

Sur le procédé

Sikaplan® iNova^{PV} Lite GC et Sikaplan® iNova^{PV} Lite Tilt GC FE

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

Titulaire(s) : **Société EPC SOLAIRE**
Société SIKA France SAS

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Nouvel Avis Technique. Le Groupe Spécialisé n°21 a examiné ce dossier le 2 avril 2026.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc

Descripteur :

Le procédé Sikaplan® iNova^{PV} Lite (Figure 1) est un dispositif permettant la surimposition en toitures-terrasses sur élément porteur en tôles d'acier nervurées de modules photovoltaïques rigides fixés à plat (Sikaplan® iNova^{PV} Lite GC) ou inclinés (Sikaplan® iNova^{PV} Lite Tilt GC FE) sur des supports en aluminium soudés à un revêtement d'étanchéité PVC monocouche de la société SIKA France SAS.

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

Il intègre :

- des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées (TAN) conformes au Cahier du CSTB 3537_V2 :
 - de marque Arcelor Mittal Building Solutions France : profilé Inastyl® 110, Inastyl® 133, Inastyl® 150 et Inastyl® 170,
 - de marque Bacacier : profilé iNovalteo 106.750 PVC et iNovalteo 106.750 PA PVC,
 - de marque Joris Ide : profilé JID-iNova 158-250-750 et JID-iNova 158-250-750 PO,
 - de marque Monopanel : profilé Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153 et Nervo-iNova 158,
- un complexe assurant l'isolation :
 - en laine de roche :
 - Panotoit Tekfi 2,
 - Rockacier C Nu,
 - Rockacier C Nu Energy,
 - SmartRoof C (38) ou SmartRoof C (37),
 - Rocterm - Coberlan C (Nu),
 - en polyisocyanurate:
 - Powerdeck+ ou Sikatherm® PIR AL Plus RE sans écran thermique,
 - Powerdeck+ ou Sikatherm® PIR AL Plus RE sur écran thermique SmartRoof C(38) ou Rocterm - Coberlan C (Nu),
 - Knauf SteelThane fixé mécaniquement sur écran thermique Smartroof C(38),
- un revêtement d'étanchéité conforme au DTA 5.2/18-2639_V2 de la société SIKA France SAS et constitué d'une membrane monocouche en PVC plastifié armé : Sikaplan® G-15 ou Sikaplan® G-18 ou Sikaplan® G-20 ou Sikaplan® VG-15 ou Sikaplan® VG-18 (ignifugation renforcée). La largeur maximale des lés du revêtement d'étanchéité est de 1,00 m,
- des ossatures supports de modules photovoltaïques de marque EPC Solaire, soudées sur la membrane synthétique, permettant une pose à plat ou inclinée (8°) des modules photovoltaïques en toiture-terrasse (cf. § 2.2.3.2) ; les rails porteurs des ossatures supports sont positionnés perpendiculairement aux nervures de la TAN,
- 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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1. Les dimensions des modules indiquées au §2.2.2.2 peuvent être limitées par la grille de TAN qui précise pour chaque TAN les dimensions maximales admises pour les modules.

Les performances du procédé aux charges climatiques sont indiquées au § 1.1.1.

Les Tôles d'Acier Nervurées qui peuvent être associées à cet Avis Technique sont listées dans la Grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN n° 21/Tn/26-94_V1 (indiquant qu'il s'agit de la même version de la grille) en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté	5
1.1.1.	Zone géographique	5
1.1.2.	Ouvrages visés	5
1.2.	Appréciation	6
1.2.1.	Liminaire	6
1.2.2.	Conformité normative des modules	6
1.2.3.	Aptitude à l'emploi du procédé	6
1.2.4.	Aspects sanitaires	8
1.2.5.	Durabilité - Entretien	8
1.2.6.	Fabrication et contrôle	8
1.2.7.	Mise en œuvre	9
1.2.8.	Modules photovoltaïques	9
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	9
2.	Dossier Technique	10
2.1.	Mode de commercialisation	10
2.1.1.	Coordonnées des cotitulaires	10
2.1.2.	Identification	10
2.1.3.	Livraison	10
2.2.	Description	10
2.2.1.	Principe	10
2.2.2.	Modules photovoltaïques	11
2.2.3.	Système de montage	12
2.2.4.	Autres éléments	14
2.2.5.	Données environnementales	17
2.3.	Dispositions de conception	17
2.3.1.	Généralités	17
2.3.2.	Caractéristiques dimensionnelles	18
2.3.3.	Calepinage et préparation de la toiture	18
2.3.4.	Caractéristiques électriques	19
2.3.5.	Spécifications électriques	19
2.3.6.	Tôles d'acier nervurées	20
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	20
2.4.1.	Conditions préalables à la pose	20
2.4.2.	Compétences des installateurs	20
2.4.3.	Sécurité des intervenants	20
2.4.4.	Mise en œuvre en toiture	21
2.5.	Utilisation, entretien et réparation	31
2.5.1.	Généralités	31
2.5.2.	Maintenance du champ photovoltaïque	31
2.5.3.	Maintenance électrique	31
2.5.4.	Remplacement d'un module	31
2.5.5.	Remplacement d'une ossature support	32
2.6.	Traitement en fin de vie	32
2.7.	Fabrication et contrôles	32
2.7.1.	Tôles d'acier nervurées	32
2.7.2.	Isolants	32

2.7.3.	Étanchéité et pare-vapeur.....	33
2.7.4.	Modules photovoltaïques.....	33
2.7.5.	Composants de l'ossature support.....	33
2.7.6.	Éléments de finition	33
2.8.	Conditionnement, étiquetage, stockage	33
2.8.1.	Modules photovoltaïques.....	33
2.8.2.	Ossature support iNovaPV Lite.....	33
2.8.3.	Rehausse, visserie et bride	33
2.8.4.	Autres constituants du procédé.....	34
2.9.	Formation.....	35
2.10.	Assistance technique.....	35
2.10.1.	Généralités	35
2.10.2.	Partie étanchéité	35
2.10.3.	Partie photovoltaïque	35
2.11.	Mention des justificatifs.....	36
2.11.1.	Résultats expérimentaux	36
2.11.2.	Références chantiers.....	37
2.12.	Annexe du Dossier Technique.....	38
2.12.1.	Tableaux	38
2.12.2.	Dimensionnement du procédé	55
3.	Annexes graphiques	60

1. Avis du Groupe Spécialisé

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

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

- Utilisation en France métropolitaine sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
 - sur des toitures soumises à des charges climatiques de neige n'excédant pas :

Valeur de neige normale maximale admissible en Pa avec le procédé Sikaplan® iNova ^{PV} Lite GC et Sikaplan® iNova ^{PV} Lite Tilt GC FE (selon les règles NV65)				
	Isolant avec charge admissible de 20 kPa (Voir Tableau 12 pour les épaisseurs des isolants)		Isolant avec charge admissible de 30 kPa (Voir Tableau 12 pour les épaisseurs des isolants)	
	Rail porteur de 400 mm	Rail porteur de 580 mm	Rail porteur de 400 mm	Rail porteur de 580 mm
Module de surface < 2,00 m ²	663 Pa	1019 Pa	1090 Pa	1090 Pa
Module de surface < 2,22 m ²	597 Pa	918 Pa	959 Pa	1090 Pa

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

Ossatures supports	Longueur des rails porteurs	Surface maximale du module photovoltaïque	Charge de vent normal admissible en Pa (selon les règles NV65 modifiées)
iNova ^{PV} Lite 40E87 iNova ^{PV} Lite 58E87	400 / 580 mm	2,00 m ²	650 Pa
iNova ^{PV} Lite 40E87 iNova ^{PV} Lite 58E87	400 / 580 mm	2,22 m ²	585 Pa

- Le dimensionnement du procédé doit être réalisé conformément au § 2.12.2 :
 - sous charge ascendante : selon les règles V65 modifiées pour l'ensemble du procédé (TAN, isolant, étanchéité, ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87),
 - sous charge descendante : selon les règles N84 pour les TAN et selon les règles N65 modifiées pour les autres éléments.
- Le calcul des charges climatiques appliquées au procédé sur la toiture s'effectue conformément au Cahier du CSTB n° 3803_V3.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, les Tableau 1, Tableau 3, Tableau 5, Tableau 7 et Tableau 9 précisent les atmosphères extérieures permises.

1.1.2. Ouvrages visés

- Mise en œuvre :
 - au-dessus de locaux dont la configuration est conforme au tableau ci-dessous selon l'hygrométrie (selon l'annexe B de la norme NF DTU 43.3) ; et en se référant aux limites éventuelles propres des isolants visés par le Dossier Technique ainsi qu'aux revêtements d'étanchéité. Le choix du revêtement des TAN selon l'hygrométrie est décrit dans les Tableau 2 à Tableau 9. Les locaux à très forte hygrométrie sont exclus.

Profil	Locaux à faible ou moyenne hygrométrie	Locaux à forte hygrométrie
Inastyl® 110, Inastyl® 133, Inastyl® 150, Inastyl® 170	Autorisée	Autorisée
iNovalteo 106.750 PVC	Autorisée	Autorisée
iNovalteo 106.750 PA PVC	Autorisée	Exclue
JID-iNova 158-250-750	Autorisée	Autorisée
JID-iNova 158-250-750 PO	Autorisée	Exclue
Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153, Nervo-iNova 158	Autorisée	Autorisée

- - sur des toitures conformes aux prescriptions du e-Cahier du CSTB 3537_V2 complété par les dispositions du présent Dossier Technique (cf § 2.4.4.2.1),
 - 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 § 2.2.1,
 - ou sur ouvrages composés des éléments du complexe décrits au § 2.2.1 lorsque le complexe d'étanchéité a été mis en œuvre dans un délai supérieur à ceux définis au § 2.4.4.1, sans dépose du complexe d'étanchéité existant avec l'ajout d'un écran de séparation mécanique/chimique conformément aux dispositions du DTA 5.2/18-2639_V2 « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement »,
 - ou sur ouvrages existants avec une étude de charpente, notamment de la largeur des appuis nécessaire pour les TAN. La dépose complète des éléments existants, y compris les tôles d'acier nervurées, et leur remplacement avec les éléments du § 2.2.1 du présent Dossier Technique, sera à prévoir.
 - sur des versants plans de pente, imposée par la toiture, comprise entre 3 et 10% (1,7° à 5,7°).
- Les rails porteurs des ossatures supports sont positionnés perpendiculairement aux nervures de la TAN.
- La nature et les épaisseurs possibles des isolants en fonction de la TAN sont indiquées au Tableau 12.
- 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 :
 - fixés sur leurs grands côtés uniquement,
 - posés à plat ou inclinés (8°),
 - en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien et de l'installation (cf. § 2.3.3 et Figure 17).
- Les dimensions des modules indiquées au §2.2.2.2 peuvent être limitées par la grille de TAN qui précise pour chaque TAN les dimensions maximales admises pour les modules.
- Les Tôles d'Acier Nervurées qui peuvent être associées à cet Avis Technique sont listées dans la Grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN n° 21/Tn/26-94_V1 (indiquant qu'il s'agit de la même version de la grille) en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

1.2. Appréciation

1.2.1. Liminaire

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

1.2.2. Conformité normative des modules

La conformité des modules photovoltaïques 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.

1.2.3. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.3.1. Fonction génie électrique

1.2.3.1.1. Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques
Le respect des prescriptions définies dans la norme NF 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 des modules).
À ce titre, ils sont marqués CE selon la Directive 2014/35/UE (dite « Directive Basse Tension ») du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États Membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.
Les connecteurs électriques utilisés sont des connecteurs avec système de verrouillage, conformes à la norme IEC 62852 permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.
L'utilisation de rallonges électriques (pour les connexions éventuelles entre modules, entre séries de modules et vers l'onduleur, ...) équipées de connecteurs de même fabricant, même type et même marque, permet d'assurer la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.
La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.
L'utilisation de câbles vert/jaune ou de la griffe TerraGrif™ (pour la liaison des cadres des modules aux rails porteurs), 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.

1.2.3.1.2. Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

1.2.3.1.3. Puissance crête des modules utilisés

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

1.2.3.2. Fonction toiture

1.2.3.2.1. Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- de dimensionner le procédé conformément au § 2.12.2,
- de vérifier que :
 - les toitures sont soumises à des charges climatiques de neige n'excédant pas :

Valeur de neige normale maximale admissible en Pa avec le procédé Sikaplan® iNova^{PV} Lite GC et Sikaplan® iNova^{PV} Lite Tilt GC FE (selon les règles NV65)				
	<i>Isolant avec charge admissible de 20 kPa (Voir Tableau 12 pour les épaisseurs des isolants)</i>		<i>Isolant avec charge admissible de 30 kPa (Voir Tableau 12 pour les épaisseurs des isolants)</i>	
	Rail porteur de 400 mm	Rail porteur de 580 mm	Rail porteur de 400 mm	Rail porteur de 580 mm
Module de surface < 2,00 m ²	663 Pa	1019 Pa	1090 Pa	1090 Pa
Module de surface < 2,22 m ²	597 Pa	918 Pa	959 Pa	1090 Pa

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

Ossatures supports	Longueur des rails porteurs	Surface maximale du module photovoltaïque	Charge de vent normal admissible en Pa (selon les règles NV65 modifiées)
iNova ^{PV} Lite 40E87 iNova ^{PV} Lite 58E87	400 / 580 mm	2,00 m ²	650 Pa
iNova ^{PV} Lite 40E87 iNova ^{PV} Lite 58E87	400 / 580 mm	2,22 m ²	585 Pa

1.2.3.2.2. 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".

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

1.2.3.2.3. Étanchéité à l'eau

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

1.2.3.2.4. Sécurité au feu

Des configurations de ce procédé présentent un classement de tenue au feu Broof(t3) et sont décrites dans le procès-verbal cité au § 2.11.1 « Résultats expérimentaux ». L'entreprise de pose doit se procurer le procès-verbal auprès du titulaire de l'Avis Technique et vérifier que le procédé à mettre en œuvre (composé de modules photovoltaïques, du système de montage et du complexe d'étanchéité) est pris en compte par ce procès-verbal.

1.2.3.2.5. Sécurité des intervenants

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

- de dispositifs 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).

1.2.3.2.6. Sécurité des usagers

Sans objet.

1.2.4. Aspects sanitaires

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

1.2.5. 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.

1.2.6. 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.

1.2.7. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des installateurs agréés par les sociétés EPC Solaire et SIKA France SAS (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) permet d'envisager une bonne réalisation des installations.

1.2.8. Modules photovoltaïques

Au moment de la commande des modules photovoltaïques pour un chantier donné, le Maître d'œuvre assisté de l'installateur doit 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/26-94_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.

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 structure support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque.

Les rails porteurs des ossatures supports sont positionnés perpendiculairement aux nervures de la TAN.

Comme pour tous les Avis Techniques du GS 21 proposant une isolation composite support d'étanchéité, il conviendra de respecter les conceptions spécifiques au droit des points singuliers que proposent les Avis Techniques du GS 5.2 de ce type d'isolation.

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.

Les données environnementales (cf. §2.2.5) ne font l'objet d'aucun avis du Groupe Spécialisé.

