée et isolant existant de classe B ou inconnue	Asphalte		Panneau isolant de classe C de $R > 1\text{m}^2.\text{K/w}$ (5) + A Panneau isolant de classe C de $R > 1\text{m}^2.\text{K/w}$ (5) + C	
	Bitumineux protection minérale			
	Membrane synthétique			

- (1) Admis si la classe de compressibilité de l'isolant est de classe B à 80°C mais de classe C à 60°C
- (2) Avec interposition d'un pare flamme IKO DUO FUSION AR/F, face ardoisée vers le bas
- (3) Dans le cas d'une ancienne membrane sur isolant avec pare-vapeur polyéthylène (cf. Tableau 1 de la norme NF P 84-208, DTU 43.5), la totalité du complexe est déposée.
- (4) Peut être remplacé par un panneau de perlite expansée relevant d'un DTA d'épaisseur 20 mm minimum, dans le cas où aucun complément d'isolation thermique n'est recherché
- (5) Peut être remplacé par un panneau de perlite expansée relevant d'un DTA d'épaisseur 50 mm minimum, dans le cas où aucun complément d'isolation thermique n'est recherché

Tableau 2 – Choix du revêtement en France métropolitaine – travaux neufs et réfection

Revêtements BICOUCHES		Revêtements MONOCOUCES	
Type A : IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G + IKO DUO ALPA 25 SOLAR + Modules PV EXCEL®SOLAR		Type C : IKO MONO ALPA 4000 SOLAR + Modules PV EXCEL®SOLAR	
Type B : IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F + IKO DUO ALPA 25 SOLAR + Modules PV EXCEL®SOLAR		IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU + Modules PV EXCEL®SOLAR	
Elément porteur	Support direct du revêtement	Revêtements	
TAN Pente ≥ 3%	Perlite expansée (fibrée)	A, B ou C	
	Laine de roche de classe C minimum		
	Polyisocyanurate		
	Polystyrène expansé (1)	A (2), B ou C (2)	
(1) Admis si la classe de compressibilité de l'isolant est de classe B à 80°C mais de classe C à 60°C			
(2) Avec interposition d'un pare flamme IKO DUO FUSION AR/F, face ardoisée vers le bas			

Tableau 3 - Choix du revêtement dans les DROM – travaux neufs

Caractéristiques	Unité	État neuf		Après 6 mois à 70 °C	Observations
		Valeur nominale	Valeur spécifiée	Valeur spécifiée	
Ramollissement - TBA	°C	150	> 140	> 140	NF EN 1427
Pénétration à + 25 °C (indicatif)	dmm	40			NF EN 1426
Température limite de souplesse à froid	°C		< - 20	< - 15	Directives UEAtc de 1984
Contrainte maximale en traction	N/cm ²	35	> 30	> 40	Épaisseur 2 mm - 100 mm/mn (méthode interne)
Allongement à la rupture	%	1200	> 1000	> 500	Épaisseur 2 mm - 100 mm/mn (méthode interne)
Recouvrance après allongement	%	90	> 80	> 75	Étirement 100 % à 100 mm/mn Relaxation 1 heure à 20 °C

Tableau 4 - Caractéristiques du liant ALPA

		IKO DUO ACIER SOLAR L4 FMP/G		IKO DUO ACIER SOLAR L4 SPF FMP/F	
Composition					
Armature	Polyester	g/m ²	170 ^(*)	180	170 ^(*) 180
Liant	Imprégnation	g/m ²		350 ± 60	350 ± 60
	ARMOUR	g/m ²	2500	2200	3000 2650
Finition de surface	Film macroperforé	g/m ²	10		
	Grès	g/m ²	80		
Finition de sous-face	Grès	g/m ²	300		
	Film	g/m ²			10
Présentation					
Épaisseur	EN 1849-1	mm	2,65 (±5 %)		
Dimensions	EN 1848-1	m	7 x 1		
Poids	Indicatif	kg	23	23	
Lisière de recouvrement	Minimum	mm	100	20 adhésif et 80 soudé	
Lignages (position par rapport au bord du lé) minimum		mm	40 et 100	60	
Caractéristiques					
Propriété en traction : Force maximale L x T	VDF	NF EN 12311-1	N/50 mm	750 x 750	
	VLF			500 x 500	
Propriété en traction : Allongement maximal L x T	VDF	NF EN 12311-1	%	35 x 35	
	VLF			25 x 25	
Résistance à la déchirure au clou	VDF	NF EN 12310-1	N	200 x 250	
	VLF			180 x 230	
Souplesse à basse température - Etat neuf - Etat vieilli (6 mois à 70°C) selon Guide UEATc de décembre 2001	NF EN 1109 NF EN 1109 + NF EN 1296		°C	≤ -15 ≤ 0	
Résistance au fluage à température élevée - Etat neuf - État vieilli (6 mois à 70°C) selon Guide UEATc de décembre 2001	NF EN 1110 NF EN 1110 + NF EN 1296		°C	≥ 100 ≥ 90	
Stabilité dimensionnelle	NF EN 1108		%	≤ 0.3	
Résistance au poinçonnement statique	NF EN 12730 (A)		kg	≥ 20	
Résistance au choc	NF EN 12691 : 2006 méthode B		H (mm)	≥ 1000	
(*) NT Polyester stabilisé					

Tableau 5 - Composition, présentation et caractéristiques des feuilles de premières couche (bicouche)

IKO DUO ALPA 25 SOLAR				
Composition				
Armature	Voile de Verre	g/m ²	50	
Liant	ALPA	g/m ²	3000	
Finition surface	Film	g/m ²	10	
Finition sous face	Film	g/m ²	10	
Présentation				
Épaisseur	NF EN 1849-1	mm	2,65 (± 5 %)	
Dimensions	NF EN 1848-1	m	8 x 1	
Poids	Indicatif	kg	25	
Lisière de recouvrement	Minimum	mm	60	
Caractéristiques				
Propriété en traction : Force maximale L x T	VDF	NF EN 12311-1	N/50 mm	250 x 250
	VLF			155 x 120
Propriété en traction : Allongement maximal L x T	VDF	NF EN12311-1	%	3 x 3
	VLF			2 x 2
Résistance à la déchirure au clou	VDF	EN 12310-1	N	80 x 80
	VLF			50 x 50
Souplesse à basse température - Etat neuf - Etat vieilli (6 mois à 70°C) selon Guide UEATc de décembre 2001	NF EN 1109 NF EN 1109 + NF EN 1296		°C	≤ -15 ≤ 0
Résistance au fluage à température élevée - Etat neuf - État vieilli (6 mois à 70°C) selon Guide UEATc de décembre 2001	NF EN 1110 NF EN 1110+ NF EN 1296		°C	≥ 120 ≥ 100
Stabilité dimensionnelle	NF EN 1107-1		%	≤ 0,1
Résistance au poinçonnement statique	NF EN 12730 (A)		kg	PND

Tableau 6 - Composition, présentation et caractérisation de la feuille de seconde couche (bicouche)

			IKO MONO ALPA 4000 SOLAR	IKO MONO ALPA 4000 SOLAR FEU	
Composition					
Armature	Polyester stabilisé	g/m ²	170	170	
Liant	ALPA	g/m ²	5000		
	ALPA FEU	g/m ²		5000	
Finition de surface	Film	g/m ²	10	10	
Finition de sous face	Film	g/m ²	10	10	
Présentation					
Épaisseur	NF EN 1849-1	mm	4.0 (± 5 %)	4.0 (± 5 %)	
Dimensions	NF EN 1848-1	m	8 x 1	8 x 1	
Poids	Indicatif	kg	42	42	
Lisière de recouvrement	Minimum	mm	80	80	
Caractéristiques					
Propriété en traction : Force maximale L x T	VDF	NF EN 12311-1	N/50 mm	600 x 600	600 x 600
	VLF			500 x 500	500 x 500
Propriété en traction : Allongement maximal L x T	VDF	NF EN12311-1	%	35 x 35	35 x 35
	VLF			25 x 25	25 x 25
Résistance à la déchirure au clou	VDF	EN 12310-1	N	200 x 250	200 x 250
	VLF			180 x 230	180 x 230
Souplesse à basse température - Etat neuf - Etat vieilli (6 mois à 70°C) selon Guide UEATc de décembre 2001	NF EN 1109 NF EN 1109 + NF EN 1296		°C	≤ -15 ≤ 0	≤ -15 ≤ 0
Résistance au fluage à température élevée - Etat neuf - État vieilli (6 mois à 70°C) selon Guide UEATc de décembre 2001	NF EN 1110 NF EN 1110+ NF EN 1296		°C	≥ 120 ≥ 100	≥ 120 ≥ 100
Stabilité dimensionnelle	NF EN 1107-1		%	≤ 0,3	≤ 0,3
Résistance au poinçonnement statique	NF EN 12730 (A)		Kg	20	20
Résistance au poinçonnement statique du système (NF P 84-354) classe L				L4	L4
Résistance au poinçonnement dynamique du système (NF P 84-354) classe D				D3	D3

Tableau 7 - Composition, présentation et caractérisation de la feuille monocouche

Extrait Sec	%	86
Point d'inflammation cc (astm d 93)	°C (Pensky Martens)	56
Densité à 20°C	-	1,25
Couleur	-	Noire

Tableau 8 - Caractéristiques de la colle RUBERFIX

Élément porteur	Hygrométrie et chauffage des locaux	Mise en œuvre	Pare-vapeur
Bois - Panneaux à base de bois - CLT (1)	Faible et moyenne hygrométrie	Cloué (3), joints soudés	IKO VAP
		Libre	IKO VAP
		Soudé en plein (4)	IKO VAP (8) IKO VAP ALPA 2 EN 1 i
		Adhésif (2)(4)	EIF + IKO VAP STICKALU EIF + IKO VAP STICK
Tôles d'acier nervurées pleine	Faible et moyenne hygrométrie avec $Q_{4Pa-surf} > 1.4 \text{ m}^3/(h/m^2)$	Non requis	
	Faible et moyenne hygrométrie avec $Q_{4Pa-surf} \leq 1.4 \text{ m}^3/(h/m^2)$	Libre	IKO VAP ACIER (5) IKO VAP joints soudés (6)
		Adhésif (2)	IKO VAP STICK ALU IKO VAP STICK
	Forte hygrométrie	Libre	IKO VAP ACIER (7)
		Adhésif (2)	IKO VAP STICK ALU IKO VAP STICK ALU GR
	Tôles d'acier nervurées perforées en plage	Faible et moyenne hygrométrie	Libre
Adhésif (2)			IKO VAP STICK ALU IKO VAP STICK

(1) Pontage des joints : cf. § 2.3.2. – 2.3.3 – 2.3.4.

