21/21-76_V1

Valide du **13 octobre 2021**

au **31 octobre 2024**

Sur le procédé

Sunscape-iNovaPV Lite Tilt

Famille de produit/Procédé : Module photovoltaïque rigide fixé au-dessus du revêtement d'étanchéité en pose surimposée

Titulaires : **Société ICOPAL SAS SIPLAST**

Internet : www.siplast.fr

Société EPC SOLAIRE SAS

Internet : www.epcsolaire.fr

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

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Nouvel Avis Technique	David LE BELLAC	Franc RAFFALLI

Descripteur :

Procédé photovoltaïque avec gammes de modules en cours de validité dans la grille téléchargeable sur le site de la CCFAT à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/21-76_V1.

Le procédé Sunscape-iNovaPV Lite Tilt est un dispositif permettant la surimposition en toitures-terrasses sur élément porteur en tôles d'acier nervurées (TAN) de modules photovoltaïques rigides fixés inclinés sur des supports en aluminium soudés à un revêtement d'étanchéité autoprotégé de la société ICOPAL SAS SIPLAST.

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité photovoltaïque sans perforation de la membrane d'étanchéité.

Il intègre :

- un élément porteur en tôles d'acier nervurées (profilés INASTYL 46, 56, 74),
- un système assurant l'isolation (ROCKACIER C Nu ou Powerdeck) et l'étanchéité (membrane bitumineuse ICOPAL SAS Siplast) de la toiture-terrasse,
- un système de montage spécifique soudé sur le revêtement bicouche bitumineux,
- des modules photovoltaïques cadrés 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 à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/21-76_V1.

Les performances du procédé aux charges climatiques sont indiquées au §2.3.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Définition succincte 5
1.1.1. Description succincte 5
1.1.2. Identification 5
1.2. AVIS 5
1.2.1. Domaine d'emploi accepté 5
1.2.2. Appréciation sur le procédé 5
1.2.3. Prescriptions Techniques 7
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 9
2. Dossier Technique 10
2.1. Données commerciales 10
2.1.1. Coordonnées des cotitulaires 10
2.2. Description 10
2.3. Domaine d'emploi 10
2.4. Éléments constitutifs 11
2.4.1. Généralités 11
2.4.2. Modules photovoltaïques 11
2.4.3. Système de montage 13
2.5. Autres éléments 14
2.5.1. Tôles d'acier nervurées 14
2.5.2. Pare-vapeur 14
2.5.3. Isolant non porteur 15
2.5.4. Revêtement d'étanchéité 15
2.5.5. Attelage de fixation 15
2.5.6. Composants électriques 15
2.6. Conditionnement, étiquetage, stockage 15
2.6.1. Modules photovoltaïques 15
2.6.2. Ossature "support" iNovaPV Lite 15
2.6.3. Rehausse, visserie et bride 15
2.6.4. Autres constituants du procédé 16
2.7. Caractéristiques dimensionnelles 16
2.8. Caractéristiques électriques 16
2.8.1. Conformité à la norme NF EN 61215 16
2.8.2. Sécurité électrique 17
2.8.3. Performances électriques 17
2.9. Fabrication et contrôles 17
2.9.1. Tôles d'acier nervurées 17
2.9.2. Isolants 17
2.9.3. Étanchéité et pare-vapeur 17
2.9.4. Modules photovoltaïques 17
2.9.5. Composants de l'ossature support 17
2.9.6. Éléments de finition 17
2.10. Mise en œuvre 17
2.10.1. Généralités 17
2.10.2. Compétences des installateurs 18
2.10.3. Sécurité des intervenants 18

2.10.4. Spécifications électriques 18
2.10.5. Mise en œuvre en toiture 19
2.11. Formation 21
2.12. Assistance technique 21
2.12.1. Partie étanchéité 21
2.12.2. Partie photovoltaïque 21
2.13. Utilisation, entretien et réparation 21
2.13.1. Généralités 21
2.13.2. Maintenance du champ photovoltaïque 22
2.13.3. Maintenance électrique 22
2.13.4. Remplacement d'un module 22
2.14. Résultats expérimentaux 22
2.15. Références 23
2.15.1. Données Environnementales et sanitaires 23
2.15.2. Autres références 23
2.16. Annexes du Dossier Technique 24
2.16.1. Tableaux 24
2.16.2. Dimensionnement du procédé 26
2.16.3. Fiches techniques des tôles d'acier nervurées 32
3. Annexes graphiques 45

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 8 juillet 2021, le procédé Sunscape-iNovaPV Lite Tilt, présenté par les sociétés ICOPAL SAS SIPLAST et EPC SOLAIRE SAS. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Le procédé Sunscape-iNovaPV Lite Tilt est un dispositif permettant la surimposition en toitures-terrasses sur élément porteur en tôles d'acier nervurées (TAN) de modules photovoltaïques rigides fixés inclinés sur des supports en aluminium soudés à un revêtement d'étanchéité autoprotégé de la société ICOPAL SAS SIPLAST.

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire sans perforation du revêtement d'étanchéité.

Il intègre :

- des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées de marque ARCELOR MITTAL (profilés INASTYL 46, INASTYL 56 et INASTYL 74) conformes au DTU 43.3 (cf §2.5.1),
- un pare vapeur lorsque nécessaire conforme au DTA n°5.2/19-2225_V2 " Paracier FM" de la société Siplast-Icopal SAS,
- des panneaux isolants non porteurs :
  - en laine de roche, de 60 à 160 mm d'épaisseur en un lit ou de 160 à 260 mm d'épaisseur totale en deux lits, fixés mécaniquement, conformes au DTA n°5/16-2523 Rockacier C Nu de la société Rockwool France SAS (cf § 2.5.3),
  - ou mousse polyisocyanurate (PIR), de 80 à 100 mm d'épaisseur en un lit ou de 110 à 170 mm d'épaisseur totale en deux lits, fixés mécaniquement, conformes au DTA n°5.2/18-2617_V2 Powerdeck de la société Recticel Insulation SAS (cf §2.5.3),
- un revêtement d'étanchéité bicouche à base de bitume SBS (cf § 2.5.4) constitué :
  - d'une première couche Paradiene FM R4 et d'une deuxième couche Paracier G VV 100 soudée,
  - ou d'une première couche Paradiene FM R4 Silver et d'une deuxième couche Paradiene 40.1 GS Silver,

  conforme au DTA n°5.2/19-2225_V2 "Paracier FM" de la société Siplast-Icopal SAS,
- des ossatures supports de modules photovoltaïques thermosoudés de marque EPC SOLAIRE permettant une pose inclinée des modules photovoltaïques en toiture-terrasse (cf § 2.4.3.1),
- des bandes de raccordement intérieures Parafor iNova à base de bitume,
- des modules photovoltaïques cadrés 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 à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/21-76_V1 (cf § 2.4.2).

1.1.2. Identification

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.

Les autres constituants sont identifiables par leur géométrie particulière et sont référencés, lors de leur livraison, par une liste présente sur les colis les contenant.

1.2. AVIS

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

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi identique à celui proposé au § 2.3 en association avec les 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.

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Conformité normative des modules

La conformité des modules photovoltaïques cadrés 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.

1.2.2.2. Aptitude à l'emploi

1.2.2.2.1. Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

  Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques.

  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 cadrés 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 de 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.

  L'utilisation de câbles vert/jaune ou de la griffe TERRAGRIF (pour la liaison des cadres des modules aux rails), de câbles vert/jaune ou de la griffe RAYVOLT (pour la liaison des ossatures support), et de raccord à serrage à sertir ou à vis (pour la liaison principale) pour un raccordement en peigne des masses métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

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.

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.

1.2.2.2.2. Fonction toiture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- de dimensionner le procédé conformément au § 2.16.2,
- de vérifier que :
  - les toitures sont soumises à des charges climatiques de neige n'excédant pas :

Longueur des rails	Charge de neige normale maximale admissible en Pa (selon les règles NV65 modifiées)
400 mm	708 Pa
580 mm	1 135 Pa

  - les toitures sont soumises à des charges climatiques de vent n'excédant pas :

Longueur des rails	Charge de vent normal admissible en Pa (selon les règles NV65 modifiées)
400 / 580 mm	476 Pa

Sécurité en cas de séisme

La réglementation ne vise pas l'implantation des modules photovoltaïques en surimposé, conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

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.

Sécurité au feu

Aucune performance de réaction au feu n'a été déterminée sur ce procédé.

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 antichute selon la réglementation en vigueur,
- de chemins de circulation définis suivant le calepinage de la société EPC SOLAIRE.

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 ».

Attention, le procédé ne peut en aucun cas servir de point d'ancrage à un système de sécurité (Équipement de Protection Individuel).

Sécurité des usagers

Sans objet.

1.2.2.2.3. Données environnementales et sanitaires

Aspects environnementaux

La grille de vérification associée à cet Avis Technique indique en fonction des gammes de module indiquées si le procédé Sunscape-iNovaPV Lite Tilt associé à chaque gamme de module dispose ou non d'une Déclaration Environnementale (DE).

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

Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

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.

1.2.2.3. 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, en respectant le guide de choix des matériaux (cf. Tableau 1) 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.

1.2.2.4. 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.

1.2.2.5. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par les sociétés ICOPAL et EPC SOLAIRE *(avertis des particularités de pose de ce procédé grâce à une formation obligatoire à l'issue de laquelle est délivrée une attestation nominative, 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).*

1.2.3. **Prescriptions Techniques**

1.2.3.1. Prescriptions communes

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.

Ce procédé ne peut être utilisé que pour le traitement des toitures, de formes simples, ne présentant aucune pénétration sur la surface d'implantation du procédé photovoltaïque.

Dans le cadre de la réfection, il est rappelé qu'il appartient au Maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions du DTU 43.5 vis-à-vis des risques d'accumulation d'eau.

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 regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

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.

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 ne doivent pas reposer dans les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

La continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque doit être maintenue, même en cas de maintenance ou de réparation.

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

1.2.3.2. Prescriptions techniques particulières

1.2.3.2.1. Livraison

Le système de traçabilité du titulaire permet 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 des modules photovoltaïques.

La notice de montage et les plans de calepinage doivent être fournis avec le procédé.

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.
- La vérification de la conformité des kits avec le système de montage aux bons de commandes.
- À la réception des fournitures, un autocontrôle du choix des fixations.

1.2.3.2.2. Installation électrique

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

1.2.3.2.3. Mise en œuvre

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 1.2.2.2.2 "Stabilité" 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 agrées par les sociétés ICOPAL et EPC SOLAIRE.

Par ailleurs, les tôles d'acier nervurées n'étant pas qualifiés en tant qu'éléments de toiture au sens des règles de l'art, il est nécessaire de réaliser la pose du procédé à l'avancement, aucune circulation n'étant autorisée sur ces bacs.

En cas de bris de glace ou 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.

1.2.3.2.4. Assistance technique

Les sociétés ICOPAL et EPC SOLAIRE sont tenues d'apporter leur assistance technique à toute entreprise installant le procédé qui en fera la demande.

1.2.3.3. Modules photovoltaïques

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.

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/21-76_V1 indiquant qu'il s'agit de la n^{ème} version de la grille. La version Gn la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site de la CCFAT.

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 1.2.1) est appréciée favorablement.

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 :

- un calcul des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée au regard des contraintes maximales admissibles du procédé et une vérification de chacun des éléments constitutifs du complexe d'étanchéité, TAN et leurs fixations, isolant sous charges descendantes et revêtement d'étanchéité sous charges ascendantes selon les prescriptions du Dossier Technique,
- une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque.

La mise en œuvre du procédé ne peut se faire qu'en partie courante de toiture (cf. §2.3).

Dans le cadre du présent Avis Technique, la mise en œuvre de l'isolant Powerdeck est plus restrictive que celle visée dans le DTA 5.2/18-2617_V2 (épaisseur limitée à 170 mm et pas d'association avec d'autres isolants).

Les fonctions spécifiques des revêtements SILVER intégrant une puce RFID n'ont pas été évaluées dans le cadre du présent Avis.

Comme tous les procédés comprenant des plaques métalliques utilisées en toiture, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués dans les tôles d'acier nervurées mais dans la structure porteuse.

Dans les zones de toiture avec accumulation de neige, il faut être attentif à ce que la charge de neige ne dépasse pas la charge admissible du 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 assujetti 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 à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/21-76_V1.

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par les titulaires

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées des cotitulaires

Titulaire(s) :

Société ICOPAL SAS SIPLAST
22-25 avenue du Dr Lannelongue
FR – 75014 Paris
Tél. : 01 40 84 68 00
Email : assistech.siplast@bmigroup.com
Internet : www.siplast.fr

Et

Société EPC SOLAIRE SAS
5 rue Chapoly - Bureau des Chênes
FR-69290 Saint Genis Les Ollières
Tél. : 04 78 51 96 52
Email : etudes@epcsolaire.com
Internet : www.epcsolaire.fr

2.2. Description

Le procédé Sunscape-iNovaPV Lite Tilt est un dispositif permettant la surimposition en toitures-terrasses sur élément porteur en tôles d'acier nervurées (TAN) de modules photovoltaïques rigides fixés inclinés sur des supports en aluminium soudés à un revêtement d'étanchéité autoprotégé de la société ICOPAL SAS SIPLAST.

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire sans perforation du revêtement d'étanchéité.

Il intègre :

- des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées de marque ARCELOR MITTAL (profilés INASTYL 46, INASTYL 56 et INASTYL 74) conformes au DTU 43.3 (cf §2.5.1),
- un pare vapeur lorsque nécessaire conforme au DTA n°5.2/19-2225_V2 " Paracier FM" de la société Siplast-Icopal SAS,
- des panneaux isolants non porteurs :
  - en laine de roche, de 60 à 160 mm d'épaisseur en un lit ou de 160 à 260 mm d'épaisseur totale en deux lits, fixés mécaniquement, conformes au DTA n°5/16-2523 Rockacier C Nu de la société Rockwool France SAS (cf § 2.5.3),
  - ou mousse polyisocyanurate (PIR), de 80 à 100 mm d'épaisseur en un lit ou de 110 à 170 mm d'épaisseur totale en deux lits, fixés mécaniquement, conformes au DTA n°5.2/18-2617_V2 Powerdeck de la société Recticel Insulation SAS (cf §2.5.3),
- un revêtement d'étanchéité bicouche à base de bitume SBS (cf § 2.5.4) constitué :
  - d'une première couche Paradiene FM R4 et d'une deuxième couche Paracier G VV 100 soudée,
  - ou d'une première couche Paradiene FM R4 Silver et d'une deuxième couche Paradiene 40.1 GS Silver,

  conforme au DTA n°5.2/19-2225_V2 "Paracier FM" de la société Siplast-Icopal SAS,
- des ossatures supports de modules photovoltaïques thermosoudés de marque EPC SOLAIRE permettant une pose inclinée des modules photovoltaïques en toiture-terrasse (cf § 2.4.3.1),
- des bandes de raccordement intérieures Parafor iNova à base de bitume,
- des modules photovoltaïques cadrés 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 à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/21-76_V1 (cf § 2.4.2).

2.3. Domaine d'emploi

- Utilisation en France métropolitaine :
  - pour des altitudes inférieures à 900 m (climat de plaine),
  - au-dessus de locaux à faible, moyenne ou forte hygrométrie (selon DTU 43.3 annexe B) en se référant aux limites éventuelles propres aux éléments porteurs, aux isolants Rockacier C Nu et Powerdeck ainsi qu'au revêtement d'étanchéité Paracier FM.

- Mise en œuvre :
  - sur des toitures conformes aux prescriptions du DTU 43.3,
  - sur toitures-terrasses inaccessibles, techniques ou à zones techniques,
  - sur tout type de bâtiments, ouverts ou fermés, neufs ou en rénovation :
    - sur ouvrages neufs avec les éléments du complexe décrits au § 2.2,
    - ou sur ouvrages existants avec une étude et des travaux préparatoires conformes au DTU 43.5. La dépose complète des éléments existants, y compris les tôles d'acier nervurées, et leur remplacement avec les éléments du § 2.2 sera à prévoir.
  - sur des versants plans de pente, imposée par la toiture, comprise entre 3 et 10% (1,7° à 5,7°).
- 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 :
  - en partie courante de toiture et ce, sans jamais aller jusqu'aux rives latérales de la toiture au sens des NV65 modifiées (cf. Figure 23),
  - fixés sur leurs petits côtés uniquement et inclinés,
  - en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (cf § 2.10.5.2 et Figure 15),
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques de neige n'excédant pas :

Longueur des rails	Charge de neige normale maximale admissible en Pa (selon les règles NV65 modifiées)
400 mm	708 Pa
580 mm	1 135 Pa

  - sur des toitures soumises à des charges climatiques de vent (selon les règles NV65 modifiées) n'excédant pas :

Longueur des rails	Charge de vent normal admissible en Pa (selon les règles NV65 modifiées)
400 / 580 mm	476 Pa

- Le procédé ne peut être mis en œuvre que dans les configurations suivantes :

TAN	Isolant	Longueur du rail (en cm)	Orientation du rail par rapport aux nervures de la TAN
INASTYL 46	Powerdeck	40/58	Parallèle ou perpendiculaire
	Rockacier C Nu	40/58	Parallèle ou perpendiculaire
INASTYL 56	Rockacier C Nu	40/58	Parallèle
INASTYL 74	Rockacier C Nu	40/58	Parallèle ou perpendiculaire

- Le dimensionnement du procédé doit être réalisé conformément au § 2.16.2 :
  - sous charge ascendante : selon les règles V65 modifiées pour l'ensemble du procédé (TAN, isolant, étanchéité, supports iNova PV),
  - sous charge descendante : selon les règles N84 pour les TAN et selon les règles N65 modifiées pour les autres éléments.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

2.4. Éléments constitutifs

2.4.1. Généralités

Le procédé « Sunscape-iNovaPV Lite Tilt » (Figure 1) est l'association de modules photovoltaïques cadrés, d'ossatures supports de fixation, d'un procédé d'étanchéité bicouche par feuilles préfabriquées bitumineuses, de panneaux isolants et de TAN. Un système de montage spécifique permet une mise en œuvre en toiture-terrasse.

2.4.2. Modules photovoltaïques

Cet Avis Technique est assujetti 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 à la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/21-76_V1.

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 sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique (cf. § 1.2.3.3).

Les caractéristiques génériques des modules photovoltaïques inclus dans cet Avis Technique sont les suivantes :

2.4.2.1. Caractéristiques dimensionnelles

Les dimensions hors-tout des modules doivent respecter les critères suivants (voir dessins et section du cadre dans la grille de vérification des modules) :

- Longueur comprise entre 1 665 et 1 685 mm,
- Largeur comprise entre 1 000 et 1 002 mm,
- Hauteur du cadre comprise entre 35 et 42 mm,
- Masse spécifique comprise entre 10,9 et 11,0 kg/m².

2.4.2.2. Face arrière

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

2.4.2.3. Cellules photovoltaïques

Cellules en silicium cristallin faisant partie de la BOM des modules validés.

2.4.2.4. Intercalaire encapsulant

Référence faisant partie de la BOM des modules validés.

2.4.2.5. Vitrage

Verre imprimé trempé selon la norme EN 12150, avec ou sans couche anti-reflet.

2.4.2.6. Constituants électriques

2.4.2.6.1. Boîte de connexion

Une boîte de connexion est collée en sous-face 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 de modules),
- Certificat de conformité valide à la norme IEC 62790:2014.
- La référence fait partie de la BOM des modules validés.

2.4.2.6.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques de 1 000 mm minimum chacun dont la section est de 4 mm^2. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés.

Ces câbles ont les spécifications minimales suivantes :

- Tension assignée : 1 000 à 1 500 V (cf. grille de vérification de modules),
- Certificat de conformité valide à la norme EN 50618:2015.
- 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)*.

2.4.2.6.3. 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 de 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.

2.4.2.7. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium de série 6000, anodisé d'épaisseur ≥ 10 µm.

Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux et deux profilés transversaux.

Les profilés sont reliés entre eux à l'aide d'équerres métalliques serties ou par vissage.

Les profils longitudinaux du module sont percés en usine afin de prévoir la connexion des câbles de liaison équipotentielle des masses.

Un collage est appliqué entre le cadre et le verre du module.

La prise en feuillure minimale du cadre sur le laminé est de 7 mm minimum.

2.4.3. **Système de montage**

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement des sociétés EPC SOLAIRE et ICOPAL.

2.4.3.1. Ossature "support" iNovaPV Lite

Les ossatures supports iNovaPV Lite qui permettent de liaisonner les modules photovoltaïques au revêtement d'étanchéité sont constituées des éléments suivants : rails, entretoise et bandes de raccordement Parafor iNova assemblées en usine (cf. Figure 2 et Figure 3).

Ces ossatures supports se déclinent en deux versions : iNovaPV Lite xx E 53, avec xx égal à 40 ou 58, correspondant à la longueur du rail porteur en cm (53 correspond à la longueur de l'entretoise en cm).

Le tableau ci-après reprend les caractéristiques des différentes ossatures supports du procédé.

Dénomination	**Longueur des rails porteurs (cm)**	**Longueur de l'entretoise (cm)**	**Dimension de la bande de raccordement (cm)**	**Poids (kg)**
iNovaPV Lite 40 E 53	40 ± 0,5	53 ± 0,5	58 ± 1,5	2,9
iNovaPV Lite 58 E 53	58 ± 0,5	53 ± 0,5	78 ± 1,5	3,3

2.4.3.1.1. Rails porteurs

Ce profilé, en aluminium EN AW-6060 T5 brut, est réalisé par extrusion. Sa masse linéaire est de 1,98 kg/m. Il a une hauteur de 110 mm et présente une semelle de 100 mm de large en partie basse. La partie haute forme une gorge dans laquelle viennent s'insérer les accessoires d'inclinaisons. Sa partie basse présente une cavité en forme de mâchoire dans laquelle prennent place les bandes de raccordement Parafor iNova qui sont ensuite maintenues après écrasement sous presse chez EPC Solaire. De plus, un clinchage assure une liaison mécanique entre les deux éléments constituants la « mâchoire ». Ce mode d'assemblage a pour but de maintenir la bonne tenue dans le temps.

Les rails peuvent être anodisés afin de répondre à un usage dans des atmosphères extérieures spécifiques (cf Tableau 1).

2.4.3.1.2. Entretoises

Les entretoises, réalisées par extrusion en aluminium EN AW-6060 T5 brut, ont pour fonction de solidariser les deux rails entre eux par l'intermédiaire de deux vis Ø5,5x19 mm en acier inoxydable. Les entretoises sont de forme en « T inversé » ayant une dimension de 50 x 50 x 2 mm. Leur masse linéaire est de 0,67 kg/m.

Cette pièce peut être anodisée afin de répondre à un usage dans des atmosphères extérieures spécifiques (cf Tableau 1).

2.4.3.1.3. Bandes de raccordement Parafor iNova

Les bandes de raccordement Parafor iNova sont réalisées dans une feuille de Parafor 30 GS (DTA N°5.2/16-2544_V2). Les feuilles sont débitées en rouleaux de 150 mm de large, puis mises à dimension par découpe. Leur longueur est de 580 ± 15 mm pour les rails de 400 mm et 780 ± 15 mm pour les rails de 580 mm.

Les caractéristiques des bandes de raccordement Parafor iNova sont mentionnées en annexe dans le Tableau 2.

En usine, deux bandes de raccordement sont solidarisées aux rails (cf 2.4.3.1.1 et Figure 2).

Deux bandes de raccordement intérieures Parafor iNova sont mises en œuvre sur chantier (cf. Figure 18 et Figure 19) Ces bandes de raccordement intérieures (de longueur 580 mm avec les ossatures supports iNovaPV Lite 40 ou 780 mm avec les ossatures supports iNovaPV Lite 58) sont livrées en même temps que les ossatures supports iNovaPV Lite (cf 2.10.5.3.2).

2.4.3.2. Éléments de fixation des modules

Les pièces sont réalisées en aluminium extrudé EN AW-6060 T5. Elles sont adaptées à l'épaisseur des modules photovoltaïques. L'ensemble de ces pièces peut être anodisé afin de répondre à un usage dans des atmosphères extérieures spécifiques (cf. Tableau 1).

2.4.3.2.1. Rehausses

Afin de donner un angle d'inclinaison aux modules photovoltaïques de 10° par rapport au plan de toiture, les ossatures supports de fixation iNovaPV Lite sont équipées sur chantier d'un couple de rehausses, l'une appelée « rehausse Tilt haute », l'autre appelée « rehausse Tilt basse ». Chaque rehausse est fixée au support iNovaPV Lite par l'intermédiaire d'une vis M8.

Les rehausses sont réalisées par extrusion en aluminium EN AW-6060 T5.

<u>Rehausse Tilt basse</u>

Leur hauteur est de 37 mm, leur longueur de 80 mm et l'épaisseur de 2,5 mm. L'angle de la tête est de 10° (cf. Figure 7).