Cet Avis Technique est assujéti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Les Tôles d'Acier Nervurées qui peuvent être associées à cet Avis Technique sont listées dans la grille de TAN en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées des cotitulaires

Cotitulaire(s) :

Société EPC SOLAIRE SAS

1 Ter Chemin du Torey

FR-69340 FRANCHEVILLE

Tél. : 04 78 51 96 52

Email : contact@epcsolaire.com

Internet : www.epcsolaire.fr

Société SIKA France SAS

84 rue Edouard Vaillant

FR – 93350 LE BOURGET

Tél. : 01 43 11 11 11

Email : toitures@fr.sika.com

Internet : www.sika.fr

2.1.2. 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.

2.1.3. Livraison

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

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

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé Sikaplan® iNova^{PV} (Figure 1) est un dispositif permettant la surimposition en toitures-terrasses sur élément porteur en tôles d'acier nervurées de modules photovoltaïques rigides fixés à plat (Sikaplan® iNova^{PV} Lite GC) ou inclinés de 8° (Sikaplan® iNova^{PV} Lite Tilt GC FE) sur des supports en aluminium soudés à un revêtement d'étanchéité PVC monocouche de la société SIKA France SAS.

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 (TAN) conformes au Cahier du CSTB 3537_V2 :
 - de marque Arcelor Mittal Building Solutions France : profilés Inastyl® 110, Inastyl® 133, Inastyl® 150 et Inastyl® 170 (cf. § 2.2.4.2.2),
 - de marque Bacacier : profilés iNovalteo 106.750 PVC et iNovalteo 106.750 PA PVC (cf. § 2.2.4.2.3),
 - de marque Joris Ide : profilés JID-iNova 158-250-750 et JID-iNova 158-250-750 PO (cf. § 2.2.4.2.4),
 - de marque Monopanel : profilés Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153 et Nervo-iNova 158 (cf. § 2.2.4.2.5),
- un pare-vapeur conforme au paragraphe 2.2.4.3,

- des panneaux isolants non porteurs fixés mécaniquement, conformes au paragraphe 2.2.4.4 et d'épaisseur conforme au Tableau 12 :
 - en laine de roche de référence :
 - Panotoit Tekfi 2 de la société Saint-Gobain Isover, conforme au DTA n°5.2/19-2378_V2,
 - Rockacier C Nu de la société Rockwool France SAS, conforme au DTA n°5.2/16-2523_V1,
 - Rockacier C Nu Energy de la société Rockwool France SAS, conforme au DTA n°5.2/23-2729_V1,
 - SmartRoof C(38) de la société Knauf Insulation SAS, conforme au DTA n°5.2/21-2709_V2,
 - SmartRoof C(37) de la société Knauf Insulation SAS, conforme au DTA n°5.2/21-2709_V2,
 - Rocterm - Coberlan C (Nu) de la société BM France SARL, conforme au DTA n°5.2/14-2428_V3,
 - en polyisocyanurate (PIR) de référence :
 - Powerdeck+ sans écran thermique, de la société Recticel Insulation SAS, conforme au DTA 5.2/22-2724_V2,
 - Sikatherm® PIR AL Plus RE de la société SIKA France SAS, conforme au DTA n°5.2/22-2724_V2-E1,
 - Powerdeck+ de la société Recticel Insulation SAS, conforme au DTA n°5.2/22-2725_V3, sur un écran thermique en lit inférieur SmartRoof C(38), Rocterm - Coberlan C (Nu).
 - Sikatherm® PIR AL Plus RE de la société SIKA France SAS, conforme au DTA n°5.2/22-2725_V3-E1, sur un écran thermique en lit inférieur SmartRoof C(38), Rocterm - Coberlan C (Nu).
 - Knauf SteelThane fixé mécaniquement de la société Knauf, conforme au DTA n°5.2/21-2712_V3, sur un écran thermique en lit inférieur SmartRoof C.
 - un revêtement d'étanchéité (cf. § 2.2.4.5) conforme au DTA 5.2/18-2639_V2 de la société SIKA France SAS et constitué d'une membrane monocouche en PVC plastifié armé : Sikaplan® G-15 ou Sikaplan® G-18 ou Sikaplan® G-20 ou Sikaplan® VG-15 ou Sikaplan® VG-18 (ignifugation renforcée). La largeur maximale des lés du revêtement d'étanchéité est de 1,00 m,
- des ossatures supports de modules photovoltaïques thermosoudés de marque EPC Solaire permettant une pose à plat ou inclinée (8°) des modules photovoltaïques en toiture-terrasse (cf. § 2.2.3.2) ; Les rails porteurs des ossatures supports sont positionnés perpendiculairement aux nervures de la TAN,
- des plastrons iNova^{PV} (cf. 2.2.3.2.5),
- 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 via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1 (cf. § 1.2.9).
- Les dimensions des modules indiquées au §2.2.2.2 peuvent être limitées par la grille de TAN qui précise pour chaque TAN les dimensions maximales admises pour les modules.
- Les Tôles d'Acier Nervurées qui peuvent être associées à cet Avis Technique sont listées dans la Grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN n° 21/Tn/26-94_V1 (indiquant qu'il s'agit de la même version de la grille) en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Les éléments décrits au paragraphe 2.2.3 font partie de la livraison du procédé assurée par la société EPC Solaire.

2.2.2. Modules photovoltaïques

2.2.2.1. Généralités

Cet Avis Technique est assujéti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_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. § 1.2.8).

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

2.2.2.2. 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 1674 et 1927 mm,
- Largeur comprise entre 1016 et 1150 mm,
- Surface maximale : 2,22 m²,
- Hauteur du cadre comprise entre 30 et 40 mm,
- Masse spécifique comprise entre 10,3 et 12,4 kg/m².

2.2.2.3. Face arrière

Face arrière faite d'un film de sous-face ou bien module bi-verre, faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.4. Cellules photovoltaïques

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

2.2.2.5. Intercalaire encapsulant

Référence faisant partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.6. Vitrage

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

2.2.2.7. Constituants électriques

2.2.2.7.1. 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 : IP65 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.

2.2.2.7.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques dont la section est de 4 mm². 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 ou IEC 62930 :2017.
- La référence fait partie de la BOM des modules validés.

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

2.2.2.7.3. 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 65 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.

2.2.2.8. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium EN AW de série supérieure ou égale à 6000, d'état métallurgique au moins T5, T6 ou T66, anodisé d'épaisseur $\geq 15 \mu\text{m}$.

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 indiquée dans la grille de vérification des modules.

2.2.3. Système de montage

2.2.3.1. Fourniture

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société EPC Solaire.

2.2.3.2. Ossature support iNova^{PV} Lite

2.2.3.2.1. Préambule

Les ossatures supports iNova^{PV} Lite qui permettent de liasonner les modules photovoltaïques au revêtement d'étanchéité sont constituées des éléments suivants : rails porteurs, entretoise et bandes de raccordement en PVC assemblées en usine (cf. Figure 2 et Figure 3).

Ces ossatures supports se déclinent en deux versions : iNova^{PV} Lite 40 E 87 et iNova^{PV} Lite 58 E 87, 40 ou 58 correspondant à la longueur du rail porteur en cm et 87 correspondant 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)	Longueur de la bande de raccordement (cm)	Poids (kg)
iNova ^{PV} Lite 40 E 87	40 ± 0,5	87 ± 0,5	48 ± 1,5	2,3
iNova ^{PV} Lite 58 E 87	58 ± 0,5	87 ± 0,5	58 ± 1,5	3,1

2.2.3.2.2. Rails porteurs

Ce profilé, en aluminium EN AW-6060 T5 brut, d'épaisseur de paroi de 1,5 à 2,2 mm, 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 de fixations des modules ou les accessoires d'inclinaisons. Sa partie basse présente une cavité en forme de mâchoire dans laquelle prennent place les bandes de raccordement en membrane PVC armée qui sont ensuite maintenues après écrasement sous presse chez EPC Solaire. De plus, un clinchage assure une liaison mécanique entre les deux éléments constituant la « mâchoire ». Ce mode d'assemblage a pour but de maintenir la bonne tenue de la liaison dans le temps.

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

2.2.3.2.3. Entretoises

Les entretoises, réalisées par extrusion en aluminium EN AW-6060 T5 brut, d'épaisseur de paroi de 2 mm, ont pour fonction de solidariser les deux rails porteurs entre eux par l'intermédiaire de deux vis Ø4,8x26 mm en acier inoxydable. Les entretoises sont de forme en « T inversé » ayant une dimension de 87 x 50 x 2 mm. Leur masse linéaire est de 0,67 kg/m.

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

2.2.3.2.4. Bandes de raccordement en PVC

Les bandes de raccordement sont réalisées à partir de membrane d'étanchéité Sikaplan® G-18. Leur longueur est de 480 ± 15 mm pour les rails porteurs de 400 mm et 580 ± 15 mm pour les rails porteurs de 580 mm, leur largeur est de 80 mm ± 2 mm.

Les caractéristiques des bandes de raccordement sont mentionnées en annexe dans le Tableau 10.

En usine, deux bandes de raccordement sont solidarisées aux rails porteurs (cf. § 2.2.3.2.2 et Figure 2).

2.2.3.2.5. Plastrons iNova

Afin de protéger la membrane d'étanchéité des effets dans le temps, de la dilatation, de la compression et du poinçonnement par les angles des ossatures supports, EPC Solaire fournit des plastrons iNova prédécoupés de Sikaplan® G-18, de dimensions 40 mm x 120 mm (Figure 2).

2.2.3.3. Éléments de fixation des modules

2.2.3.3.1. Préambule

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).

2.2.3.3.2. Rehausses

Afin de donner un angle d'inclinaison aux modules photovoltaïques de 8° par rapport au plan de toiture, les ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 sont équipées sur chantier d'un couple de rehausses, l'une appelée « rehausse Tilt GC FE haute », l'autre appelée « rehausse Tilt GC FE basse ».

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

Rehausse Tilt GC FE basse

Leur hauteur est de 157,1 mm, leur longueur de 44,4 mm et l'épaisseur de 2,5 mm. L'angle de la tête est de 8° (cf. Figure 7).

Les rehausses Tilt GC FE basses présentent sur leur partie inférieure, deux renforcements et une gorge ; cette géométrie permet l'insertion de la rehausse sur le rail porteur puis la mise en place dans la gorge de la visserie citée ci-après : un écrou,

une vis à tête hexagonale creuse DIN912 TCHC en acier inoxydable de diamètre 8 mm et une rondelle de maintien de la rehausse Tilt GC FE 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 8°, présente une surface d'appui pour les modules de 60 mm x 80 mm.

Rehausse Tilt GC FE haute

Leur hauteur est de 291,8 mm, leur longueur de 44,4 mm et l'épaisseur de 2,5 mm. L'angle de la tête est de 8° (cf. Figure 8).

Les rehausses Tilt GC FE hautes présentent, sur leur partie inférieure, deux renforcements et une gorge ; cette géométrie permet l'insertion de la rehausse sur le rail porteur puis la mise en place dans la gorge de la visserie citée ci-après : un écrou, une vis à tête hexagonale creuse DIN912 TCHC en acier inoxydable de diamètre 8 mm et une rondelle de maintien de la rehausse Tilt GC FE 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 8°, présente une surface d'appui pour les modules de 60 mm x 80 mm.

2.2.3.3.3. Brides

Les modules photovoltaïques sont maintenus sur les ossatures supports (pour la version à plat) ou sur les rehausses (pour la version inclinée) 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 ci-dessous).

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 dévissage éventuel.

Brides centrales

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

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).

2.2.3.3.4. Visserie

Les brides centrales ou latérales sont fixées sur les ossatures supports (version à plat) à l'aide :

- d'une vis DIN912 CHC à tête hexagonale creuse, en acier inoxydable A2 ou A4, de diamètre 8 mm, de longueur adaptée au cadre du module,
- d'une rondelle crénelée DIN7980 W8 Grower, en acier inoxydable A2 ou A4, de diamètre extérieur 12,7 mm, de diamètre intérieur 8,1 mm et de 2 mm d'épaisseur,
- d'un écrou carré en aluminium, de dimensions 20x20x10 mm muni d'un trou de diamètre 8 mm.

Pour la version inclinée, les rehausses Tilt GC FE hautes et basses sont fixées sur les ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 à l'aide :

- d'une vis DIN912 CHC M8, en acier inoxydable A2 ou A4, de longueur 12 mm,
- d'une rondelle plate NFE25514 LL8, en acier inoxydable A2 ou A4, de diamètre extérieur 30 mm, de diamètre intérieur 8,4 mm et de 1,5 mm d'épaisseur,
- d'un écrou carré DIN557, en acier inoxydable A2 ou A4, de dimensions 13x13x6,5 mm muni d'un trou de diamètre 8 mm.

Les brides centrales ou latérales sont fixées sur les rehausses Tilt GC FE hautes et basses (version inclinée) à l'aide :

- d'une vis DIN912 CHC à tête hexagonale creuse, en acier inoxydable A2 ou A4, de diamètre 8 mm, de longueur adaptée au cadre du module,
- d'une rondelle crénelée DIN7980 W8 Grower, en acier inoxydable A2 ou A4, de diamètre extérieur 12,7 mm, de diamètre intérieur 8,1 mm et de 2 mm d'épaisseur,
- d'un écrou carré DIN557, en acier inoxydable A2 ou A4, de dimensions 13x13x6,5 mm muni d'un trou de diamètre 8 mm.

2.2.4. Autres éléments

2.2.4.1. Liminaire

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

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

2.2.4.2. Tôles d'acier nervurées

2.2.4.2.1. Généralités

Les tôles d'acier nervurées sont conformes aux normes NF EN 14782, NF P34-401-2 et au Cahier du CSTB 3537_V2.

Les TAN sont fabriquées à partir de bobines d'acier galvanisées ou prélaquées conformément aux normes :

- NF EN 10346 et NF P 34-310 lorsqu'elles sont galvanisées,
- NF EN 10169 et NF P 34-301 lorsqu'elles sont prélaquées.

L'épaisseur nominale est au moins égale à 0,75 mm.

Les tolérances sur l'épaisseur sont décalées et conformes à la norme NF EN 10143.

2.2.4.2.2. Tôles d'acier nervurées Arcelor Mittal Building Solutions France

Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées admis de chez Arcelor Mittal Building Solutions France sont les tôles d'acier nervurées Inastyl® 110, Inastyl® 133, Inastyl® 150 et Inastyl® 170.

La nuance minimale d'acier utilisée est S 350 GD selon la norme NF EN 10346.

La géométrie est donnée dans la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Le choix du revêtement de la TAN doit être conforme aux Tableau 2 et Tableau 3.

Les fixations sont conformes au paragraphe 4.4 du Cahier du CSTB 3537_V2 et leurs vérifications et dimensionnement sont conformes au § 2.4.4.2.1.1.

2.2.4.2.3. Tôles d'acier nervurées Bacacier

Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées admis commercialisés et fournis directement par la société Bacacier sont les tôles d'acier nervurées iNovalteo 106.750 PVC et iNovalteo 106.750 PA PVC.

La nuance minimale d'acier utilisée, selon la norme NF EN 10346, est S350 GD.

La géométrie est donnée dans la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Le choix du revêtement de la TAN doit être conforme aux Tableau 4 et Tableau 5.

Les fixations sont conformes au paragraphe 4.4 du Cahier du CSTB 3537_V2 et leurs vérifications et dimensionnement sont conformes au § 2.4.4.2.1.2.