(2) Le pare-vapeur adhésif est mis en œuvre sur panneaux à base de bois conformes au NF DTU 43.4 et sur tôle d'acier nervurée conforme au NF DTU 43.3. Après mise en œuvre de l'EIF, sauf sur TAN, le pare-vapeur adhésif est déroulé en retirant le film siliconé de sous-face; les recouvrements sont jointoyés en retirant la bande siliconée pelable et en marouflant soigneusement.

(3) Le clouage utilise des clous à tête large, à raison d'un tous les 33 cm en quinconce sur toute la surface.

(4) Uniquement sur panneaux à base de bois

(5) Face aluminium au-dessus – recouvrement de 10 cm – recouvrements longitudinaux placés au droit des plages - recouvrement transversaux pontés par IKO Band Butyle ou IKO Band Bitume

(6) Avec protection de sous face des tôles nervurées compatibles avec le soudage

(7) Face aluminium au-dessus – recouvrement de 10 cm – recouvrements longitudinaux placés au droit des plages - recouvrement longitudinaux et transversaux pontés par IKO Band Butyle ou IKO Band Bitume

(8) Peut être remplacé par IKO VAP ALPA 3 en 1. L'isolant est alors fixé mécaniquement

Tableau 9 - Choix et mise en œuvre des pare-vapeurs

	Localisation	Largeur concernée
1	Parties courantes	
2	Rives, comprenant le pied de bâtiments surélevés, murs coupe-feu.	1/10 ^{ème} de la hauteur du bâtiment, sans être inférieure à 2 m
3	Angles	Intersections de 2 rives
4	Pourtour des édicules dont la hauteur est > 1 m et dont l'une des dimensions en plan est > 1 m	1 m
5	Pourtour des autres émergences de dimensions plus petites : Souches, lanterneaux, joints de dilatation	Pied de relevé

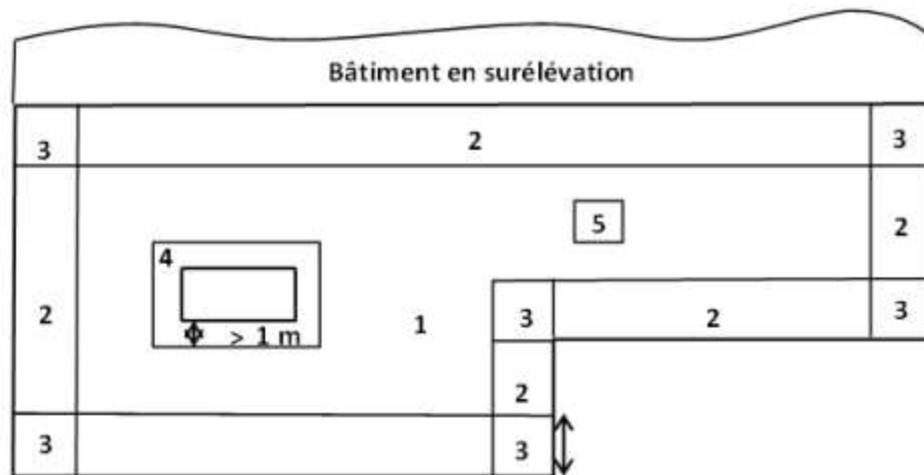


Tableau 10 – Localisation en toiture

Sur matières premières	Fréquence
Bitume de base : TBA - pénétration à 25° C	1 certificat / livraison
Fines : granulométrie	1 certificat / livraison
Copolymères d'oléfine TBA – pénétration 25°C – viscosité 190°C	1 certificat / livraison
Armatures : poids - traction	1 certificat / livraison
Sur bitume modifié	Fréquence
TBA - pénétration 25 °C	1 / lot
Image microscope par fluorescence	1 / lot
Taux de fines	1 / lot
Reprise élastique	2 / an
Sur produits finis	Fréquence
Épaisseur - longueur - largeur - lisières - poids	Permanent
Résistance au fluage à température élevée à l'état neuf	1/semaine / produit
Souplesse à basse température à l'état neuf	1/semaine / produit
Retrait libre	1/semaine / produit
Résistance au poinçonnement statique	1/an
Traction - Allongement	1/mois / produit
Pelage Film EXCEL®SOLAR – Force maximale ≥ 100 N/50mm (NF EN 12316-1)	1 tous les 2ans /fournisseur
Vieillessement : « Guide UEAtc 6 mois à 70°C » (Souplesse à basse température – Résistance au fluage)	2/an

Tableau 11 - Nomenclature de l'autocontrôle pour les feuilles bitumineuses

Caractéristiques	Fréquence
Puissance nom. P_{mpp}	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple
Dimensions	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple
Poids	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple
Masse surfacique	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple
Tension en circuit ouvert U_{co}	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple
Tension nominale au point de puissance maximum U_{mpp}	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple
Courant de court-circuit I_{cc}	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple
Courant nominal au point de puissance maximum I_{mpp}	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple
Coefficient de température pour la puissance maximum $\alpha T (P_{mpp})$	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple / production
Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert $\alpha T (U_{co})$	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple / production
Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit $\alpha T (I_{cc})$	$\geq 1x$ par module photovoltaïque souple / production

Tableau 12 - Nomenclature de l'autocontrôle de fabrication pour les modules photovoltaïques souples

Distance par rapport à une étendue d'eau salée	Au-delà de 20 km d'une étendue d'eau salée	De 20 km à 10 km d'une étendue d'eau salée	De 10 km à 2 km d'une étendue d'eau salée	Distance \leq à 2 km d'une étendue d'eau salée à l'exclusion du front de mer
Classe de corrosivité minimum exigée	Non exigée	Classe C3 minimum	Classe C4 minimum	Classe C5 minimum

Tableau 13 - Classe de corrosivité en fonction de la distance à une étendue d'eau salée conformément à la norme IEC 61701 d'août 2020

3. Annexes graphiques

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



Figure 1 - Présentation des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR

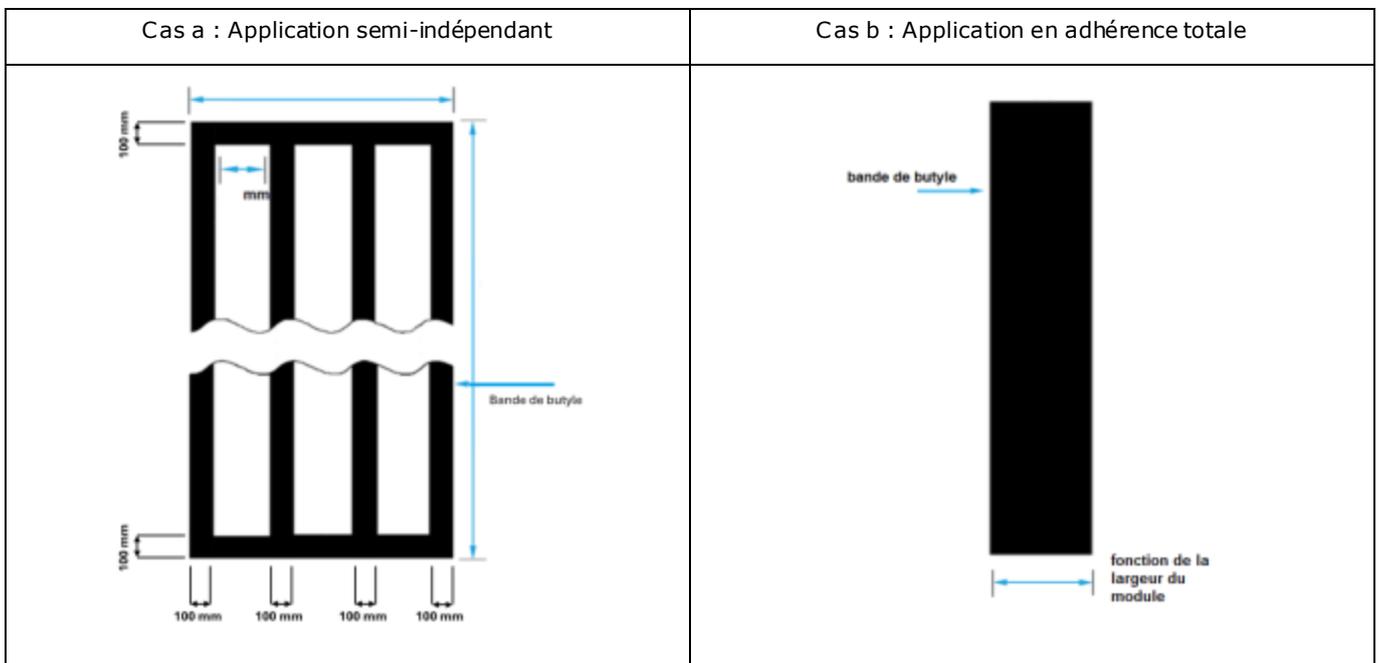


Figure 2 - Disposition des bandes butyle autoadhésives en sous-face du module photovoltaïque souple EXCEL®SOLAR