Les rehausses Tilt basses présentent sur leur partie inférieure, deux renfoncements et une gorge ; ces formes permettent l'insertion sur le rail porteur puis la mise en place d'un écrou et d'une vis à tête hexagonale creuse DIN912 TCHC en acier inoxydable de diamètre 8 mm et de sa rondelle de maintien de la rehausse Tilt basse sur le rail porteur.

Sur leur partie supérieure, elles présentent une gorge permettant l'insertion d'un écrou carré en acier inoxydable de diamètre 8 mm, utilisé pour la mise en place de la vis de la bride de fixation des modules.

La partie haute, inclinée à 10°, présente une surface d'appui pour les modules de 60 mm x 80 mm.

Rehausse Tilt haute

Leur hauteur est de 141 mm, leur longueur de 80 mm et l'épaisseur de 3 mm. L'angle de la tête est de 10° (cf. Figure 8).

Les rehausses Tilt hautes présentent sur leur partie inférieure, deux renfoncements et une gorge ; ces formes permettent l'insertion sur le rail porteur puis la mise en place d'un écrou carré et d'une vis tête hexagonale creuse DIN912 TCHC en acier inoxydable de diamètre 8 mm et de sa rondelle de maintien de la rehausse Tilt haute sur le rail porteur.

Sur leur partie supérieure, elles présentent une gorge permettant l'insertion d'un écrou carré en acier inoxydable de diamètre 8 mm, utilisé pour la mise en place de la vis de la bride de fixation des modules.

La partie haute, inclinée à 10°, présente une surface d'appui pour les modules de 60 mm x 80 mm.

2.4.3.2.2. Brides

Les modules photovoltaïques sont maintenus sur les rehausses par l'intermédiaire de brides de fixation. Elles sont de deux types :

- Brides centrales (positionnées entre deux modules photovoltaïques adjacents),
- Brides latérales (positionnées aux extrémités des champs photovoltaïques).

Les brides sont livrées sur le chantier pré-assemblées avec leur visserie (vis, rondelle et écrou définis au §2.4.3.2.3).

Les brides sont fixées par des vis à tête hexagonale creuse DIN912 TCHC en acier inoxydable.

Une rondelle « Grower » en acier inoxydable de diamètre 8 mm est positionnée entre la tête de vis et la bride latérale ou centrale afin de prévenir un dévissement éventuel.

Brides centrales

Ces pièces, réalisées en aluminium AW 6060 T66, ont une forme en « oméga ». De 3 mm d'épaisseur et de 60 mm de longueur, elles comportent un perçage de diamètre 8,5 mm sur leur fond (cf Figure 4).

La vis est maintenue par l'intermédiaire d'un écrou M8 en acier inoxydable positionné dans la gorge des rehausses.

Brides latérales

Ces pièces, réalisées en aluminium AW 6060 T5, ont une forme en « µ ». De 3 mm d'épaisseur et de 60 mm de longueur, elles comportent un perçage de diamètre 8,5 mm sur leur fond (cf. Figure 5 et Figure 6). Elles existent en deux versions : l'une pour les cadres de hauteur 35mm et l'autre pour les cadres de 42 mm de hauteur.

La vis est maintenue par l'intermédiaire d'un écrou M8 en acier inoxydable, positionné dans la gorge des rehausses.

2.4.3.2.3. Visserie

Les rehausses Tilt hautes et basses sont fixées sur les ossatures support iNovaPV Lite à l'aide :

- d'une vis "DIN912 TCHC", en acier inoxydable A2 ou A4, de diamètre Ø8 mm, de longueur 14 mm,
- d'une rondelle plate "NFE25514", en acier inoxydable A2 ou A4, de diamètre Ø21 mm,
- d'un écrou carré "DIN557", en acier inoxydable A2 ou A4, de dimensions 13x13x6,5 mm muni d'un trou de diamètre Ø8.

Les brides centrales ou latérales sont fixées sur les rehausses Tilt hautes et basses à l'aide :

- d'une vis "DIN912 TCHC" à tête hexagonale creuse, en acier inoxydable A2 ou A4, de diamètre Ø8 mm, de longueur 50 mm,
- d'une rondelle crénelée "DIN7980 Grower", en acier inoxydable A2 ou A4, et de diamètre Ø8 mm,
- d'un écrou carré "DIN557", en acier inoxydable A2 ou A4, de dimensions 13x13x6,5 mm muni d'un trou de diamètre Ø8.

2.5. Autres éléments

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 suivants, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé :

2.5.1. Tôles d'acier nervurées

Les éléments porteurs admis sont les suivants :

- INASTYL 46 de chez ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION France,
- INASTYL 56 de chez ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION France,
- INASTYL 74 de chez ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION France.

Leurs géométries sont données dans les fiches techniques figurant au § 2.16.3. Les tôles d'acier nervurées sont conformes au DTU 43.3.

Elles sont fabriquées à partir de tôles d'acier comportant un revêtement métallique ou un pré-laquage. L'épaisseur nominale des tôles est de 0,75 mm, 0,88 mm, 1,00 mm ou 1,25 mm.

La nuance minimale d'acier utilisée est S320 GD selon la norme NF EN 10346.

2.5.2. Pare-vapeur

Les pare-vapeurs doivent être conformes au tableau 2a du DTA Paracier FM (n° 5.2/19-2225_V2) pour des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées.

Le choix de la mise en œuvre du pare-vapeur se fait conformément au DTU 43.3 amendement A1.

2.5.3. **Isolant non porteur**

Seuls sont autorisés les isolants non porteurs suivants bénéficiant d'un DTA :

- La laine de roche de la société Rockwool de désignation Rockacier C Nu (DTA N°5.2/16-2523), de 60 à 160 mm d'épaisseur en un lit ou de 160 à 260 mm d'épaisseur totale en deux lits,
- La mousse polyisocyanurate, à parements aluminium, support d'étanchéité de la société Recticel de désignation Powerdeck (DTA N°5.2/18-2617_V2) de 80 à 100 mm d'épaisseur en un lit ou de 110 à 170 mm d'épaisseur totale en deux lits.

2.5.4. **Revêtement d'étanchéité**

Seuls sont autorisés les revêtements d'étanchéité bicouches constitués de Paradiene FM R4 + Paracier G VV 100 ou de Paradiene FM R4 Silver + Paradiene 40.1 GS Silver, de la société ICOPAL SAS SIPLAST (DTA N°5.2/19-2225_V2).

2.5.5. **Attelage de fixation**

Les attelages de fixation de l'isolant sont celles décrites dans leurs DTA respectifs.

Les attelages du revêtement d'étanchéité admis (cf. Figure 9) sont conformes au DTA "Paracier FM" et présentent les caractéristiques suivantes :

- Vis ou élément de fixation diamètre 4,8 mm minimum, avec une valeur minimale à l'arrachement selon la norme NF P 30-313 Pk de 152 daN,
- Plaquette de répartition métallique de dimension 40 x 40 cm ou 82 x 40 cm.

Les attelages font l'objet d'une fiche technique établie par le fabricant de fixations, précisant notamment la valeur de résistance caractéristique Pkft de l'attelage selon la norme NF P 30-313 et le diamètre minimum de l'élément de liaison (vis).

Les fixations (attelages comportant les éléments de liaison et plaquettes associées) dites « solides au pas » sont obligatoires pour la mise en œuvre du procédé.

Le terme « solide au pas » s'applique à une fixation munie 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.

2.5.6. **Composants électriques**

2.5.6.1. Liaison intermodules et modules onduleur

Les câbles doivent être choisis et mis en œuvre de manière à réduire au maximum le risque de défaut à la terre ou de court-circuit. Cette condition est assurée en utilisant des câbles monos conducteurs d'isolement équivalents à la classe II de sécurité électrique. Ces câbles doivent cheminer côte à côte et le conducteur d'équipotentialité doit emprunter le même cheminement. Les câbles doivent répondre à la norme NF C 15-100 et aux guides pratiques UTE C15-712.

2.5.6.2. Chemins de câble

Les câbles et connecteurs ne doivent pas reposer directement sur l'étanchéité. En conséquence, des chemins de câbles doivent être utilisés.

2.6. Conditionnement, étiquetage, stockage

2.6.1. **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.

2.6.2. **Ossature "support" iNovaPV Lite**

Les quantités exactes de chacun des éléments du système de montage sont déterminées lors de l'élaboration du plan de calepinage par la société EPC Solaire.

Les ossatures support iNovaPV Lite sont livrées par palettes. Chaque palette comporte 60 éléments (supports 40 E 53) ou 45 éléments (supports 58 E 53).

Lors de la livraison, chaque palette comporte une étiquette indiquant le nom du chantier, le type de support, le nombre d'éléments, le poids du colis.

Le stockage sur chantier s'effectue sur une surface plane.

2.6.3. **Rehausse, visserie et bride**

Les rehausses hautes et basses, la visserie et les brides sont livrées dans des cartons séparés et étiquetés. Les étiquettes comportent a minima le nom du chantier, le nom des éléments et la quantité.

Les brides sont livrées avec leur visserie pré-assemblée.

Le stockage sur chantier est réalisé sur une surface plane à l'abri des intempéries.

2.6.4. **Autres constituants du procédé**

2.6.4.1. Tôles d'acier nervurées

Les profils INASTYL fabriqués par la société ArcelorMittal sont conditionnés par colis. Chaque colis comporte un étiquetage complété par une Déclaration De Performance par expédition.

L'étiquetage précise à minima :

- Le fabricant,
- La référence de la TAN,
- Les éléments relatifs au marquage CE,
- La caractéristique de la tôle,
- L'épaisseur de la tôle,
- La longueur des TAN,
- Le nombre d'éléments,
- Le poids,
- Le nom du client,
- La référence chantier.

2.6.4.2. Panneaux isolants

Les panneaux isolants Rockacier C Nu et Powerdeck sont emballés et étiquetés conformément à leur DTA en vigueur.

2.6.4.3. Membranes d'étanchéité et pare-vapeur

Les revêtements d'étanchéité et pare vapeur sont conditionnés en rouleaux, emballés et étiquetés conformément au DTA "Paracier FM".

2.6.4.4. Bandes de raccordement intérieures Parafor iNova

Les bandes de raccordement intérieures Parafor iNova sont livrées dans des cartons séparés et étiquetés. Les étiquettes comportent a minima le nom du chantier, le nom des éléments et la quantité.

2.7. Caractéristiques dimensionnelles

Les caractéristiques dimensionnelles des modules sont données dans la grille de vérification des modules.

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

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques dimensionnelles du champ photovoltaïque	Longueur du champ (m)	Largeur du champ (m)
Configuration bi-orientation	$Nbre_{Mod}$ x (L_{Mod} + 0,02) – 0,02 + L_{Rail}	$Nbre_{Ligne}$ x (l_{Mod} + 0,07) - 0,07
Configuration mono-orientation	$Nbre_{Mod}$ x (L_{Mod} + 0,02) - 0,02+ L_{Rail}	$Nbre_{Ligne}$ x (l_{Mod} + Esp_{Ligne}) - Esp_{Ligne}

Avec :

L_{Mod} : Longueur du module photovoltaïque en mètre,

l_{Mod} : Largeur du module photovoltaïque en mètre,

$Nbre_{Mod}$: Nombre de module, dans le sens de la longueur des modules photovoltaïques,

$Nbre_{Ligne}$: Nombre de module, dans le sens de la largeur des modules photovoltaïques,

Esp_{Ligne} : Espace entre les lignes de modules, dans le sens de la largeur des modules photovoltaïques en mètre,

L_{Rail} : Longueur du rail iNovaPV Lite en mètre (0,4 ou 0,58) suivant configuration.

L'espace entre lignes de modules, Esp_{Ligne}, prend les valeurs suivantes (m) :

Configuration	Bi-orientation	Mono-orientation
Esp_{Ligne}	Minimum 0,02 Préconisé 0,07	Minimum 0,30 Préconisé 0,45

2.8. Caractéristiques électriques

2.8.1. **Conformité à la norme NF EN 61215**

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

2.8.2. Sécurité électrique

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

2.8.3. 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 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/m^2 et répartition spectrale solaire de référence selon la norme CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C)*.

2.9. Fabrication et contrôles

2.9.1. Tôles d'acier nervurées

Les supports INASTYL sont fabriqués par la société Arcelor Mittal Construction France, sur ses sites de production d'Haironville et Contrisson (Meuse).

Les contrôles des bobines d'acier, comportant un revêtement métallique nu ou pré laqué utilisées lors de la fabrication sont effectués en production tout au long des différents stades industriels conformément aux normes NF EN 10346 et NF P 34-301.

La production est systématiquement contrôlée conformément aux exigences de la norme NF EN 14782, complétées par un minimum de trois contrôles par poste.

2.9.2. Isolants

L'isolant Rockacier C Nu est fabriqué et contrôlé par la société Rockwool conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur (n° 5/16-2523).

L'isolant Powerdeck est fabriqué et contrôlé par la société Recticel conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur (n° 5.2/18-2617_V2).

2.9.3. Étanchéité et pare-vapeur

Les pare-vapeurs et produits composant le revêtement d'étanchéité sont fabriqués et contrôlés par la société ICOPAL SAS/Siplast conformément aux dispositions précisées dans leur DTA.

2.9.4. 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.

2.9.5. Composants de l'ossature support

2.9.5.1. Profils aluminium

Les profils aluminium de l'ossature support sont extrudés par la société Mitjavila en France. Les rails porteurs et entretoises sont extrudés en longueur d'environ 6 mètres linéaire. Ils sont débités à la longueur désirée à l'aide d'une machine-outil mécanisée.

La société EPC Solaire contrôle ces éléments (dimensions et épaisseur) lors de leur réception. L'assemblage est réalisé par les Ateliers Bellevue, en France, pour le compte EPC Solaire et contrôlé par ses soins. L'opérateur ou le chef d'atelier procède sur l'opération de clinchage à trois vérifications, une fois par jour, et pour tous nouveaux lots : épaisseur d'écrasement des mâchoires (9,5 mm ± 0,5 mm) position et profondeur des poinçons (4 mm minimum).

Les rails peuvent être anodisés afin de répondre à un usage dans des atmosphères extérieures spécifiques (cf. Tableau 1).

2.9.5.2. Bandes de raccordement Parafor iNova

Les bandes de raccordement Parafor iNova sont débitées dans des rouleaux de Parafor 30 GS de la société ICOPAL SAS/Siplast. Elles sont contrôlées avant le passage sous presse, par prélèvement, une fois par jour ou une fois par lot minimum (la tolérance est de ±1.5 cm).

Le produit est fabriqué et contrôlé par la société ICOPAL SAS/Siplast conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur (n° 5.2/16-2544_V1).

2.9.6. Éléments de finition

L'ensemble des profils servant à la réalisation des brides et rehausses est extrudé pour le compte de la société EPC Solaire et contrôlé (dimension et épaisseur) par ses soins lors de leurs réceptions. Les découpes à dimension sont réalisées et le contrôle des dimensions est réalisé à raison d'une fois par jour et poste de travail.

2.10. Mise en œuvre

2.10.1. Généralités

Les ossatures support iNovaPV Lite et leurs accessoires sont livrés avec leur notice de montage et avec un plan de calepinage des modules fourni par la société EPC SOLAIRE.

Avant chaque projet, une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque, et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au § 2.3.

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

2.10.2. **Compétences des installateurs**

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant été formés par les sociétés ICOPAL et EPC SOLAIRE (cf § 2.11).

Les compétences requises sont de 2 types :

- Compétences en étanchéité : pour la mise en œuvre du complexe TAN/isolant/étanchéité et du système de montage support des modules photovoltaïques complétées par une qualification QUALIBAT N° 3272.
- Compétences électriques complétées par une qualification et/ou habilitation pour la réalisation d'installations photovoltaïques : habilitation électrique selon la norme NF C 18-510, habilitation "BP" pour le raccordement des modules, habilitations "BR" requises pour le raccordement des modules et le branchement aux onduleurs.

2.10.3. **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.

2.10.4. **Spécifications électriques**

2.10.4.1. Généralités

L'installation doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100 et guides UTE C 15-712.

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf § 2.10.2).

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)*.

2.10.4.2. Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 10.

La connexion et le passage des câbles électriques s'effectuent sous le système de montage des modules ou dans des chemins de câbles capotés : ils ne sont donc jamais exposés au rayonnement solaire.

Les chemins de câbles seront fixés sur une ossature support thermosoudée au complexe d'étanchéité ou posés en indépendance sur le complexe d'étanchéité (type iNovaPV Lite, dura-blok ou équivalent).

- Liaison intermodules et module/onduleur

  La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules avant leur fixation.

  Si besoin, 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.

  On veillera à fixer les connecteurs sous les modules afin qu'ils ne risquent pas de toucher le revêtement d'étanchéité ; la circulation des câbles se fera en évitant également d'être en contact avec l'étanchéité.

  Pour la connexion d'une rangée de modules à une autre, le passage des câbles se fera en passant dans le chemin de câbles avec capot ou dans une goulotte.

- Liaison équipotentielle des masses

  La mise à la terre de chaque module est réalisée au niveau du cadre sur les rails principaux à l'aide d'un câble vert/jaune de section 6 mm², muni de cosses double à œil en cuivre, de rondelles bimétal cuivre/aluminium et de vis auto-perceuses sur le rail et des vis M6, rondelle à dent et Grower dans un des trous du cadre du module prévu à cet effet. Le perçage du profilé est réalisé sur sa partie latérale (cf. Figure 11).

  La mise à la terre des ossatures supports iNovaPV Lite du champ photovoltaïque s'effectue en peigne (Figure 12) par l'intermédiaire d'un câble vert/jaune de section 6 mm² équipé de cosses double à œil en cuivre, de rondelles bimétal cuivre/aluminium et de vis auto-perceuses mises en place sur la partie latérale de l'un des rails de chacune des ossatures ou en utilisant les griffes RAYVOLT de la société ARAYMOND (cf. Figure 13).

  Le tout est relié au câble des masses principal (16 ou 25 mm²) par l'intermédiaire d'un raccord à serrage, à sertir ou à vis.

  Les câbles de mise à la terre doivent présenter des sections adaptées à leur fonction (interconnexion des cadres des modules et des rehausses ou liaison à la prise de terre du bâtiment) et dans tous les cas des caractéristiques conformes aux guides UTE C 15-712.

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

  Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité. La pénétration des câbles au travers du revêtement d'étanchéité se fera par l'intermédiaire de crosses de traversée de toit mises en œuvre conformément au DTA du revêtement d'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 (cf Figure 14),
  - via une descente en façade dans une gaine technique ou un chemin de câbles capoté.

L'ensemble des câbles doit ensuite être acheminé dans des chemins de câbles capotés dont la distance entre deux supports n'excède pas 1,50m. Certains supports peuvent être mis en œuvre par l'étancheur. Le nombre, l'emplacement et le dimensionnement sont définis par le concepteur en concertation avec l'électricien en charge de l'installation.

Les chemins de câbles doivent permettre leur mise à la terre, la ventilation des câbles et l'évacuation de l'eau (en évitant la rétention d'eau) et doivent être repérés et prévus à cet effet conformément aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, guides UTE C 15-712 (*limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distincts…*) et norme CEI 61 537 : « Systèmes de chemins de câbles et systèmes d'échelle à câbles pour installations électriques ».

Les câbles doivent être regroupés dans des chemins de câbles capotés afin d'être à l'abri des intempéries et des rayonnements ultraviolets. Les chemins de câbles doivent répondre aux normes suivantes : norme NF C 15-100 et guides UTE C 15-712.

Le calepinage général des chemins de câbles sera réalisé préalablement à la mise en œuvre sur un fond de plan par l'entreprise ayant à charge cette prestation.

Dans le cas du cheminement des câbles en courant continu, ceux-ci doivent emprunter des conduits, des goulottes ou des compartiments de goulotte distincts de ceux des circuits alternatifs, sauf ponctuellement au niveau des croisements.

Par ailleurs, il y a lieu de respecter les instructions de mise en œuvre des canalisations préconisées par le constructeur.

Les connexions et les câbles doivent être mis en œuvre de manière à éviter toute détérioration due aux effets du vent et de la glace.

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

2.10.5. **Mise en œuvre en toiture**

2.10.5.1. Conditions préalables à la pose

Les règles de mise en œuvre décrites au présent Dossier, dans la notice de pose et dans les plans d'exécution fournis par la société EPC SOLAIRE, doivent être respectées.

2.10.5.2. Calepinage et préparation de la toiture

La surface qui doit être ménagée pour l'implantation du procédé photovoltaïque doit posséder les dimensions indiquées dans le § 2.7.

Le procédé est installé en partie courante de la toiture (cf. Figure 23). Les modules photovoltaïques doivent également être positionnés de façon à respecter des zones de positionnement requises pour l'entretien de l'installation ou de matériels divers (lanterneaux, exutoires…).

Les champs photovoltaïques doivent être positionnés sur la toiture en respectant (cf. Figure 15 et Figure 16) :

- une distance de 2 m minimum entre le champ photovoltaïque et la périphérie de toiture,
- une distance de 0,5 m minimum entre le champ photovoltaïque et le fil d'eau au droit de la noue, ainsi que sur le pourtour des évacuations d'eau pluviales sur une emprise globale de 0,5 m,
- une distance de 0,25 m minimum entre le champ photovoltaïque et la ligne de faitage,
- une distance de 0,50 m minimum entre le champ photovoltaïque et un joint de dilatation,
- une distance minimum autour des ouvrages émergents tels que lanterneaux, coupoles, cheminées, de 0,90 m pour les ERP et 1,0 m pour les ICPE et une distance libre de 0,90 m minimum pour y accéder.

Les champs photovoltaïques ne devront pas excéder 300 m^2. Au-delà, des chemins d'accès libres de tout module photovoltaïque devront être prévus.

À ces dispositions sont à rajouter les dispositions à prendre pour limiter les influences des ombres portées, dues à la présence d'éléments de hauteur autour des modules photovoltaïques. Pour le bon fonctionnement de l'installation, il convient de positionner les modules photovoltaïques dans des zones non soumises à l'ombrage.

2.10.5.3. Pose du procédé

2.10.5.3.1. Mise en place de l'ensemble TAN - isolant - étanchéité

2.10.5.3.1.1. Tôles d'acier nervurées :

De marque ArceloMittal et de références INASTYL 46, INASTYL 56, INASTYL 74, elles doivent être conçues et mises en place de façon à respecter les tableaux de portées maximales d'utilisation définis dans le présent Dossier Technique (cf § 2.16.3).

Elles sont mises en œuvre conformément au DTU 43.3, modifié ou complété par ce Dossier Technique (cf. 2.16.2.5).

Le recouvrement transversal est de 50 mm minimum, il est réalisé au droit d'un appui.

Chacune des nervures de la Tôle d'Acier Nervurée est fixée au droit de chaque appui par des vis conformes au DTU 43.3.

Le recouvrement longitudinal, se fait par emboitement. La couture entre TAN est réalisée en respectant un espacement maximal de 0,75 m. Les coutures sont réalisées à l'aide de vis auto-perceuses.

2.10.5.3.1.2. Isolant

La mise en œuvre de l'isolant (Rockacier C nu de la société Rockwool ou Powerdeck de la société Recticel) est réalisée conformément aux dispositions précisées par leur DTA.

Les panneaux isolants sont fixés mécaniquement.

Dans le cas d'une pose en deux lits, les joints des panneaux isolants de la seconde couche seront décalés d'un minimum de 20 cm par rapport à ceux de la première couche.

2.10.5.3.1.3. Revêtement d'étanchéité

- Pare-vapeur

  Le choix du pare-vapeur et sa mise en œuvre doivent être conformes au DTA Paracier FM (n°5.2/19-2225_V1).
- Étanchéité bicouche

  Les revêtements d'étanchéité admis sont :
  - 1ère couche Paracier FM R4 + 2ème couche Paracier G VV100,
  - 1ère couche Paracier FM R4 Silver + 2ème couche Paradiene 40.1 GS Silver.

  La mise en œuvre du revêtement d'étanchéité doit être réalisée conformément aux dispositions du DTA Paracier FM. L'ensemble des exigences relatives aux prescriptions générales de mise en œuvre ainsi que la répartition des fixations en partie courante, rives et angles sont à appliquer.
- Relevés :

  Les reliefs et relevés d'étanchéité sont réalisés conformément aux dispositions du DTA Paracier FM.
- Crosse de passage de câbles

  Les traversées de câbles vers l'intérieur du bâtiment doivent être réalisées avec des crosses conformes aux préconisations du DTU 43.3. Le diamètre de la crosse doit être choisi en fonction du nombre de câbles à acheminer vers l'intérieur du bâtiment (Figure 14).

2.10.5.3.2. Pose des ossatures supports iNovaPV Lite

- Traçage

  L'emplacement des ossatures supports des modules photovoltaïques iNovaPV Lite doit être repéré par traçage. Il est réalisé sur le revêtement d'étanchéité conformément aux informations fournies sur le plan d'exécution « Plan de Calepinage » établi par EPC Solaire (Figure 17).