2.2.4.2.4. Tôles d'acier nervurées Joris Ide

Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées admis commercialisés et fournis directement par la société Joris Ide NV sont les tôles d'acier nervurées JID-iNova 158-750-250 et JID-iNova 158-750-250 PO.

La nuance minimale d'acier utilisée est S 320 GD selon la norme NF EN 10346.

La géométrie est donnée dans la Grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Le choix du revêtement de la TAN doit être conforme au Tableau 6 et au Tableau 7.

Les fixations sont conformes au paragraphe 4.4 du Cahier du CSTB 3537_V2 et leurs vérifications et dimensionnement sont conformes au § 2.4.4.2.1.3.

2.2.4.2.5. Tôles d'acier nervurées Monopanel

Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées admis commercialisés et fournis directement par la société Monopanel SAS sont les tôles d'acier nervurées Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153 et Nervo-iNova 158.

La nuance minimale d'acier selon la norme NF EN 10346 est S350 GD.

La géométrie est donnée dans la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Le choix du revêtement de la TAN doit être conforme au Tableau 8 et au Tableau 9.

Les fixations sont conformes au paragraphe 4.4 du Cahier du CSTB 3537_V2 et leurs vérifications et dimensionnement sont conformes au § 2.4.4.2.1.4.

2.2.4.3. Pare-vapeur

Selon l'hygrométrie du bâtiment, les pare-vapeur doivent être conformes au tableau 2 du DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement » (n° 5.2/18-2639_V2) pour des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées.

Pour les bâtiments ERP, et lorsque nécessaire, dans le cas des panneaux isolants Powerdeck+ ou Sikatherm® PIR AL Plus RE mis en œuvre sans écran thermique sur TAN pleine, les pare-vapeur voile de verre / aluminium (Pare-vapeur CECEAL (SIPLAST) ou IKO VAP ACIER et EVALACIER (IKO-AXTER)) conformes au DTU 43.3 – P1.2 devront être utilisés et seront mis en œuvre conformément au DTU 43.3.

2.2.4.4. Isolant non porteur

2.2.4.4.1. Isolant non porteur en laine de roche

Seuls sont autorisés les isolants non porteurs cités ci-dessous, fixés mécaniquement :

- en laine de roche mono-densité de marque Panotoit Tekfi 2 de la société Saint-Gobain Isover, conforme au DTA n°5.2/19-2378_V2, en un ou deux lits, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12,
- en laine de roche mono-densité de marque Rockacier C Nu de la société Rockwool France SAS, conforme au DTA n°5.2/16-2523_V1, en un ou deux lits, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12,
- en laine de roche mono-densité de marque Rockacier C Nu Energy de la société Rockwool France SAS, conforme au DTA n°5.2/23-2729_V1, en un ou deux lits, d'épaisseurs minimale et maximales conformes au Tableau 12,
- en laine de roche mono-densité de marque SmartRoof C(38) de la société Knauf Insulation SAS, conforme au DTA n°5.2/21-2709_V4, en un ou deux lits, d'épaisseurs minimale et maximales conformes au Tableau 12,
- en laine de roche bi-densité de marque SmartRoof C(37) de la société Knauf Insulation SAS, conforme au DTA n°5.2/21-2709_V4, en un ou deux lits, d'épaisseurs minimale et maximales conformes au Tableau 12,
- en laine de roche mono-densité de marque Rocterm - Coberlan C (Nu) de la société BM France SARL, conforme au DTA n°5.2/14-2428_V3, en un ou deux lits, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12.

2.2.4.4.2. Isolant non porteur en polyisocyanurate

Seul sont autorisés les isolants non porteurs fixés mécaniquement :

- en polyisocyanurate (PIR) Powerdeck+ de la société Recticel Insulation SAS, conforme au DTA 5.2/22-2724_V2, en un ou deux lits, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12,
- en polyisocyanurate (PIR) Sikatherm® PIR AL Plus RE de la société SIKA France SAS, conforme au DTA 5.2/22-2724_V2-E1, en 1 ou 2 lits, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12.

2.2.4.4.3. Isolant non porteur mixte

Seules sont autorisées les isolations mixtes citées ci-dessous, fixées mécaniquement :

- SmartRoof C en premier lit et Powerdeck+ conforme au DTA n°5.2/22-2725_V3 de la société Recticel Insulation SAS en deuxième lit, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12,
- SmartRoof C en premier lit et Sikatherm® PIR AL Plus RE conforme au DTA n°5.2/22-2725_V3-E1 de la société Recticel Insulation SAS (distributeur SIKA France) en deuxième lit, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12,
- SmartRoof C en premier lit et Knauf SteelThane fixé mécaniquement conforme au DTA n°5.2/21-2712_V3 de la société Knauf SAS en deuxième lit, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12,
- Rocterm - Coberlan C (Nu) en premier lit et Powerdeck+ conforme au DTA n°5.2/22-2725_V3 de la société Recticel Insulation SAS en deuxième lit, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12,
- Rocterm - Coberlan C (Nu) en premier lit et Sikatherm® PIR AL Plus RE conforme au DTA n°5.2/22-2725_V3-E1 de la société Recticel Insulation SAS (distributeur SIKA France) en deuxième lit, d'épaisseurs minimale et maximale conformes au Tableau 12,

2.2.4.5. Revêtement d'étanchéité

Seules sont autorisées les membranes d'étanchéité monocouches, fabriquées par SIKA France SAS, à base de feuilles manufacturées en PVC plastifié armé, d'épaisseur 1,5 mm, 1,8 mm ou 2,0 mm : Sikaplan® G-15, Sikaplan® G-18, Sikaplan® G-20, et Sikaplan® VG-15, Sikaplan® VG-18 (ignifugation renforcée). La membrane d'étanchéité est fixée mécaniquement conformément au DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement » en vigueur. La largeur des lés est de 1 m maximum.

2.2.4.6. Attelages de fixation

Les attelages de fixation de l'isolant sont ceux décrits dans leurs DTA respectifs.

Les attelages du revêtement d'étanchéité admis sont conformes au DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement » et présentent les caractéristiques suivantes :

Attelage de fixation métallique composé de :

- 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 134 daN (par exemple, vis SF-4,8 x L (mm) de SFS),
- Plaquette de répartition métallique de dimension 82 x 40 x 1 mm.

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 uniquement pour les isolants en laine de roche.

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.

2.2.4.7. Composants électriques

2.2.4.7.1. 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.

2.2.4.7.2. Chemins de câble

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

Les chemins de câbles peuvent être fixés sur des ossatures supports thermosoudées au revêtement d'étanchéité.

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 ».

2.2.5. Données environnementales

Les données environnementales sont uniquement issues des éléments fournis par le titulaire et ne font l'objet d'aucune prescription du Groupe Spécialisé.

Elles ont pour objet de servir au calcul réglementaire de la performance énergétique et environnementale des bâtiments, dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

Le procédé « Sikaplan® iNovaPV Lite GC et Sikaplan® iNovaPV Lite Tilt GC FE » est composé de tôles d'acier nervurées, de panneaux isolants, d'un revêtement d'étanchéité, d'ossatures supports et de modules photovoltaïques.

Les conditions de choix de conception et de mise en œuvre des pare-vapeur, panneaux isolants, revêtements d'étanchéité et attelages de fixation sont ceux définis dans les avis techniques ou DTA du GS 5.2 référencés ci-avant dans le § 2.2 Description, dans lesquels les données environnementales des produits sont détaillées.

Les données environnementales des modules photovoltaïques décrits au § 2.2.2 sont référencées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique (cf. § 1.2.8).

Concernant les systèmes de montage de ces modules, décrits au § 2.2.3, les données environnementales des ossatures supports iNovaPV Lite 40E87 ou iNovaPV Lite 58E87 décrites au § 2.2.3.2 sont référencées sous INIES sous l'id n°38296 (<https://base-inies.fr/consultation/recherche>). Les éléments de fixation des modules (réhausseurs) décrits au § 2.2.3.2.3 ne sont pas pris en compte dans le calcul des données environnementales ci-avant et ne font pas l'objet de données environnementales par défaut.

Les données environnementales des tôles d'acier nervurées (TAN) décrites au § 2.2.4.2 sont référencées sous INIES :

- sous les id 46620 et 46621 (<https://base-inies.fr/consultation/recherche>), en fonction des masses surfaciques, pour les références Inastyl® de la société Arcelor Mittal Building Solutions France,
- sous les id 43460 et 43461 (<https://base-inies.fr/consultation/recherche>), en fonction des masses surfaciques, pour les références iNovalteo 106.750 PVC, iNovalteo 106.750 PA PVC, JID-iNova 158-250-750, JID-iNova 158-250-750 PO, Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153 et Nervo-iNova 158.

Les données environnementales des composants électriques de type câbles et chemins de câble décrits au § 2.2.4.7 sont référencées sous INIES dans les familles « équipements électriques, électroniques et de génie climatique ».

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Les ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 et leurs accessoires sont livrés avec leur notice de montage et avec un plan de calepinage des modules fourni par la société EPC Solaire.

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

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

Avant chaque projet, le devoir de conseil de l'installateur lui impose d'attirer l'attention du Maître d'ouvrage sur le fait qu'une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du Maître d'ouvrage vis-à-vis de la toiture afin de vérifier la capacité de la structure support 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.

Dans le cadre de la mise en œuvre du procédé sur charpente existante, il est rappelé qu'il appartient au Maître d'œuvre 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 sens des NV65 modifiées), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé.

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

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

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

- en béton avec insert métallique de 60 mm minimum de largeur par panneau, de 65 mm minimum dans le cas d'un recouvrement transversal et 2,5 mm minimum d'épaisseur, conformément aux normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1992-1-1/NA. Les classes de tolérances fonctionnelles de montage doivent être de classe 1 selon la NF EN 13670.

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

Dans les zones de toiture avec accumulation de neige au sens des NV 65 modifiées (acrotères et points singuliers), il faut être attentif à ce que la charge de neige ne dépasse pas la charge admissible du procédé. Pour les TAN, la vérification de la charge de neige se fait selon les règles N84.

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. De plus, le traitement des pénétrations ponctuelles engendrées par les potelets des lignes de vie doit se faire conformément au DTU 43.3.

2.3.2. Caractéristiques dimensionnelles

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

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

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques dimensionnelles du champ photovoltaïque	Longueur du champ (m)	Largeur du champ (m)
Version à plat	$Nbre_{Mod} \times (l_{Mod} + 0,02) - 0,02 + L_{Rail}$	$Nbre_{Ligne} \times (L_{Mod} + 0,02) - 0,02$
Version inclinée bi-orientation	$Nbre_{Mod} \times (l_{Mod} + 0,02) - 0,02 + L_{Rail}$	$Nbre_{Ligne} \times (L_{Mod} \times \cos 8^\circ + 0,02) - 0,02$
Version inclinée mono-orientation	$Nbre_{Mod} \times (l_{Mod} + 0,02) - 0,02 + L_{Rail}$	$Nbre_{Ligne} \times (L_{Mod} \times \cos 8^\circ + Esp_{Ligne}) - Esp_{Ligne}$

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 largeur des modules photovoltaïques,

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

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

L_{Rail} : Longueur du rail porteur de l'ossature support iNovaPV Lite en mètre (0,4 ou 0,58) suivant la configuration.

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

Configuration	A plat	Bi-orientation	Mono-orientation
Esp_{Ligne} (m)	0,02	Minimum 0,02	Minimum 0,40

2.3.3. 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 § 2.3.2.

Le procédé peut être installé sur toute la surface de la toiture. 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 17) :

- une distance de 1 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 de 0,5 m autour des ouvrages émergents tels que lanterneaux, coupoles, cheminées, et une distance libre de 0,90 m pour y accéder.

Les champs photovoltaïques ne devront pas excéder 300 m². Au-delà, des chemins d'accès libres de tout module photovoltaïque devront être prévus.

À ces dispositions sont à ajouter 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.

2.3.4. Caractéristiques électriques

2.3.4.1. Conformité à la norme NF EN 61215

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

2.3.4.2. Sécurité électrique

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

2.3.4.3. Performances électriques

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

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

2.3.5. Spécifications électriques

2.3.5.1. Généralités

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

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

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

2.3.5.2. Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en Figure 9.

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.

- 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 (Figure 10) 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 le revêtement d'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 porteurs :
 - 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 sur le rail porteur 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) ;
 - ou à l'aide de la griffe TerraGrifTM de Mobasolar (référence : RL0.6 x 20 x 60) positionnée sur la rehausse haute pour la configuration inclinée (voir Figure 12) ;
 - ou à l'aide de la griffe TerraGrifTM de Mobasolar (référence : RL0.6 x 20 x 44) positionnée sur le rail porteur pour la configuration à plat (voir Figure 13).

La mise à la terre des ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 du champ photovoltaïque s'effectue en peigne (Figure 14) 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 porteurs de chacune des ossatures ou en utilisant les griffes Rayvolt de la société Araymond (cf. Figure 15).
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 rehausse ou liaison à la prise de terre du bâtiment) et dans tous les cas des caractéristiques conformes aux guides UTE C 15-712.

- ou d'un câble vert/jaune de section 6 mm² conforme à l'IEC 60228, de classe 5 ou 6 uniquement, inséré dans la gorge de la TerraGrifTM. Le câble vert jaune doit passer dans toutes les TerraGrifTM (voir Figure 12 et Figure 13).
- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment
Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité. Selon la disposition de la toiture-terrasse, du bâtiment et l'implantation du champ photovoltaïque, le passage des câbles peut être réalisé soit :
 - par l'intermédiaire de crosses de traversée de toit conformément au DTU 43.3 (cf. Figure 16) et mises en œuvre conformément au DTA du revêtement d'étanchéité,
 - par 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 (cf. § 2.2.4.7.2) dont la distance entre deux supports n'excède pas 1,50 m. 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 câbles doivent être regroupés dans des chemins de câbles capotés afin d'être à l'abri des intempéries et des rayonnements ultraviolets.

Le calepinage général des chemins de câbles est 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, ...

2.3.6. Tôles d'acier nervurées

Les tôles d'acier nervurées doivent être dimensionnées conformément au présent Dossier Technique et à la « Grille de Fiches techniques et de tableaux de portée de TAN en tant qu'éléments constitutifs d'un procédé photovoltaïque faisant l'objet d'un Avis Technique du Groupe Spécialisé n°21 » associée à ce procédé.

Cette grille précise, pour chaque TAN visée par le présent Dossier Technique, la largeur minimale d'appui, la présence ou non de plaquette de répartition, la longueur du rail porteur, les isolants associés et les dimensions maximales des modules photovoltaïques selon leur pose. Selon les dispositions, il faut se référer au tableau de portée correspondant donné dans cette grille.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Conditions préalables à la pose

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 1.2.3.2.1 "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 formés par les sociétés EPC Solaire et SIKA France SAS.

2.4.2. Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs dont les compagnons ont été formés par les sociétés SIKA France SAS et EPC Solaire (cf. § 2.9).

Les compétences requises sont de 2 types :

- Compétences en étanchéité pour la mise en œuvre du complexe élément porteur/isolant/étanchéité et du système de montage support des modules photovoltaïques complétées par une qualification QUALIBAT N° 3272,
- Compétences électriques complétées par une 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.