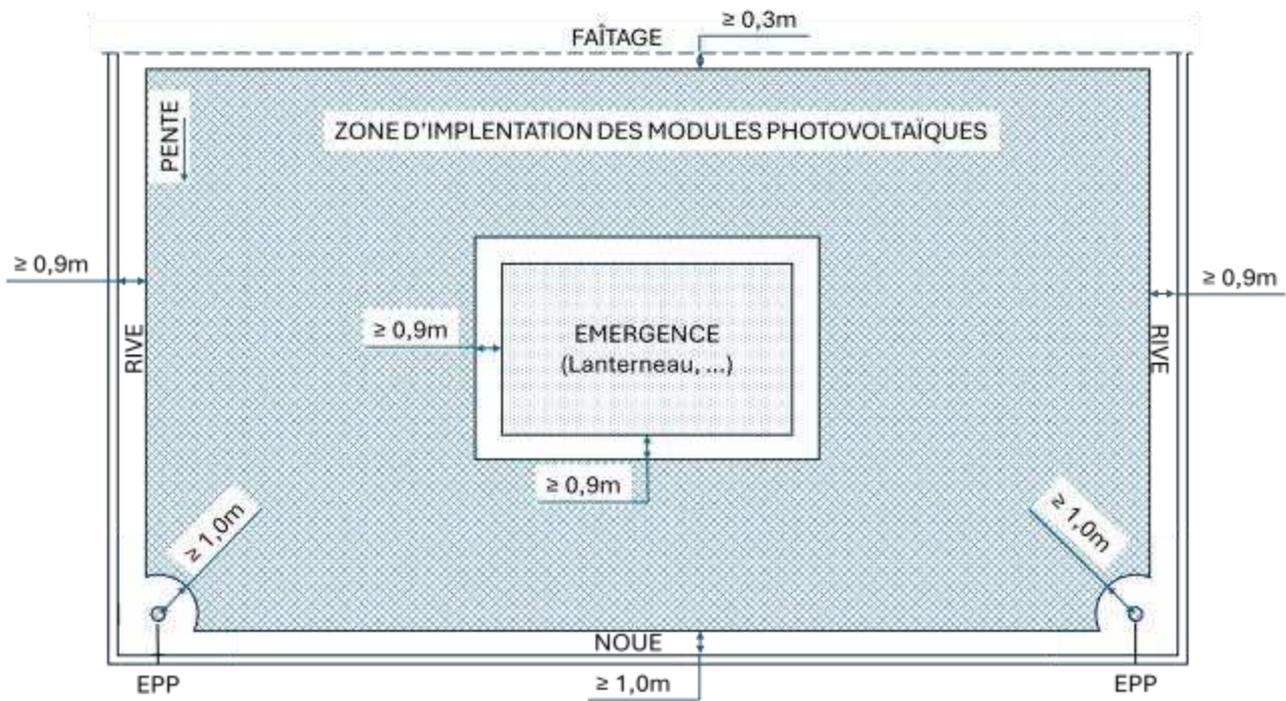


Figure 3 - Implantation des modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR

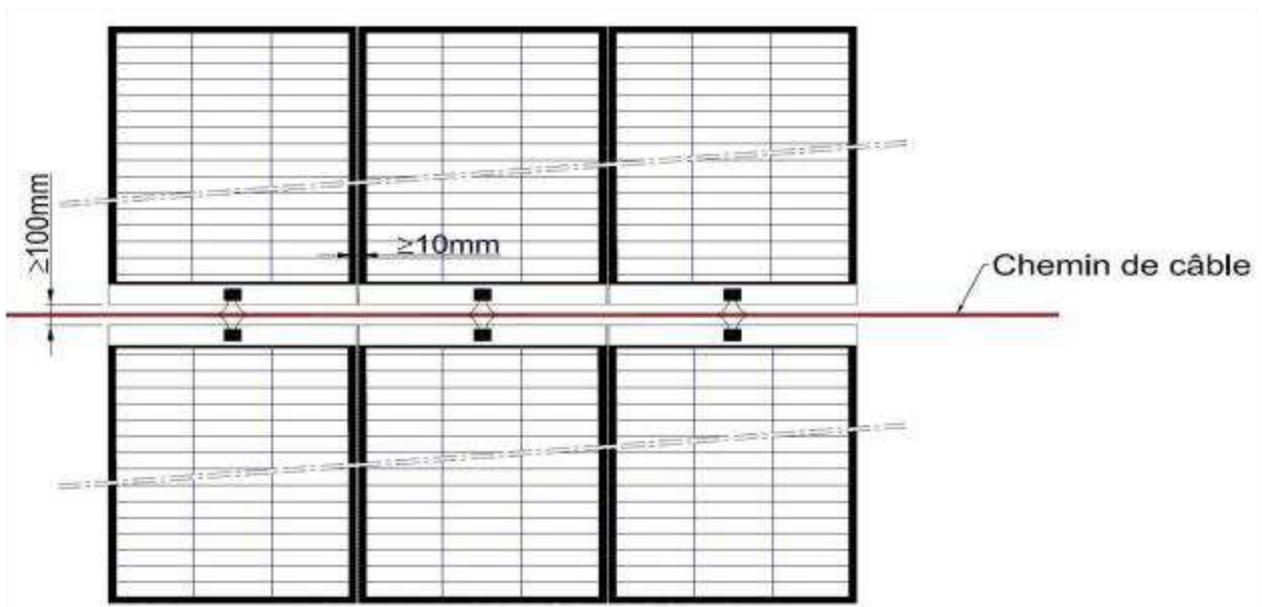


Figure 4 - Espacement entre les modules photovoltaïques souples EXCEL®SOLAR

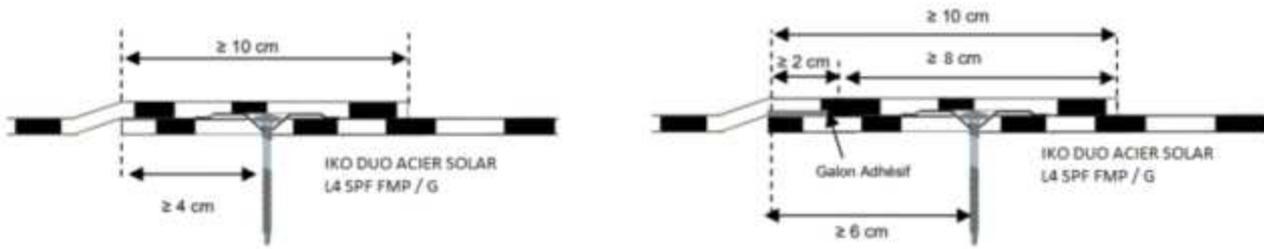


Figure 5 – Recouvrements longitudinaux

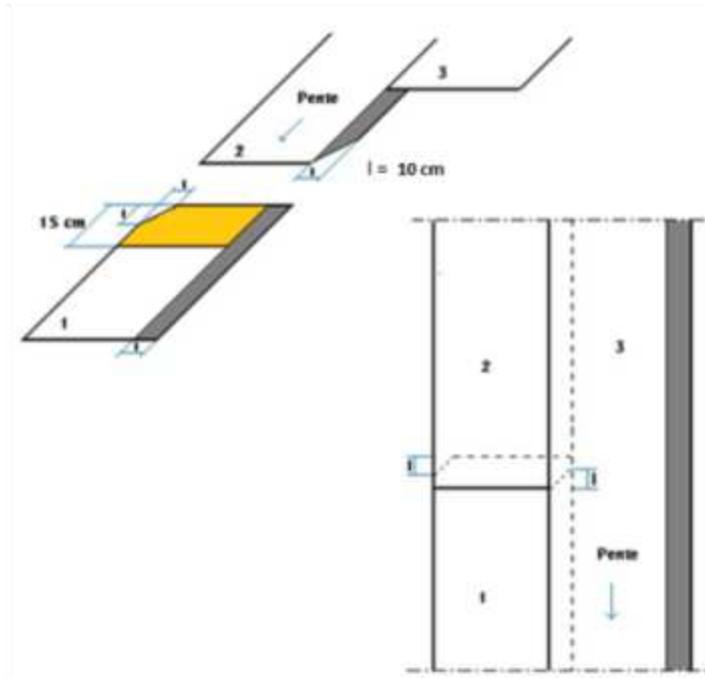


Figure 6 - Déroulement des lés pour les monocouches

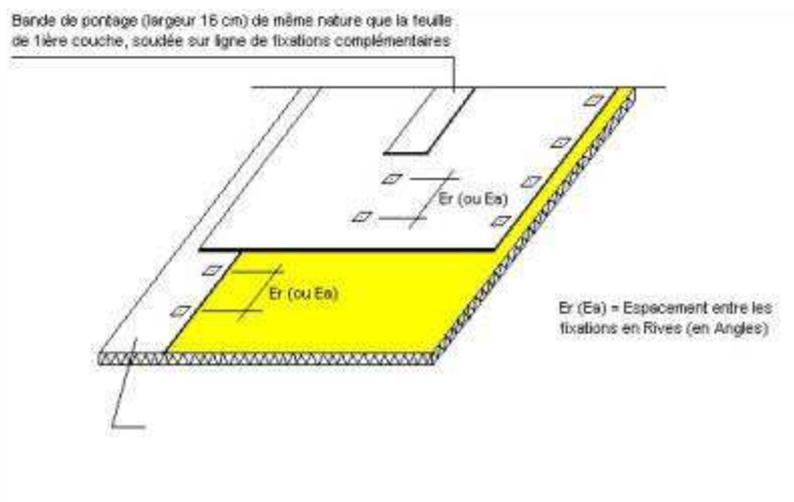


Figure 7 - Exemple de fixation complémentaires de la première couche en système bicouche