  Le Tableau 3 indique les distances entre supports.
- Thermo soudure des bandes de raccordement des ossatures supports iNovaPV Lite

  La méthode de pose est décrite ci-après et en Figure 19.
  - Tracer l'empreinte des bandes de raccordement pré-assemblées sur la feuille auto protégée, après avoir vérifié le bon positionnement sur le traçage.
  - Déplacer l'élément support, afin de dégager les zones à traiter.
  - La base supérieure intérieure du rail aluminium est imprégnée à l'EIF (SIPLAST PRIMER) avant de souder les bandes de raccordement intérieures. Le temps de séchage sera respecté.
  - Chauffer les zones ainsi repérées à l'aide d'un chalumeau. Noyer les paillettes dans le bitume. Afin d'obtenir une bonne adhérence, il convient d'obtenir une remontée du bitume sur toute la surface préalablement définie.
  - Remettre en place l'élément d'ossature support.
  - Pour souder les bandes de raccordement pré-assemblées, réchauffer la zone ainsi préparée à l'aide du chalumeau, chauffer la bande de raccordement, les mettre en contact puis maroufler toute la surface intéressée.
  - Pour souder les bandes intérieures Parafor iNova, découpées en usine, positionner chaque bande de raccordement à l'intérieur et contre le rail, de façon à recouvrir la base du rail sur 5 cm et dépasser de part et d'autre de 10 cm.
  - Le rail est chauffé et les paillettes sont noyées sur la zone d'étanchéité à recouvrir.
  - Chaque bande de raccordement intérieure Parafor iNova est chauffée puis soudée en deux fois de manière à éviter l'entretoise (d'abord sur sa première moitié puis sur la seconde). La surface intéressée doit être marouflée.

2.10.5.3.3. Mise en œuvre des modules photovoltaïques

Dans tous les cas, il conviendra d'identifier et vérifier le contenu de la livraison, en correspondance avec les quantités indiquées sur le bon de livraison et de se référer au plan d'implantation fourni par EPC SOLAIRE.

Le Tableau 3 précise les distances entre modules.

Les modules sont posés inclinés et fixés sur leurs petits côtés (cf Figure 1).

Les ossatures support utilisées sont les supports 40 E 53 ou 58 E 53.

Afin de donner un angle d'inclinaison aux modules photovoltaïques, les ossatures support sont équipées sur chantier d'un couple de rehausses : une « rehausse Tilt haute » et une « rehausse Tilt basse » (cf §2.4.3.2.2)

Ces accessoires, suivant leur positionnement sur les supports de base permettent d'avoir des champs photovoltaïques « mono-orientation » ou « bi-orientation ».

Les opérations suivantes sont réalisées :

- Les rehausses Tilt hautes et basses sont positionnées sur les ossatures supports iNovaPV Lite comme indiqué sur la Figure 20. Une ossature support iNovaPV Lite reçoit une rehausse haute sur un rail, et une rehausse basse sur l'autre rail, de façon à former un angle de 10° orienté suivant la configuration choisie (mono ou bi-orientation : Figure 21 et Figure 22).
- En début de rangée, les rehausses sont alignées et centrées sur les rails avec une tolérance de ± 10 cm. Les autres rehausses sont positionnées à une distance correspondant à la longueur du module +20mm. Un ajustement éventuel pourra être fait de manière à ce que deux modules reposent de manière équilibrée de part et d'autre de chacune des rehausses.
- Chaque rehausse sera fixée au support iNovaPV Lite par l'intermédiaire d'une vis TCHC M8X 14 mm, d'une rondelle plate et d'un écrou M8 en acier inoxydable. Le couple de serrage appliqué est de 14 N.m.
- Le premier module est positionné en appui sur ses petits côtés et centré sur les rehausses ; il est fixé par l'intermédiaire de brides latérales, sur chacune des rehausses, en utilisant une vis TCHC M8X (cf. §2.4.3.2.3), une rondelle crénelée, un écrou M8 positionné dans la gorge de chacune des rehausses haute et basse. Un couple de serrage de 14 N.m doit être appliqué.
- Pour une pose avec des modules inclinés bi-orientation (Figure 22), on veillera à laisser 20 mm entre les bords supérieurs des modules, et en bas de rangées, un espace plus important compris entre 20 mm et 140 mm suivant le plan d'implantation.
- L'opération est répétée en utilisant des brides centrales pour fixer deux modules côte à côte. Les brides centrales sont fixées sur chacune des rehausses en utilisant une vis TCHC M8X (cf. §2.4.3.2.3), d'une rondelle crénelée, d'un écrou M8 positionné dans la gorge de chacune des rehausses haute et basse. Le couple de serrage appliqué est de 14 N.m.
- L'équerrage et l'alignement correct des champs de modules doit être contrôlé.
- La connexion électrique des modules se fait à l'avancement.

2.11. Formation

Dans le cadre de la mise en œuvre de ce procédé, les sociétés ICOPAL SIPLAST et EPC SOLAIRE imposent systématiquement à leurs clients une formation « étanchéité en feuilles bitumineuses » incluant la mise en œuvre des supports iNovaPV Lite.

Une partie destinée à la formation des électriciens aux spécificités de la mise en œuvre des modules en toiture terrasse est incluse.

Cette formation consiste en :

- des stages organisés au Centre de formation Siplast à Mondoubleau ou à Loriol,
- et/ou l'intervention de démonstrateurs sur chantier.

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.

À l'issue de cette formation, une attestation nominative est délivrée pour la mise en œuvre uniquement.

Le dimensionnement de l'ouvrage ne fait pas partie de la formation.

2.12. Assistance technique

Les sociétés ICOPAL et EPC SOLAIRE assurent sur demande une assistance technique téléphonique pour tout renseignement et peuvent faire appel, en fonction de la complexité du sujet, aux services techniques de la société ArcelorMittal Construction France pour le dimensionnement des profils INASTYL ou des conseils de mise en œuvre des tôles INASTYL.

2.12.1. Partie étanchéité

À la demande de l'entreprise, l'assistance technique de la société ICOPAL Siplast détermine pour chaque cas de toiture, les limites d'emploi des systèmes d'étanchéité en conformité d'emploi avec le procédé photovoltaïque.

2.12.2. Partie photovoltaïque

La société EPC Solaire apporte systématiquement son assistance technique sur le choix du procédé en tenant compte des limites d'emploi en conformité avec le présent document.

Cette assistance se traduit par :

- Le choix des modules photovoltaïques et des ossatures iNovaPV Lite,
- La fourniture d'un plan d'implantation.

2.13. Utilisation, entretien et réparation

2.13.1. Généralités

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.

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. § 2.13.4).

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. § 2.10.2).

2.13.2. Maintenance du champ photovoltaïque

L'entretien de la centrale repose sur le nettoyage des modules photovoltaïques afin de permettre un rendement optimal : un nettoyage annuel au jet sur le dessus et le dessous du champ photovoltaïque est préconisé (nettoyage pour lequel il faudra se conformer aux indications du fabricant du module). En cas d'encrassement excessif et adhérent, notamment contre le cadre des modules, un nettoyage avec appareillage spécifique (nettoyeuse à brosses) pourra être réalisé sur les modules.

Dans le cas de champs solaires posés sur de très faibles pentes, un nettoyage spécifique au jet sera effectué afin de retirer toutes boues, herbes, feuilles ou détritus, éventuellement accumulés entre les ossatures supports.

Il convient également de procéder à la :

- Vérification de l'étanchéité : Vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau,
- Vérification du câblage,
- Vérification des fixations : vérifier la présence et la tenue de l'ensemble de la visserie.

2.13.3. 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.

2.13.4. Remplacement d'un module

En cas de bris de glace ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, il convient de le faire remplacer par un électricien bénéficiant d'une habilitation pour la réalisation d'installations photovoltaïques en respectant la procédure suivante :

- 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 enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.
- Le démontage est réalisé en retirant les éléments du système de montage dans l'ordre inverse à celui indiqué dans le présent Dossier Technique afin de pouvoir accéder aux câbles de polarité et de liaison équipotentielle à débrocher et aux pièces de fixation du module. Il est impératif de prendre soin de bien caler les modules attenants durant la manutention.
- Lors du démontage, une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débrochés afin d'éviter tout contact entre ceux-ci et les pièces métalliques de l'installation (cadre module, ossature support…).
- Le montage du module de remplacement et sa connexion (électrique et liaison équipotentielle) seront réalisés conformément au présent Dossier 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.

2.14. 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 le site de la CCFAT sur la page de la fiche détaillée de l'Avis Technique 21/21-76_V1 (cf § 1.2.3.3).
- 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 de modules).
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTC selon la norme NF EN 12179 pour des essais de résistance à la pression du vent avec les modules de la grille de vérification.
- Rapports d'essais au caisson de vent CSTC :
  - DE-TDI-1126_TDI-21-001-05 du 25 05 2021
  - DE-TDI-1126_TDI-21-001-06 du 25 05 2021
- Rapport d'essai ROCKWOOL Isolant sous charge LNE - P165240 du 20 03 2017
- Rapport d'essai ROCKWOOL charge maintenue sur support discontinu LNE P172798-2 du 13 02 2018
- Rapport d'essai ROCKWOOL charge maintenue sur support discontinu LNE P172798-6 du 13 02 2018
- Rapport d'essai RECTICEL Insulation charge maintenue support discontinus LNE P190534 DE/1 du 09 04 2019
- Rapport d'essai ArcelorMittal Construction -46 LDR - n°1809GP0210000001 SOCOTEC du 04 09 2018
- Rapport d'essai ArcelorMittal Construction -46 PIR - n°1903GP0210000055 SOCOTEC du 25 03 2019
- Rapport d'essai ArcelorMittal Construction -56 LDR - n°2102111020000002 SOCOTEC du 02 03 2021
- Rapport d'essai ArcelorMittal Construction – 74 LDR – n°200111020000055 SOCOTEC du 23 01 2020
- Rapport d'essai - ARaymond_Grounding-Clip_220-492_Rapport Veritas_Mars-Avril2012
- Rapport d'essai – Mobasolar – Bureau Veritas - LCIE – 161354-736677 du 14 06 2019

2.15. Références

2.15.1. Données Environnementales et sanitaires1

La grille de vérification associée à cet Avis Technique indique en fonction des gammes de module indiquées si le procédé « Sunscape-iNovaPV lite Tilt » 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.

2.15.2. Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis décembre 2018.

Environ 100 000 m^2 ont été commercialisés en France à ce jour.

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

2.16. Annexes du Dossier Technique

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

2.16.1. Tableaux

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1- Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique 24
Tableau 2 : Caractéristiques des bandes de raccordement Parafor iNova 25
Tableau 3 : Distance entre modules et ossatures supports 25
Tableau 4 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils INASTYL en fonction de l'ambiance intérieure dans le cas de bâtiments fermés 29
Tableau 5 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils INASTYL en fonction de l'atmosphère extérieure dans le cas de bâtiments ouverts 30
Tableau 6 - Valeur de dépression en Pa à prendre en compte en vent normal pour la vérification des profilés INASTYL (selon les règles V65 modifiées 2009) 31
Tableau 7 - Valeur de dépression en Pa à prendre en compte en vent normal pour la vérification des fixations des profilés INASTYL sur la structure porteuse (selon les règles V65 modifiées 2009). 31

Tableau 1- Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique

Éléments du procédé concernés	**Matériau**	**Revêtement de finition sur la face exposée**	**Atmosphères extérieures**							
			Rurale non polluée	**Industrielle ou urbaine**		**Marine**				**Spéciale**
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Rails, entretoises, rehausses	Aluminium 6060T5	Brut	•	•	□	•	•	-	□	□
Rails, entretoises, rehausses	Aluminium 6060T5	Anodisé	•	•	□	•	•	•	□	□
Brides, cadres modules PV	Aluminium 6060T66	Brut	•	•	□	•	•	-	□	□
Brides, cadres modules PV	Aluminium 6060T66	Anodisé	•	•	□	•	•	•	□	□
Visserie	Acier Inoxydable	A2	•	•	□	•	•	□	□	□
Visserie	Acier Inoxydable	A4	•	•	□	•	•	•	□	□

Les expositions atmosphériques sont définies dans les annexes des normes NF P34-301, NF P24-351, DTU 40.36 et DTU 40.41

• : Matériau adapté à l'exposition

□ : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.

- : Matériau non adapté à l'exposition

* : à l'exception du front de mer

Tableau 2 : Caractéristiques des bandes de raccordement Parafor iNova

Caractéristiques spécifiées de la feuille Parafor 30 GS		
Caractéristiques	VLF [1]	VDF [2]
Force à la rupture en traction (NF EN 12311-1) L/T en N/50 mm	≥ 666 x 486	≥ 740 x 540
Allongement à la rupture (NF EN 12311-1) L/T en %	≥ 32 x 39	40 x 49
Résistance à la déchirure au clou (NF EN 12310-1) L/T en N	≥ 216 x 225	240 x 250
Souplesse à froid (NF EN 1109) en (°C)	< -15	< -20
Souplesse à froid (°C) après vieillissement 6 mois à 70°C (Guide UEATc de décembre 2001)	≤ 0	≤ 0
Tenue à la chaleur (NF EN 1110) en °C	≥ 100	≥ 100
Tenue à la chaleur (°C) après vieillissement 6 mois à 70°C (Guide UEATc de décembre 2001)	≥ 90	≥ 90
Stabilité dimensionnelle (NF EN 1107-1) en %	≤ 0.3	≤ 0.2
Résistance au poinçonnement statique (NF EN 12730) - méthode A en kg	20 (L20)	20 (L20)
Résistance au choc (NF EN 12691:2006) en mm - méthode B	≥ 1500	≥ 1500
Résistance au poinçonnement statique (NF P 84-352) en kg	25 (L4)	25 (L4)
Résistance au poinçonnement dynamique (NF P 84-353)	20 (D3)	20 (D3)
Classement FIT	F5 I5 T4	

[1] VLF : Valeur Limite du Fabricant

[2] VDF : Valeur Déclarée du Fabricant

Tableau 3 : Distance entre modules et ossatures supports

		Distance entre les modules		**Distance entre les supports (d'un point d'un support au même point du support suivant)**	
		Entre les petits côtés	**Entre les grands côtés**	**Dans le sens perpendiculaire aux rails**	**Dans le sens parallèle aux rails**
Modules inclinés, pris par leurs petits côtés	**Mono Orientation**	20 mm	350 mm minimum - pas de limite haute	Largeur du module + 350mm ou suivant espace inter rangées défini)	Longueur du module + 20mm
	Bi orientation	20 mm	20 mm au point haut - 120 mm au point bas	Largeur du module + 70mm (20+120)/2 ou suivant espace inter rangées	Longueur du module + 20mm

2.16.2. **Dimensionnement du procédé**

2.16.2.1. Généralités

Le dimensionnement est réalisé :

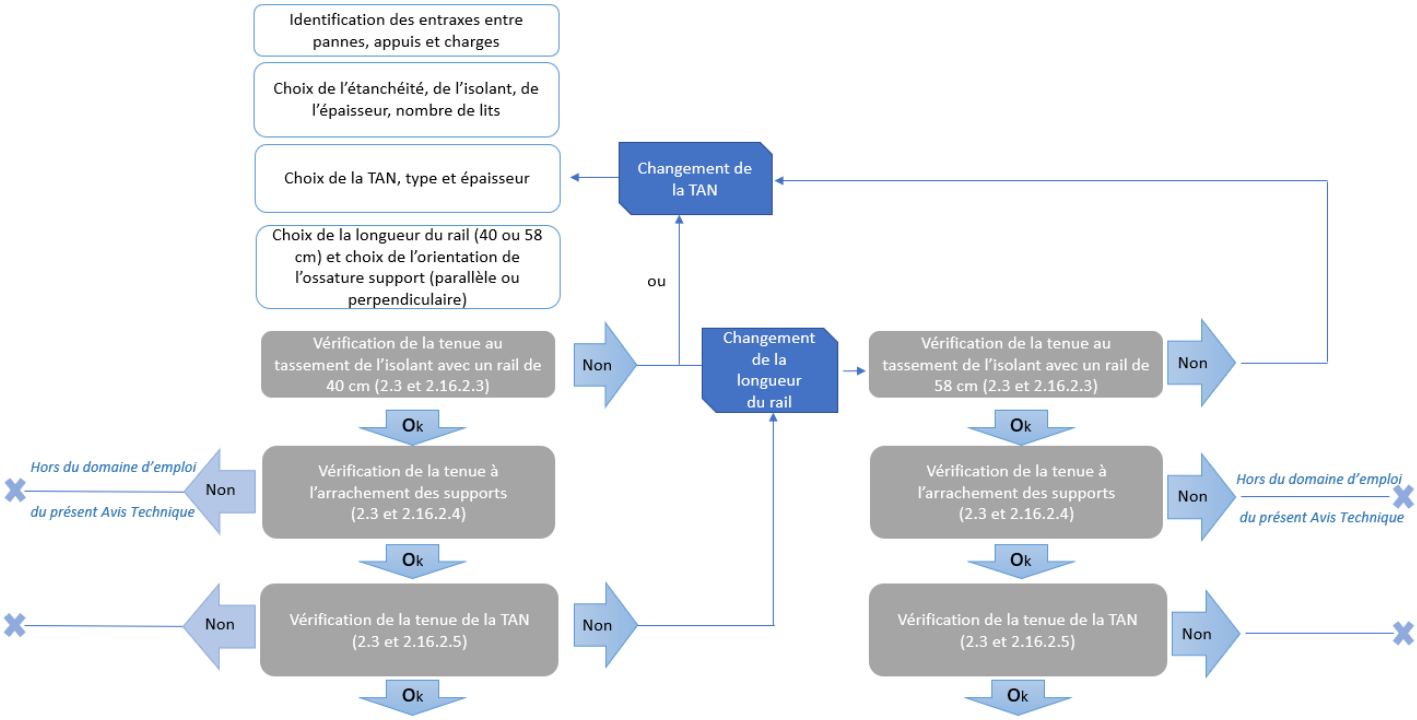
- Sous charge ascendante : selon les règles V65 modifiées pour l'ensemble du procédé (TAN, isolant, étanchéité, supports iNova PV),
- Sous charge descendante : selon les règles N84 pour les TAN et selon les règles N65 modifiées pour les autres éléments.

Les étapes du dimensionnement passent obligatoirement par le calcul des charges climatiques :

- Les charges descendantes (charges de neige en situation normale ou en situation accidentelle, charges d'exploitation),
- Les charges ascendantes (vent).

Les charges descendantes définissent le type de TAN ainsi que le type de support iNovaPV Lite (40 ou 58 cm) à mettre en œuvre.

2.16.2.2. Logigramme de dimensionnement



2.16.2.3. Vérification de la tenue au tassement de l'isolant

Le tableau ci-dessous donne les valeurs limites autorisées conformément au domaine d'emploi défini au §2.3.

Valeurs de neiges normales selon les règles NV 65 modifiées pour l'isolant

N/m²	Zones Neige							
Altitude	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
0	350	500	500	700	550	700	900	1150
100	350	500	500	700	550	700	900	1150
200	350	500	500	700	550	700	900	1150
250	400	500	500	700	600	700	900	1200
300	450	500	550	700	650	700	900	1250
350	500	500	600	700	700	700	950	1300
400	550	550	650	700	750	750	1000	1350
450	600	600	700	700	800	800	1050	1400
500	650	650	750	750	850	850	1100	1450
550	775	775	875	875	975	975	1225	1575
600	900	900	1000	1000	1100	1100	1350	1700
650	1025	1025	1125	1125	1225	1225	1475	1825
700	1150	1150	1250	1250	1350	1350	1600	1950
750	1275	1275	1375	1375	1475	1475	1725	2075
800	1400	1400	1500	1500	1600	1600	1850	2200
850	1525	1525	1625	1625	1725	1725	1975	2325
900	1650	1650	1750	1750	1850	1850	2100	2450

Pose autorisée avec rail de 40 cm — Pose autorisée avec rail de 58 cm — Pose non autorisée

2.16.2.4. Vérification de la tenue à l'arrachement des supports sur l'étanchéité

Charges ascendantes en Pa, selon les règles NV65 modifiées

Les valeurs de ce tableau sont reprises du tableau 12 « Charge ascendante (Pa) – Installation surimposée » du Cahier du CSTB 3803 de février 2019 – « Vérification simplifiée des charges climatiques en toiture », avec une correction pour tenir compte de l'inclinaison des modules.

Les coefficients de pression Ce utilisés dans cette méthode simplifiée sont donnés pour des bâtiments d'élancement courant, pour lesquels $\gamma_0=1$; un calcul précis de ce coefficient pourra être effectué suivant la configuration du bâtiment.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs limites autorisées conformément au domaine d'emploi défini au §2.3.

		Région 1		Région 2		Région 3	
Hauteur bâtiment - Zone		Normale	Exposée	Normale	Exposée	Normale	Exposée
10	Courantes	260	386	332	461	440	575
11	Courantes	267	396	341	473	451	589
12	Courantes	275	406	350	485	463	603
13	Courantes	282	416	358	496	473	617
14	Courantes	289	425	367	507	484	630
15	Courantes	296	434	375	518	494	643
20	Courantes	327	477	413	567	541	702
25	Courantes	355	514	446	610	583	754
30	Courantes	380	548	476	649	620	801

Cases grisées : pose non autorisée

2.16.2.5. Mise en œuvre et dimensionnement des tôles d'acier nervurées INASTYL

2.16.2.5.1. Revêtement des profils

Le choix du revêtement des profils doit être conforme aux guides de choix présentés dans les tableaux ci-dessous, et aux préconisations d'ARCELORMITTAL CONSTRUCTION FRANCE dans les cas où l'avis du fabricant est sollicité.

■ : revêtement adapté

○ : revêtement dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et accord de la société ARCELORMITTAL CONSTRUCTION France

▬ : revêtement non adapté

Tableau 4 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils INASTYL en fonction de l'ambiance intérieure dans le cas de bâtiments fermés

	GUIDE DE CHOIX DES REVETEMENTS VIS-A-VIS DES AMBIANCES INTERIEURES					
	Matière		Non agressive			Faiblement agressive
	Revêtement métallique	Revêtement organique	Faible hygrométrie	Moyenne hygrométrie	Forte hygrométrie	Forte hygrométrie
METALLIQUES	Z 180	/	■	▬	▬	▬
	Z 275	/	■	■	○	▬
	ZM EVOLUTION 80	/	■	▬	▬	▬
	ZM EVOLUTION 120	/	■	■	▬	▬
	ZM EVOLUTION 175	/	■	■	○	▬
ORGANIQUES (envers de bande : classe II ou CPI2)	Z 100	Intérieur 12	■	○	▬	▬
	Z 225 ZM EVOLUTION 60	Intérieur 12	■	■	▬	▬
	Z 225 ZM EVOLUTION 100	Hairplus	■	■	○	▬
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Hairultra	■	■	■	▬
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Authentic	■	■	■	▬
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Edyxo	■	■	■	▬
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Naturel	■	■	■	▬
	Z 225 ZM EVOLUTION 100	Hairflon 25	■	■	○	▬
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Hairflon 35	■	■	■	■
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Keyron 150	■	■	■	■
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Keyron 200	■	■	■	■
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Hairexcel	■	■	■	■
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Intense	■	■	■	■
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Pearl	■	■	■	■
	Z 275 ZM EVOLUTION 120	Sinéa	■	■	■	■
	Z 225 ZM EVOLUTION 120	Irysa	■	■	■	▬
	ZM EVOLUTION 140	R'Unik	■	■	■	■

Note : les revêtements ZM EVOLUTION sont définis dans l'ETPM « ZMevolution® »

Tableau 5 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils INASTYL en fonction de l'atmosphère extérieure dans le cas de bâtiments ouverts

	GUIDE DE CHOIX DES REVETEMENTS VIS-A-VIS DES ATMOSPHERES EXTERIEURES									
	Matière		Rurale non polluée	Urbaine et industrielle		Marine				Spéciale
	Revêtement métallique	Revêtement organique		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (3 à 1 km) (1)	Mixte	Particulière
METALLIQUE	Z 350	/	■	○	—	○	—	—	—	—
	ZM EVOLUTION 175	/	■	○	—	○	—	—	—	—
	ZM EVOLUTION 250	/	■	■	○	■	○	○	○	○
	ZM EVOLUTION 275	/	■	■	○	■	○	○	○	○
ORGANIQUES (envers de bande : classe II)	Z 225	Hairplus	■	■	—	■	○	—	—	—
	ZM EVOLUTION 100		■	■	○	■	■	—	—	○
	Z 225	Hairultra	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 225	Authentic	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 225	Edyxo	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 225	Naturel	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 225	Hairflon 25	■	■	—	■	○	—	—	—
	ZM EVOLUTION 100		■	■	○	■	■	—	—	○
	Z 225	Hairflon 35	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 225	Keyron 200	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120		■	■	○	■	■	■	○	○
	Z 225	Hairexcel	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 225	Intense	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 225	Pearl	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 275	Sinéa	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	Z 225	Irysa	■	■	○	■	■	■	○	○
	ZM EVOLUTION 120									
	ZM EVOLUTION 140	RUnik	■	■	○	■	■	■	○	○

(1) Pour les zones situées à moins de 1 km du littoral, nous consulter

Note : les revêtements ZM EVOLUTION sont définis dans l'ETPM « ZMevolution® »

2.16.2.5.2. Couturage des profils

Chaque profilé élément porteur d'étanchéité INASTYL sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au chapitre 5.5.2 du DTU 43.3 P1-2 et avec un entraxe maximum entre fixation de 75 cm dans le sens longitudinal des recouvrements. Dans le cas de coupe longitudinale des tôles, lorsque la nervure doit être reconstituée (porte-à-faux de la plage coupée supérieur à 0,10 m), l'assemblage est assuré par couturage tous les 50 cm (voir DTU 43.3 P1-1).