2.4.3. Sécurité des intervenants

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

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

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

2.4.4. Mise en œuvre en toiture

2.4.4.1. 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.

La mise en œuvre des ossatures supports et leur thermosoudure sur la membrane d'étanchéité Sikaplan®, doivent être réalisés dans un délai maximum de 6 mois après la date de mise en œuvre de la membrane d'étanchéité.

Pour un délai supérieur à celui cité ci-dessus, la mise en œuvre d'un revêtement d'étanchéité tel que défini au § 2.2.4.5 sur un complexe d'étanchéité existant conforme aux § 2.2.4.4 et § 2.2.4.5 peut être réalisée conformément au DTU 43.5 et au DTA de procédé Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement.

2.4.4.2. Mise en œuvre du procédé

2.4.4.2.1. Mise en œuvre de l'élément porteur TAN

2.4.4.2.1.1. Tôles d'acier nervurées Arcelor Mittal Building Solutions France

De marque Arcelor Mittal et de références Inastyl® 110, Inastyl® 133, Inastyl® 150 et Inastyl® 170, elles doivent être dimensionnées et mises en œuvre de façon à respecter les tableaux de portées maximales d'utilisation définies dans la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Elles sont mises en œuvre conformément au Cahier du CSTB 3537_V2, modifié ou complété par les éléments du § 2.12.2.2.1.

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 Cahier du CSTB 3537_V2.

Le recouvrement longitudinal, se fait par emboîtement. 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.

Pour les profils Inastyl®, une vérification forfaitaire est réalisée. Celle-ci tient compte des particularités de transmission des charges propres au procédé Sikaplan® iNova^{PV} Lite :

$$1,28 \times L \times (CP \times D - (p_{RP} + g + p_{UR})) \leq \frac{K \times P_k}{\gamma_m}$$

avec :

- CP coefficient de pondération valant : 1,75
- D (daN/m²) : dépression due au vent normal, en rives avec vent perpendiculaire aux génératrices (Tableau 15 et Tableau 16) et en partie courante au sens du cahier du CSTB 3537_V2
- L (m) : portée d'utilisation du profil Inastyl®
- p_{RP} (daN/m²) : charge permanente appliquée par les rails porteurs sur le profil support
- g (daN/m²) : poids propre du profil
- p_{UR} (daN/m²) : charge permanente appliquée uniformément répartie sur le profil Inastyl®
- K : coefficient dépendant des conditions de montage, les valeurs sont données dans le tableau ci-dessous

Inastyl®	Rail porteur perpendiculaire aux nervures de la TAN	
	Modules visés dans la grille de vérification des modules en cours de validité de dimensions maximales 1850 x 1150 pour une pose à plat 1868 x 1150 pour une pose inclinée	Modules visés dans la grille de vérification des modules en cours de validité de dimensions maximales 2240 x 1150 pour une pose à plat 2262 x 1150 pour une pose inclinée
Rail porteur de 400 mm	2,56	Non envisagé
Rail porteur de 580 mm	3,42	3,42

- P_k (daN) : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314
- γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de la nature de l'élément porteur. Les valeurs sont définies dans le Cahier du CSTB n°3537_V2 et rappelées ci-après

		Conditions d'essais des TAN en charge ascendante	
		TAN essayées avec plaquettes	TAN essayées sans plaquette
Conditions d'exécution sur chantier	Avec plaquettes	Support acier > 3 mm : $\gamma_m = 1,20$	Support acier > 3 mm : $\gamma_m = 1,20$
		Support acier $\geq 1,5$ mm et ≤ 3 mm, bois : $\gamma_m = 1,35$	Support acier $\geq 1,5$ mm et ≤ 3 mm, bois : $\gamma_m = 1,35$
	Sans plaquette	non autorisé	Support acier > 3 mm : $\gamma_m = 1,50$
		non autorisé	Support acier $\geq 1,5$ mm et ≤ 3 mm, bois : $\gamma_m = 2,50^{(1)}$
Les plaquettes de répartition sont conformes au NF DTU 43.3 P1-2. 1. Valeur forfaitaire dans l'attente de la révision du NF DTU 43.3, qui intégrera les TAN de grandes Ohn.			

Les clous à scellement sont exclus pour la fixation des profils Inastyl® en association avec un procédé photovoltaïque.

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 1 • 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 10 mètres • bâtiment fermé
procédé photovoltaïque	• implantation de la centrale photovoltaïque en partie courante de toiture, • poids surfacique du procédé compris entre 12 daN/m² et 15 daN/m² (ce poids propre n'est pas à prendre en compte puisqu'il a déjà été intégré dans le calcul des portées des TAN) • rail porteur de 40 cm perpendiculaire aux nervures de la TAN • module de dimensions 1850 x 1150 mm
système de toiture	• profil Inastyl® 150 en épaisseur de 0,75 mm • isolant thermique en laine de roche pour un poids surfacique de 13,5 daN/m² • revêtement d'étanchéité pour un poids surfacique de 2,5 daN/m²

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

- charge descendante : neige normale qui vaut $0,8 \times 65 + 10 = 62$ daN/m² -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m² (en dehors des noues (à plus de 2m), la charge de 10 daN/m² n'est pas prise en compte),
- charge de neige accidentelle : valant $0,8 \times 135 + 10 = 118$ daN/m² -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 125 daN/m²,
- charge ascendante applicable au profil : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 47 daN/m² -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 50 daN/m²,
- charges ascendantes applicables aux assemblages des profilés Inastyl® 150 sur la structure porteuse : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 45 daN/m² pour la partie courante,
- poids de l'isolation thermique et du revêtement d'étanchéité : $13,5 + 2,5 = 16$ daN/m² -> lecture dans les tableaux d'utilisation avec 20 daN/m².

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

	2 appuis	3 appuis	4 appuis et plus
sous l'effet de la charge descendante	5,45	5,55	5,55
sous l'effet de la charge de neige accidentelle	5,85	4,85	4,85
sous l'effet de la charge ascendante	5,85	6,20	6,35
Portée maximale (minimum admissible pour chaque cas de pose)	5,45	4,85	4,85

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 :

$$1,28 \times 5,45 \times (1,75 \times 45 - (12 + 10,78 + 16)) \leq \frac{2,56 \times P_k}{1,50}$$

Soit une valeur minimale de Pk de 163 daN.

2.4.4.2.1.2. Tôles d'acier nervurées Bacacier

De marque Bacacier et de référence iNovalteo 106.750 PVC et iNovalteo 106.750 PA PVC, les tôles d'acier nervurées doivent être conçues et mises en place de façon à respecter les tableaux de portées maximales d'utilisation définies dans la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

La mise en œuvre des profils est conforme au Cahier du CSTB 3537_V2, modifiée ou complétée par les éléments du § 2.12.2.2.2. Toutes les nervures des profils iNovalteo sont fixées sur chaque appui avec des fixations conformes au Cahier du CSTB 3537_V2. Pour les profils iNovalteo, la vérification à réaliser est la suivante, et tient compte des particularités de transmission des charges propres au procédé Sikaplan® iNova^{PV} Lite :

$$1,25 * L * (1,75 * D - (p_{pv} + g + p_{perm})) * e \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$$

avec

- L (m) : portée d'utilisation du profil iNovalteo,
- D (daN/m²) : dépression calculée due au vent normal selon les règles NV65 modifiées 2009 en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices de toiture équipée de modules photovoltaïques,
- P_{PV} (daN/m²) : charge permanente appliquée par le système d'intégration sur le profil,
- g (daN/m²) : poids propre du profil,
- p_{perm} (daN/m²) : charges permanentes appliquées uniformément sur le profil,
- e : entraxe de nervures,
- Pk (daN) : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314,
- γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'élément porteur ainsi que de l'utilisation ou non de plaquette :

	Support acier > 3 mm	Support acier ≥ 1,5 mm et ≤ 3 mm, bois
Avec plaquettes	γ _m = 1,20	γ _m = 1,35
Sans plaquettes	γ _m = 1,50	γ _m = 2,50

Les clous à scellement sont exclus pour la fixation des profils iNovalteo en association avec un procédé photovoltaïque.

Exemple de dimensionnement d'un profil iNovalteo

Les données de l'exemple traité sont :

situation du projet	• région de neige C2 • altitude inférieure à 200 m • zone de vent 1 • 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 10 mètres • bâtiment fermé
procédé photovoltaïque	• implantation de la centrale photovoltaïque en partie courante de toiture, • poids surfacique du procédé compris entre 12 daN/m² et 15 daN/m² (ce poids propre n'est pas à prendre en compte puisqu'il a déjà été intégré dans le calcul des portées des TAN) • rail porteur de 40 cm perpendiculaire aux nervures de la TAN • module de dimensions 1850 x 1150 mm
système de toiture	• profil iNovalteo 106.750 PVC en épaisseur de 0,75 mm sans plaquette • isolant thermique en laine de roche pour un poids surfacique de 13,5 daN/m² • revêtement d'étanchéité pour un poids surfacique de 2,5 daN/m²

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

- charge descendante : neige normale qui vaut $0,8 \times 65 + 10 = 62 \text{ daN/m}^2$ -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 75 daN/m^2 (en dehors des noues (à plus de 2m), la charge de 10 daN/m^2 n'est pas prise en compte),
- charge ascendante applicable au profil : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 47 daN/m^2 -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 50 daN/m^2 ,
- charges ascendantes applicables aux assemblages des profilés iNovalteo 106.750 PVC sur la structure porteuse : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 45 daN/m^2 pour la partie courante,
- poids de l'isolation thermique et du revêtement d'étanchéité : $13,5 + 2,5 = 16 \text{ daN/m}^2$ -> lecture dans les tableaux d'utilisation avec 20 daN/m^2 .

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

	2 appuis	3 appuis	4 appuis et plus
sous l'effet de la charge descendante	4,45	5,40	5,40
sous l'effet de la charge ascendante	5,75	6,50	6,50
Portée maximale (minimum admissible pour chaque cas de pose)	4,45	5,40	5,40

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

$$1,25 * 5,40 * (1,75 * 45 - (15 + 9,58 + 16)) * 0,250 \leq \frac{P_k}{1,50}$$

Soit une valeur minimale de P_k de 96 daN.

2.4.4.2.1.3. Tôles d'acier nervurées Joris Ide

De marque Joris Ide et de référence JID-iNova 158-250-750 et JID-iNova 158-250-750 PO, les tôles d'acier nervurées doivent être conçues et mises en place de façon à respecter les tableaux de portées maximales d'utilisation définis dans la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

La mise en œuvre des profils est conforme au Cahier du CSTB 3537_V2, modifiée ou complétée par les éléments du § 2.12.2.2.3. Toutes les nervures des profils JID-iNova sont fixées sur chaque appui avec des fixations conformes au Cahier du CSTB 3537_V2. Il n'est pas nécessaire de placer des plaquettes sous les têtes de fixations des TAN à la charpente.

Pour les profils JID-iNova, la vérification à réaliser est la suivante :

$$1,25 * L * [1,75 * D - (p_{pv} + g + p_{perm})] * e \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$$

Avec :

- L [m] : portée d'utilisation du profil JID-iNova ;
- D [daN/m²] : dépression calculée due au vent normal selon les règles NV65 modifiées 2009 en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices de toiture équipée de modules photovoltaïques (cf Cahier du CSTB 3537_V2) ;
- P_{PV} [daN/m²] : charge permanente appliquée par le procédé photovoltaïque sur le profil. La valeur retenue pour le poids propre du procédé photovoltaïque est de 12 daN/m² ;
- g [daN/m²] : poids propre du profil ;
- p_{compl} [daN/m²] : charge permanente appliquée uniformément sur le profil (isolant + étanchéité) ;
- e [m] : entraxe des nervures ;
- P_k [daN] : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314 ;
- γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'élément porteur :
 - γ_m = 1,50 dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm,
 - γ_m = 2,50 dans l'élément porteur acier d'épaisseur ≥ 1,5 mm et ≤ 3 mm, et dans le bois.

Il n'est pas nécessaire de placer des plaquettes sous les têtes de fixations des TAN à la charpente.

Les clous à scellement sont exclus pour la fixation des profils JID-iNova en association avec un procédé photovoltaïque.

Exemple de dimensionnement d'un profil JID-iNova

Les données de l'exemple traité sont :

situation du projet	• région de neige C2 • altitude inférieure à 200 m • zone de vent 1 • 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 10 mètres • bâtiment fermé
procédé photovoltaïque	• implantation de la centrale photovoltaïque en partie courante de toiture, • poids surfacique du procédé compris entre 12 daN/m² et 15 daN/m² (ce poids propre n'est pas à prendre en compte puisqu'il a déjà été intégré dans le calcul des portées des TAN) • rail porteur de 40 cm perpendiculaire aux nervures de la TAN • module de dimensions 1927 x 1150 mm
système de toiture	• profil JID-iNova 158-250-750 en épaisseur de 0,75 mm • isolant thermique en laine de roche pour un poids surfacique de 13,5 daN/m² • revêtement d'étanchéité pour un poids surfacique de 2,5 daN/m²

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

- charge descendante : neige normale qui vaut $0,8 \times 65 + 10 = 62$ daN/m², pour une vérification implicite de la charge de neige accidentelle dans cette zone (selon les dispositions simplifiées pour la vérification sous charge accidentelle) : charge considérée = 85 daN/m² -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 100 daN/m² (en dehors des noues (à plus de 2 m), la charge de 10 daN/m² n'est pas prise en compte),
- charge ascendante applicable au profil : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 47 daN/m² -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 55 daN/m²,
- charges ascendantes applicables aux assemblages des profilés JID-iNova 158-250-750 sur la structure porteuse : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 45 daN/m² pour la partie courante,
- poids de l'isolation thermique et du revêtement d'étanchéité : $13,5 + 2,5 = 16$ daN/m² -> lecture dans les tableaux d'utilisation avec 20 daN/m².

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

	2 appuis	3 appuis	4 appuis et plus
sous l'effet de la charge descendante	4,50	4,80	4,85
sous l'effet de la charge ascendante	6,35	6,35	6,35
Portée maximale (minimum admissible pour chaque cas de pose)	4,50	4,80	4,85

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

$$1,25 * 4,85 * (1,75 * 45 - (12 + 11,78 + 16)) * 0,250 \leq \frac{P_k}{1,5}$$

Soit une valeur minimale de Pk de 88 daN.

2.4.4.2.1.4. Tôles d'acier nervurées Monopanel

De marque Monopanel et de référence Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153 et Nervo-iNova 158, les tôles d'acier nervurées doivent être conçues et mises en place de façon à respecter les tableaux de portées maximales d'utilisation définis dans la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

La mise en œuvre des TAN est conforme au Cahier du CSTB 3537_V2 modifiée ou complétée par les éléments du § 2.12.2.2.4. Chacune des nervures des TAN Nervo-iNova sont fixées sur chaque appui avec des fixations conformes au Cahier du CSTB 3537_V2.

Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles du cahier CSTB 3537_V2 (1/10^{ème} de la portée, limité à 0,30 m), avec un couturage de la partie en porte-à-faux à 10 cm environ de l'extrémité du profil.

La largeur d'appui minimale de la TAN Nervo-iNova est de 60 mm.