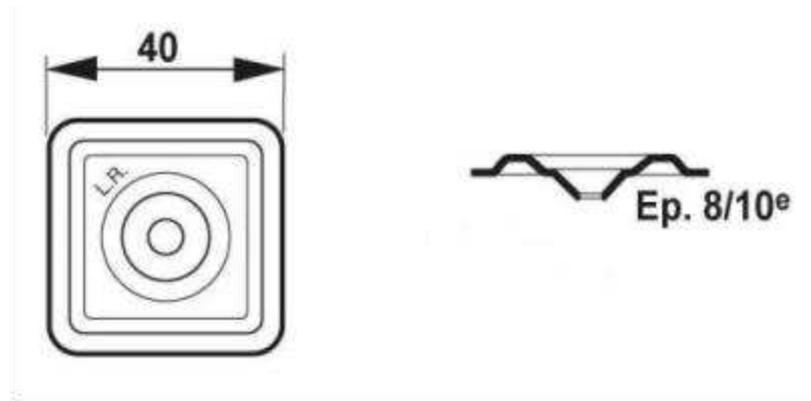


Figure 8 - Plaque 40 / 40



Etape 1 : film pelable des bandes Butyl retiré

Etape 2 : pose du module sur la surface support

Figure 9 - Mise en œuvre du module photovoltaïque souple EXCEL®SOLAR

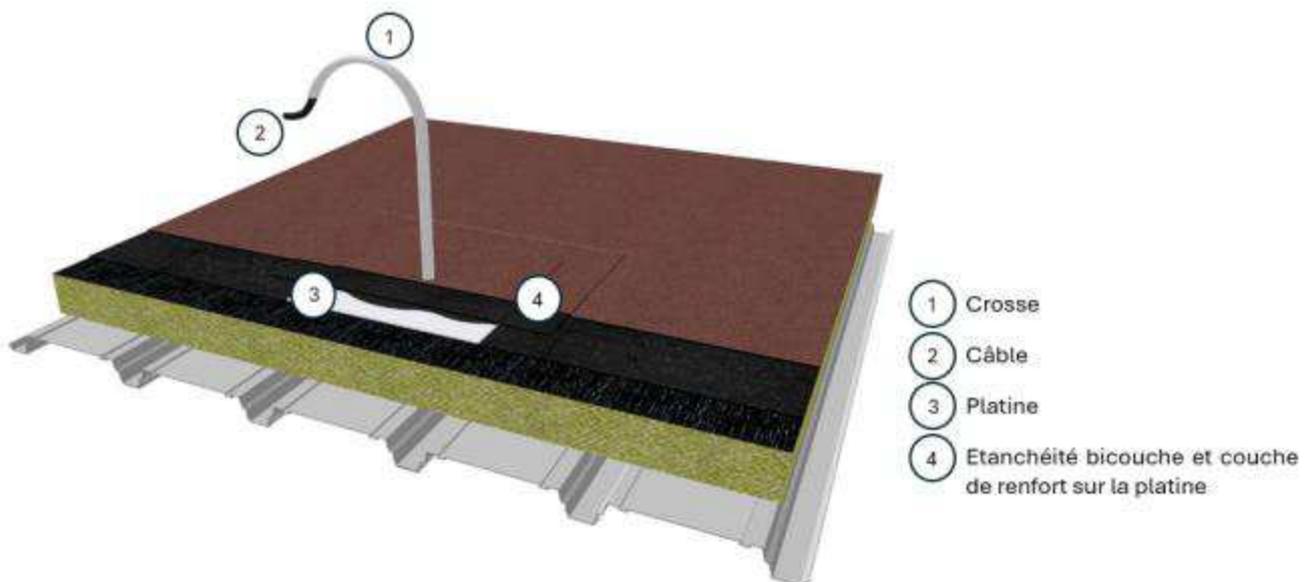


Figure 10 - Pénétration des câbles

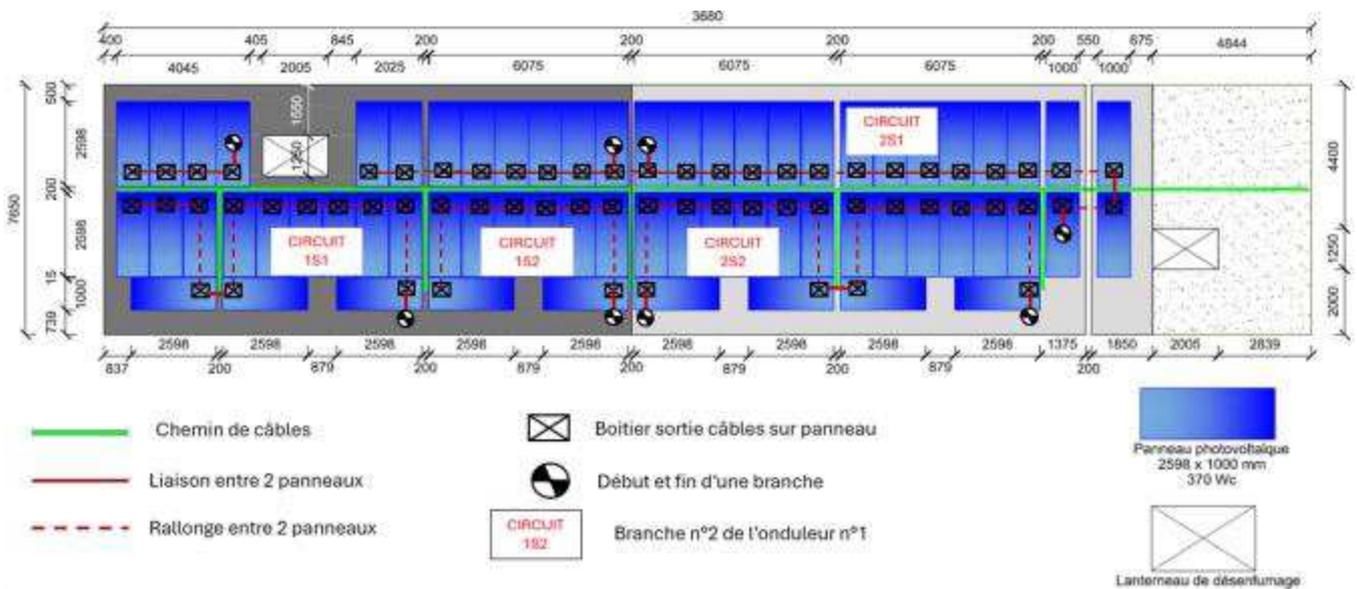


Figure 11 - Exemple de plan de raccordement des modules photovoltaïques sur toiture-terrasse

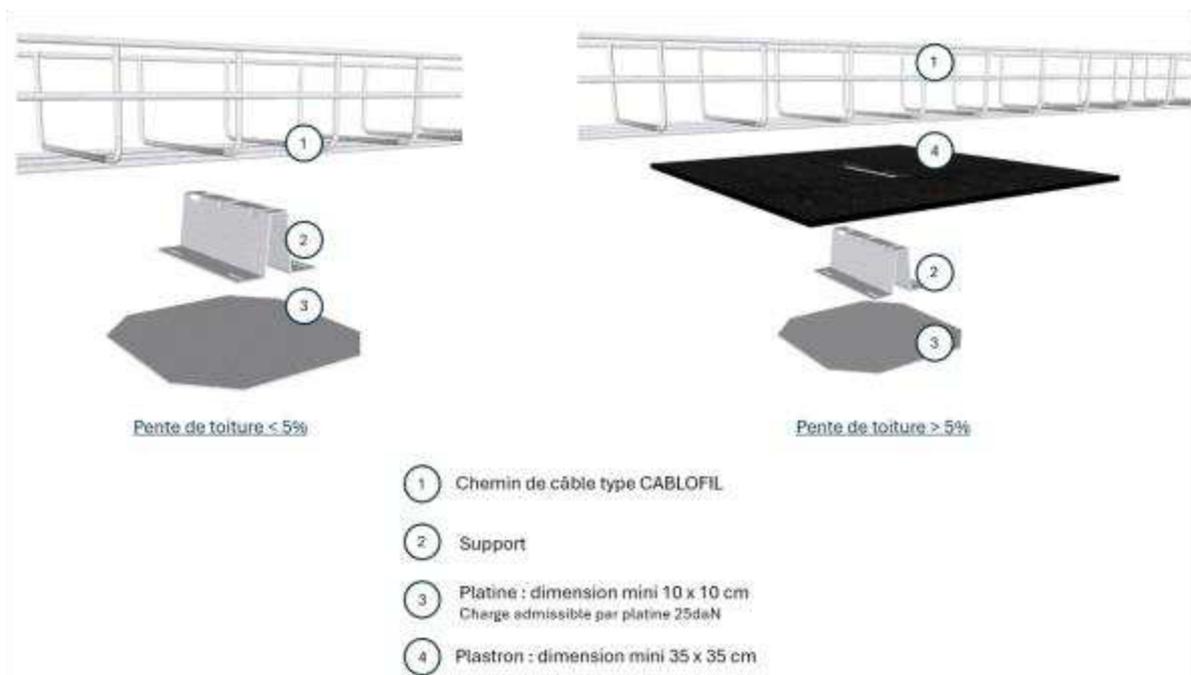
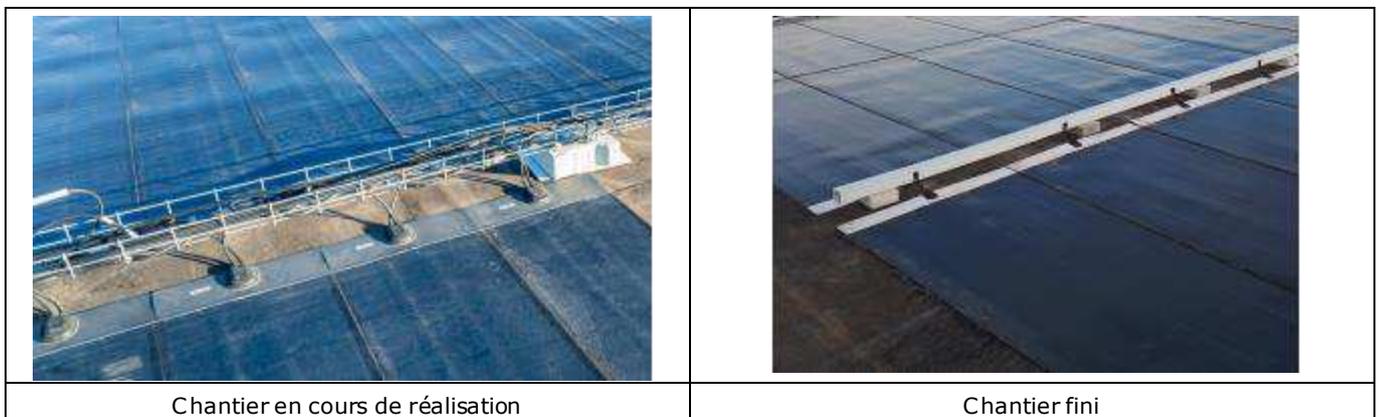