Dans tous les cas, la répartition des coutures entre appuis doit rester équilibrée.

2.16.2.5.3. Détermination des charges pour la vérification des TAN et de leurs fixations

La portée maximale d'utilisation avec le générateur photovoltaïque, pour un système de référentiel de détermination de charges donné, est la portée minimale entre les différentes portées sous l'action :

- des charges d'exploitation descendantes,
- de la charge de neige accidentelle,
- des charges ascendantes applicables au profil INASTYL,
- de la charge d'entretien de 100 kg/m^2,

combinées aux charges permanentes uniformément réparties (isolation thermique, pare vapeur éventuel, revêtement d'étanchéité) et aux charges permanentes du générateur photovoltaïque (modules photovoltaïques et supports).

2.16.2.5.3.1. Charges de montage

Les charges de montage utilisées pour la détermination des portées utiles sont celles du DTU 43.3 P1-1.

2.16.2.5.3.2. Charges permanentes

Les charges permanentes comprennent les charges gravitaires dues au complexe d'isolation, du pare vapeur éventuel, du revêtement d'étanchéité, des supports iNovaPV Lite et des modules photovoltaïques, mis en œuvre sur le profil INASTYL. Le poids propre de la tôle d'acier nervurée est directement intégré aux vérifications.

2.16.2.5.3.3. Charges descendantes

Les charges descendantes proviennent des effets de la neige, en situation normale ou accidentelle.

Les charges de calcul proviennent du dimensionnement aux Règles N 84 (édition de février 2009) :

- en neige normale,
- en neige accidentelle.

Étant donnée la pente maximale admise avec le procédé Sunscape-iNovaPV Lite Tilt, il ne peut y avoir de charge de pression due à l'effet du vent.

Dans tous les cas, la valeur de charge descendante due à la neige normale ne pourra être inférieure à 50 daN/m².

2.16.2.5.3.4. Charges ascendantes

Les charges ascendantes applicables aux profils INASTYL et leurs fixations sur la structure proviennent des effets du vent.

Les charges de calcul sont déterminées conformément aux règles V65 Modifiées.

Détermination suivant les règles V 65 (édition de février 2009) :

Les valeurs de dépression, en daN/m², à prendre en compte pour la vérification des profils INASTYL sont celles obtenues à partir des charges de vent normal déterminées en zones de rives pour un vent parallèle aux génératrices de la toiture.

Tableau 6 - Valeur de dépression en Pa à prendre en compte en vent normal pour la vérification des profilés INASTYL (selon les règles V65 modifiées 2009)

Type de bâtiment	Hauteur en mètre	Zones (vent)							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Bâtiments fermés	≤ 10	470	640	570	730	710	880	850	1010
	≤ 15	520	700	620	810	780	970	930	1120
	≤ 20	560	750	670	870	840	1050	1000	1200
Bâtiments ouverts	≤ 10	690	940	830	1080	1040	1300	1250	1490
	≤ 15	760	1030	920	1190	1140	1430	1370	1640
	≤ 20	820	1110	990	1280	1230	1540	1480	1770

Les valeurs de dépression à prendre en compte pour la vérification des fixations des profils INASTYL sur la charpente sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées pour la vérification des profils INASTYL complétées par les zones de rives pour un vent perpendiculaire aux génératrices de la toiture.

Tableau 7 - Valeur de dépression en Pa à prendre en compte en vent normal pour la vérification des fixations des profilés INASTYL sur la structure porteuse (selon les règles V65 modifiées 2009).

Type de bâtiment	Hauteur en mètre	Zones (vent)							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Bâtiments fermés	≤ 10	760	1030	910	1180	1140	1420	1370	1640
	≤ 15	840	1130	1000	1300	1250	1560	1500	1800
	≤ 20	900	1220	1080	1410	1350	1690	1620	1940
Bâtiments ouverts	≤ 10	890	1210	1070	1390	1340	1670	1610	1930
	≤ 15	980	1330	1180	1530	1470	1840	1770	2120
	≤ 20	1060	1430	1270	1650	1590	1990	1910	2290

On distinguera particulièrement les zones de partie courante et de rives, les valeurs en angles étant assimilées à celles des rives. La rive est d'une largeur égale à 1/10ᵉ de la hauteur, sans être inférieure à 2 m.

Pour des bâtiments d'élancement courant et de hauteur inférieure à 20 m, les tableaux ci-dessus donnent, en l'absence de calculs spécifiques, les valeurs de dépression précalculées pour les toitures à versants plans :

- charges applicables aux profils INASTYL pour l'ensemble de la toiture et aux assemblages à la charpente hors zones de rives,
- charges applicables aux assemblages des profils INASTYL en zone de rive.

On entend par bâtiment d'élancement courant (λ ≤2,5), un bâtiment dont les dimensions respectent toutes les conditions suivantes :

- toiture à un ou deux versants,
- ɣ0 < 1 au sens des Règles NV 65 modifiées,
- h < 2,5 a, avec : a = longueur du bâtiment, et h = hauteur du bâtiment,
- f ≤ h/2, avec : f = flèche de la toiture du bâtiment.

La détermination des charges ascendantes s'effectue en fonction :

- des caractéristiques géométriques du bâtiment à savoir : son élancement (proportions), la perméabilité à l'air de ses parois (bâtiment ouvert ou fermé), ses versants plans, sa hauteur au faîtage,
- de la zone de vent (1, 2, 3 ou 4),
- du site (normal ou exposé). La notion de site protégé n'est pas prise en compte pour ce procédé.

Les valeurs de dépression au vent des Tableau 6 et Tableau 7 ne sont utilisées que pour le dimensionnement des profilés INASTYL et de leurs fixations sur la structure porteuse. Il est rappelé que la limite de dépression au vent du procédé Sunscape iNova PV Lite Tilt est donnée au § 2.3.

2.16.2.5.4. Vérification de la tenue de TAN et de leurs fixations à la charpente

Des fiches techniques comportant des tableaux de portées sont fournies au § 2.16.3 pour les profils INASTYL 46, INASTYL 56 et INASTYL 74. Chacune d'entre elles indique les conditions devant être remplies par l'ensemble du système de toiture (taille de module, montage du générateur photovoltaïque, isolation thermique, …). Pour les cas non prévus par ces dernières, une étude peut être réalisée au cas par cas par le service technique d'ArcelorMittal.

Pour les profils INASTYL 46, 56 et 74, une vérification forfaitaire peut être réalisée. Celle-ci tient compte des particularités de transmission des charges propres au procédé Sunscape-iNovaPV Lite Tilt :

$$1{,}35 \times L \times \left(CP \times D - (p_{RP} + g + p_{UR})\right) \leq \frac{K \times P_k}{\gamma_{mc}}$$

avec :

- CP coefficient de pondération valant : 1,75
- D (daN/m²) : dépression due au vent normal
- L (m) : portée d'utilisation du profil INASTYL,
- p_{RP} (daN/m²) : charge permanente appliquée par les rails sur le profil support, précisée au §2.16.3,
- g (daN/m²) : poids propre du profil, précisé au §2.16.3.1,
- p_{UR} (daN/m²) : charge permanente appliquée uniformément sur le profil INASTYL,
- K : coefficient dépendant des conditions de montage, les valeurs sont données dans le tableau ci-dessous.

		Orientation rails par rapport aux nervures	
		Parallèle	Perpendiculaire
Prise par petits cotés	400 mm	2,0	1,2
	580 mm	2,0	1,8

- Pk (daN) : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314,
- ɣm: coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de la nature de l'élément porteur :
  - ɣm = 1,20 dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm ;
  - ɣm = 1,35 dans l'élément porteur acier d'épaisseur ≥ 1,5 mm et ≤ 3 mm, et dans le bois.

Dans tous les cas, les vérifications précises peuvent être réalisées au cas par cas par l'assistance technique d'ArcelorMittal Construction France.

2.16.3. Fiches techniques des tôles d'acier nervurées

Les charges nécessaires à l'utilisation des tableaux de portées sont :

- charge descendante : la charge de calcul à considérer est la valeur de neige normale calculée selon les paragraphes 3.1, 3.2 et 4 des Règles N84 (modificatif de février 2009),
- charge accidentelle : la charge de calcul à considérer est la valeur de neige accidentelle éventuelle calculée selon le paragraphe 6.3 et l'annexe 1 des Règles N84 (modificatif de février 2009),
- charge ascendante : valeur de dépression due à l'effet du vent normal issue des Règles V65 (modificatif de février 2009), l'application de règles simplifiées permet d'obtenir les valeurs pré-calculées du Tableau 6,
- poids cumulés de l'isolation thermique, du pare vapeur éventuel et du revêtement d'étanchéité.

Les charges permanentes dues au poids propre du profil INASTYL et au poids propre du procédé photovoltaïque sont prises en compte implicitement dans ces tableaux de portées. Les valeurs retenues pour l'obtention des portées maximales d'utilisation sont :

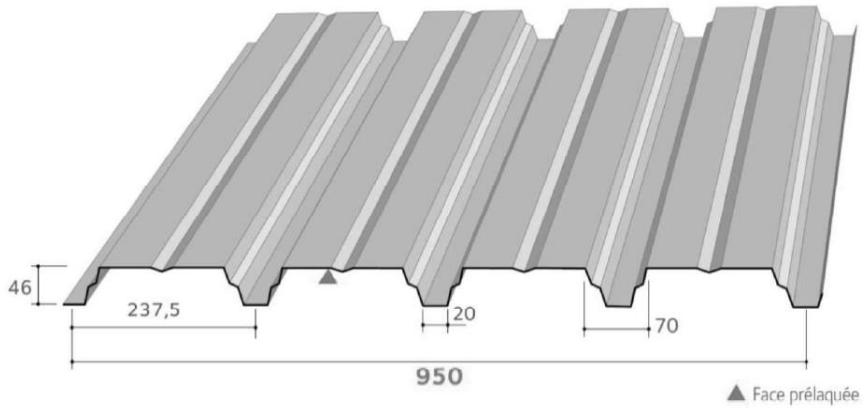
- 15 daN/m² pour les vérifications sous la charge descendante et sous la neige accidentelle,
- 12 daN/m² pour les vérifications sous les charges ascendantes.

Le dimensionnement du profil INASTYL doit comprendre les vérifications suivantes :

- vérification des portées sous charge descendante ;
- vérification des portées sous charge de neige accidentelle éventuelle ;
- vérification des portées sous charge ascendante ;
- vérification de la tenue à l'arrachement des fixations à l'ossature.

2.16.3.1. Descriptif des tôles d'acier nervurées

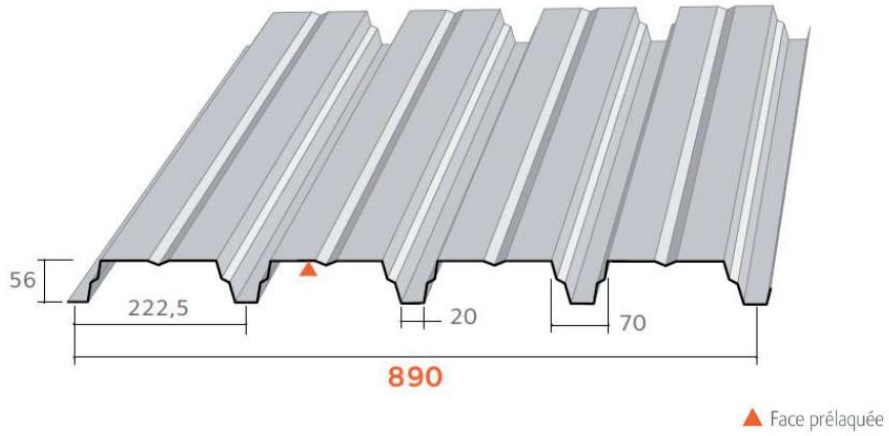
INASTYL 46



MASSE SURFACIQUE

Epaisseur (mm)	0,75	0,88	1	1,25
M kg/m²	7,34	8,62	9,79	12,24

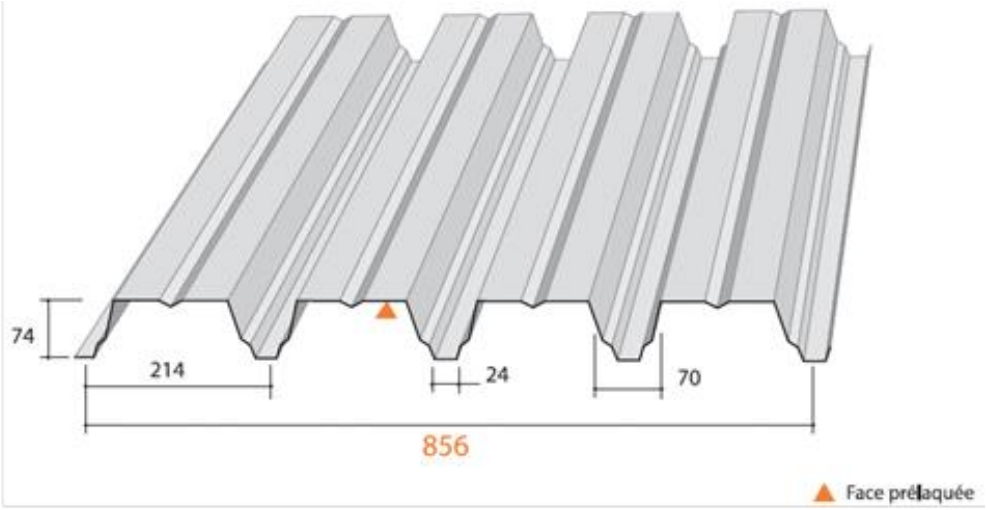
INASTYL 56



MASSE SURFACIQUE

Epaisseur (mm)	0,75	0,88	1	1,25
M kg/m²	7,84	9,20	10,45	13,07

INASTYL 74



MASSE SURFACIQUE

Epaisseur (mm)	0,75	0,88	1	1,25
M kg/m²	8,94	10,49	11,92	14,90

MATERIAU DE BASE

CARACTERISTIQUES DU MATERIAU DE BASE		REFERENTIEL
Nuance d'acier	S 320 GD	NF EN 10346
Revêtements	Galvanisé	NF EN 10346 NF P 34-310
	Galvanisé - Prélaqué	NF EN 10169 + A1 NF P 34-301
	ZM Evolution nu ZM Evolution prélaqué	ETPM en cours de validité

2.16.3.2. Sommaire des fiches techniques

Afin de faciliter la recherche, le sommaire des fiches techniques des TAN, en fonction des différentes configurations est donné ci-dessous.

	Configuration*	**Orientation rail par rapport aux nervures de la TAN)**	**Position Brides (coté du module)**	**Rail (en cm)**	**Isolant**	**Tableau d'utilisation sous charges descendantes**
INASTYL 46	A P S I	Parallèle	Petit	40/58	Powerdeck	2.16.3.2.1
					Rockacier C Nu	2.16.3.2.2
	E P S I	Perpendiculaire	Petit	40/58	Powerdeck	2.16.3.2.3
	E P S 3	Perpendiculaire	Petit	40	Rockacier C Nu	2.16.3.2.4
	E P S 5			58		2.16.3.2.5
INASTYL 56	A P S I	Parallèle	Petit	40/58	Rockacier C Nu	2.16.3.2.6
INASTYL 74	A P S I	Parallèle	Petit	40/58	Rockacier C Nu	2.16.3.2.7
	E P S I	Perpendiculaire	Petit	40/58	Rockacier C Nu	2.16.3.2.8

* : le type se décompose en
- rails parallèles (A) ou perpendiculaires (E) aux nervures de la TAN,
- modules fixés sur leurs petits côtés (P),
- modules définis au § 2.4.2 (S),
- longueur des rails de 40 cm (3), 58 cm (5) ou longueur des rails indifférente (I).

2.16.3.2.1. INASTYL 46 – APSI - POWERDECK

ArcelorMittal

ArcelorMittal Construction France

Version du 31/05/21

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément aux Règles N84 et V65

INASTYL 46 - Disposition de montage APSI

	CHARGES DE CALCUL (daN/m²)	POIDS ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS			
			EPAISSEUR (mm)											
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
CHARGE DESCENDANTE (1)	50	10	2,30	2,45	2,55	2,70	3,00	3,15	3,30	3,55	2,80	2,95	3,10	3,30
		15	2,30	2,40	2,50	2,70	3,00	3,15	3,30	3,50	2,80	2,95	3,05	3,30
	75	10	2,10	2,20	2,30	2,45	2,70	2,85	3,00	3,20	2,55	2,70	2,80	3,00
		15	2,10	2,20	2,30	2,45	2,70	2,85	2,95	3,20	2,55	2,65	2,80	3,00
	100	10	1,90	2,00	2,10	2,25	2,50	2,65	2,75	2,95	2,35	2,45	2,55	2,75
		15	1,90	2,00	2,10	2,25	2,50	2,65	2,75	2,95	2,35	2,45	2,55	2,75
	125	10	/	1,85	1,95	2,10	2,30	2,45	2,55	2,75	2,15	2,30	2,40	2,55
		15	/	1,85	1,95	2,10	2,30	2,45	2,55	2,75	2,15	2,30	2,40	2,55
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE (1)	80	10	2,30	2,45	2,55	2,70	3,00	3,15	3,30	3,55	2,80	2,95	3,10	3,30
		15	2,30	2,40	2,50	2,70	3,00	3,15	3,30	3,50	2,80	2,95	3,05	3,30
	100	10	2,30	2,45	2,55	2,70	3,00	3,15	3,30	3,55	2,80	2,95	3,10	3,30
		15	2,30	2,40	2,50	2,70	3,00	3,15	3,30	3,50	2,80	2,95	3,05	3,30
	125	10	2,30	2,45	2,55	2,70	3,00	3,15	3,30	3,55	2,80	2,95	3,10	3,30
		15	2,30	2,40	2,50	2,70	3,00	3,15	3,30	3,50	2,80	2,95	3,05	3,30
	150	10	2,30	2,45	2,55	2,70	2,85	3,10	3,30	3,55	2,80	2,95	3,10	3,30
		15	2,25	2,40	2,50	2,70	2,85	3,05	3,25	3,50	2,80	2,95	3,05	3,30
CHARGE DE DEPRESSION (2)	50	10	2,35	2,45	2,55	2,75	3,05	3,20	3,35	3,60	2,85	3,00	3,15	3,35
		15	2,35	2,45	2,55	2,75	3,05	3,20	3,30	3,55	2,85	3,00	3,10	3,35
	75	10	2,35	2,45	2,55	2,75	3,05	3,20	3,35	3,60	2,85	3,00	3,15	3,35
		15	2,35	2,45	2,55	2,75	3,05	3,20	3,30	3,55	2,85	3,00	3,10	3,35
	100	10	1,75	2,05	2,35	2,75	2,70	3,15	3,35	3,60	2,70	3,00	3,15	3,35
		15	1,75	2,10	2,35	2,75	2,75	3,20	3,30	3,55	2,75	3,00	3,10	3,35

(1) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 15 daN/m²

(2) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 12 daN/m²

Charges de calcul : se reporter au §2.16.3

Particularités de mise en œuvre :

* Largeur minimale d'appui de 60 mm
* Fixation complète sur chaque appui - Espacement maximum de couturage de 0,75 m
* Rails INOVA PV LITE parallèles aux nervures du profil INASTYL
* Prise des modules photovoltaïques par le petit coté
* Entretoise de 530 mm - Longueur minimale des rails 380 mmm
* Dimensions maximales des modules photovoltaïques (pose en TILT) : 1685 mm x 1015 mm
* Isolant sur la TAN : uniquement POWERDECK d'épaisseur minimale 80 mm

2.16.3.2.2. INASTYL 46 – APSI – ROCKACIER C Nu

ArcelorMittal
ArcelorMittal Construction France

Version du 31/05/21

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément aux Règles N84 et V65

INASTYL 46 - Disposition de montage APSI

	CHARGES DE CALCUL (daN/m²)	POIDS ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS			
			EPAISSEUR (mm)											
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
CHARGE DESCENDANTE (1)	50	15	2,30	2,40	2,50	2,70	2,85	3,00	3,10	3,35	2,70	2,85	3,00	3,20
		30	2,25	2,35	2,45	2,60	2,80	2,95	3,05	3,30	2,65	2,80	2,95	3,15
		50	2,10	2,25	2,40	2,55	2,70	2,85	3,00	3,20	2,60	2,75	2,85	3,05
	75	15	2,05	2,15	2,25	2,45	2,60	2,70	2,85	3,05	2,45	2,60	2,70	2,90
		30	1,95	2,10	2,25	2,40	2,55	2,65	2,80	3,00	2,45	2,55	2,65	2,85
		50	1,85	2,00	2,15	2,35	2,45	2,60	2,75	2,95	2,40	2,50	2,60	2,80
	100	15	1,85	2,00	2,10	2,25	2,35	2,50	2,60	2,80	2,25	2,40	2,50	2,70
		30	1,75	1,90	2,05	2,25	2,30	2,50	2,60	2,80	2,25	2,40	2,50	2,65
		50	1,70	1,85	1,95	2,15	2,25	2,40	2,55	2,75	2,20	2,35	2,45	2,60
	125	15	/	1,80	1,90	2,10	2,20	2,30	2,40	2,60	2,10	2,20	2,30	2,50
		30	/	1,75	1,85	2,10	2,15	2,30	2,40	2,60	2,10	2,20	2,30	2,50
		50	/	1,70	1,80	2,00	2,05	2,20	2,35	2,60	2,05	2,20	2,30	2,50
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE (1)	80	15	2,30	2,40	2,50	2,70	2,85	3,00	3,10	3,35	2,70	2,85	3,00	3,20
		30	2,25	2,35	2,45	2,60	2,80	2,95	3,05	3,30	2,65	2,80	2,95	3,15
		50	2,10	2,25	2,40	2,55	2,70	2,85	3,00	3,20	2,60	2,75	2,85	3,05
	100	15	2,20	2,40	2,50	2,70	2,85	3,00	3,10	3,35	2,70	2,85	3,00	3,20
		30	2,15	2,30	2,45	2,60	2,80	2,95	3,05	3,30	2,65	2,80	2,95	3,15
		50	2,05	2,20	2,35	2,55	2,65	2,85	3,00	3,20	2,60	2,75	2,85	3,05
	125	15	2,05	2,20	2,35	2,60	2,65	2,85	3,05	3,35	2,65	2,85	3,00	3,20
		30	1,95	2,15	2,25	2,50	2,55	2,75	2,95	3,25	2,55	2,75	2,95	3,15
		50	1,90	2,05	2,20	2,40	2,45	2,65	2,80	3,15	2,45	2,65	2,80	3,05
	150	15	1,90	2,05	2,15	2,40	2,45	2,65	2,85	3,15	2,45	2,65	2,85	3,15
		30	1,85	2,00	2,10	2,35	2,40	2,60	2,75	3,05	2,40	2,60	2,75	3,05
		50	1,75	1,90	2,05	2,25	2,30	2,50	2,65	2,95	2,30	2,50	2,65	2,95
CHARGE DE DEPRESSION (2)	50	15	2,30	2,45	2,55	2,70	2,90	3,05	3,15	3,40	2,75	2,90	3,05	3,25
		30	2,25	2,40	2,45	2,65	2,85	3,00	3,10	3,35	2,70	2,85	2,95	3,20
		50	2,10	2,30	2,40	2,60	2,75	2,90	3,05	3,25	2,65	2,75	2,90	3,10
	75	15	2,30	2,45	2,55	2,70	2,90	3,05	3,15	3,40	2,75	2,90	3,05	3,25
		30	2,25	2,40	2,45	2,65	2,85	3,00	3,10	3,35	2,70	2,85	2,95	3,20
		50	2,10	2,30	2,40	2,60	2,75	2,90	3,05	3,25	2,65	2,75	2,90	3,10
	100	15	1,75	2,10	2,35	2,70	2,75	3,05	3,15	3,40	2,75	2,90	3,05	3,25
		30	1,85	2,20	2,45	2,65	2,85	3,00	3,10	3,35	2,70	2,85	2,95	3,20
		50	2,00	2,30	2,40	2,60	2,75	2,90	3,05	3,25	2,65	2,75	2,90	3,10

(1) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 15 daN/m²
(2) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 12 daN/m²

Charges de calcul : se reporter au §2.16.3

Particularités de mise en œuvre :
* Largeur minimale d'appui de 60 mm
* Fixation complète sur chaque appui - Espacement maximum de couturage de 0,75 m
* Rails INOVA PV LITE parallèles aux nervures du profil INASTYL
* Prise des modules photovoltaïques par le petit coté
* Entretoise de 530 mm - Longueur minimale des rails 380 mmm
* Dimensions maximales des modules photovoltaïques (pose en TILT) : 1685 mm x 1015 mm
* Isolant sur la TAN : uniquement ROCKACIER C Nu d'épaisseur minimale 60 mm