Pour les profils nervo-iNova, la vérification à réaliser est la suivante :

$$1,25 * L * [1,75 * D - (p_{pv} + g + p_{perm})] * e \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$$

Avec :

- L [m] : portée d'utilisation du profil Nervo-iNova ;
- D [daN/m²] : dépression calculée due au vent normal selon les règles NV65 modifiées 2009 en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices de toiture équipée de modules photovoltaïques (voir Tableau 15 et Tableau 16 : Valeur de dépression en daN/m² à prendre en compte en vent normal pour la vérification des fixations des profilés sur la charpente (selon les règles V65 modifiées 2009) ;
- p_{pv} [daN/m²] : charge permanente appliquée par les ossatures supports sur le profil ;
- g [daN/m²] : poids propre du profil ;
- p_{perm} [daN/m²] : charge permanente appliquée uniformément sur le profil ;
- e [m] : entraxe des nervures ;
- P_k [daN] : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314 ;
- γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur, de la nature de l'élément porteur et de la présence ou non de plaquette de répartition :

	Support acier > 3 mm	Support acier ≥ 1,5 mm et ≤ 3 mm, bois
Avec plaquettes	γ _m = 1,20	γ _m = 1,35
Sans plaquettes	γ _m = 1,50	γ _m = 2,50

Les clous à scellement sont exclus pour la fixation des profils Nervo-iNova en association avec un procédé photovoltaïque.

Exemple de dimensionnement d'un profil Nervo-iNova

Les données de l'exemple traité sont :

situation du projet	• région de neige C2 • altitude inférieure à 200 m • zone de vent 1 • 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 10 mètres • bâtiment fermé
procédé photovoltaïque	• implantation de la centrale photovoltaïque en partie courante de toiture, • poids surfacique du procédé compris entre 12 daN/m² et 15 daN/m² (ce poids propre n'est pas à prendre en compte puisqu'il a déjà été intégré dans le calcul des portées des TAN) • rail porteur de 40 cm perpendiculaire aux nervures de la TAN • module de dimensions 1850 x 1150 mm
système de toiture	• profil Nervo-iNova 158 en épaisseur de 0,75 mm • isolant thermique en laine de roche pour un poids surfacique de 13,5 daN/m² • revêtement d'étanchéité pour un poids surfacique de 2,5 daN/m²

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

- charge descendante : neige normale qui vaut $0,8 \times 65 + 10 = 62 \text{ daN/m}^2$, pour une vérification implicite de la charge de neige accidentelle dans cette zone (selon les dispositions simplifiées pour la vérification sous charge accidentelle) : charge accidentelle = 85 daN/m^2 -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 109 daN/m^2 (en dehors des noues (à plus de 2m), la charge de 10 daN/m^2 n'est pas prise en compte),
- charge ascendante applicable au profil : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 47 daN/m^2 -> lecture dans le tableau d'utilisation avec 50 daN/m^2 ,
- charges ascendantes applicables aux assemblages des profilés Nervo-iNova 158 sur la structure porteuse : vent normal qui vaut, selon les valeurs pré-calculées du cahier CSTB 3537 V2, 45 daN/m^2 pour la partie courante,
- poids de l'isolation thermique et du revêtement d'étanchéité : $13,5 + 2,5 = 16 \text{ daN/m}^2$ -> lecture dans les tableaux d'utilisation avec 25 daN/m^2 .

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

	2 appuis	3 appuis	4 appuis et plus
sous l'effet de la charge descendante	5,10	4,80	4,80
sous l'effet de la charge ascendante	6,85	6,25	6,35
Portée maximale (minimum admissible pour chaque cas de pose)	5,10	4,80	4,80

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

$$1,25 \times 5,10 \times (1,75 \times 45 - (12 + 11,78 + 16)) \times 0,250 \leq \frac{P_k}{1,20}$$

Soit une valeur minimale de P_k de 74 daN.

2.4.4.2.2. Mise en œuvre du complexe isolant - étanchéité

2.4.4.2.2.1. Pare-vapeur

Le choix du pare-vapeur et sa mise en œuvre sont conformes au DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement » en vigueur. Si nécessaire, les pare-vapeur voile de verre / aluminium (Pare-vapeur CECEAL (SIPLAST) ou IKO VAP ACIER et EVALACIER (IKO-AXTER)) sont mis en œuvre conformément au DTU DTU 43.3.

2.4.4.2.2.2. Isolant

Panotoit Tekfi 2

La mise en œuvre de l'isolant Panotoit Tekfi 2 est réalisée conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur.

Les panneaux Panotoit Tekfi 2 sont mis en œuvre en quinconce et fixés mécaniquement à l'élément porteur (se reporter aux prescriptions de son DTA en vigueur).

La ligne continue marquée par brûlage sur le panneau (dans le sens de la largeur des panneaux) est obligatoirement parallèle aux nervures des TAN. La ligne continue des joints (dans le sens de la longueur des panneaux) doit être perpendiculaire aux nervures.

Dans le cas de fortes isolations, les panneaux peuvent être utilisés en plusieurs lits avec joints des lits supérieurs décalés de ceux des lits inférieurs, jusqu'à une épaisseur d'au plus 260 mm.

Rockacier C Nu

La mise en œuvre de l'isolant Rockacier C Nu est réalisée conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur.

Les panneaux isolants sont fixés mécaniquement et sont posés jointifs et en quinconce. Les panneaux de chaque lit sont posés à joints décalés.

Les panneaux isolants doivent être posés grande longueur perpendiculaire aux nervures de la TAN et le joint filant entre panneaux doit être perpendiculaire aux nervures de la TAN.

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

Rockacier C Nu Energy

La mise en œuvre de l'isolant Rockacier C Nu Energy est réalisée conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur.

Les panneaux isolants sont fixés mécaniquement et sont posés jointifs et en quinconce. Les panneaux de chaque lit sont posés à joints décalés.

Les panneaux isolants doivent être posés grande longueur perpendiculaire à la nervure de la TAN et le joint filant entre panneaux doit être perpendiculaire aux nervures de la TAN.

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

Rocterm - Coberlan C (Nu)

La mise en œuvre de l'isolant Rocterm - Coberlan C (Nu) est réalisée conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur. Sauf indication contraire, les prescriptions de mise en œuvre de la norme NF DTU série 43 s'appliquent.

Les panneaux sont disposés en quinconce, jointifs et préalablement fixés (par fixations mécaniques) selon les dispositions définies dans le DTA de l'isolant.

Dans le cas d'une pose en deux lits, les joints des panneaux isolants de la deuxième couche sont décalés par rapport à ceux de la première couche.

Chaque panneau isolant porte 2 flèches. A la pose des panneaux isolants, ces flèches doivent être positionnées perpendiculairement à la nervure de la TAN.

SmartRoof C

La mise en œuvre de l'isolant SmartRoof C est réalisée conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur.

Sauf indication contraire, les prescriptions de mise en œuvre de la norme NF DTU série 43 s'appliquent.

Les panneaux sont disposés en quinconce, jointifs et préalablement fixés (par fixations mécaniques) selon les dispositions définies dans le DTA de l'isolant.

Dans le cas d'une pose en plusieurs lits, les panneaux sont posés face supérieure au-dessus et les panneaux des lits supérieurs sont disposés en quinconce, par rapport au lit inférieur.

Lors de la pose du premier lit, la grande longueur des panneaux doit être perpendiculaire aux nervures de la TAN et le joint filant sera perpendiculaire aux nervures de la TAN.

Powerdeck+ et Sikatherm® PIR AL Plus RE

La mise en œuvre de l'isolant Powerdeck+ ou de son extension commerciale Sikatherm® PIR AL Plus RE est réalisée conformément aux dispositions précisées dans les DTA en vigueur.

En particulier, les panneaux sont posés en quinconce et jointifs avec le joint au niveau du côté de la longueur qui est filant et perpendiculaires aux nervures de la TAN.

Lorsqu'ils sont posés en deux lits, les joints des deux lits successifs sont décalés.

Les panneaux sont fixés mécaniquement à l'élément porteur à l'aide de vis ou de rivets et de plaquettes de répartition.

Dans le cas d'une pose en un lit, les panneaux reçoivent 4 fixations préalables par panneau de 1200 × 1000 mm ou 6 fixations préalables par panneau de 2500 × 1200 mm.

Pour une pose en deux lits, les panneaux du lit inférieur en reçoivent une fixation centrale par panneau alors que les panneaux du lit supérieur reçoivent 4 fixations préalables par panneau de 1200 × 1000 mm et 6 fixations par panneau de 2500 × 1200 mm.

Dans le cas d'une pose du Powerdeck+ ou de son extension commerciale Sikatherm® PIR AL Plus RE sur écran thermique, les panneaux de l'écran thermique reçoivent une fixation centrale.

Knauf SteelThane avec écran thermique

La mise en œuvre de l'isolant mixte Knauf Steelthane avec écran thermique est réalisée conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur.

Chaque lit de panneaux isolants est posé à joints serrés et décalés. Les joints de panneaux entre chaque lit sont posés décalés.

Le premier lit de panneaux isolants (écran thermique) est posé avec 1 fixation mécanique centrale par panneau ; le deuxième lit en panneau isolant Knauf SteelThane est posé avec 6 fixations mécaniques par panneau.

Les joints filants de chaque lit de panneaux isolants sont posés perpendiculairement aux nervures de la TAN.

2.4.4.2.3. Revêtement d'étanchéité

- Étanchéité monocouche
Les revêtements d'étanchéité admis sont les membranes Sikaplan® G-15 ou Sikaplan® G-18 ou Sikaplan® G-20 ou Sikaplan® VG-15 ou Sikaplan® VG-18 (ignifugation renforcée).

La mise en œuvre de la membrane d'étanchéité doit être réalisée conformément aux dispositions du DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement » en vigueur, avec les obligations et exclusions suivantes :

- La distance maximale entre deux lignes de fixation est de 0,90 m,
 - Sur élément porteur en tôles d'acier nervurées, la membrane d'étanchéité est déroulée perpendiculairement au sens des nervures des TAN,
 - Les attelages de fixation comportant éléments de liaison et plaquettes associées utilisables sont décrits au § 2.2.4.6,
 - Les membranes sont fixées mécaniquement en lisière sous le recouvrement longitudinal à raison d'un attelage de fixation mécanique par plage des TAN,
 - Le procédé Sikaplan® iNova^{PV} Lite GC et Sikaplan® iNova^{PV} Lite Tilt GC FE n'est mis en œuvre que dans les zones de la toiture ne comportant pas de fixations complémentaires sous bandes de pontage,
 - Aucune règle d'adaptation de la densité de fixation n'est autorisée.
- Relevés :
Les reliefs et relevés d'étanchéité sont réalisés conformément aux dispositions du DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement ».
 - 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 (cf. Figure 16 et §2.10.7.4 du DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement »).

2.4.4.2.3. Pose des ossatures supports iNova^{PV} Lite

Les rails porteurs des ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 sont mis en œuvre perpendiculairement aux nervures de la TAN. Le délai entre la réalisation du complexe d'étanchéité et la mise en place des ossatures supports sur la membrane d'étanchéité ne doit pas dépasser le délai maximal défini au § 2.4.4.1.

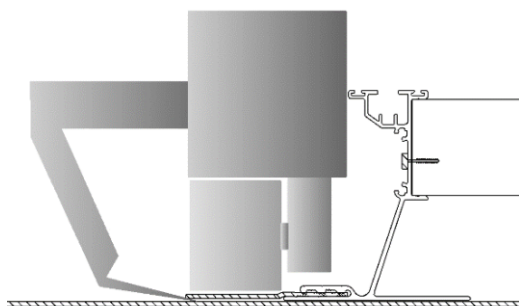
- Traçage
L'emplacement des ossatures supports des modules photovoltaïques iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 doit être repéré par traçage. Il est réalisé sur le revêtement d'étanchéité conformément aux informations fournies sur le plan d'exécution « Plan de Calepinage » établi par EPC Solaire (cf. Figure 19, Figure 21 et Figure 22). Le Tableau 11 indique les distances entre les ossatures supports.
- Nettoyage et préparation de la surface
Les surfaces sur lesquelles vont être thermosoudées les ossatures supports doivent être sèches et propres. Pour cela, les zones à souder doivent être nettoyées à l'aide du Sika-Trocral® Cleaner 2000.
- Thermo soudure des bandes de raccordement pré-assemblées des ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87
La méthode de pose est décrite ci-après et en Figure 18 et Figure 20.
Les bandes de raccordement sont mises en œuvre suivant la technique de thermo soudure définie par Sika France SAS dans le DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement » en vigueur. La largeur de soudure est de 40 mm minimum (jusqu'au rail).

Les caractéristiques types des appareils manuels de soudure à air chaud adaptés sont :

- Puissance : 230V – 1600W
- Température de sortie réglable en continue de 20° à 700°C maximum
- Roulette de pression manuelle
- Débit d'air chaud : 50 à 230 litres / minute à 30 mbars de pression
- La température de l'air et la vitesse d'avancement sont ajustées en fonction des conditions climatiques du moment.

On se référera au DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement » en vigueur pour les réglages de soudure recommandés. Ces réglages sont contrôlés plusieurs fois par jour à partir d'essais de pelage effectués sur des échantillons de soudure.

Les soudures peuvent être également réalisées avec un automate de soudure, par exemple automate LEISTER - VARIMAT V2 ou UNIDRIVE 500.



Représentation du rail iNova^{PV} Lite en position de soudure



Leister Varimat V2



Unidrive 500

2.4.4.2.4. Contrôle

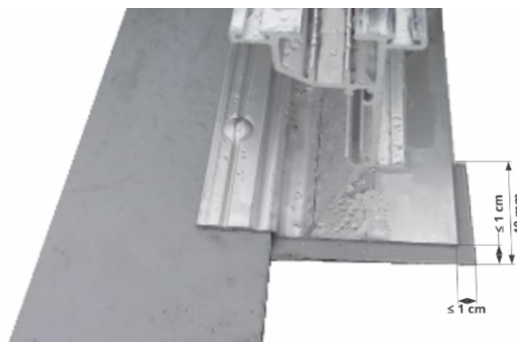
Toutes les soudures doivent être soigneusement contrôlées. Les défauts sont notés au passage, puis réparés.

- En cours de thermosoudure : contrôle visuel pour vérifier que la soudure présente un léger cordon de matière refluée en lisière, et ne présente pas de brillance sur le revêtement supérieur ;
- Sur la membrane d'étanchéité refroidie : contrôle systématique de toutes les jonctions à la pointe sèche ou au tournevis plat, en lisière de toutes les soudures. Les soudures défectueuses sont largement ouvertes, ressoudées à l'air chaud et complétées par un empiècement soudé. Les zones surchauffées sont confortées par un empiècement soudé.

2.4.4.2.5. Mise en œuvre des plastrons iNova

Les plastrons tels que décrits au § 2.2.3.2.5 sont positionnés après la soudure des bandes de raccordement. Ils sont glissés sous chaque extrémité de rail de manière à protéger les quatre angles. Un exemple de positionnement est présenté ci-dessous.

Afin qu'ils ne glissent pas dans le temps, un pointage avec l'appareil de soudure à air chaud est réalisé sur la membrane d'étanchéité.



2.4.4.2.6. Mise en œuvre des modules photovoltaïques

Dans tous les cas, il convient d'identifier et de 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 11 précise les distances entre modules.