Figure 12 – Chemin de câble et support

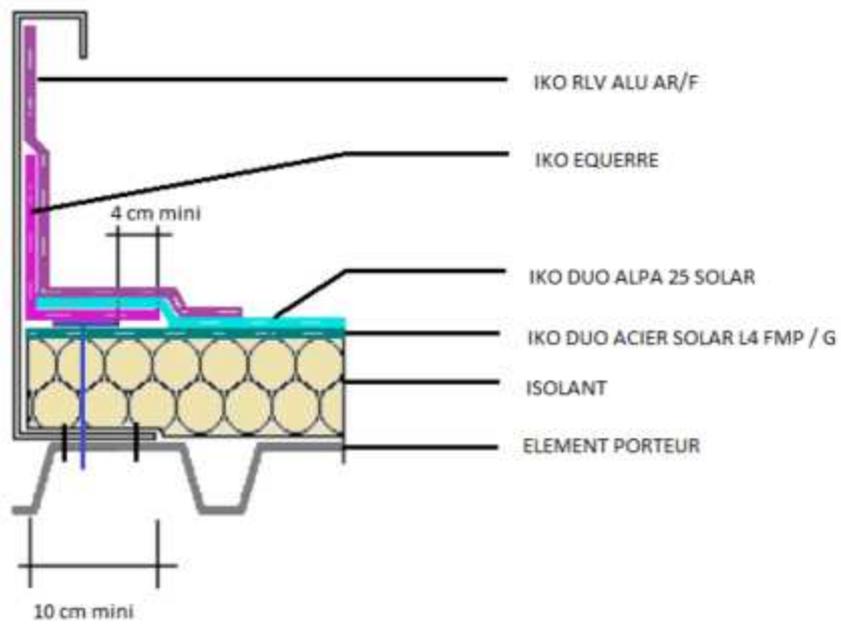
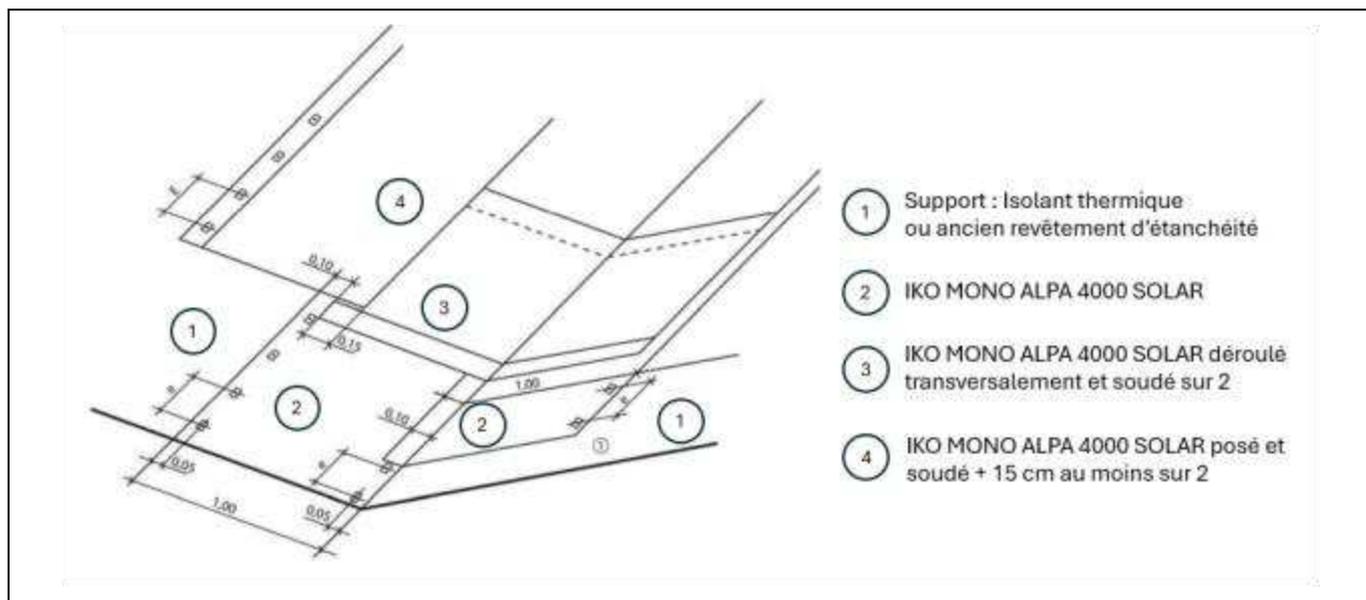
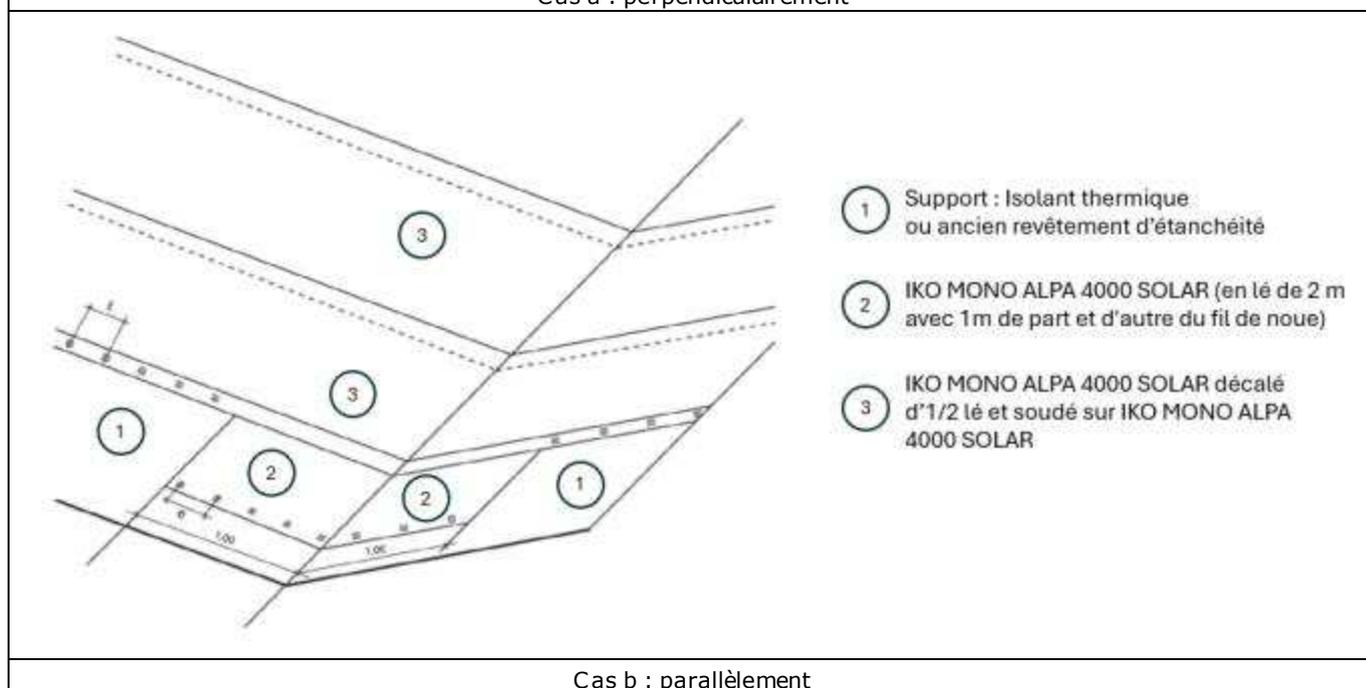