2.16.3.2.3. INASTYL 46 – EPSI – POWERDECK

ArcelorMittal
ArcelorMittal Construction France

Version du 31/05/21

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément aux Règles N84 et V65

INASTYL 46 - Disposition de montage EPSI														
	CHARGES DE CALCUL (daN/m²)	POIDS ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS			
			EPAISSEUR (mm)											
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
CHARGE DESCENDANTE (1)	50	10	2,35	2,50	2,60	2,80	3,10	3,30	3,40	3,65	2,90	3,05	3,20	3,40
		15	2,35	2,45	2,55	2,75	3,10	3,25	3,40	3,65	2,85	3,00	3,15	3,40
	75	10	2,15	2,25	2,35	2,50	2,50	2,90	3,10	3,30	2,50	2,75	2,90	3,10
		15	2,10	2,25	2,35	2,50	2,40	2,75	3,05	3,30	2,40	2,75	2,85	3,05
	100	10	1,95	2,05	2,15	2,30	2,05	2,35	2,65	3,05	2,05	2,35	2,65	2,85
		15	1,90	2,05	2,15	2,30	1,95	2,25	2,55	3,05	1,95	2,25	2,55	2,85
	125	10	1,80	1,90	2,00	2,15	1,70	2,00	2,25	2,75	1,70	2,00	2,25	2,65
		15	1,75	1,90	2,00	2,15	1,65	1,90	2,15	2,70	1,65	1,90	2,15	2,65
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE (1)	80	10	2,35	2,50	2,60	2,80	2,85	3,30	3,40	3,65	2,85	3,05	3,20	3,40
		15	2,35	2,45	2,55	2,75	2,75	3,20	3,40	3,65	2,75	3,00	3,15	3,40
	100	10	2,35	2,50	2,60	2,80	2,45	2,85	3,20	3,65	2,45	2,85	3,20	3,40
		15	2,30	2,45	2,55	2,75	2,35	2,75	3,05	3,65	2,35	2,75	3,05	3,40
	125	10	2,15	2,30	2,45	2,75	2,05	2,40	2,70	3,30	2,05	2,40	2,70	3,30
		15	2,10	2,30	2,45	2,70	2,00	2,30	2,60	3,20	2,00	2,30	2,60	3,20
	150	10	2,00	2,15	2,30	2,55	1,75	2,05	2,30	2,85	1,75	2,05	2,30	2,85
		15	1,95	2,15	2,25	2,50	1,70	2,00	2,25	2,80	1,70	2,00	2,25	2,80
CHARGE DE DEPRESSION (2)	50	10	2,40	2,50	2,65	2,80	3,15	3,35	3,45	3,70	2,95	3,10	3,20	3,45
		15	2,40	2,50	2,60	2,80	3,15	3,30	3,45	3,70	2,90	3,05	3,20	3,45
	75	10	2,40	2,50	2,65	2,80	3,15	3,35	3,45	3,70	2,95	3,10	3,20	3,45
		15	2,40	2,50	2,60	2,80	3,15	3,30	3,45	3,70	2,90	3,05	3,20	3,45
	100	10	2,40	2,50	2,65	2,80	3,05	3,35	3,45	3,70	2,95	3,10	3,20	3,45
		15	2,40	2,50	2,60	2,80	3,15	3,30	3,45	3,70	2,90	3,05	3,20	3,45

(1) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 15 daN/m²
(2) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 12 daN/m²

Charges de calcul : se reporter au §2.16.3

Particularités de mise en œuvre :
* Largeur minimale d'appui de 60 mm
* Fixation complète sur chaque appui - Espacement maximum de couturage de 0,75 m
* Rails INOVA PV LITE perpendiculaires aux nervures du profil INASTYL
* Prise des modules photovoltaïques par le petit coté
* Entretoise de 530 mm - Longueur minimale des rails 380 mmm
* Dimensions maximales des modules photovoltaïques (pose en TILT) : 1685 mm x 1015 mm
* Isolant sur la TAN : uniquement POWERDECK d'épaisseur minimale 80 mm

2.16.3.2.4. INASTYL 46 – EPS3 – ROCKACIER C Nu

ArcelorMittal
ArcelorMittal Construction France

Version du 01/06/21

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément aux Règles N84 et V65

INASTYL 46 - Disposition de montage EPS3

	CHARGES DE CALCUL (daN/m²)	POIDS ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS			
			EPAISSEUR (mm)											
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
CHARGE DESCENDANTE (1)	50	15	2,30	2,45	2,55	2,75	3,00	3,25	3,40	3,60	2,85	3,00	3,15	3,40
		30	2,15	2,30	2,45	2,70	2,55	2,95	3,30	3,55	2,55	2,95	3,05	3,30
		50	2,00	2,15	2,25	2,50	2,15	2,50	2,80	3,45	2,15	2,50	2,80	3,20
	60	15	2,20	2,35	2,45	2,65	2,70	3,10	3,25	3,50	2,70	2,90	3,00	3,25
		30	2,05	2,20	2,35	2,60	2,30	2,70	3,05	3,40	2,30	2,70	2,95	3,15
		50	1,90	2,05	2,20	2,40	1,95	2,30	2,60	3,20	1,95	2,30	2,60	3,10
	70	15	2,10	2,25	2,35	2,55	2,45	2,80	3,10	3,35	2,45	2,80	2,90	3,10
		30	1,95	2,10	2,25	2,50	2,15	2,50	2,80	3,30	2,15	2,50	2,80	3,05
		50	1,85	1,95	2,10	2,35	1,85	2,15	2,40	2,95	1,85	2,15	2,40	2,95
	80	15	2,00	2,15	2,25	2,45	2,20	2,60	2,90	3,25	2,20	2,60	2,80	3,00
		30	1,90	2,05	2,15	2,40	1,95	2,30	2,60	3,15	1,95	2,30	2,60	2,95
		50	1,75	1,90	2,00	2,25	1,70	2,00	2,25	2,75	1,70	2,00	2,25	2,75
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE (1)	80	15	2,30	2,45	2,55	2,75	2,65	3,10	3,40	3,60	2,65	3,00	3,15	3,40
		30	2,15	2,30	2,45	2,70	2,35	2,75	3,10	3,55	2,35	2,75	3,05	3,30
		50	2,00	2,15	2,25	2,50	2,05	2,40	2,70	3,30	2,05	2,40	2,70	3,20
	100	15	2,20	2,40	2,55	2,75	2,30	2,65	3,00	3,60	2,30	2,65	3,00	3,40
		30	2,10	2,25	2,40	2,70	2,05	2,40	2,70	3,30	2,05	2,40	2,70	3,30
		50	2,00	2,15	2,25	2,50	1,80	2,10	2,40	2,95	1,80	2,10	2,40	2,95
	125	15	2,05	2,20	2,35	2,60	1,95	2,25	2,55	3,10	1,95	2,25	2,55	3,10
		30	1,95	2,10	2,25	2,50	1,75	2,05	2,30	2,85	1,75	2,05	2,30	2,85
		50	1,85	2,00	2,10	2,35	1,60	1,85	2,10	2,60	1,60	1,85	2,10	2,60
	150	15	1,90	2,05	2,15	2,40	1,65	1,95	2,20	2,70	1,65	1,95	2,20	2,70
		30	1,80	1,95	2,10	2,35	1,55	1,80	2,05	2,50	1,55	1,80	2,05	2,50
		50	1,75	1,90	2,00	2,25	1,40	1,65	1,85	2,30	1,40	1,65	1,85	2,30
CHARGE DE DEPRESSION (2)	50	15	2,35	2,50	2,60	2,80	3,10	3,30	3,40	3,65	2,90	3,05	3,20	3,40
		30	2,20	2,35	2,50	2,75	2,65	3,05	3,35	3,60	2,65	3,00	3,10	3,35
		50	2,00	2,15	2,30	2,55	2,20	2,55	2,85	3,45	2,20	2,55	2,85	3,25
	75	15	2,35	2,50	2,60	2,80	3,10	3,30	3,40	3,65	2,90	3,05	3,20	3,40
		30	2,20	2,35	2,50	2,75	2,65	3,05	3,35	3,60	2,65	3,00	3,10	3,35
		50	2,00	2,15	2,30	2,55	2,20	2,55	2,85	3,45	2,20	2,55	2,85	3,25
	100	15	2,35	2,50	2,60	2,80	3,10	3,30	3,40	3,65	2,90	3,05	3,20	3,40
		30	2,20	2,35	2,50	2,75	2,65	3,05	3,35	3,60	2,65	3,00	3,10	3,35
		50	2,00	2,15	2,30	2,55	2,20	2,55	2,85	3,45	2,20	2,55	2,85	3,25

(1) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 15 daN/m²
(2) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 12 daN/m²

Charges de calcul : se reporter au §2.16.3

Particularités de mise en œuvre :
* Largeur minimale d'appui de 60 mm
* Fixation complète sur chaque appui - Espacement maximum de couturage de 0,75 m
* Rails INOVA PV LITE perpendiculaires aux nervures du profil INASTYL
* Prise des modules photovoltaïques par le petit coté
* Entretoise de 530 mm - Longueur minimale des rails 380 mmm
* Dimensions maximales des modules photovoltaïques (pose en TILT) : 1685 mm x 1015 mm
* Isolant sur la TAN : uniquement ROCKACIER C Nu d'épaisseur minimale 60 mm

2.16.3.2.5. INASTYL 46 – EPS5 – ROCKACIER C Nu

ArcelorMittal
ArcelorMittal Construction France

Version du 01/06/21

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément aux Règles N84 et V65

INASTYL 46 - Disposition de montage EPS5

	CHARGES DE CALCUL (daN/m²)	POIDS ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS			
			EPAISSEUR (mm)											
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
CHARGE DESCENDANTE (1)	50	15	2,45	2,60	2,70	2,90	3,10	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,55
		30	2,35	2,55	2,65	2,85	2,90	3,35	3,50	3,75	2,90	3,10	3,25	3,50
		50	2,15	2,35	2,50	2,75	2,45	2,80	3,20	3,60	2,45	2,80	3,15	3,35
	75	15	2,20	2,40	2,50	2,65	2,65	3,05	3,25	3,50	2,65	2,90	3,05	3,25
		30	2,10	2,25	2,40	2,60	2,35	2,70	3,05	3,40	2,35	2,70	2,95	3,20
		50	1,95	2,10	2,25	2,50	2,00	2,35	2,65	3,25	2,00	2,35	2,65	3,10
	100	15	2,00	2,15	2,30	2,50	2,15	2,50	2,85	3,25	2,15	2,50	2,80	3,05
		30	1,90	2,05	2,20	2,45	1,95	2,25	2,55	3,15	1,95	2,25	2,55	3,00
		50	1,80	1,95	2,05	2,30	1,70	2,00	2,25	2,80	1,70	2,00	2,25	2,80
	125	15	1,85	2,00	2,10	2,30	1,85	2,15	2,40	2,95	1,85	2,15	2,40	2,85
		30	1,75	1,90	2,00	2,25	1,65	1,95	2,20	2,70	1,65	1,95	2,20	2,70
		50	1,70	1,80	1,95	2,15	1,50	1,75	2,00	2,45	1,50	1,75	2,00	2,45
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE (1)	80	15	2,45	2,60	2,70	2,90	3,05	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,55
		30	2,35	2,55	2,65	2,85	2,70	3,15	3,50	3,75	2,70	3,10	3,25	3,50
		50	2,15	2,35	2,50	2,75	2,35	2,70	3,05	3,60	2,35	2,70	3,05	3,35
	100	15	2,40	2,60	2,70	2,90	2,60	3,00	3,40	3,80	2,60	3,00	3,30	3,55
		30	2,30	2,50	2,65	2,85	2,35	2,70	3,05	3,75	2,35	2,70	3,05	3,50
		50	2,15	2,35	2,50	2,75	2,05	2,40	2,70	3,35	2,05	2,40	2,70	3,35
	125	15	2,20	2,40	2,55	2,80	2,20	2,55	2,90	3,55	2,20	2,55	2,90	3,55
		30	2,15	2,30	2,45	2,70	2,00	2,35	2,65	3,25	2,00	2,35	2,65	3,25
		50	2,00	2,20	2,30	2,60	1,80	2,10	2,40	2,95	1,80	2,10	2,40	2,95
	150	15	2,05	2,25	2,35	2,65	1,90	2,20	2,50	3,10	1,90	2,20	2,50	3,10
		30	2,00	2,15	2,30	2,55	1,75	2,05	2,30	2,85	1,75	2,05	2,30	2,85
		50	1,90	2,05	2,20	2,45	1,60	1,85	2,10	2,60	1,60	1,85	2,10	2,60
CHARGE DE DEPRESSION (2)	50	15	2,45	2,60	2,70	2,90	3,10	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,55
		30	2,40	2,55	2,70	2,90	3,00	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,50
		50	2,20	2,35	2,50	2,80	2,50	2,90	3,25	3,65	2,50	2,90	3,15	3,40
	75	15	2,45	2,60	2,70	2,90	3,10	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,55
		30	2,40	2,55	2,70	2,90	3,00	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,50
		50	2,20	2,35	2,50	2,80	2,50	2,90	3,25	3,65	2,50	2,90	3,15	3,40
	100	15	2,45	2,60	2,70	2,90	3,10	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,55
		30	2,40	2,55	2,70	2,90	3,00	3,35	3,50	3,80	3,00	3,15	3,30	3,50
		50	2,20	2,35	2,50	2,80	2,50	2,90	3,25	3,65	2,50	2,90	3,15	3,40

(1) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 15 daN/m²
(2) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 12 daN/m²

Charges de calcul : se reporter au §2.16.3

Particularités de mise en œuvre :
* Largeur minimale d'appui de 60 mm
* Fixation complète sur chaque appui - Espacement maximum de couturage de 0,75 m
* Rails INOVA PV LITE perpendiculaires aux nervures du profil INASTYL
* Prise des modules photovoltaïques par le petit coté
* Entretoise de 530 mm - Longueur minimale des rails 580 mmm
* Dimensions maximales des modules photovoltaïques (pose en TILT) : 1685 mm x 1015 mm
* Isolant sur la TAN : uniquement ROCKACIER C Nu d'épaisseur minimale 60 mm

2.16.3.2.6. INASTYL 56 – APSI – ROCKACIER C Nu

ArcelorMittal
ArcelorMittal Construction France

Version du 01/06/21

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément aux Règles N84 et V65

INASTYL 56 - Disposition de montage APSI

	CHARGES DE CALCUL (daN/m²)	POIDS ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS			
			EPAISSEUR (mm)											
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
CHARGE DESCENDANTE (1)	50	15	2,95	3,10	3,25	3,45	3,85	4,05	4,20	4,50	3,60	3,80	3,95	4,25
		30	2,90	3,05	3,15	3,40	3,75	3,95	4,10	4,40	3,50	3,70	3,85	4,15
		50	2,80	2,95	3,05	3,30	3,60	3,80	3,95	4,25	3,40	3,55	3,70	4,00
	75	15	2,70	2,85	3,00	3,20	3,50	3,70	3,85	4,10	3,30	3,45	3,60	3,90
		30	2,65	2,80	2,90	3,15	3,40	3,60	3,75	4,05	3,20	3,40	3,55	3,80
		50	2,60	2,70	2,85	3,05	3,35	3,50	3,65	3,90	3,15	3,30	3,45	3,70
	100	15	2,55	2,65	2,75	3,00	3,25	3,40	3,55	3,85	3,05	3,25	3,35	3,60
		30	2,50	2,60	2,70	2,90	3,20	3,35	3,50	3,75	3,00	3,15	3,30	3,55
		50	2,40	2,55	2,65	2,85	3,10	3,30	3,40	3,70	2,95	3,10	3,20	3,45
	125	15	/	2,50	2,60	2,80	3,00	3,20	3,30	3,60	2,85	3,00	3,15	3,40
		30	/	2,45	2,55	2,75	3,00	3,15	3,30	3,55	2,85	3,00	3,10	3,35
		50	/	2,40	2,50	2,70	2,75	3,10	3,25	3,50	2,75	2,95	3,05	3,30
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE (1)	80	15	2,95	3,10	3,25	3,45	3,85	4,05	4,20	4,50	3,60	3,80	3,95	4,25
		30	2,90	3,05	3,15	3,40	3,75	3,95	4,10	4,40	3,50	3,70	3,85	4,15
		50	2,80	2,95	3,05	3,30	3,60	3,80	3,95	4,25	3,40	3,55	3,70	4,00
	100	15	2,95	3,10	3,25	3,45	3,85	4,05	4,20	4,50	3,60	3,80	3,95	4,25
		30	2,90	3,05	3,15	3,40	3,75	3,95	4,10	4,40	3,50	3,70	3,85	4,15
		50	2,80	2,95	3,05	3,30	3,60	3,80	3,95	4,25	3,40	3,55	3,70	4,00
	125	15	2,95	3,10	3,25	3,45	3,85	4,05	4,20	4,50	3,60	3,80	3,95	4,25
		30	2,90	3,05	3,15	3,40	3,65	3,95	4,10	4,40	3,50	3,70	3,85	4,15
		50	2,80	2,95	3,05	3,30	3,30	3,80	3,95	4,25	3,30	3,55	3,70	4,00
	150	15	2,90	3,10	3,25	3,45	3,45	3,85	4,10	4,50	3,45	3,80	3,95	4,25
		30	2,80	3,05	3,15	3,40	3,20	3,75	4,00	4,40	3,20	3,70	3,85	4,15
		50	2,70	2,95	3,05	3,30	2,95	3,45	3,80	4,25	2,95	3,45	3,70	4,00
CHARGE DE DEPRESSION (2)	50	15	2,95	3,10	3,25	3,45	3,90	4,10	4,25	4,55	3,60	3,80	3,95	4,25
		30	2,95	3,10	3,20	3,45	3,80	4,00	4,15	4,45	3,55	3,75	3,90	4,20
		50	2,80	2,95	3,10	3,30	3,65	3,85	4,00	4,30	3,45	3,60	3,75	4,05
	75	15	2,95	3,10	3,25	3,45	3,90	4,10	4,25	4,55	3,60	3,80	3,95	4,25
		30	2,95	3,10	3,20	3,45	3,80	4,00	4,15	4,45	3,55	3,75	3,90	4,20
		50	2,80	2,95	3,10	3,30	3,65	3,85	4,00	4,30	3,45	3,60	3,75	4,05
	100	15	2,95	3,10	3,25	3,45	3,70	4,05	4,25	4,55	3,60	3,80	3,95	4,25
		30	2,95	3,10	3,20	3,45	3,80	4,00	4,15	4,45	3,55	3,75	3,90	4,20
		50	2,80	2,95	3,10	3,30	3,65	3,85	4,00	4,30	3,45	3,60	3,75	4,05

(1) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 15 daN/m²
(2) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 12 daN/m²

Charges de calcul : se reporter au §2.16.3

Particularités de mise en œuvre :
* Largeur minimale d'appui de 60 mm
* Fixation complète sur chaque appui - Espacement maximum de couturage de 0,75 m
* Rails INOVA PV LITE parallèles aux nervures du profil INASTYL
* Prise des modules photovoltaïques par le petit coté
* Entretoise de 530 mm - Longueur minimale des rails 380 mmm
* Dimensions maximales des modules photovoltaïques (pose en TILT) : 1685 mm x 1015 mm
* Isolant sur la TAN : uniquement ROCKACIER C Nu d'épaisseur minimale 60 mm

2.16.3.2.7. INASTYL 74 – APSI – ROCKACIER C Nu

ArcelorMittal
ArcelorMittal Construction France

Version du 02/06/21

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément aux Règles N84 et V65

INASTYL 74 - Disposition de montage APSI

	CHARGES DE CALCUL (daN/m²)	POIDS ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS			
			EPAISSEUR (mm)											
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
CHARGE DESCENDANTE (1)	50	15	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		30	3,55	3,75	3,90	4,15	4,60	4,95	5,15	5,55	4,35	4,60	4,80	5,10
		50	3,40	3,60	3,75	4,00	4,40	4,75	5,00	5,35	4,20	4,45	4,60	4,95
	75	15	3,35	3,50	3,65	3,90	4,45	4,65	4,85	5,20	4,10	4,30	4,50	4,85
		30	3,25	3,45	3,55	3,85	4,30	4,55	4,75	5,10	4,00	4,20	4,40	4,70
		50	3,15	3,35	3,45	3,70	4,00	4,35	4,60	4,95	3,90	4,10	4,25	4,60
	100	15	3,10	3,25	3,40	3,65	4,15	4,35	4,55	4,85	3,80	4,02	4,20	4,50
		30	3,05	3,20	3,35	3,60	3,95	4,25	4,45	4,75	3,75	3,95	4,10	4,40
		50	2,90	3,10	3,25	3,50	3,65	4,00	4,25	4,65	3,65	3,85	4,00	4,30
	125	15	2,90	3,05	3,20	3,45	3,80	4,05	4,25	4,55	3,55	3,75	3,95	4,25
		30	2,80	3,00	3,15	3,40	3,55	3,95	4,20	4,50	3,55	3,75	3,90	4,15
		50	2,65	2,90	3,05	3,30	3,20	3,70	4,00	4,40	3,20	3,65	3,80	4,10
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE (1)	80	15	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		30	3,55	3,75	3,90	4,15	4,60	4,95	5,15	5,55	4,35	4,60	4,80	5,10
		50	3,40	3,60	3,75	4,00	4,40	4,75	5,00	5,35	4,20	4,45	4,60	4,95
	100	15	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		30	3,55	3,75	3,90	4,15	4,60	4,95	5,15	5,55	4,35	4,60	4,80	5,10
		50	3,40	3,60	3,75	4,00	4,40	4,75	5,00	5,35	4,20	4,45	4,60	4,95
	125	15	3,50	3,75	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		30	3,35	3,65	3,85	4,15	4,25	4,80	5,10	5,55	4,25	4,60	4,80	5,10
		50	3,20	3,50	3,70	4,00	3,85	4,45	4,90	5,35	3,85	4,45	4,60	4,95
	150	15	3,25	3,50	3,75	4,15	4,00	4,65	4,95	5,50	4,00	4,65	4,85	5,20
		30	3,15	3,40	3,60	4,00	3,75	4,35	4,80	5,35	3,75	4,35	4,80	5,10
		50	3,05	3,25	3,45	3,85	3,40	3,95	4,50	5,10	3,40	3,95	4,50	4,95
CHARGE DE DEPRESSION (2)	50	15	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		30	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		50	3,45	3,65	3,80	4,05	4,45	4,80	5,05	5,40	4,25	4,50	4,65	5,00
	75	15	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		30	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		50	3,45	3,65	3,80	4,05	4,45	4,80	5,05	5,40	4,25	4,50	4,65	5,00
	100	15	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		30	3,60	3,80	3,95	4,20	4,60	4,95	5,25	5,60	4,45	4,65	4,85	5,20
		50	3,45	3,65	3,80	4,05	4,45	4,80	5,05	5,40	4,25	4,50	4,65	5,00

(1) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 15 daN/m²
(2) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 12 daN/m²

Charges de calcul : se reporter au §2.16.3

Particularités de mise en œuvre :
* Largeur minimale d'appui de 60 mm
* Fixation complète sur chaque appui - Espacement maximum de couturage de 0,75 m
* Rails INOVA PV LITE parallèles aux nervures du profil INASTYL
* Prise des modules photovoltaïques par le petit coté
* Entretoise de 530 mm - Longueur minimale des rails 380 mmm
* Dimensions maximales des modules photovoltaïques (pose en TILT) : 1685 mm x 1015 mm
* Isolant sur la TAN : uniquement ROCKACIER C Nu d'épaisseur minimale 60 mm

2.16.3.2.8. INASTYL 74 – EPSI – ROCKACIER C Nu

ArcelorMittal
ArcelorMittal Construction France

Version du 02/06/21

TABLEAU D'UTILISATION (pour travées égales) - Charges déterminées conformément aux Règles N84 et V65