Les modules sont posés à plat ou inclinés et fixés sur leurs grands côtés (cf. Figure 1).

Version à plat (cf. Figure 18 et Figure 19)

- En début de colonne, les modules photovoltaïques sont alignés et centrés sur les ossatures supports ; on veillera à ce que les bords des modules ne soient pas à moins de 10 cm d'un bord de rail porteur.
- Utiliser deux brides latérales pour fixer le côté du module situé en bord du champ photovoltaïque avec la visserie décrite au § 2.2.3.3.4, positionnée dans la gorge du rail porteur (cf. Figure 5 et Figure 6) – Le couple de serrage appliqué est de 14 N.m.
- Répéter l'opération en utilisant les brides centrales pour soutenir deux modules photovoltaïques côte à côte. Ils sont fixés par l'intermédiaire de la visserie décrite au § 2.2.3.3.4, positionnée dans la gorge du rail porteur. Le couple de serrage appliqué est de 14 N.m.
- On veillera à l'équerrage et l'alignement correct des champs de modules.
- La connexion électrique des modules se fait à l'avancement.

Version inclinée (Figure 20, Figure 21 et Figure 22)

Afin de donner un angle d'inclinaison aux modules photovoltaïques, les ossatures supports sont équipées sur chantier d'un couple de rehausses : une « rehausse Tilt GC FE haute » et une « rehausse Tilt GC FE basse » (cf § 2.2.3.3.2).

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

Les opérations suivantes sont réalisées :

- Les rehausses Tilt GC FE hautes et basses sont positionnées sur les ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 comme indiqué sur la Figure 20. Une ossature support iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 reçoit une rehausse haute sur un rail porteur et une rehausse basse sur l'autre rail porteur, de façon à former un angle de 8° orienté suivant la configuration choisie (mono ou bi-orientation).
- En début de rangée, les rehausses sont alignées et centrées sur les rails porteurs avec une tolérance de ± 10 cm. Les autres rehausses sont positionnées à une distance correspondant à la largeur du module +20 mm. 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 est fixée à l'ossature support iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 par l'intermédiaire de la visserie décrite au § 2.2.3.3.4. Le couple de serrage appliqué est de 14 N.m.
- Le premier module est positionné en appui sur ses grands côtés et centré sur les rehausses ; il est fixé par l'intermédiaire de brides latérales, sur chacune des rehausses, en utilisant la visserie décrite au § 2.2.3.3.4. Un couple de serrage de 14 N.m doit être appliqué. Le cadre du module doit reposer entièrement sur la rehausse.
- Pour une pose avec des modules inclinés bi-orientation, 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 la visserie décrite au § 2.2.3.3.4. 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.

2.5. Utilisation, entretien et réparation

2.5.1. Généralités

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

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.

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. § 2.5.4).

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

2.5.2. 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 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 débris, 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.

2.5.3. Maintenance électrique

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

2.5.4. 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 photovoltaïque 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 débiter 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 débiter 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.

2.5.5. Remplacement d'une ossature support

Pour remplacer une ossature support, commencer par retirer les modules conformément à la description du paragraphe 2.5.4. L'ossature support est remplacée de la manière suivante :

- Couper en bordure de chacun des rails, les deux bandes de raccordement, à l'aide d'un « cutter moquette » par exemple, en prenant soin de ne pas endommager la membrane d'étanchéité de la toiture, en soulevant le rail pendant la découpe.
- Retirer l'ossature support et procéder à son remplacement conformément au présent Dossier Technique après avoir reconstitué le revêtement d'étanchéité conformément au DTA Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement.

2.6. Traitement en fin de vie

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

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

2.7. Fabrication et contrôles

2.7.1. Tôles d'acier nervurées

2.7.1.1. Tôles d'acier nervurées Arcelor Mittal Building Solutions France

Les profils Inastyl® 110, 133, 150 et 170 sont fabriqués par la société Arcelor Mittal Building Solutions France, sur les sites de production de Contrisson et Haironville.

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 des normes NF EN 14782 et NF P 34-401-2 (2022), complétées par un minimum de trois contrôles par poste.

2.7.1.2. Tôles d'acier nervurées Bacacier

Les TAN iNovalteo 106.750 PVC et 106.750 PA PVC sont fabriquées par la société Bacacier, sur son site de production de Aigueperse (63).

Le contrôle des bobines d'acier revêtues utilisées lors de la fabrication est effectué en production tout au long des différents stades industriels conformément aux normes NF EN 10346 et NF P 34-301.

Lors de l'opération de profilage, à la fin de chaque montage machine, le contrôle géométrique des profils iNovalteo est effectué afin de réceptionner le montage avant la mise en production (cf. norme NF EN 14782). La production est systématiquement contrôlée conformément aux exigences des normes NF EN 14782 et NF P 34-401-2 (2022), complétées par un minimum de 3 contrôles par poste.

L'aspect général du produit est contrôlé en continu, de façon visuelle.

2.7.1.3. Tôles d'acier nervurées Joris Ide

Les profils JID-iNova 158-250-750 et 158-250-750 PO sont fabriqués par la société Joris Ide NV, sur son site de production de Zwevezele (Belgique).

Le contrôle des bobines d'acier revêtues, 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.

Lors de l'opération de profilage, à la fin de chaque montage machine, le contrôle géométrique des profils JID-iNova est effectué afin de réceptionner le montage avant la mise en production (cf. norme NF EN 14782). La production est systématiquement contrôlée conformément aux exigences de la norme NF EN 14782 et NF P 34-401-2.

L'aspect général du produit est contrôlé en continu, de façon visuelle.

2.7.1.4. Tôles d'acier nervurées Monopanel

Les TAN Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153 et Nervo-iNova 158 sont fabriquées par la société Monopanel SAS, sur le site de production de Chauny (02).

Le contrôle de production en usine du matériau de base (bobines) et du produit fini (Nervo-iNova) est réalisé conformément aux exigences des normes NF EN 14782 : 2006 et NF P 34-401-2 (2022).

L'aspect général du produit est contrôlé en continu, de façon visuelle.

2.7.2. Isolants

Les isolants visés par le Dossier Technique sont fabriqués et contrôlés conformément aux dispositions précisées dans leur DTA en vigueur.

2.7.3. Étanchéité et pare-vapeur

Les pare-vapeur et produits composant le revêtement d'étanchéité sont fabriqués et contrôlés par la société SIKA France SAS conformément aux dispositions précisées dans son DTA.

Les pare-vapeur CECEAL ou IKO VAP ACIER et EVALACIER sont fabriqués et contrôlés respectivement par les sociétés BMI Group France et IKO-AXTER.

2.7.4. 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.

2.7.5. Composants de l'ossature support

2.7.5.1. Profils aluminium

Les profils aluminium de l'ossature support sont extrudés par les sociétés Mitjavila et Exal en France. Les rails porteurs et entretoises sont extrudés en longueur d'environ 6 mètres linéaires. 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 et Léon Fontaine, en France, pour le compte d'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 ($8,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) position et profondeur des poinçons ($5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$).

Un contrôle de résistance à l'arrachement de la bande de raccordement est effectué 1 fois par mois. La valeur de résistance doit être de $120 \text{ daN} \pm 20 \text{ daN}$ pour une bande de 8 cm de largeur.

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

2.7.5.2. Bandes de raccordement Sikaplan®

Les bandes de raccordement Sikaplan® sont débitées dans des rouleaux de Sikaplan® G-18 de la société SIKA France SAS. Elles sont contrôlées avant le passage sous presse, par prélèvement, une fois par jour ou une fois par lot minimum (la tolérance est de $\pm 1,5 \text{ cm}$).

Le produit est fabriqué et contrôlé par la société SIKA France SAS conformément aux dispositions précisées dans le DTA en vigueur (DTA n°5.2/18-2639_V2).

2.7.6. 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.

2.8. Conditionnement, étiquetage, stockage

2.8.1. Modules photovoltaïques

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

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

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

Sauf spécificité du fabricant indiquée dans la grille de vérification des modules, le stockage sur chantier s'effectue au sec, sous abri.

2.8.2. Ossature support iNova^{PV} 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 supports iNova^{PV} Lite sont livrées par palettes. Chaque palette comporte 45 éléments (ossatures supports 40 E 87) ou 30 éléments (ossatures supports 58 E 87).

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.

2.8.3. 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 à minima le nom du chantier, le nom des éléments et la quantité.

Les brides et les rehausses sont livrées avec leur visserie pré-assemblée.

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

2.8.4. Autres constituants du procédé

2.8.4.1. Tôles d'acier nervurées

Tôles d'acier nervurées Arcelor Mittal Building Solutions France

Les profils Inastyl® fabriqués par la société Arcelor Mittal Building Solutions France 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 tôle,
- Les éléments relatifs au marquage CE,
- La caractéristique de la tôle,
- L'épaisseur de la tôle,
- La longueur de la tôle,
- Le nombre d'éléments,
- Le poids,
- Le nom du client,
- La référence chantier.

Les profils Inastyl® sont conditionnés en colis. Ils doivent être stockés sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques en respectant les dispositions prévues au § 6.1.1 du DTU 43.3 P1-1. Les colis sont à manutentionner en prenant appui aux points prévus à cet effet, il est aussi conseillé de prendre des précautions pour ne pas détériorer les produits en adaptant l'écartement des fourches en cas d'utilisation de celles-ci. L'approvisionnement en toiture respectera les dispositions prévues au § 6.1.2 du DTU 43.3 P1-1.

Tôles d'acier nervurées Bacacier

Les profils iNovalteo sont conditionnés en colis selon la commande du client. Chaque colis comporte un étiquetage précisant au minimum :

- Le nom du fabricant,
- Le nom du client,
- Le numéro de commande,
- Le poids,
- Le nombre d'éléments,
- La longueur,
- L'épaisseur,

Les colis de TAN sont stockés sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques. Lors de la manipulation, il est conseillé de prendre des précautions pour ne pas détériorer les produits en adaptant l'écartement des fourches. L'approvisionnement en toiture respecte les dispositions prévues au § 6.1.2 de la norme NF DTU 43.3 P1-1.

Tôles d'acier nervurées Joris Ide

Les profils JID-iNova sont conditionnés en colis selon la commande du client. Une fiche d'identification est collée sur chaque colis et précise au minimum :

- Marquage CE ;
- Déclaration de Performances (DdP) ;
- Nom du fabricant ;
- Référence commande client ;
- Référence de l'ordre de commande ;
- Nom du client ;
- Date de fabrication ;
- Poids du fardeau ;
- Contenu du fardeau (nombre et longueur) ;
- Numéro de teinte.

Les profils JID-iNova sont conditionnés en fardeaux. Les fardeaux sont à manutentionner en prenant appui aux points prévus à cet effet. L'approvisionnement en toiture respectera les dispositions prévues au § 6.1.2 du DTU 43.3 P1-1.

Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés dans un abri ventilé ou sous une bâche sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques nervurées.

Tôles d'acier nervurées Monopanel

Les profils Nervo-iNova sont conditionnés en colis selon la commande du client. Une fiche d'identification est collée sur chaque colis et précise au minimum :

- Marquage CE ;
- Déclaration de Performances (DdP) ;
- Nom du fabricant ;
- Référence commande client ;
- Référence de l'ordre de commande ;

- Nom du client ;
- Date de fabrication ;
- Poids du fardeau ;
- Contenu du fardeau (nombre et longueur) ;
- Numéro de teinte ;
- Nom du profil ;
- Epaisseur du profil.

Les profils Nervo-iNova sont conditionnés en fardeaux. Les fardeaux sont à manutentionner en prenant appui aux points prévus à cet effet. L'approvisionnement en toiture respectera les dispositions prévues au § 6.1.2 du DTU 43.3 P1-1.

Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés dans un abri ventilé ou sous une bâche sur un calage, inclinés sur l'horizontale, tout en ménageant un espace avec le sol, en évitant tout risque de déformation permanente des plaques nervurées.

2.8.4.2. Panneaux isolants

Les panneaux isolants visés par le présent Dossier Technique sont emballés et étiquetés conformément à leur DTA en vigueur.

2.8.4.3. Revêtement d'étanchéité et pare-vapeur

Les revêtements d'étanchéité et pare vapeur sont conditionnés en rouleaux, emballés et étiquetés conformément au DTA « Sikaplan® G et VG fixé mécaniquement ».

2.8.4.4. Plastrons iNova^{PV}

Les plastrons iNova^{PV} sont emballés par cartons de 50 unités. Ils sont livrés sur la même palette que les ossatures supports iNova^{PV}.

2.9. Formation

La mise en œuvre des travaux d'étanchéité est confiée aux entreprises qui emploient du personnel agréé par SIKA France SAS, après formation par le Service Technique de SIKA France SAS qui en tient la liste régulièrement à jour. SIKA France SAS dispose, à cet effet, de deux centres de formation au Bourget (93) et à Marguerittes (30).

Le stage de formation théorique et pratique fait l'objet d'une convention dans le cadre de la formation continue. A l'issue de ce stage, un certificat d'aptitude nominatif est délivré aux participants ayant fait les preuves de leurs capacités professionnelles. Cette formation est complétée, lors de la réalisation de premiers chantiers, par une assistance apportée sur site par les techniciens démonstrateurs de SIKA France SAS, aux entreprises qui en font la demande.

Comme la technique d'assemblage par thermo-soudure à air chaud des bandes de raccordement des ossatures supports iNova^{PV} Lite utilise les mêmes techniques que celles préconisées dans la mise en œuvre des lés de membrane Sikaplan® G/VG, les applicateurs déjà qualifiés par SIKA France SAS dans le cadre de leur formation sont autorisés à mettre en œuvre le procédé « Sikaplan® iNova^{PV} Lite GC et Sikaplan® iNova^{PV} Lite Tilt GC FE ».

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

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

2.10. Assistance technique

2.10.1. Généralités

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

Les sociétés EPC Solaire et SIKA France SAS assurent sur demande une assistance technique téléphonique pour tout renseignement et peuvent faire appel, en fonction de la complexité du sujet, aux services techniques des sociétés Arcelor Mittal Building Solutions France, Bacacier, Joris Ide ou Monopanel pour le dimensionnement des profils ou des conseils de mise en œuvre des tôles d'acier nervurées.

2.10.2. Partie étanchéité

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

2.10.3. 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 supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87,
- La fourniture d'un plan d'implantation.