Figure 13 - Exemple de constitution du relevé avec un élément porteur en tôle d'acier nervurées



Cas a : perpendiculairement



Cas b : parallèlement

Figure 14 - Noue centrale avec tôle d'acier nervurée disposées perpendiculairement (cas a) ou parallèlement (cas b) à la noue pour les monocouches

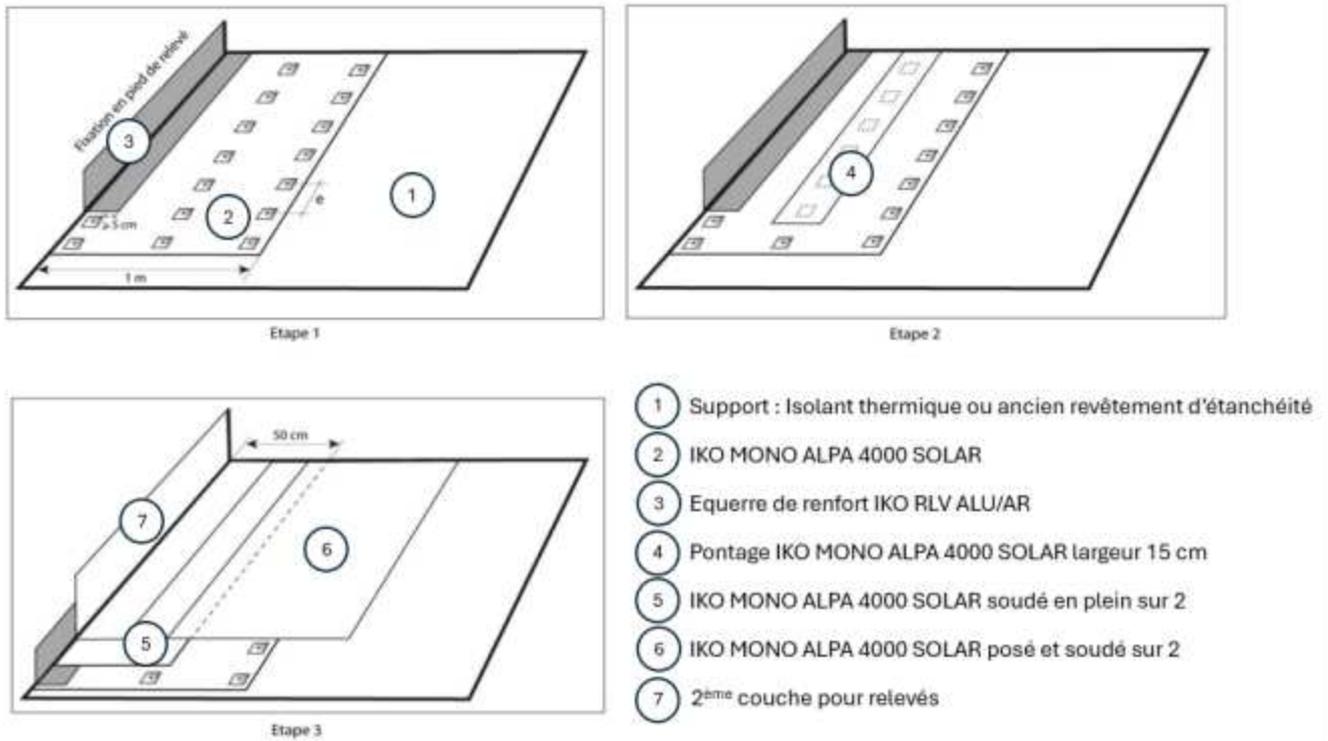


Figure 15 – Noue de rive pour les monocouches

Grille de vérification des gammes de modules par le Groupe Spécialisé n°21 sur la base du référentiel de vérification des modules photovoltaïques en Avis Technique

Grille de vérification 21/G01/24-85_V2

Annule et remplace la grille de vérification 21/G01/24-85_V1

Associée à l'Avis Technique 21/24-85_V2

Procédé : IKO EXCEL® SOLAR FM

Date de mise en application : 06/02/2025

Cette grille de vérification indique les gammes de modules acceptées par le GS 21, dont les modules peuvent être intégrés en tant qu'élément constitutif d'un procédé photovoltaïque faisant l'objet de l'Avis Technique cité. L'Avis Technique cité fait lui-même référence à cette grille de vérification des gammes de modules.

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

Cette grille de vérification est utilisable exclusivement en association avec l'Avis Technique n° 21/24-85_V2. S'il existe une grille de vérification plus récente portant un n° du type **21/Gn/24-85_V2 avec n > 01**, celle-ci annule et remplace la présente grille. La version la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site de la CCFAT.

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

Une lettre indiquée dans une case de la grille de vérification valide qu'une gamme de module a été acceptée par le GS n°21 pour une utilisation en tant qu'élément constitutif du procédé sous Avis Technique pour le domaine d'emploi du groupe que la lettre désigne (voir l'Avis Technique pour les caractéristiques de chaque groupe vis-à-vis du domaine d'emploi ou de la mise en œuvre).

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

21/G01/24-85_V2

IKO EXCEL® SOLAR FM

Fabricant	Gamme de modules	Tension maximale	Plages de puissances	Dimensions hors-tout (mm)	Validité en cours à renouveler avant le (*)	n° d'Avis Technique	Classe de corrosivité
						21/24-85_V2	
APOLLO	EXCEL®SOLAR PANDA	1 000 V	300 Wc	2 020 x 1 005 x 2,6	30/09/2025	A	Non évalué
		1 500 V		2 020 x 1 013 x 2,6			Non évalué
HANERGY	EXCEL®SOLAR 350	1 000 V	110 à 140 Wc	2 583 x 348 x 2,5	30/09/2025	B	C3
	EXCEL®SOLAR 1000		340 à 390 Wc	2 598 x 1 000 x 2,5			C3
	EXCEL®SOLAR 1300		460 à 520 Wc	2 598 x 1 293 x 2,5			C3

(*) : la date ne peut dépasser la date de fin de validité de l'Avis Technique associé

Détail des caractéristiques des modules :

Légende :

- P_{mpp} : Puissance au point de puissance maximum.
- U_{co} : Tension en circuit ouvert.
- U_{mpp} : Tension nominale au point de puissance maximum.
- I_{cc} : Courant de court-circuit.
- I_{mpp} : Courant nominal au point de puissance maximum.
- $\sigma_T (P_{mpp})$: Coefficient de température pour la puissance maximum.
- $\sigma_T (U_{co})$: Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.
- $\sigma_T (I_{cc})$: Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit.

Sommaire des gammes de modules

Partie 1	APOLLO – EXCEL® SOLAR PANDA.....	4
Partie 2	HANERGY / MiaSolé – EXCEL® SOLAR 350.....	6
Partie 3	HANERGY / MiaSolé – EXCEL® SOLAR 1000	8
Partie 4	HANERGY / MiaSolé – EXCEL® SOLAR 1300	10

Partie 1 APOLLO – EXCEL® SOLAR PANDA

APOLLO

EXCEL® SOLAR PANDA

Modules EXCEL® SOLAR PANDA	
P_{mpp} (W)	300
U_{co} (V)	47,5
U_{mpp} (V)	38
I_{cc} (A)	8,6
I_{mpp} (A)	7,88
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,423
αT (U_{co}) [%/K]	-0,288
αT (I_{cc}) [%/K]	0,057
Courant inverse maximum (A)	15

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR PANDA		
Dimensions hors tout (mm)	2020 x 1005 x 2,6	2020 x 1013 x 2,6
Surface hors-tout (m²)	2,03	
Masse avec adhésif (kg)	5,8	5,9
Masse spécifique avec adhésif (kg/m²)	2,86	
Rayon de courbure minimum pour la pose des modules (m)	2	
Rayon de courbure minimum pour la manipulation (m)	1	

Conditionnement des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR PANDA	
nombre de modules maximum par emballage	6 modules par caisse / 60 modules par palette
nature de l'emballage	Cartons
position des modules	horizontale
nature des séparateurs	Carton alvéolaire
Commentaire	Pas de stockage externe

Fabrication des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR PANDA	
Site(s) de fabrication	Mevo Carmel (ISRAEL)
ISO 9001	ISO 9001 : 2015
classification sur le flash test systématique	Wp
mesure(s) par électroluminescence	1
inspection finale	oui

Déclaration Environnementale des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR PANDA	
Le procédé associé à cette gamme de modules ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE).	