INASTYL 74 - Disposition de montage EPSI

	CHARGES DE CALCUL (daN/m²)	POIDS ISOLANT + ETANCHEITE (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS				4 APPUIS ET PLUS			
			EPAISSEUR (mm)											
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
CHARGE DESCENDANTE (1)	50	15	3,30	3,45	3,60	3,85	4,25	4,50	4,65	5,00	4,00	4,20	4,40	4,70
		30	3,20	3,35	3,50	3,75	4,00	4,30	4,60	4,90	3,90	4,10	4,30	4,60
		50	3,05	3,30	3,40	3,65	3,70	3,95	4,20	4,65	3,70	3,95	4,15	4,45
	75	15	2,95	3,15	3,25	3,50	3,85	4,05	4,25	4,55	3,60	3,80	3,95	4,25
		30	2,90	3,10	3,20	3,45	3,60	3,90	4,10	4,50	3,55	3,75	3,90	4,20
		50	2,75	3,00	3,15	3,35	3,35	3,60	3,85	4,25	3,35	3,60	3,85	4,10
	100	15	2,75	2,90	3,00	3,25	3,45	3,75	3,90	4,20	3,35	3,50	3,70	3,95
		30	2,70	2,85	3,00	3,20	3,25	3,55	3,75	4,15	3,25	3,50	3,65	3,90
		50	2,55	2,75	2,90	3,15	2,85	3,35	3,55	3,95	2,85	3,35	3,55	3,85
	125	15	2,55	2,70	2,80	3,00	3,05	3,45	3,65	3,90	3,05	3,25	3,40	3,70
		30	2,50	2,70	2,80	3,00	2,80	3,25	3,50	3,90	2,80	3,25	3,40	3,70
		50	2,40	2,55	2,70	3,00	2,50	2,90	3,30	3,70	2,50	2,90	3,30	3,65
CHARGE DE NEIGE ACCIDENTELLE (1)	80	15	3,30	3,45	3,60	3,85	4,25	4,50	4,65	5,00	4,00	4,20	4,40	4,70
		30	3,20	3,35	3,50	3,75	4,00	4,30	4,60	4,90	3,90	4,10	4,30	4,60
		50	3,05	3,30	3,40	3,65	3,70	3,95	4,20	4,65	3,70	3,95	4,15	4,45
	100	15	3,30	3,45	3,60	3,85	4,25	4,50	4,65	5,00	4,00	4,20	4,40	4,70
		30	3,20	3,35	3,50	3,75	3,90	4,30	4,60	4,90	3,90	4,10	4,30	4,60
		50	3,05	3,30	3,40	3,65	3,45	3,95	4,20	4,65	3,45	3,95	4,15	4,45
	125	15	3,15	3,40	3,60	3,85	3,65	4,25	4,60	5,00	3,65	4,20	4,40	4,70
		30	3,00	3,25	3,45	3,75	3,35	3,90	4,40	4,90	3,35	3,90	4,30	4,60
		50	2,85	3,10	3,25	3,65	3,00	3,50	3,95	4,65	3,00	3,50	3,95	4,45
	150	15	2,90	3,15	3,35	3,70	3,15	3,70	4,15	4,75	3,15	3,70	4,15	4,70
		30	2,80	3,05	3,25	3,60	2,95	3,40	3,85	4,60	2,95	3,40	3,85	4,60
		50	2,70	2,90	3,10	3,45	2,65	3,10	3,50	4,35	2,65	3,10	3,50	4,35
CHARGE DE DEPRESSION (2)	50	15	3,35	3,50	3,65	3,90	4,35	4,55	4,75	5,10	4,05	4,25	4,45	4,75
		30	3,25	3,40	3,55	3,80	4,10	4,40	4,65	4,95	3,95	4,15	4,35	4,65
		50	3,10	3,30	3,45	3,70	3,75	4,00	4,25	4,70	3,75	4,00	4,20	4,55
	75	15	3,35	3,50	3,65	3,90	4,35	4,55	4,75	5,10	4,05	4,25	4,45	4,75
		30	3,25	3,40	3,55	3,80	4,10	4,40	4,65	4,95	3,95	4,15	4,35	4,65
		50	3,10	3,30	3,45	3,70	3,75	4,00	4,25	4,70	3,75	4,00	4,20	4,55
	100	15	3,10	3,50	3,65	3,90	4,05	4,55	4,75	5,10	4,05	4,25	4,45	4,75
		30	3,25	3,40	3,55	3,80	4,10	4,40	4,65	4,95	3,95	4,15	4,35	4,65
		50	3,10	3,30	3,45	3,70	3,75	4,00	4,25	4,70	3,75	4,00	4,20	4,55

(1) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 15 daN/m²
(2) : charge permanente due au procédé INOVA PV LITE prise égale à 12 daN/m²

Charges de calcul : se reporter au §2.16.3

Particularités de mise en œuvre :
* Largeur minimale d'appui de 60 mm
* Fixation complète sur chaque appui - Espacement maximum de couturage de 0,75 m
* Rails INOVA PV LITE perpendiculaires aux nervures du profil INASTYL
* Prise des modules photovoltaïques par le petit coté
* Entretoise de 530 mm - Longueur minimale des rails 380 mmm
* Dimensions maximales des modules photovoltaïques (pose en TILT) : 1685 mm x 1015 mm
* Isolant sur la TAN : uniquement ROCKACIER C Nu d'épaisseur minimale 60 mm

2.16.3.3. Exemple de dimensionnement d'un profil INASTYL

Les données de l'exemple traité sont :

- situation du projet :
- région de neige C2,
- altitude inférieure à 200 m,
- zone de vent 2,
- site normal,
- données bâtiment :
- structure porteuse en acier d'épaisseur supérieure à 3 mm,
- pente de versants de 3,1%,
- versants plans,
- dimensions permettant l'application simplifiée des règles V 65 ,
- hauteur 15 mètres,
- bâtiment fermé,
- procédé photovoltaïque :
- implantation de la centrale photovoltaïque en partie courante de toiture,
- poids surfacique du procédé compris entre 12 daN/m^2 et 15 daN/m^2 (ce poids propre n'est pas à prendre en compte puisqu'il a déjà été intégré dans le calcul des portées des TAN),
- configuration APSI
- système de toiture :
  - profil INASTYL 56 en épaisseur de 0,75 mm,
  - isolant thermique pour un poids surfacique de 22 daN/m^2,
  - revêtement d'étanchéité pour un poids surfacique de 8 daN/m².

La détermination des charges de calcul s'effectue comme suit :

- charge descendante : neige normale qui vaut 0,8 x 65 + 10 = 62 daN/m² → lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m^2,
- charge de neige accidentelle : valant 0,8 x 135 + 10 = 118 daN/m^2 → lecture dans le tableau d'utilisation avec 125 daN/m^2,
- charge ascendante applicable au profil : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 62 daN/m^2 → lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m^2,
- charges ascendantes applicables aux assemblages des profilés INASTYL 56 sur la structure porteuse : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 59 daN/m^2 pour la partie courante,
- poids de l'isolation thermique et du revêtement d'étanchéité : 22 + 8 = 30 daN/m² → lecture dans les tableaux d'utilisation avec 30 daN/m².

L'ensemble de la toiture doit être vérifié en usage traditionnel, sans la centrale photovoltaïque, conformément au DTU 43.3. En effet, la centrale photovoltaïque n'occupe pas la totalité de la toiture et l'installation de celle-ci peut être décalée dans le temps.

La détermination des différentes portées maximales d'utilisation s'effectue comme suit :

- sous l'effet de la charge descendante :
  - sur 2 appuis : 2,65 m,
  - sur 3 appuis : 3,40 m,
  - sur 4 appuis et plus : 3,20 m,
- sous l'effet de la charge de neige accidentelle :
  - sur 2 appuis : 2,90 m,
  - sur 3 appuis : 3,65 m,
  - sur 4 appuis et plus : 3,50 m,
- sous l'effet de la charge ascendante :
  - sur 2 appuis : 2,95 m,
  - sur 3 appuis : 3,80 m,
  - sur 4 appuis et plus : 3,55 m.

La détermination de la portée maximale d'utilisation définitive s'effectue en retenant le minimum admissible pour chaque cas de pose :

- sur 2 appuis : minimum (2,65 m ; 2,90 m ; 2,95 m) = 2,65 m,
- sur 3 appuis : minimum (3,40 m ; 3,65 m ; 3,80 m) = 3,40 m,
- sur 4 appuis et plus : minimum (3,20 m ; 3,50 m ; 3,55 m) = 3,20 m.

La détermination forfaitaire de la valeur minimale de la résistance à l'arrachement des assemblages des profilés INASTYL sur la structure porteuse s'effectue comme suit :

$$1{,}35 \times 3{,}40 \times \left(1{,}75 \times 45 - (12 + 7{,}84 + 30)\right) \leq \frac{2 \times P_k}{1{,}20}$$

Soit une valeur minimale de Pk de 80 daN.

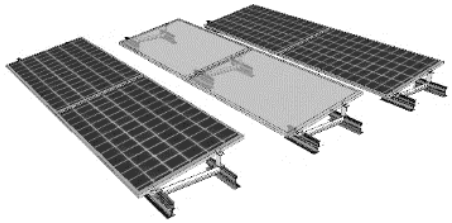
3. Annexes graphiques

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

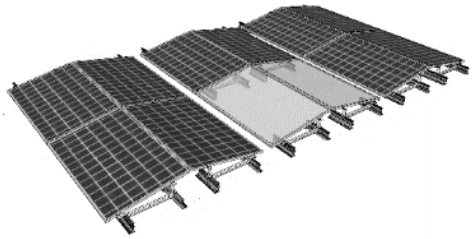
SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1- Configurations de pose 46
Figure 2 - Ossature support iNovaPV Lite pré-assemblée en usine 46
Figure 3 - Détails d'assemblage 47
Figure 4 - Brides centrales 48
Figure 5 - Brides latérales – cadre du module de hauteur 35 mm 48
Figure 6 - Brides latérales – cadre du module de hauteur 42 mm 48
Figure 7 – Rehausse Tilt basse de 10° 49
Figure 8 – Rehausse Tilt haute de 10° 49
Figure 9 - Attelage de fixations admis 50
Figure 10 – Exemple de plan de cablage des modules photovoltaiques et maintien des câbles 51
Figure 11 – Mise à la terre des modules 52
Figure 12– Exemple de câblage de la mise à la terre 53
Figure 13– Mise à la terre des ossatures supports iNovaPV Lite 54
Figure 14– Crosse de passage de câble 55
Figure 15– Principe d'implantation des champs photovoltaiques 56
Figure 16– Exemple de plan Tout Corps d'Etat 57
Figure 17 – Exemple de plan d'implantation des ossatures supports iNovaPV Lite 58
Figure 18 – Etapes de mise en oeuvre des ossatures supports iNovaPV Lite Tilt 59
Figure 19 – Positionnement des bandes de raccordement Parafor iNova (cf § 2.4.3.1.3 et § 2.10.5.3.2) 61
Figure 20 – Montage des panneaux 62
Figure 21– Schéma de principe d'implantation avec ossature support iNovaPV Lite 40 E 53 Mono-Orientation 63
Figure 22 – Schéma de principe d'implantation avec ossature support iNovaPV Lite 40 E 53 Bi-Orientation 64
Figure 23 – Zonage de toitures 65

Figure 1- Configurations de pose

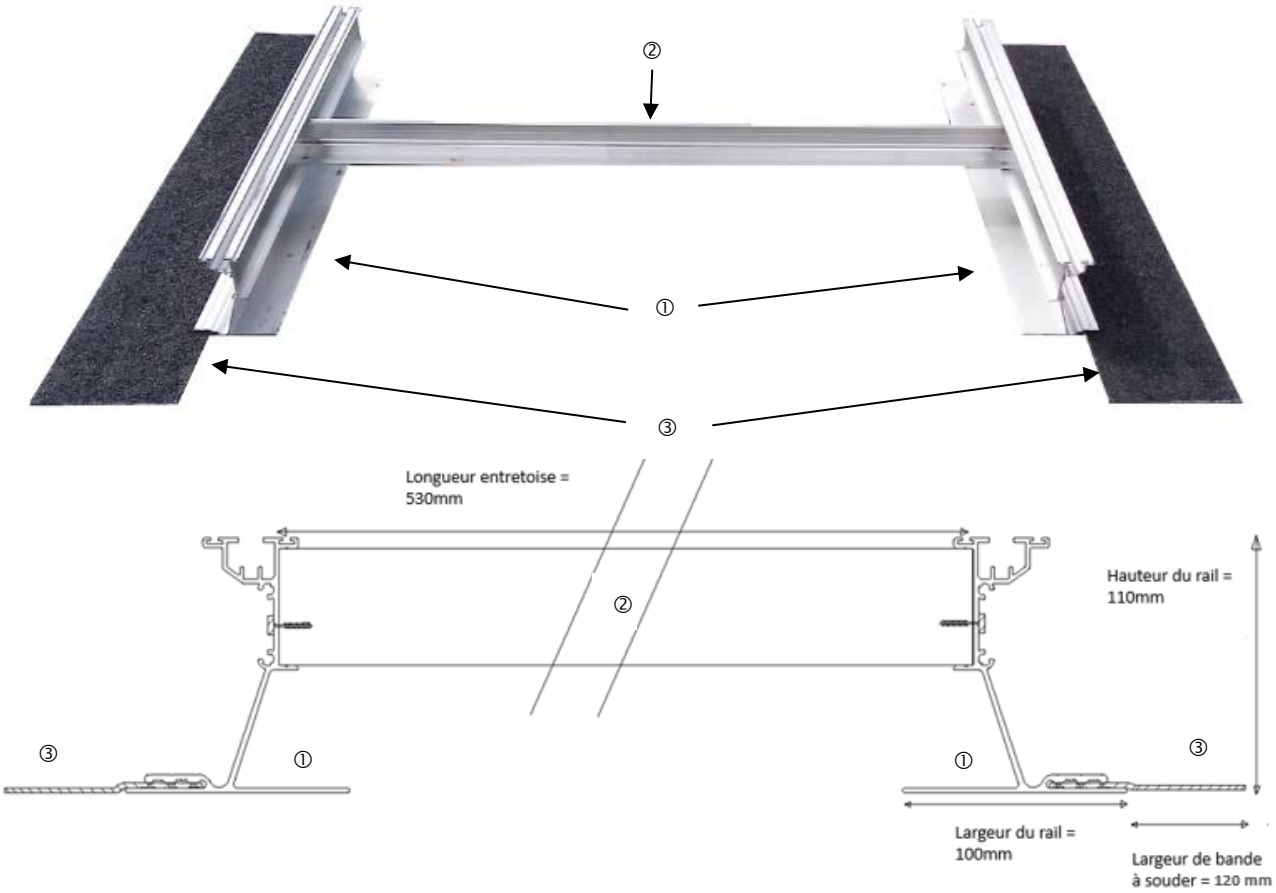


Mono-orientation



Bi-orientation

Figure 2 - Ossature support iNovaPV Lite pré-assemblée en usine

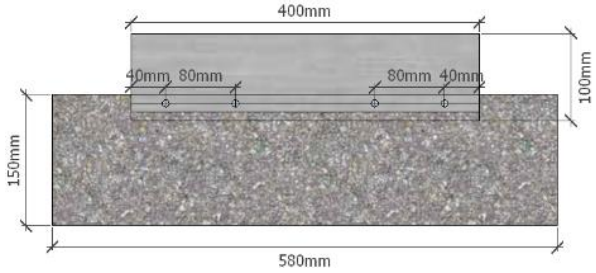


① *Rails porteurs*

② *Entretoise*

③ *Bandes de raccordement Parafor iNova pré-assemblées en usine*

Bande sur Rail - iNovaPV Lite 40 E 53



Bande sur Rail - iNovaPV Lite 58 E 53

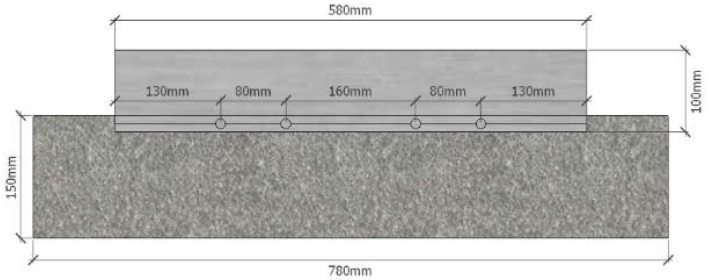
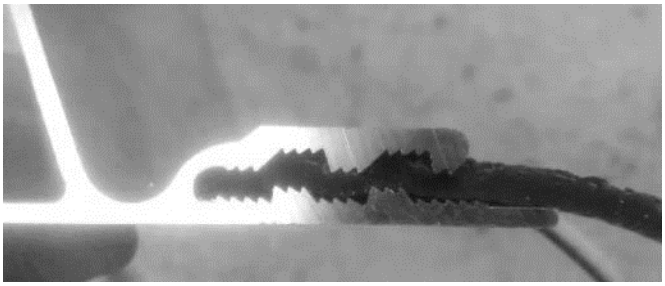
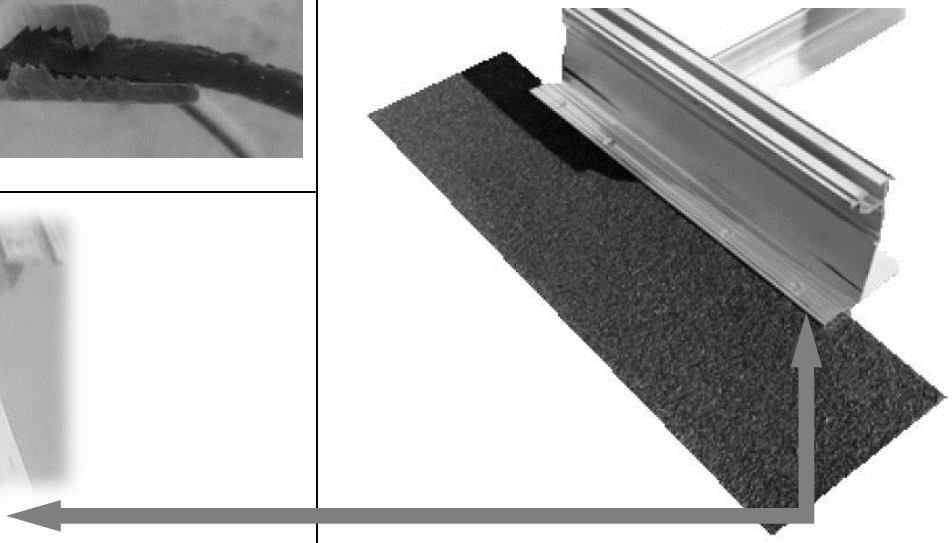


Figure 3 - Détails d'assemblage

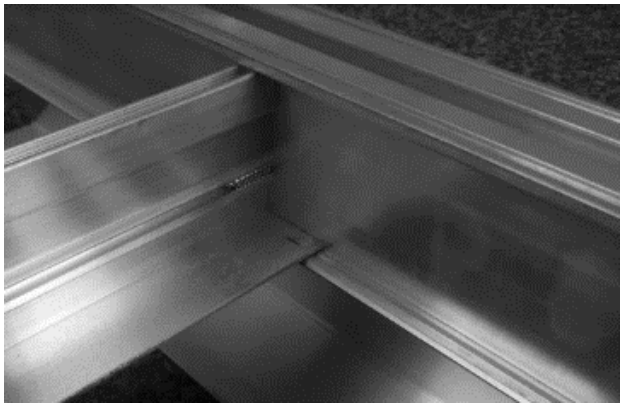


Écrasement de la bande de raccordement Parafor iNova entre les mâchoires du rail

et clinchage par poinçonnement des mâchoires



Détail de l'assemblage de l'entretoise (partie représentée dans le cercle ci-avant)



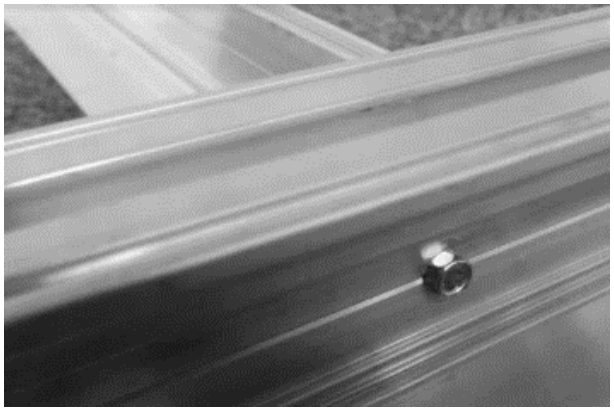


Figure 4 - Brides centrales

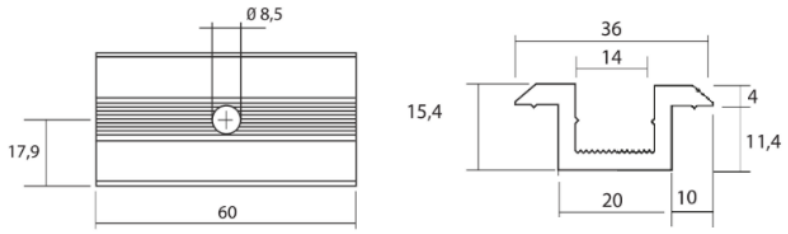


Figure 5 - Brides latérales – cadre du module de hauteur 35 mm

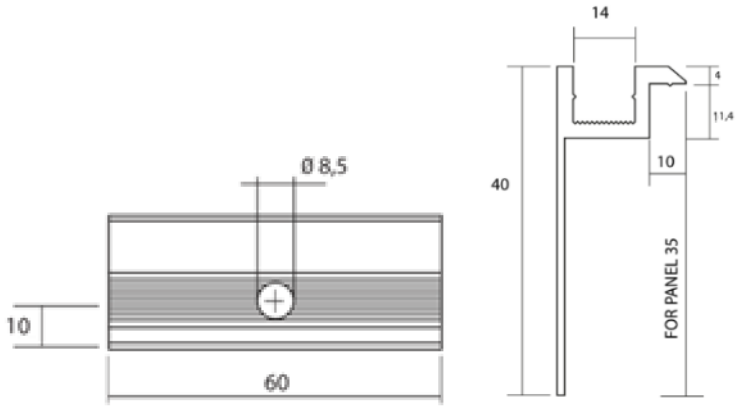


Figure 6 - Brides latérales – cadre du module de hauteur 42 mm

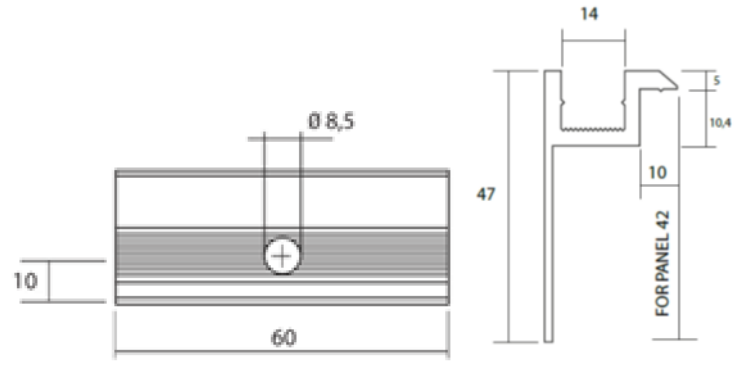


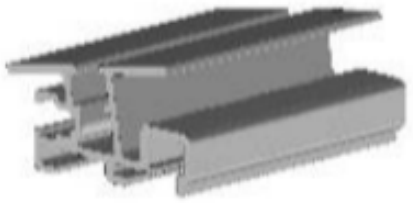
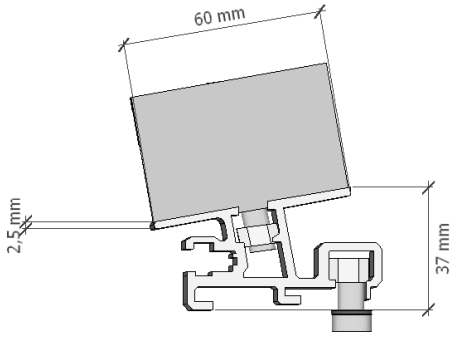
Figure 7 – Rehausse Tilt basse de 10°	
	

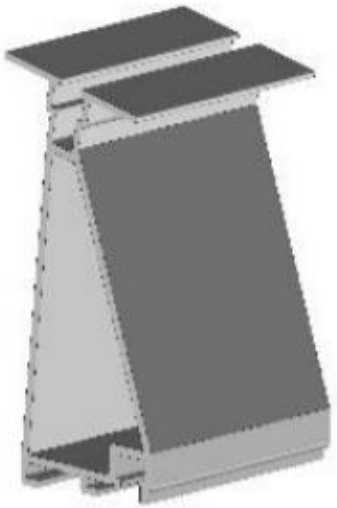
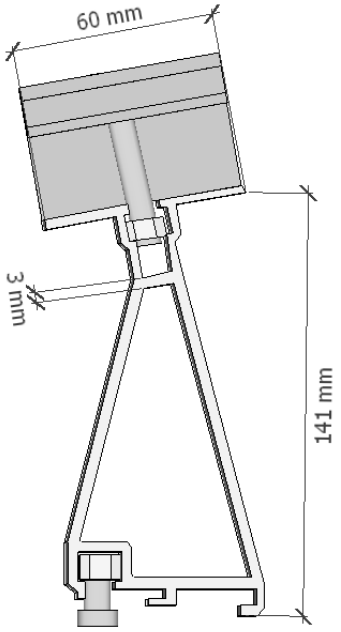
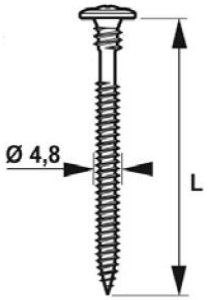
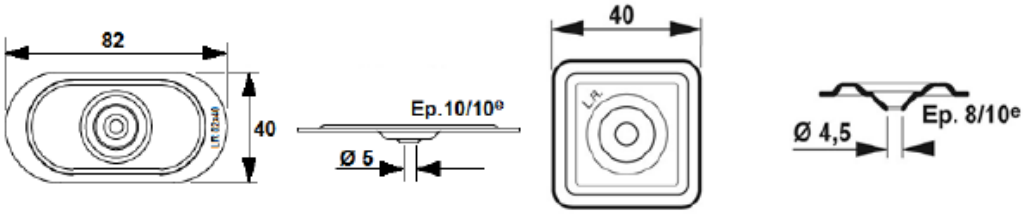
Figure 8 – Rehausse Tilt haute de 10°	
	