2.11. Mention des justificatifs

2.11.1. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques ont été vérifiés par le CSTB selon les critères d'acceptation du présent Avis Technique. La liste des références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1 (cf § 1.2.9).
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61215 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques. La charge à laquelle les essais de charge mécanique MQT 16 ont été réalisés est indiquée dans la grille de vérification des modules.
- Les modules photovoltaïques ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe II de sécurité électrique jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CEBTP 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 n°BEB1.M.4147-1 du 27 janvier 2023, n°BEB1.N.4087-2 du 28 décembre 2023, n°BEB1.N.4087-1 du 26 octobre 2023).
- Le procédé photovoltaïque a été testé par le CSTB 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 n°DEB-24-29419/D du 31 mai 2024, n°DEB-24-29419/A du 31 mai 2024).
- Rapports d'essais au caisson de vent du CEBTP n° BEB1.P.4039-1 du 09 septembre 2025.
- Rapports d'essais au caisson de vent suivant NF EN 16002 de Buildwise n° DE-TS-0806.
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant Panotoit Tekfi 2, épaisseur 60 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P226723-5 du 2 mars 2023).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant Rockacier C Nu, épaisseur 100 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P209682-7 du 26 octobre 2021).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant Rockacier C Nu Energy, épaisseur 80 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P209682-6 du 26 octobre 2021).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant SmartRoof C(38), épaisseur 60 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P240118-1 du 24 juin 2024).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant SmartRoof C(38), épaisseur 80 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P239472-2 du 24 juin 2024).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant SmartRoof C(37), épaisseur 100 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P213436 du 25 août 2021).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant SmartRoof C(37), épaisseur 100 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P239472-3 du 26 avril 2024).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant Rocterm - Coberlan C (Nu), épaisseur 80 mm, réalisé au LNE (Rapport P250555-1).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant Powerdeck+, épaisseur 80 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P231471-2 du 10 juillet 2023).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolant Powerdeck+, épaisseur 80 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P240435-6 du 19 juin 2024).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolation mixte SmartRoof C(38) + Powerdeck+, épaisseur 60 mm + 60 mm, réalisé au LNE (Rapports N°P240435-1/2/3 et 4 du 19 juin 2024).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolation mixte SmartRoof C(38) + Knauf SteelThane, épaisseur 60 mm + 60 mm, réalisé au LNE (Rapport N°P247632-3 du 28 mars 2025).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolation mixte SmartRoof C + Knauf Steelthane, porte-à-faux 131 mm, épaisseur 60 mm + 60 mm, réalisé au LNE (rapport N° P247632/0003-V1 du 28 mars 2025).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolation mixte SmartRoof C + Knauf Steelthane, porte-à-faux 161 mm, épaisseur 80 mm + 60 mm, réalisé au LNE (rapport N° P247632/0004-V1 du 28 mars 2025).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support discontinu de l'isolation mixte Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+, épaisseur 60 mm + 60 mm, réalisé au LNE (rapports N° P246500/0014-V1 et N°P246500/0016-V1 du 16 mai 2025).
- Essai de comportement à la compression sous charge maintenue sur support continu de l'isolation mixte Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+, épaisseur 60 mm + 160 mm, réalisé au LNE (rapports N° P246500/0007-V1 du 16 mai 2025 et n°P246500/0016_V1).
- Rapports d'essai n°12364199/1D, n° 12364199/1E, n°22376752-1°, n°22376752-1B de Bureau Veritas Laboratoires pour les tôles d'acier nervurées de Monopanel.
- Rapport d'essais de fatigue du CETIM n° CET0262552-03b du 09 mars 2026.
- Rapport d'essais mécaniques sur systèmes de fixation de panneaux photovoltaïques du CEBTP n°BMA6-L-4044 du 21 mars 2022.

- Rapports d'essai n° 2406-15_2024-01-FA, 2406-15-1_2024-01-FA-1, 2406-15-2_2024-01-FA-2, 2406-15-3_2024-01-FA-3 et 2406-15-4_2024-01-FA-4 pour la TAN Inastyl® 110
- Rapports d'essai n°2408-04_2024-46, 2408-04-1_2024-46-1, 2408-04-2_2024-46-2, 2408-04-3_2024-46-3, 2408-04-4_2024-46-4, 211111020000008, 2025-55-FA pour la TAN Inastyl® 133
- Rapports d'essai n°2407-01_2024-07-FA, 2407-01-1_2024-07-FA-1, 2407-01-2_2024-07-FA-2, 2407-01-3_2024-07-FA-3 et 2407-01-4_2024-07-FA-4 pour la TAN Inastyl® 150
- Rapports d'essais n°2405-09_2023-63, 2405-09-1_2023-63-1, 2405-09-2_2023-63-2, 2405-09-3_2023-63-3 et 2405-09-4_2023-63-4 pour la TAN Inastyl® 170
- Rapport d'essai de flexion n°134904205-001-1 pour les TAN iNovalteo 106.750 PVC et 106.750PA PVC
- Rapports d'essais n°9653813/1A-Rev1 pour la TAN JID-iNova-158-250-750 et n°21744155/1A pour la TAN JID-iNova-158-250-750 PO
- Rapports d'essais n°12364199/1D et n°12364199-1E, 25317608-18 -1A pour la TAN Nervo-iNova 122, n°22376752-1A pour la TAN Nervo-iNova 153, n°22376752-1B pour la Tan Nervo-iNova 158.
- Rapport d'essai - ARaymond_Grounding-Clip_220-492_Rapport Veritas Laboratoires_Mars-Avril2012
- Rapport d'essai – Mobasolar – Bureau Veritas Laboratoires - LCIE – n°21853251-799604A et 21853251-799604B du 29 avril 2024.
- PV de classement au feu du CSTB n°RA24-0133 du 7 mars 2024.
- PV de classement au feu du CSTB n°RA20-0286 du 13 août 2020 et ses extensions de classement n°RA20-0286/01, n°RA20-0286/02 et n°RA21-0286/03.

2.11.2. Références chantiers

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis janvier 2022.

Environ 28 600 ossatures supports, représentant une surface de 160 000m², ont été mises en œuvre à ce jour.

2.12. Annexe du Dossier Technique

2.12.1. Tableaux

Éléments du procédé concernés	Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Atmosphères extérieures							Spéciale
			Rurale non polluée	Industrielle ou urbaine		Marine				
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Cadre de module	Aluminium > 6000	Anodisé (≥15 µm)	•	•	•	□	□	□	□	□
Rails porteurs, entretoises, rehausses	Aluminium 6060T5	Brut	•	•	□	•	□	□	□	□
Rails porteurs, entretoises, rehausses	Aluminium 6060T5	Anodisé (≥20 µm)	•	•	•	•	•	•	•	□
Brides, cadres modules PV	Aluminium 6060T66	Brut	•	•	□	•	□	□	□	□
Brides, cadres modules PV	Aluminium 6060T66	Anodisé (≥20 µm)	•	•	•	•	•	•	•	□
Visserie	Acier Inoxydable	A2	•	•	•	•	•	□	□	□
Visserie	Acier Inoxydable	A4	•	•	•	•	•	•	•	□

Les expositions atmosphériques sont définies dans le e-Cahier CSTB n°3844

- : Matériau adapté à l'exposition
- : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du titulaire de l'Avis Technique.
- : Matériau non adapté à l'exposition
- * : à l'exception du front de mer

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

GUIDE DE CHOIX DES REVÊTEMENTS VIS-A-VIS DES AMBIANCES INTÉRIEURES							
	Matériau			Non agressive			Faiblement agressive
	Revêtement métallique	Revêtement organique	Catégorie selon NF P 34-301	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 : catégorie II)	Z 100	Intérieur 12	II	■	○	■	■
	Z 225	Intérieur 12	II	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 60		/	■	■	■	■
	Z 225	Hairplus	IIIa	■	■	○	■
	ZM EVOLUTION 100		/	■	■	○	■
	Z 225	Hairultra	IIIa	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Authentic	IIIa	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Edyxo	IIIa	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Naturel	IIIa	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Hairflon 25	IIIa	■	■	○	■
	ZM EVOLUTION 100		/	■	■	○	■
	Z 225	Hairflon 35	IVb	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Keyron 150	IVb	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Keyron 200	IVb	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Hairexcel	IVb	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Intense	Vc	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Pearl	Vc	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 275	Sinéa	Vc	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	Z 225	Irysa	IIIa	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	■	■
	ZM EVOLUTION 140	R'Unik	/	■	■	■	■



: revêtement adapté



: revêtement dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et accord de la société Arcelor Mittal Building Solutions France



: revêtement non adapté

Note : les revêtements ZM EVOLUTION sont définis dans l'ETPM n°19/0064_V2 « ZMevolution® »

Tableau 2 - 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 REVÊTEMENTS VIS-A-VIS DES ATMOSPHERES EXTERIEURES										
POUR LES BÂTIMENTS OUVERTS ET LES AUVENTS										
	Matériau			Rurale non polluée	Urbaine et industrielle		Marine			
	Revêtement métallique	Revêtement organique	Catégorie selon NF P34-301		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (3 à 1 km) (1)	Mixte
METALLIQUE	Z 350	/	/	■	○	—	○	—	—	—
	ZM EVOLUTION 175	/	/	■	○	—	○	—	—	—
	ZM EVOLUTION 250	/	/	■	■	○	■	○	○	○
	ZM EVOLUTION 275	/	/	■	■	○	■	○	○	○
ORGANIKES (envers de bande : catégorie II)	Z 225	Hairplus	IV	■	■	—	■	○	—	—
	ZM EVOLUTION 100		/	■	■	○	■	■	—	—
	Z 225	Hairultra	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Authentic	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Edyxo	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Naturel	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Hairflon 25	IV	■	■	—	■	○	—	—
	ZM EVOLUTION 100		/	■	■	○	■	■	—	—
	Z 225	Hairflon 35	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Keyron 200	V	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Haïrexcel	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Intens e	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Pearl	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 275	Sinéa	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	Z 225	Irysa	VI	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 120		/	■	■	○	■	■	■	○
	ZM EVOLUTION 140	R'Unik	/	■	■	○	■	■	■	○

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

■ : revêtement adapté
○ : revêtement dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et accord de la société Arcelor Mittal Building Solutions France
■ : revêtement non adapté

Note : les revêtements ZM EVOLUTION sont définis dans l'ETPM n°19/0064_V2 « ZMevolution® »

Tableau 3 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils Inastyl® en fonction de l'atmosphère extérieure dans le cas de bâtiments ouverts

Revêtement métallique	Ambiance intérieure				
	Ambiance saine			Ambiance faiblement agressive et forte hygrométrie	Ambiance agressive et forte hygrométrie
	Hygrométrie faible	Hygrométrie moyenne	Hygrométrie forte		
Z180 – Z200 – Z225	•	-	-	-	-
Z275	•	•	-	-	-
Z350	•	•	•	-	-
• : Revêtement adapté à l'exposition. - : Revêtement non adapté. Les TAN INOVALTEO 106.750PA sont admises uniquement en ambiance d'hygrométrie faible à moyenne.					

Systèmes de revêtements			Ambiance intérieure				
			Ambiance saine			Ambiance faiblement agressive et forte hygrométrie	Ambiance agressive et forte hygrométrie
Acier Galvanisé de base	Revêtement organique	Catégories atteintes	Hygrométrie faible	Hygrométrie moyenne	Hygrométrie forte		
Z100	Polyester 15 µm	II	•	•	-	-	-
Z225	Polyester 25 µm	IIIa	•	•	•*	-	-
	Polyester 35 à 40 µm	IIIa	•	•	•*	-	-
	Polyuréthane 50 à 55 µm	IVb	•	•	•*	□	□**
	Polyuréthane 70 à 75 µm	IVb	•	•	•*	□	□**
• : Revêtement adapté à l'exposition. □ : Revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant. - : Revêtement non adapté. * : avec envers en polyester 15 µm minimum. ** : revêtement double face Les TAN INOVALTEO 106.750PA PVC sont admises uniquement en ambiance d'hygrométrie faible à moyenne.							

Tableau 4 - Guides de choix des aciers revêtus pour les profils iNovalteo 106.750 et 106.750 PA PVC

Revêtement métallique	Atmosphères extérieures ^(a)							
	Rurale non polluée	Urbaine industrielle ou		Marine				Spéciale
		Normale	Sévère	20km à 10km	10km à 3km	Bord de mer (<3km) ^(b)	Mixte	Particulière
Z180 - Z200 - Z225	-	-	-	-	-	-	-	-
Z275	□	□	-	-	-	-	-	-
Z350	•	□	-	□	-	-	-	-

• : Revêtement adapté à l'exposition.

□ : Revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant.

- : Revêtement non adapté.

(a) : cf. annexe B de la norme NF P 34-310.

(b) : A l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultations et accord du producteur.

Systèmes de revêtements			Atmosphères extérieures ^(a)							
			Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale
Acier Galvanisé de base	Revêtement organique	Catégories atteintes		Normale	Sévère	20km à 10km	10km à 3km	Bord de mer (<3km) ^(b)	Mixte	Particulière
Z225	Polyester 25 µm	III	•	•	-	•	□	-	-	□
	Polyester 35 à 40 µm	IV	•	•	□	•	•	□	-	□
	Polyuréthane 50 à 55 µm	VI	•	•	□	•	•	•	□	□
	Polyuréthane 70 à 75 µm	VI	•	•	□	•	•	•	□	□

• : Revêtement adapté à l'exposition.

□ : Revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant.

- : Revêtement non adapté.

(a) : cf. annexe B de la norme NF P 34-301 d'avril 2017.

(b) : A l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultations et accord du producteur.

Tableau 5 - Guides de choix des aciers revêtus pour les profils iNovalteo 106.750 PVC et 106.750 PA PVC en fonction de l'atmosphère extérieure (Bâtiments ouverts et auvent)

			Agressivité			
			Non agressive			Faiblement agressive
Revêtement organique	[µm]	Catégorie selon NF P 34-301	Faible hygrométrie	Moyenne hygrométrie	Forte hygrométrie	Forte hygrométrie
Interior (Polyester)	15	II	■	■	X	X
Essential (Polyester)	25	IIIa	■	■	○	X
Durable (PVDF)	35	IIIa	■	■	■	X
Ultra (PUR)	60	IVb	■	■	■	■
HPS 200 Ultra® (Plastisol)	200	Vc	■	■	■	■

Ambiance intérieure				
Saine				Agressive
Revêtement métallique	Faible hygrométrie	Moyenne hygrométrie	Forte hygrométrie	Forte hygrométrie
Z225	■	X	X	X
Z275	■	■	○	X

■ : Revêtements adaptés
 ○ : Usage soumis à enquête
 X : Revêtements non-adaptés

Tableau 6 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils JID-iNova 158 et 158 PO en fonction de l'ambiance intérieure dans le cas de bâtiments fermés

Revêtement organique	[μm]	Catégorie selon NF P 34-301	Rurale non-polluée	Urbaine et industrielle		Marine				Spéciale
				Normale	Sévère	20-10km	10-3km	Bord de mer (3-1km)	Mixte	Particulière
Essential (Polyester)	25	III	■	■	X	■	■	X	X	X
Durable (PVDF)	35	IV	■	■	○	■	■	■	○	○
Ultra (PUR)	60	VI	■	■	■	■	■	■	○	○
HPS 200 Ultra® (Plastisol)	200	VI	■	■	■	■	■	■	○	○

Revêtement métallique	Z275	Rurale non-polluée	Urbaine & industrielle		Marine				Spéciale
			Normale	Sévère	20-10km	10-3km	Bord de mer (3-1km)	Mixte	Particulière
		○	○	X	X	X	X	X	X

■ : Revêtements adaptés

○ : Usage soumis à enquête

X : Revêtements non-adaptés

Tableau 7 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils JID-iNova 158 et 158 PO en fonction de l'atmosphère extérieure dans le cas de bâtiments ouverts et auvents

Revêtement métallique	Ambiance intérieure			
	Ambiance non agressive			Ambiance faiblement agressive
	Hygrométrie faible	Hygrométrie moyenne	Hygrométrie forte	Faible à forte hygrométrie
Z180 - Z200 - Z225	■	○	×	×
Z275	■	■	○	○
Z350	■	■	○	○
MagiZinc® 140	■	■	×	×
■ : revêtement adapté à l'exposition ○ : revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant × : revêtement non adapté				

Systèmes de revêtements			Ambiance intérieure			
			Ambiance saine			Ambiance agressive
Acier galvanisé de base	Revêtement organique	Catégories atteintes	Hygrométrie faible	Hygrométrie moyenne	Hygrométrie forte	Hygrométrie forte
Z100	Polyester 15 µm	I	■	○	×	×
Z225	Polyester 15 µm	II	■	■	×	×
	Polyester 25 µm	IIIa	■	■	■	×
	Polyester 35 µm	IIIa	■	■	■	×
	Polyester 50 µm	IVb	■	■	■	○
	Polyester 55 µm	IVb	■	■	■	○
ZA 255	Colorcoat® Prisma	VI	■	■	■	■
	Colorcoat® HPS 200 Ultra	VI	■	■	■	■
	Solano® Nature PVC 200 µm	-	■	■	■	×
MagiZinc® 70	Colorcoat® PE 15	-	■	■	×	×
MagiZinc® 100	Colorcoat® PE 15	-	■	■	×	×
MagiZinc® 120	Colorcoat® PE 25	-	■	■	■	×
MagiZinc® 140	Colorcoat® PE 25	-	■	■	■	×
	Colorcoat® SDP 35	-	■	■	■	×
	Colorcoat® PVDF 25	-	■	■	■	×
	Colorcoat® PVDF 35	-	■	■	■	□
■ : revêtement adapté à l'exposition ○ : revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant × : revêtement non adapté - : non applicable						

Tableau 8 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153 et Nervo-iNova 158

Revêtement métallique	Atmosphères extérieures ⁽¹⁾							
	Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale
		Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	<3 km (bord de mer ⁽²⁾)	Mixte	Particulière
Z180 - Z200 - Z225	×	×	×	×	×	×	×	×
Z275	○	○	×	×	×	×	×	×
Z350	■	○	×	○	×	×	×	×

■ : revêtement adapté à l'exposition
 ○ : revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant
 × : revêtement non adapté
 (1) : cf. annexe B de la norme NF P 34-310.
 (2) : À l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultations et accord du producteur.