Composants identifiables visuellement des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR PANDA	
Nature et nombre de cellules	Bifacial monocristalline – 72 cellules
Boîtes de connexion	DSJB12y de DhaSh
Connecteurs	DS01 de DhaSh

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

21/G01/24-85_V2

IKO EXCEL® SOLAR FM

Caractéristiques mécaniques des modules photovoltaïques PS73/PS75	
Charge positive (vers le bas sur la face avant du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	2 400 Pa
Charge négative (vers le haut sur la face arrière du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	2 400 Pa

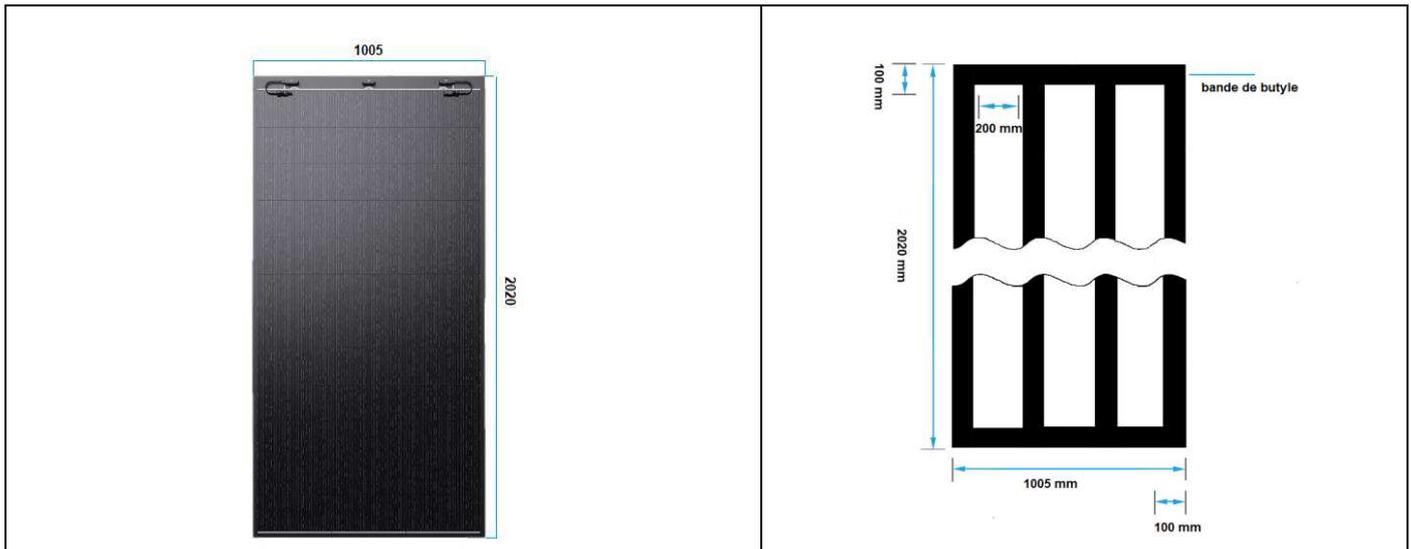
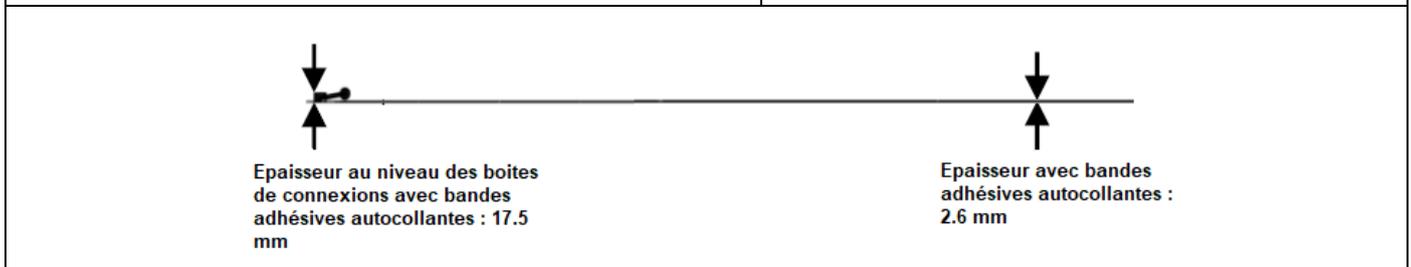


Schéma face avant

Schéma face arrière



Epaisseur au niveau des boîtes de connexions avec bandes adhésives autocollantes : 17.5 mm

Epaisseur avec bandes adhésives autocollantes : 2.6 mm

Schéma vue latérale

Partie 2 HANERGY / MiaSolé – EXCEL® SOLAR 350

HANERGY / MiaSolé

EXCEL® SOLAR 350

Modules EXCEL® SOLAR 350							
P_{mpp} (W)	110	115	120	125	130	135	140
U_{co} (V)	36,3	37	37,8	38,6	39,4	40,1	40,9
U_{mpp} (V)	28,4	29,3	30,3	31,2	32,1	33	33,9
I_{cc} (A)	4,66	4,62	4,58	4,53	4,49	4,45	4,41
I_{mpp} (A)	3,89	3,93	3,97	4,01	4,06	4,10	4,14
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,38						
αT (U_{co}) [%/K]	-0,28						
αT (I_{cc}) [%/K]	0,008						
Courant inverse maximum (A)	10						

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 350	
Dimensions hors tout (mm)	2 583 x 348 x 2,5
Surface hors-tout (m²)	0,90
Masse avec adhésif (kg)	2,3
Masse spécifique avec adhésif (kg/m²)	2,6
Rayon de courbure minimum pour la manipulation (m)	0,5

Conditionnement des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 350	
nombre de modules maximum par emballage	15 par carton – 5 cartons par palette
nature de l'emballage	cartons
position des modules	horizontale
nature des séparateurs	Film blanc libre (Douffline)
Commentaire	Stockage des caisses couchés – Les palettes ne sont pas gerbables

Fabrication des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 350	
Site(s) de fabrication	Santa-Clara (Etats-Unis) / Heyuan City et Zibo City (Chine)
ISO 9001	ISO 9001 : 2015
classification sur le flash test systématique	Wp
mesure(s) par électroluminescence	1
inspection finale	Oui

Déclaration Environnementale des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 350	
Le procédé associé à cette gamme de modules ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE).	

Composants identifiables visuellement des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 350	
Nature et nombre de cellules	CIGS (Cuivre Indium Gallium Selenium) – 120 cellules
Boîtes de connexion	HBTGCNAND de Amphenol Technology Shenzhen
Connecteurs	H4 de Amphenol Technology Shenzhen

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

21/G01/24-85_V2

IKO EXCEL® SOLAR FM

Caractéristiques mécaniques des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 350	
Charge positive (vers le bas sur la face avant du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	5 400 Pa
Charge négative (vers le haut sur la face arrière du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	5 400 Pa