Figure 9 - Attelage de fixations admis

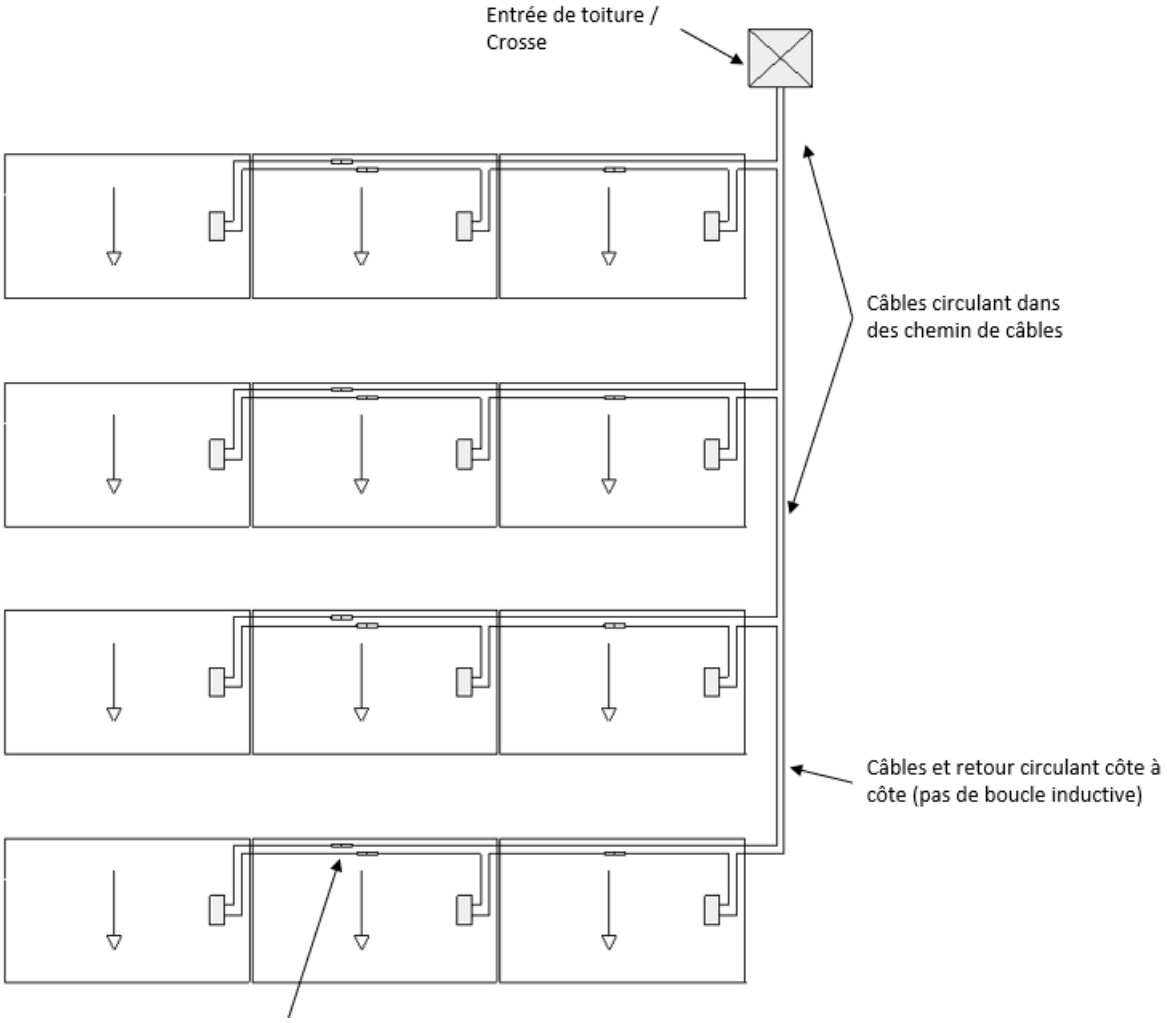


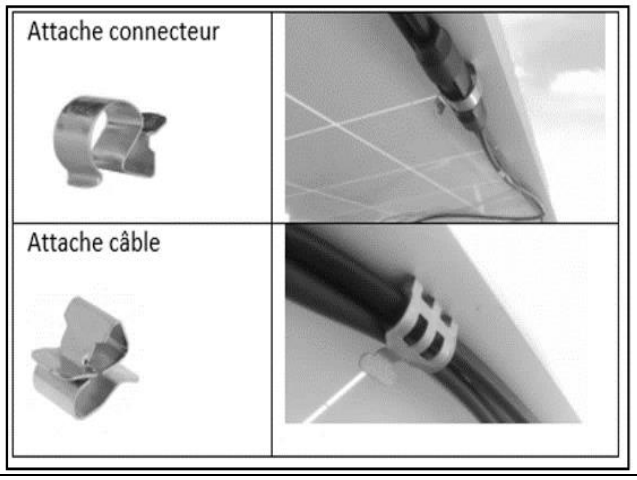
vis de diamètre 4.8 mm minimum et de Pk 1520 N minimum



plaquettes de répartitions métalliques

Figure 10 – Exemple de plan de cablage des modules photovoltaiques et maintien des câbles

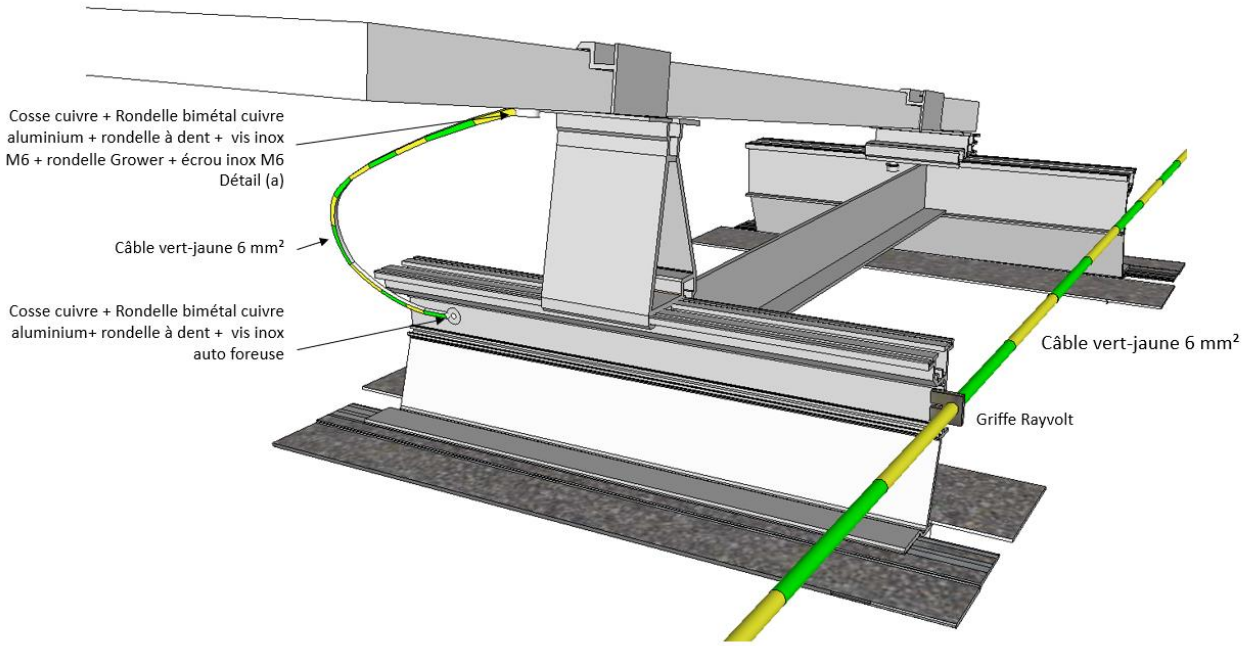




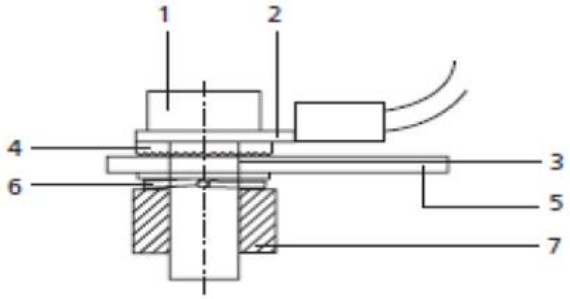
Câbles maintenus sur l'ossature support ou le module (pas de contact entre les câbles ou connecteurs et le revêtement d'étanchéité)

Figure 11 – Mise à la terre des modules

La mise à la terre de chaque module est réalisée d'une part, au niveau du cadre du module dans un des trous prévus à cet effet, et d'autre part, sur le rail principal de l'ossature support iNovaPV Lite à l'aide d'un câble vert/jaune de section 6 mm², de cosses à œil en cuivre, de rondelles bimétal cuivre/aluminium et de vis auto perceuses.



Détail (a) :



1 – Vis inox M6
2- Cosse cuivre + câble 6 mm²
3- Rondelle bi métal cuivre -aluminium
4- Rondelle à dents
5- Cadre du module
6- Rondelle Grower
7-Ecrou M6

Figure 12– Exemple de câblage de la mise à la terre

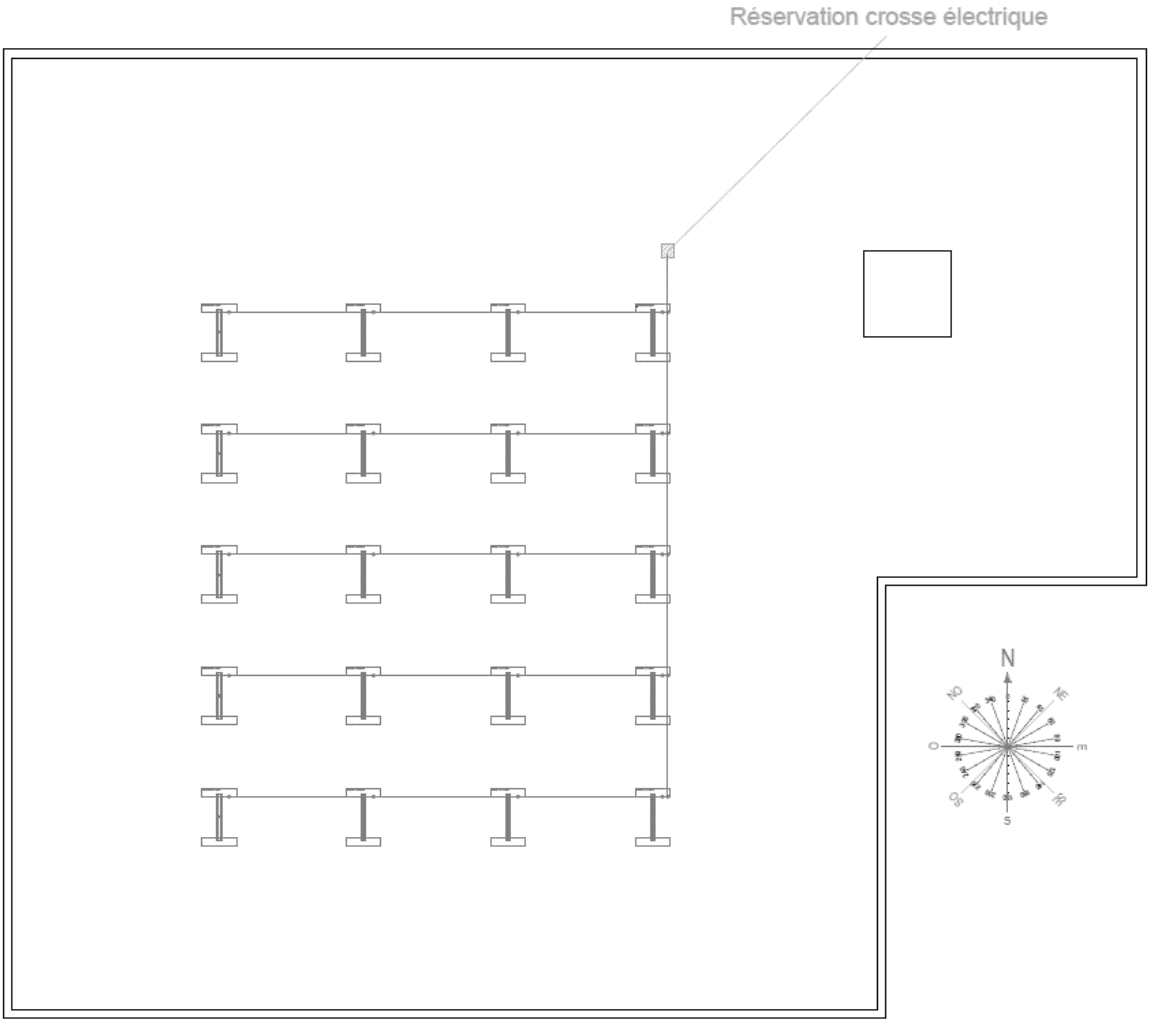
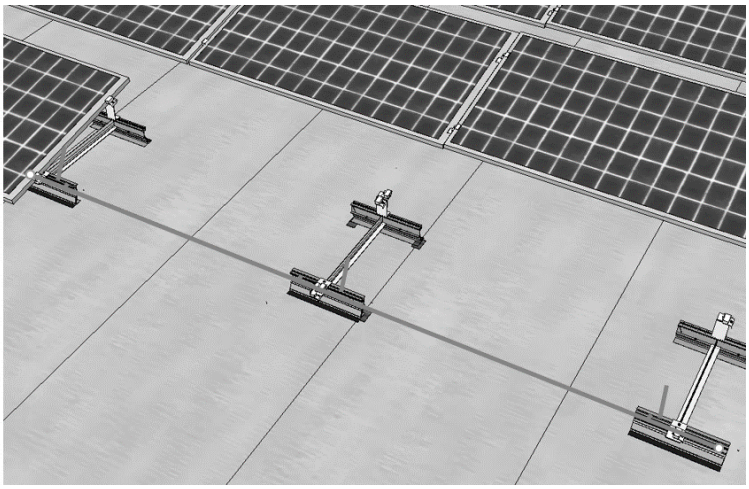
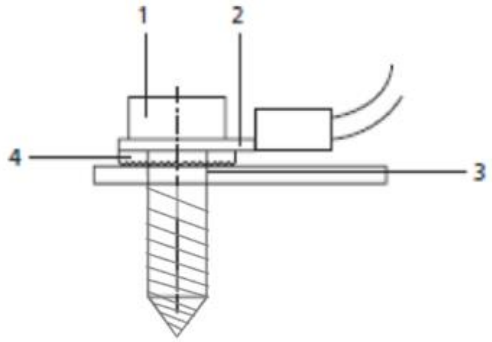


Figure 13– Mise à la terre des ossatures supports iNovaPV Lite





1 – Vis auto-perceuse diamètre 4.8
2- Cosse de masse à œil en cuivre
et rondelle bi métal Cu – Al
3- Rail iNovaPV LITE
4- Rondelle

Rayvolt® Clip de
mise à la terre
Réf 220492

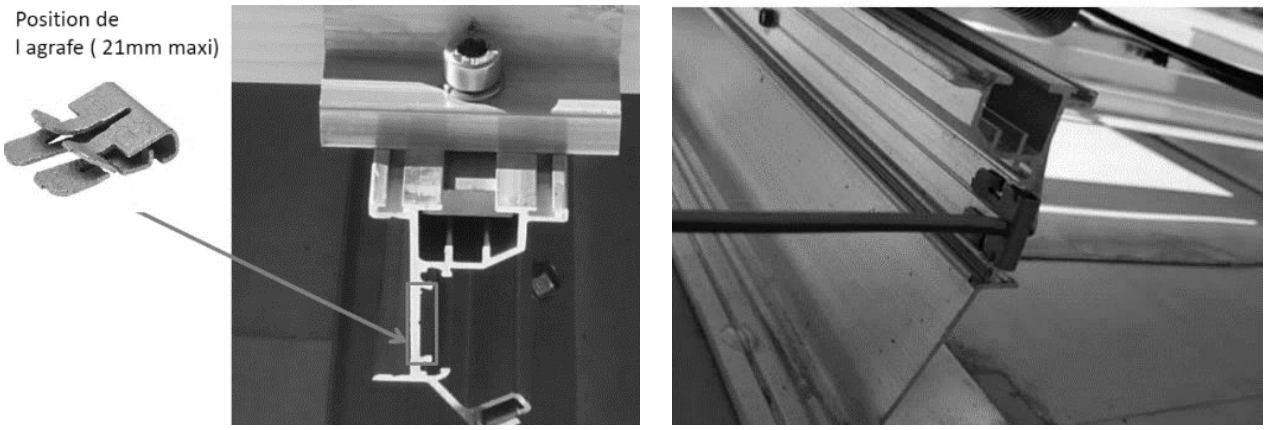
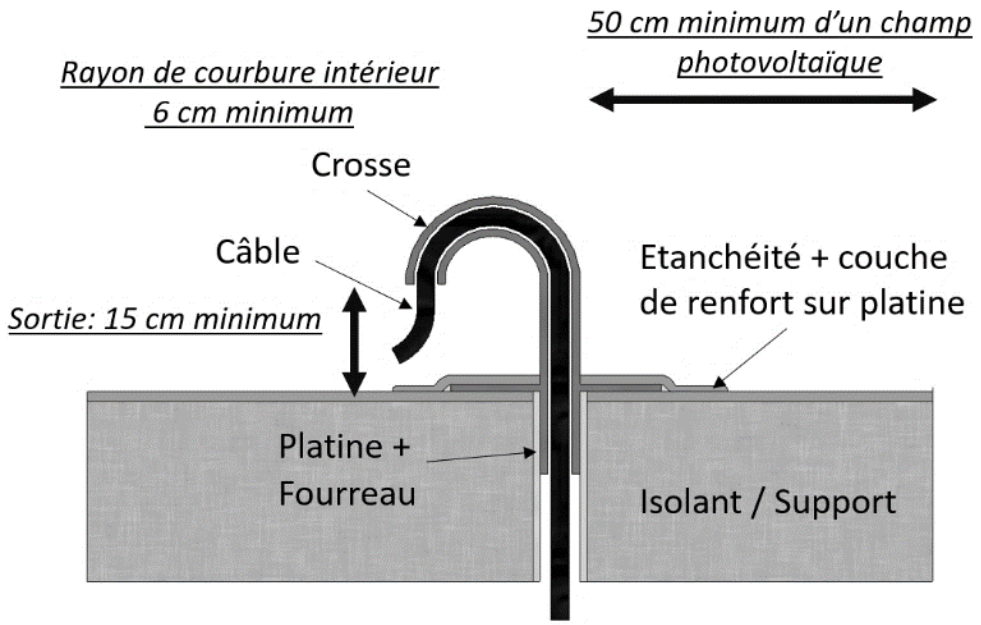


Figure 14– Crosse de passage de câble



Crosses conformes aux DTU série 43.