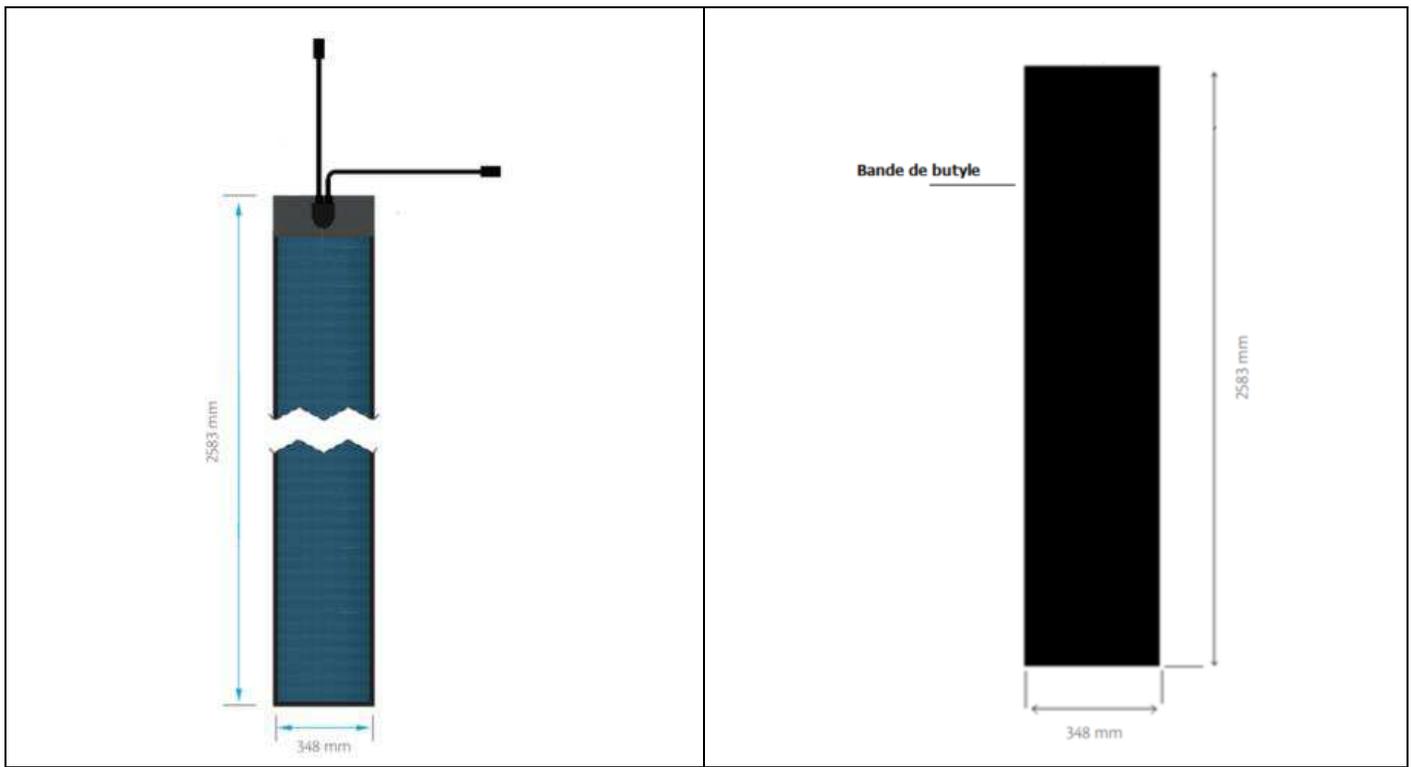


Schéma face avant

Schéma face arrière

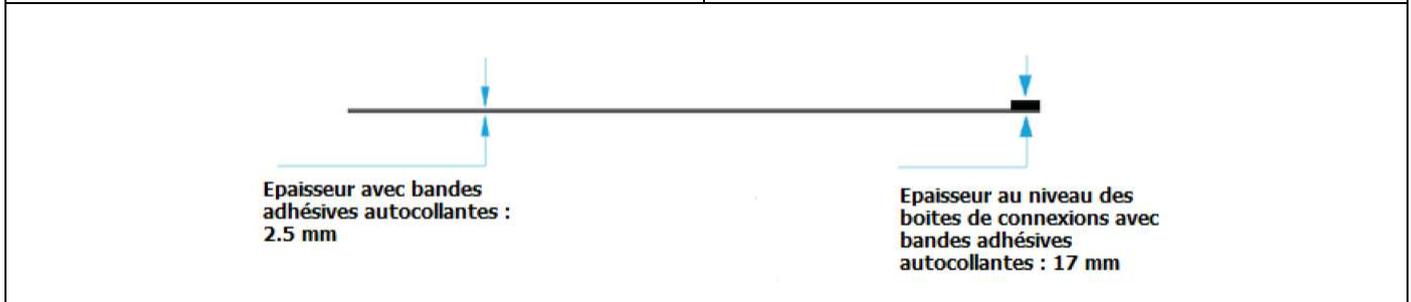


Schéma vue latérale

Partie 3 HANERGY / MiaSolé – EXCEL® SOLAR 1000

HANERGY / MiaSolé

EXCEL® SOLAR 1000

Modules EXCEL® SOLAR 1000						
P_{mpp} (W)	340	350	360	370	380	390
U_{co} (V)	37,5	37,9	38,3	38,6	38,8	39,4
U_{mpp} (V)	29,3	29,9	30,4	31,0	31,5	32,1
I_{cc} (A)	13,89	13,81	13,73	13,64	13,56	13,47
I_{mpp} (A)	11,76	11,84	11,92	12,0	12,09	12,17
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,38					
αT (U_{co}) [%/K]	-0,28					
αT (I_{cc}) [%/K]	0,008					
Courant inverse maximum (A)	25					

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1000	
Dimensions hors tout (mm)	2 598 x 1 000 x 2,5
Surface hors-tout (m²)	2,5
Masse avec adhésif (kg)	5,3
Masse spécifique avec adhésif (kg/m²)	2,1
Rayon de courbure minimum pour la manipulation (m)	0,5

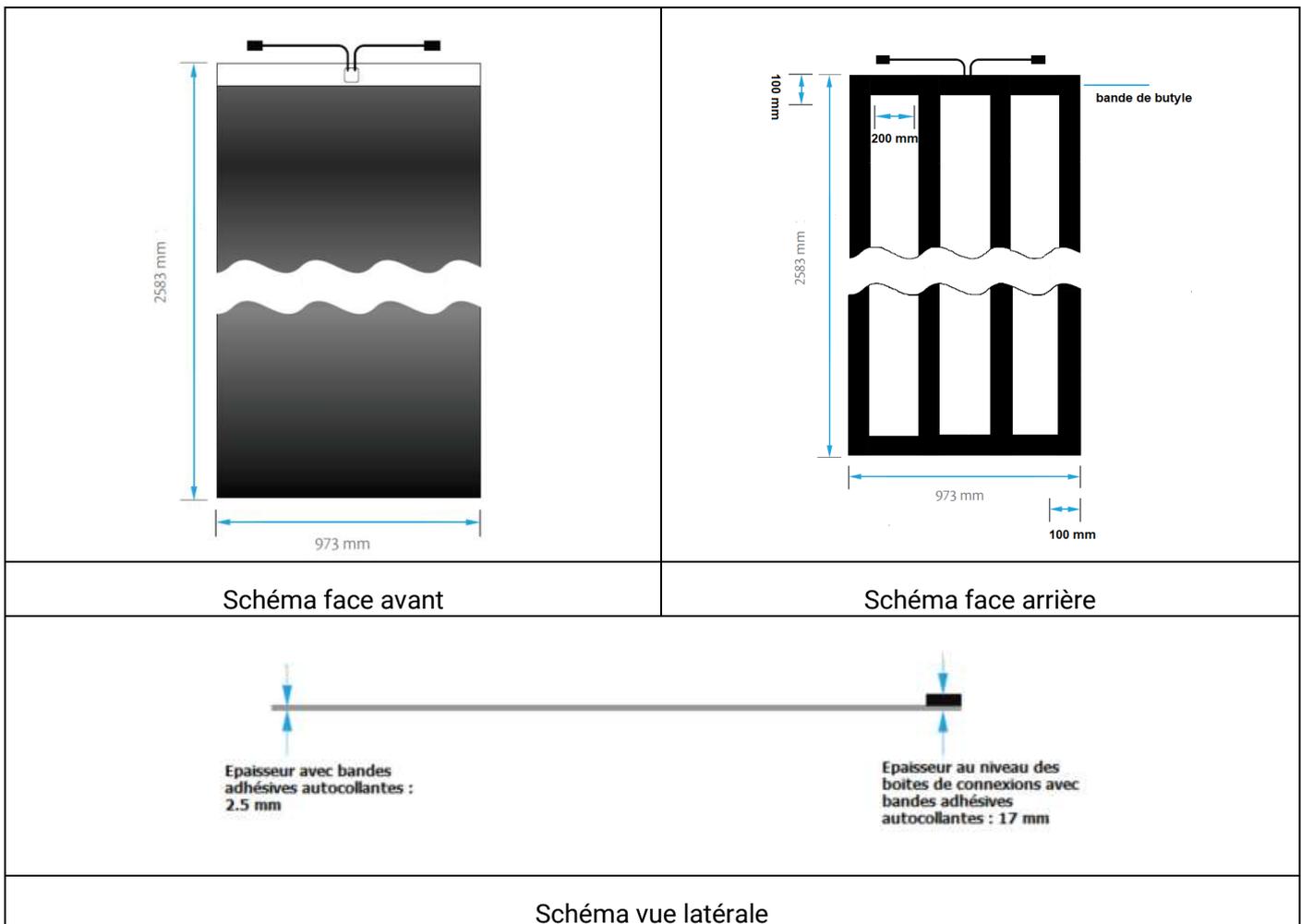
Conditionnement des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1000	
nombre de modules maximum par emballage	15 par carton – 5 cartons par palette
nature de l'emballage	cartons
position des modules	horizontale
nature des séparateurs	Film blanc libre (Douffline)
Commentaire	Stockage des caisses couchés – Les palettes ne sont pas gerbables

Fabrication des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1000	
Site(s) de fabrication	Santa-Clara (Etats-Unis) / Heyuan City et Zibo City (Chine)
ISO 9001	ISO 9001 : 2015
classification sur le flash test systématique	Wp
mesure(s) par électroluminescence	1
inspection finale	Oui

Déclaration Environnementale des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1000	
Le procédé associé à cette gamme de modules ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE).	

Composants identifiables visuellement des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1000	
Nature et nombre de cellules	CIGS (Cuivre Indium Gallium Selenium) – 120 cellules
Boîtes de connexion	HBTGCNAND de Amphenol Technology Shenzhen
Connecteurs	H4 de Amphenol Technology Shenzhen

Caractéristiques mécaniques des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 350	
Charge positive (vers le bas sur la face avant du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	5 400 Pa
Charge négative (vers le haut sur la face arrière du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	5 400 Pa



Partie 4 HANERGY / MiaSolé – EXCEL® SOLAR 1300

HANERGY / MiaSolé

EXCEL® SOLAR 1300

Modules EXCEL® SOLAR 1300							
P_{mpp} (W)	460	470	480	490	500	510	520
U_{co} (V)	74,1	74,8	75,6	76,4	77,2	77,9	78,7
U_{mpp} (V)	58,7	59,6	60,5	61,4	62,4	63,3	64,2
I_{cc} (A)	9,23	9,19	9,15	9,11	9,07	9,02	8,98
I_{mpp} (A)	7,87	7,91	7,95	7,99	8,03	8,07	8,11
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,38						
αT (U_{co}) [%/K]	-0,28						
αT (I_{cc}) [%/K]	0,008						
Courant inverse maximum (A)	25						

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1300	
Dimensions hors tout (mm)	2 598 x 1 293 x 2,5
Surface hors-tout (m²)	3,3
Masse avec adhésif (kg)	6,7
Masse spécifique avec adhésif (kg/m²)	2,4
Rayon de courbure minimum pour la manipulation (m)	0,5

Conditionnement des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1300	
nombre de modules maximum par emballage	5 par carton – 4 cartons par palette
nature de l'emballage	cartons
position des modules	horizontale
nature des séparateurs	Film blanc libre (Douffine)
Commentaire	Stockage des caisses couchés – Les palettes ne sont pas gerbables

Fabrication des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1300	
Site(s) de fabrication	Santa-Clara (Etats-Unis) / Heyuan City et Zibo City (Chine)
ISO 9001	ISO 9001 : 2015
classification sur le flash test systématique	Wp
mesure(s) par électroluminescence	1
inspection finale	Oui

Déclaration Environnementale des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1300	
Le procédé associé à cette gamme de modules ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE).	

Composants identifiables visuellement des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1300	
Nature et nombre de cellules	CIGS (Cuivre Indium Gallium Selenium) – 120 cellules
Boîtes de connexion	HBTGCNAND de Amphenol Technology Shenzhen
Connecteurs	H4 de Amphenol Technology Shenzhen

Caractéristiques mécaniques des modules photovoltaïques EXCEL® SOLAR 1300	
Charge positive (vers le bas sur la face avant du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	5 400 Pa
Charge négative (vers le haut sur la face arrière du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	5 400 Pa