Figure 15– Principe d'implantation des champs photovoltaiques

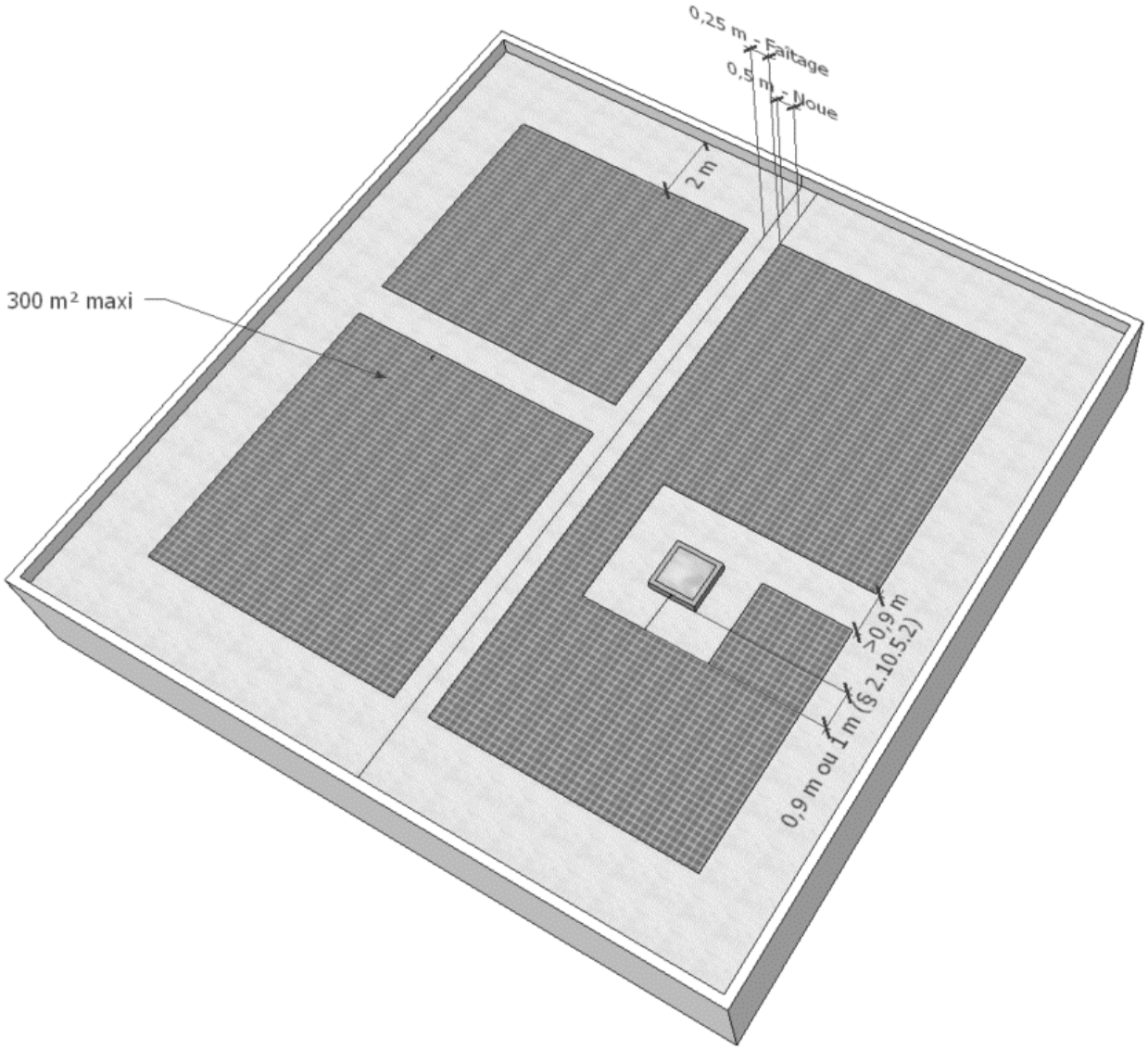


Figure 16– Exemple de plan Tout Corps d'Etat

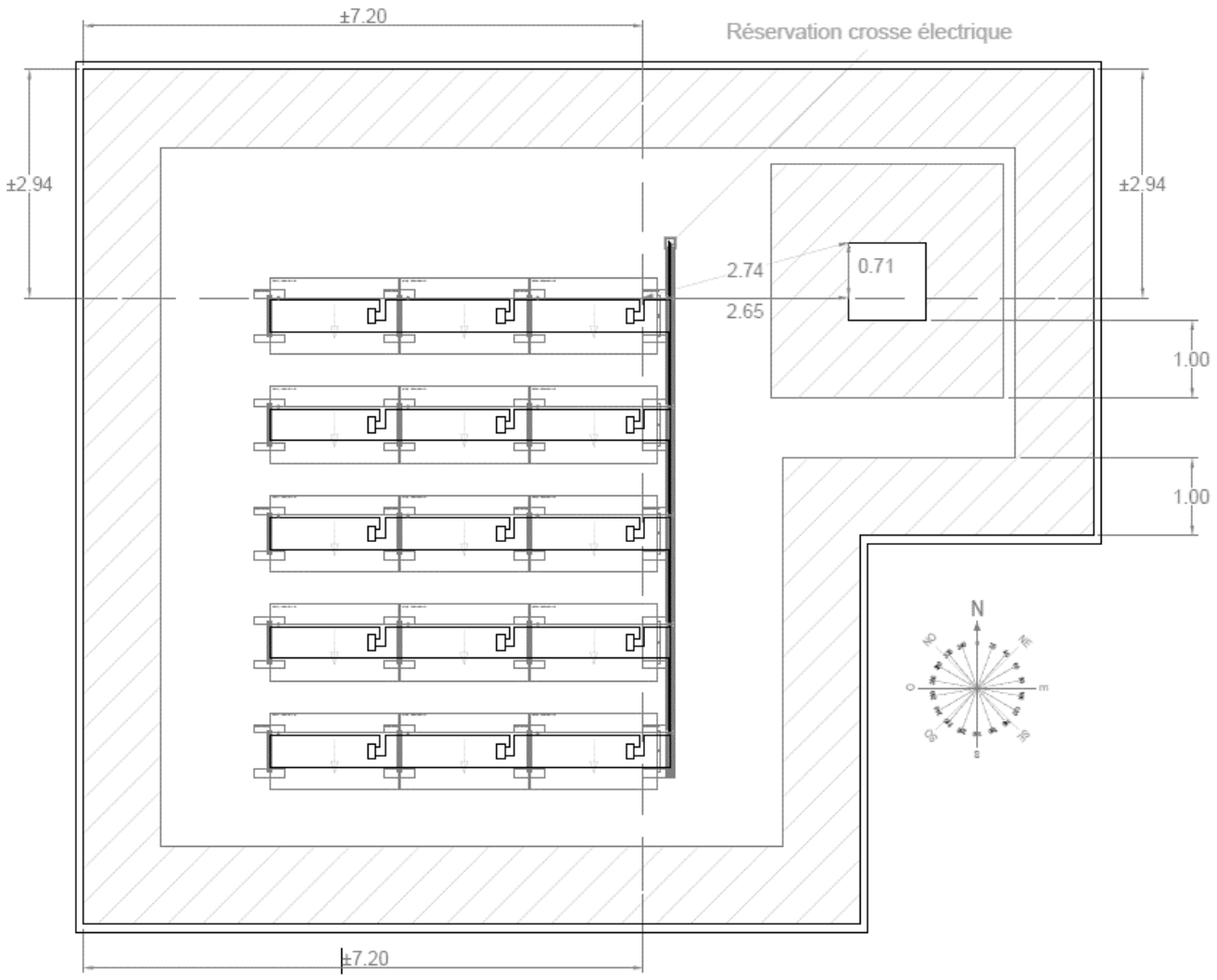


Figure 17 – Exemple de plan d'implantation des ossatures supports iNovaPV Lite

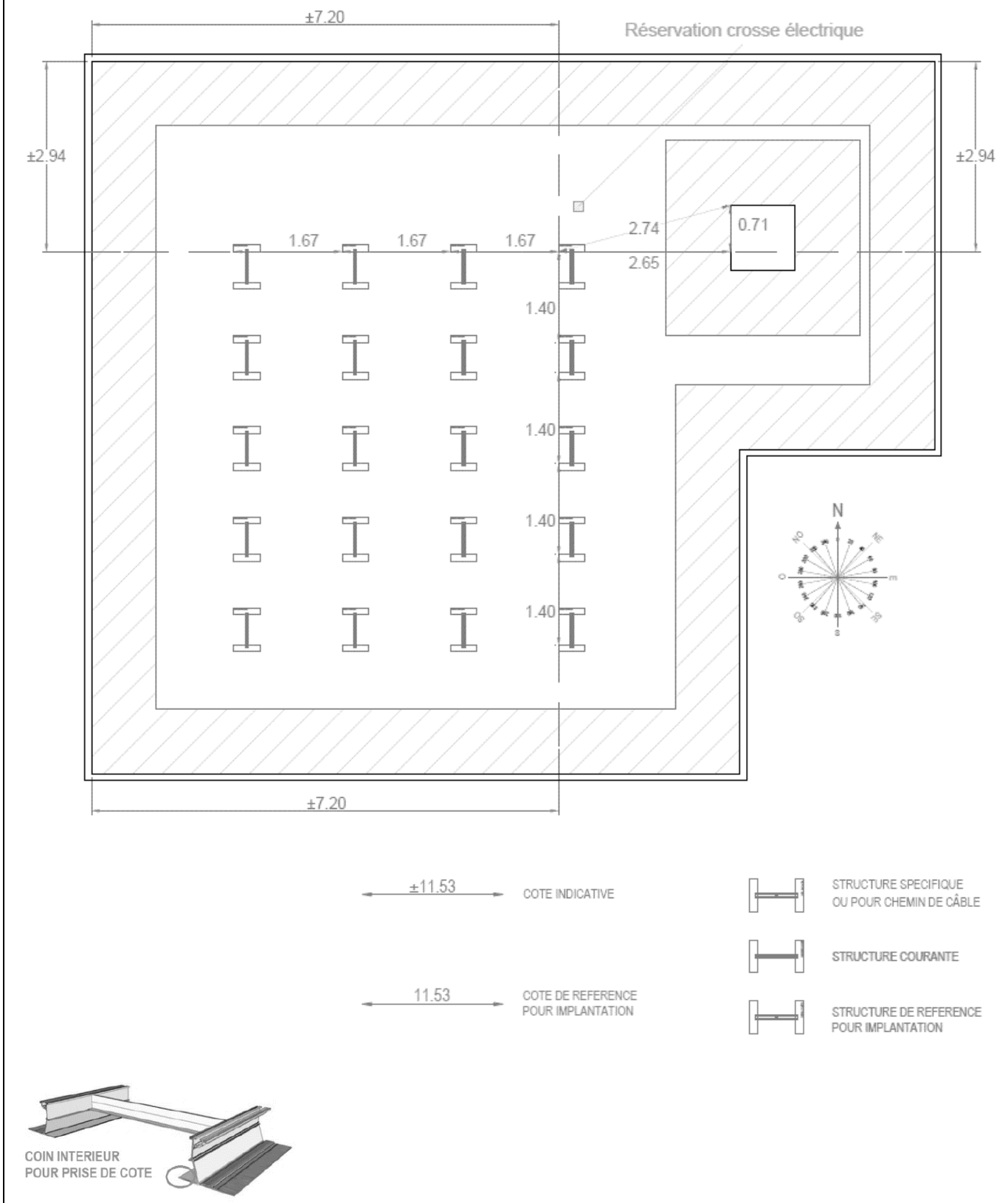


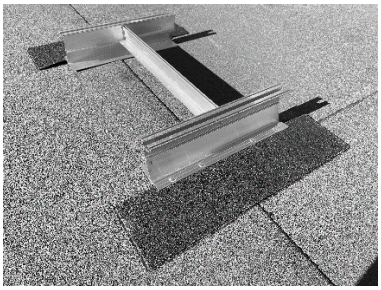
Figure 18 – Etapes de mise en oeuvre des ossatures supports iNovaPV Lite Tilt	
1- Positionner l'ossature support iNovaPV Lite Tilt suivant le plan d'implantation fourni	
2- Tracer à la craie le pourtour des bandes de raccordement pré-assemblées	
3- Retirer l'ossature support iNovaPV Lite Tilt	
4- Chauffer la zone ainsi repérée à l'aide d'un chalumeau. Noyer les paillettes dans le bitume. Afin d'obtenir une bonne adhérence, il convient d'obtenir une remontée du bitume sur toute la surface préalablement définie	
5- Repositionner l'ossature support iNovaPV Lite Tilt 6- Pour souder la bande de raccordement pré-assemblée, il faut réchauffer la zone ainsi préparée à l'aide du chalumeau, chauffer la bande de raccordement extérieure, les mettre en contact puis maroufler toute la surface intéressée	

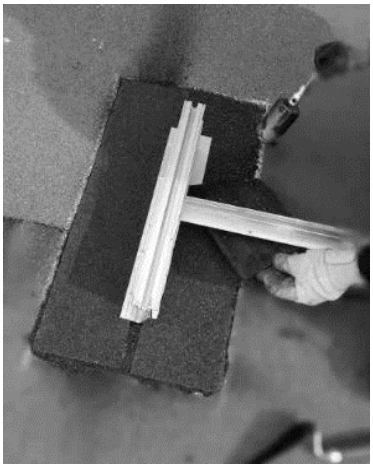
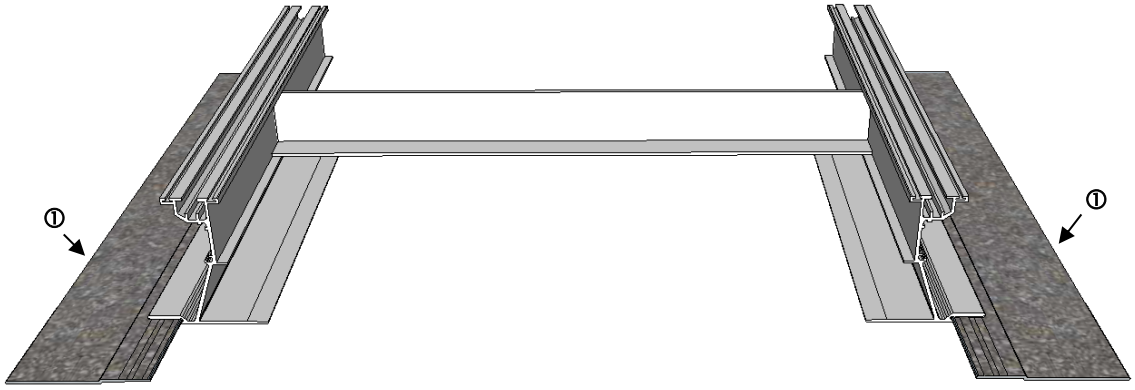
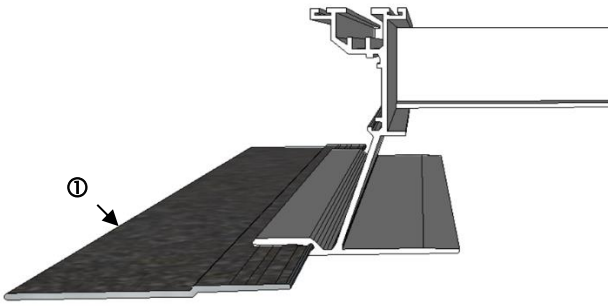
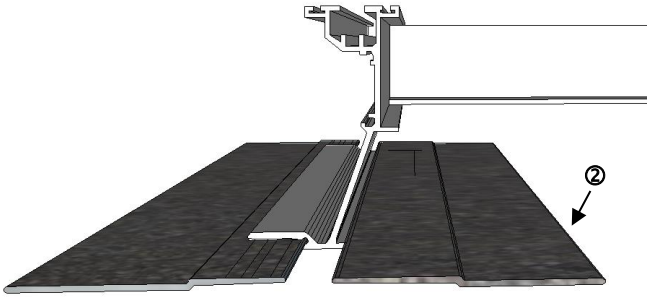
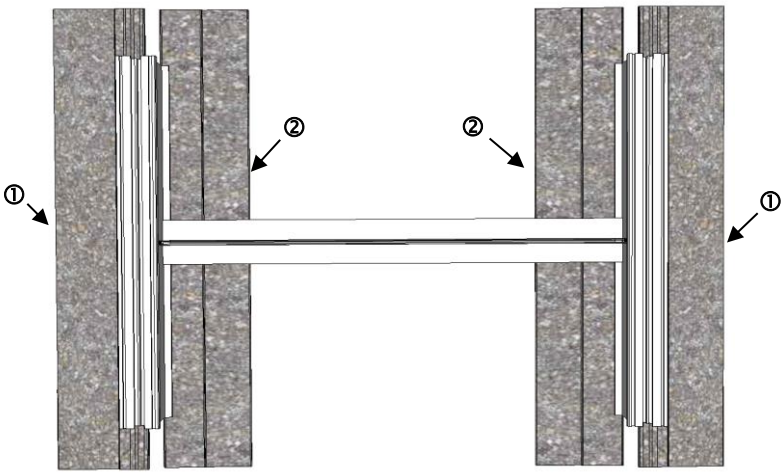
Figure 18 - Suite	
7- Pose des deux bandes de raccordement intérieures à l'intérieur du rail L'ossature support sera imprégnée à l'EIF (SIPLAST PRIMER) avant de souder les bandes de raccordement intérieures.	

Figure 19 – Positionnement des bandes de raccordement Parafor iNova (cf § 2.4.3.1.3 et § 2.10.5.3.2)





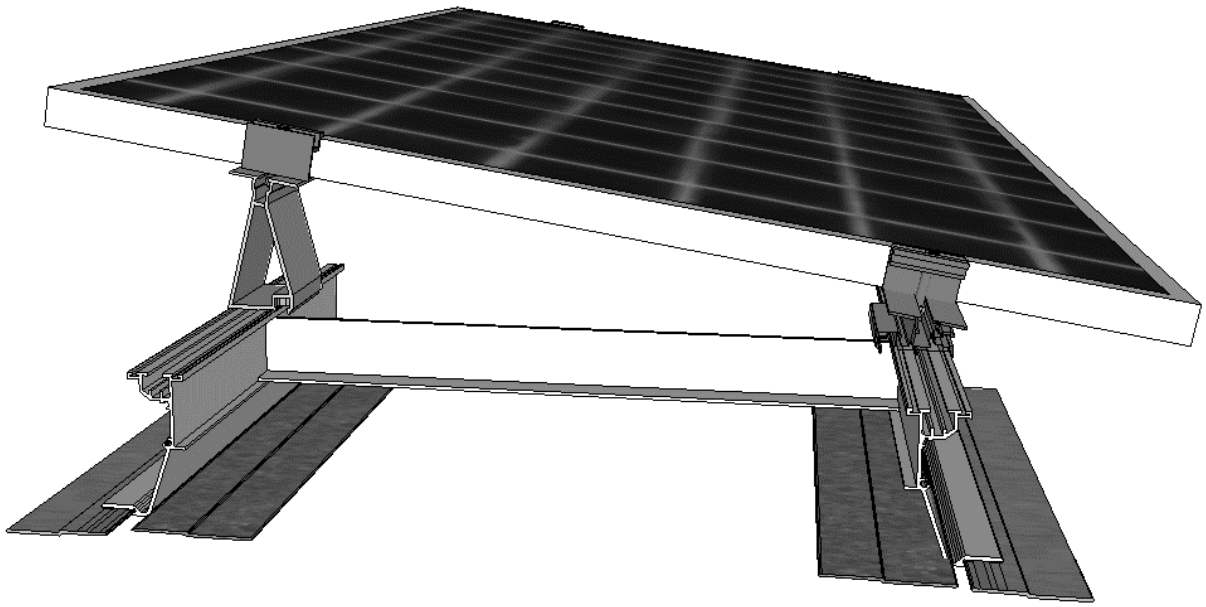




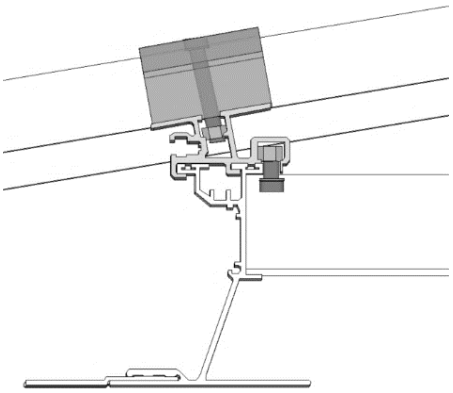
① Bandes de raccordement Parafor iNova pré-assemblées en usine

② Bandes de raccordement Parafor iNova mises en place sur chantier

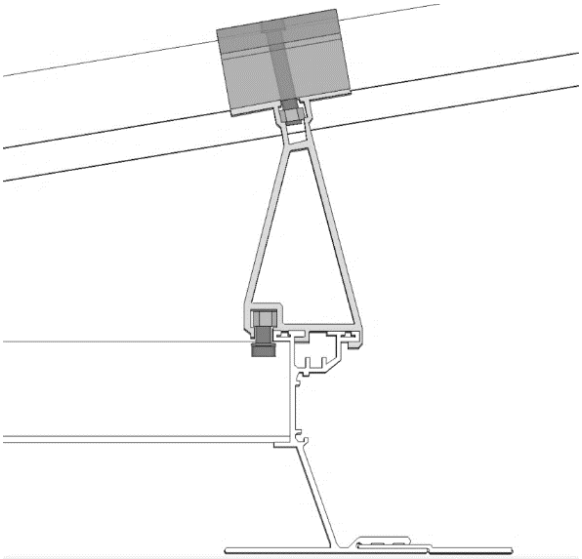
Figure 20 – Montage des panneaux



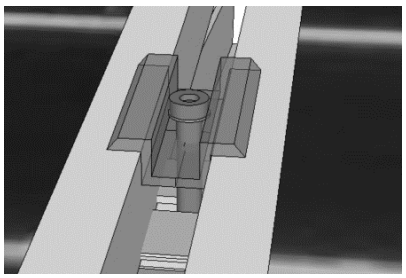
Ossature support iNovaPV Lite Tilt 40 E 53 avec module photovoltaïque monté : Vue de Profil



Mise en place de l'inclineur bas 10° : Ecrou M8X14 + Rondelle + Ecrou carré dans la gorge de l'ossature support iNovaPV Lite

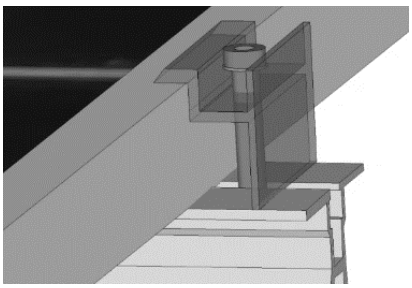


Mise en place de l'inclineur haut 10° : Vis M8X14 + Rondelle + Ecrou carré dans la gorge de l'ossature support iNovaPV Lite



Mise en place de la bride centrale :

Vis M8X (suivant cadre)+ Rondelle + Ecrou carré dans la gorge de l'inclineur



Mise en place de la bride Latérale :

Vis M X (suivant cadre) + Rondelle + Ecrou carré dans la gorge de l'inclineur

Figure 21– Schéma de principe d'implantation avec ossature support iNovaPV Lite 40 E 53 Mono-Orientation

Schéma de principe – iNovaPV Lite 40 E 53 – vue de coté

Exemple : Modules 1685 x 1000 x 42 mm – Mono orientation - Espace inter rangées 400 mm

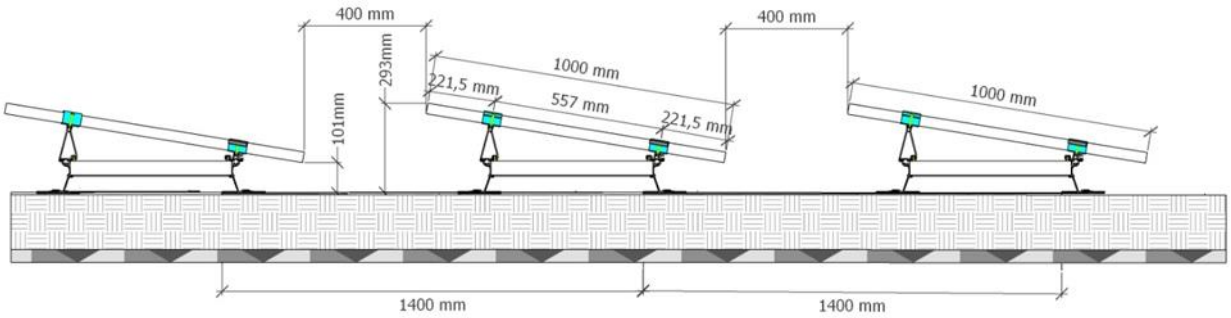


Schéma de principe – iNovaPV Lite 40 E 53 – vue de face

Exemple : Module 1685 x 1000 x 42 mm – Mono orientation - Espace inter rangées 400 mm

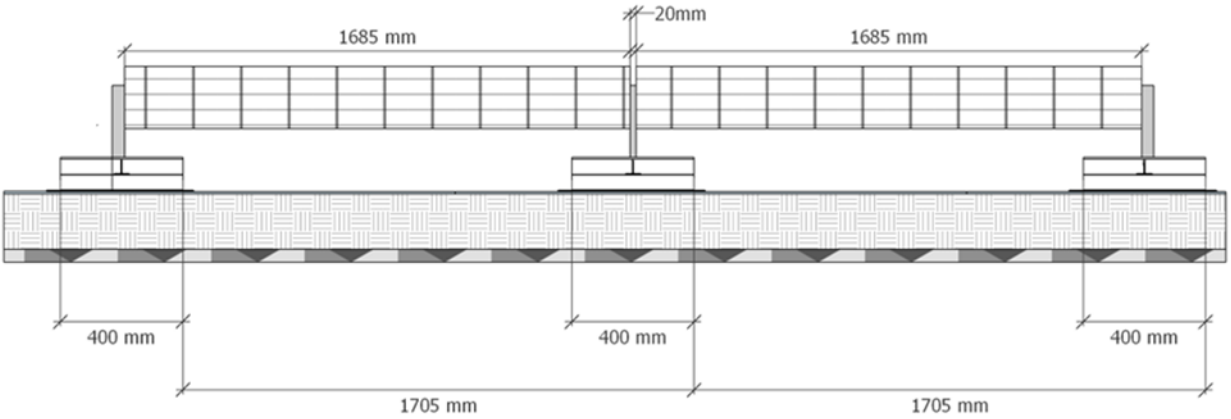


Figure 22 – Schéma de principe d'implantation avec ossature support iNovaPV Lite 40 E 53 Bi-Orientation

Schéma de principe – iNovaPV Lite 40 E 53 – vue de coté

Exemple : Module 1685 x 1000 x 42 mm – Bi-orientation

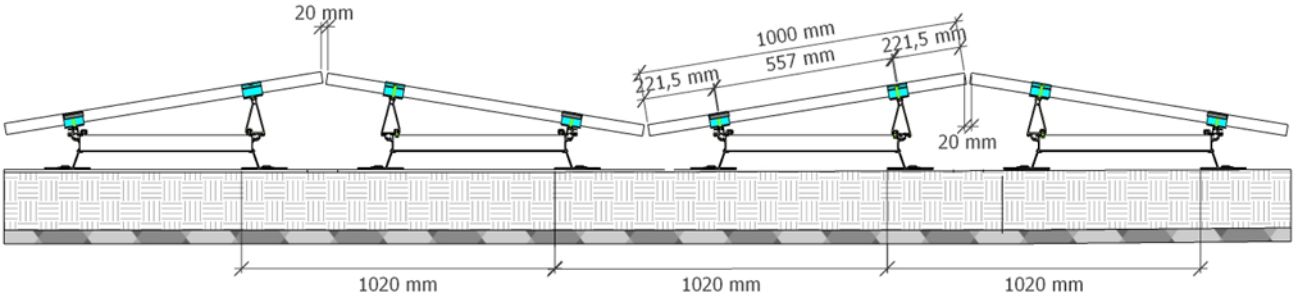


Schéma de principe – iNovaPV Lite 40 E 53 – vue de face

Exemple : Module 1685 x 1000 x 42 mm – Bi orientation

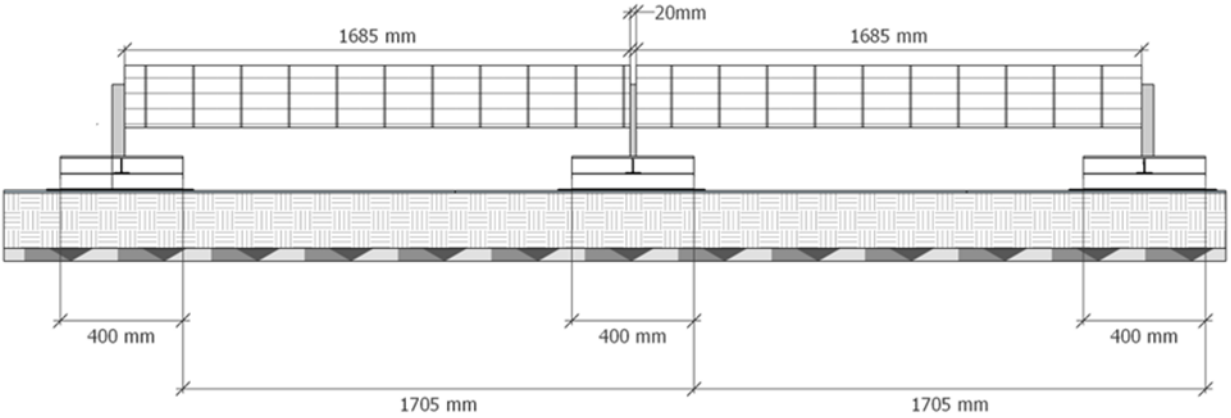
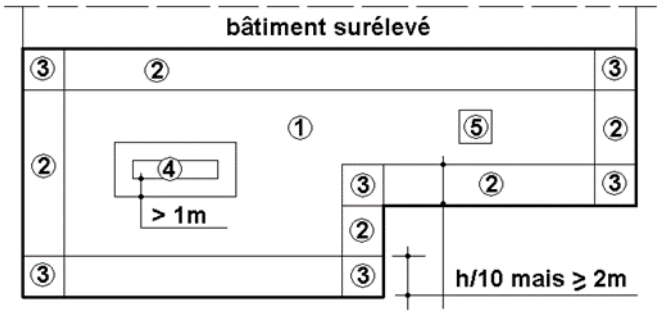


Figure 23 – Zonage de toitures



Repérage	Localisation	Largeur de la zone concernée
1	Partie courante	-----
2	Rives, comprenant le pied de bâtiments surélevés, murs coupe-feu, etc.	1/10ème de la hauteur du bâtiment, sans être inférieure à 2 m
3	Angles	Intersection des 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, etc.	En pied de relevé