Systèmes de revêtements			Atmosphères extérieures ⁽¹⁾							
			Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale
Acier Galvanisé de base	Revêtement organique	Catégories atteintes		Normale	Sévère	20km à 10km	10km à 3km	Bord de mer (<3km) ⁽²⁾	Mixte	Particulière
Z225	Polyester 25 µm	III	•	•	○	•	○	×	×	×
	Polyester 35 µm	IV	•	•	○	•	•	×	○	○
	Polyester 50 µm	IV	•	•	○	•	•	•	○	○
	Polyester 55 µm	IV	•	•	○	•	•	•	○	○
	Colorcoat® Prisma	VI	•	•	•	•	•	•	○	○
ZA 255	Colorcoat® HPS 200 Ultra	VI	•	•	•	•	•	•	○	○
	Colorcoat® PE 25	-	•	•	○	•	×	×	×	×
MagiZinc® 120	Polyester Colorcoat® PE 25	-	•	•	○	•	×	×	×	○
MagiZinc® 140	Polyester Colorcoat® PE 25	-	•	•	○	•	×	×	×	○
	Colorcoat® SDP 35/SDP 35 Matt-t	-	•	•	○	•	•	○	×	○
	Colorcoat® PVDF 25	-	•	•	○	•	×	×	×	○
	Colorcoat® PVDF 35	-	•	•	○	•	•	○	×	○

• : Revêtement adapté à l'exposition.
 ○ : Revêtement dont le choix définitif, ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et en accord avec le fabricant.
 × : Revêtement non adapté.
 (1) : cf. annexe B de la norme NF P 34-310.
 (2) : À l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultations et accord du producteur.

Tableau 9 - Guide de choix des aciers revêtus pour les profils Nervo-iNova 122, Nervo-iNova 153 et Nervo-iNova 158 en fonction de l'atmosphère extérieure (bâtiments ouverts et auvents)

Caractéristiques	Unités	Normes de référence	Sikaplan® G-18
Couleur			RAL 7047 (gris clair)
Armature			Grille polyester
Défaut d'aspect		NF EN 1850-2	Conforme
Épaisseur (-5/+10 %)	mm	NF EN 1849-2	1,80
Rectitude	mm	NF EN 1848-2	≤ 30
Planéité	mm	NF EN 1848-2	≤ 10
Masse surfacique (-5/+10 %)	kg/m²	NF EN 1849-2	2,20
Masse surfacique de l'armature	g/m²		110
Réaction au feu		EN ISO 11925-2, classement selon E13501-	E
Résistance en traction	N/50 mm (L x T)	NF EN 12311-2	≥ 1 000 x 900
Allongement à la rupture	% (L x T)	NF EN 12311-2	≥ 13
Stabilité dimensionnelle : • Longitudinale (SP) ; • Transversale (ST).	%	NF EN 1107-2	≤ 0,5 ≤ 0,5
Résistance à la déchirure amorcée (VLF)	N (L x T)	NF EN 12310-2	≥ 150
Résistance au pelage du joint (VLF)	N/50 mm	NF EN 12316-2	Pas de rupture dans le joint et ≥ 300
Résistance au cisaillement du joint (VLF)	N/50 mm	NF EN 12317-2	≥ 600
Résistance au poinçonnement statique (VLF)	kg	NF EN 12730 (A et B)	≥ 20
Résistance au choc (VLF) : • Support rigide ; • Support flexible.	mm	NF EN 12691	≥ 500 ≥ 800
Pliage à basse température à l'état neuf	°C (L x T)	NF EN 495-5	≤ -25
Teneur en plastifiant à l'état neuf	%	DIN 53738	34 ± 2
Teneur en plastifiant après vieillissement UV 2 500 h 45 °C et 4 500 MJ/m²	Δ	Cahier du CSTB 3539	Δ ≤ 3 unités

Tableau 10 - Caractéristiques des bandes de raccordement en PVC Sikaplan® G-18

		Distance entre les modules		Distance entre les ossatures supports (d'un point d'une ossature au même point de l'ossature suivante)	
		Entre les grands côtés	Entre les petits côtés	Entre deux rangées de modules	Sur une même rangée de modules
Modules fixés par leurs grands côtés	Version à plat	20 mm	20 mm	Longueur du module + 20 mm	Largeur du module + 20 mm
	Version inclinée en mono orientation	20 mm	400 mm (ou suivant espace inter rangées défini) - pas de limite haute	Longueur du module + 400 mm (ou suivant espace inter rangées défini)	Largeur du module + 20mm
	Version inclinée en bi orientation	20 mm	20 mm au point haut - 120 mm au point bas	Longueur du module + 20 mm ou suivant espace inter rangées	Largeur du module + 20mm

Tableau 11 - Distance entre modules et ossatures supports (cf. Figure 19, Figure 21 et Figure 22)

TAN	Isolant avec charge admissible de 20 kPa		Isolant avec charge admissible de 30 kPa	
	Isolant	Epaisseurs	Isolant	Epaisseur
Inastyl® 110 (Ohn 131 mm)	Panotoit Tekfi 2	De 80 à 260 mm	Powerdeck+	De 100 à 320 mm
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260mm	Sikatherm® PIR AL Plus RE	De 100 à 320 mm
	Rocterm Coberlan C	De 90 à 260 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 m		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck+	60 mm + 100 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	60 mm + 100 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Knauf Steelthane	60 à 90 mm + 100 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	90 mm + 80 à 250 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	90 mm + 80 à 250 mm		
Inastyl® 133 (Ohn 119 mm)	Panotoit Tekfi 2	De 80 à 260 mm	Powerdeck+	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu	De 100 à 260 mm	Sikatherm® PIR AL Plus RE	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu)	De 80 à 260 mm		
	SmartRoof C(38)	De 60 à 100 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 mm		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck+	60 mm + 60 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	60 mm + 60 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Knauf Steelthane	60 à 90 mm + 60 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 260 mm		

Tableau 12 - Nature et épaisseur des isolants en fonction de la TAN

TAN	Isolant avec charge admissible de 20 kPa		Isolant avec charge admissible de 30 kPa	
	Isolant	Epaisseurs	Isolant	Epaisseur
Inastyl® 150 (Ohn 148 mm) Inastyl® 170 (Ohn 148 mm)	Panotoit Tekfi 2	De 80 à 260 mm		
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu)	De 90 à 260 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 mm		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck+	80 mm + 100 à 150 mm		
	SmartRoof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 100 à 150 mm		
	SmartRoof C(38) + Knauf Steelthane	80 à 90 mm + 100 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	90 mm + 60 à 250 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	90 mm + 60 à 250 mm		
iNovalteo 106.750 PVC (Ohn 125 mm)	Panotoit Tekfi 2	De 80 à 260 mm	Powerdeck+	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu	De 100 à 260 mm	Sikatherm® PIR AL Plus RE	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu)	De 80 à 260 mm		
	SmartRoof C(38)	De 60 à 100 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 mm		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck+	60 mm + 60 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	60 mm + 60 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Knauf Steelthane	60 à 90 mm + 60 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 260 mm		

Tableau 12 (suite) - Nature et épaisseur des isolants en fonction de la TAN

TAN	Isolant avec charge admissible de 20 kPa		Isolant avec charge admissible de 30 kPa	
	Isolant	Epaisseurs	Isolant	Epaisseur
iNovalteo 106.750 PA PVC (Ohn 125 mm)	Panotoit Tekfi 2	De 80 à 260 mm	Powerdeck+	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu	De 100 à 260 mm	Sikatherm® PIR AL Plus RE	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260 mm		
	Rocterm Coberlan C	De 80 à 260 mm		
	SmartRoof C(38)	De 60 à 100 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 mm		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck+	60 mm + 60 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	60 mm + 60 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Knauf Steelthane	60 à 90 mm + 60 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 260 mm		
JID-iNova 158-250-750 (Ohn 131 mm)	Rockacier C Nu	De 100 à 260 mm	Powerdeck+	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260 mm	Sikatherm® PIR AL Plus RE	De 80 à 320 mm
	Panotoit Tekfi 2	De 80 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu)	De 80 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 260 mm		
JID-iNova 158-250-750 PO (Ohn 131 mm)	Panotoit Tekfi 2	De 80 à 260 mm	Powerdeck+	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu	De 100 à 260 mm	Sikatherm® PIR AL Plus RE	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu)	De 80 à 260 mm		
	SmartRoof C(38)	De 60 à 100 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 mm		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck+	60 mm + 60 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	60 mm + 60 à 280 mm		
	SmartRoof C(38) + Knauf Steelthane	60 à 90 mm + 60 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 260 mm		

Tableau 12 (suite) - Nature et épaisseur des isolants en fonction de la TAN

TAN	Isolant avec charge admissible de 20 kPa		Isolant avec charge admissible de 30 kPa	
	Isolant	Epaisseurs	Isolant	Epaisseur
Nervo-iNova 122 (Ohn 158 mm)	Rockacier C Nu	De 100 à 260 mm		
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260 mm		
	Panotoit Tekfi 2	De 100 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu)	De 80 à 260 mm		
	SmartRoof C(38)	De 80 à 100 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 mm		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 150 mm		
	Smartroof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 150 mm		
	Smartroof C(38) + Knauf Steelthane	80 à 90 mm + 60 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 260 mm		
Nervo-iNova153 (Ohn 161 mm)	Panotoit Tekfi 2	De 100 à 260 mm		
	Rockacier C Nu	De 100 à 260 mm		
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu)	De 80 à 260 mm		
	SmartRoof C(38)	De 80 à 100 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 mm		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 150 mm		
	SmartRoof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 150 mm		
	SmartRoof C(38) + Knauf Steelthane	80 à 90 mm + 60 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 260 mm		

Tableau 12 (suite) - Nature et épaisseur des isolants en fonction de la TAN

TAN	Isolant avec charge admissible de 20 kPa		Isolant avec charge admissible de 30 kPa	
	Isolant	Epaisseurs	Isolant	Epaisseur
Nervo-iNova158 (Ohn 131 mm)	Panotoit Tekfi 2	De 80 à 260 mm	Powerdeck+	De 80 à 320 mm
	Rockacier C Nu	De 100 à 260 mm	Sikatherm® PIR AL Plus RE	De 80 mm à 320 mm
	Rockacier C Nu Energy	De 80 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu)	De 80 à 260 mm		
	SmartRoof C(38)	De 60 à 100 mm		
	SmartRoof C(37)	De 100 à 260 mm		
	SmartRoof C(38) + Powerdeck	60 mm + 60 à 320 mm		
	SmartRoof C(38) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	60 mm + 60 à 320 mm		
	SmartRoof C(38) + Knauf Steelthane	60 à 90mm + 60 à 160 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Powerdeck+	80 mm + 60 à 260 mm		
	Rocterm - Coberlan C (Nu) + Sikatherm® PIR AL Plus RE	80 mm + 60 à 260 mm		

Tableau 12 (suite) - Nature et épaisseur des isolants en fonction de la TAN

Hauteur en mètre	Position	Zones de vent							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
≤ 10	Courante Rives	467	631	561	729	701	876	841	
≤ 12	Courante Rives	487	657	584	759	730	913	876	
≤ 15	Courante Rives	514	694	617	802	771	964	925	
≤ 18	Courante Rives	539	728	647	841	809		970	
≤ 20	Courante Rives	555	749	666	866	832		999	

Tableau 13 - Valeur de dépression en Pa à prendre en compte en vent normal pour la vérification des TAN en bâtiments fermés (selon les règles V65 modifiées 2009)

Hauteur en mètre	Position	Zones de vent							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
≤ 10	Courante Rives	690	931	828	1076	1035	1293	1242	
≤ 12	Courante Rives	718	970	862	1121	1078	1347	1293	
≤ 15	Courante Rives	759	1024	910	1184	1138	1423	1366	
≤ 18	Courante Rives	796	1074	955	1242	1194		1433	
≤ 20	Courante Rives	819	1106	983	1278	1229		1474	

Tableau 14 - Valeur de dépression en Pa à prendre en compte en vent normal pour la vérification des TAN en bâtiments ouverts (selon les règles V65 modifiées 2009).

Hauteur en mètre	Position	Zones de vent							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
≤ 10	Courante	445	601	534	694	667	834	801	
≤ 12	Courante	463	626	556	723	695	869	834	
≤ 15	Courante	490	661	587	763	734	918	881	
≤ 18	Courante	514	693	616	801	770		924	
≤ 20	Courante	529	713	634	825	793		951	

Tableau 15 - Valeur de dépression en Pa à prendre en compte en vent normal pour la vérification des fixations des TAN sur la structure porteuse en bâtiments fermés (selon les règles V65 modifiées 2009)

Hauteur en mètre	Position	Zones de vent							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
≤ 10	Courante	667	901	801	1041	1001			
≤ 12	Courante	695	939	834	1085	1043			
≤ 15	Courante	734	991	881		1101			
≤ 18	Courante	770	1040	924					
≤ 20	Courante	793	1070	951					

Tableau 16 - Valeur de dépression en Pa à prendre en compte en vent normal pour la vérification des fixations des TAN sur la structure porteuse en bâtiments ouverts (selon les règles V65 modifiées 2009)

2.12.2. Dimensionnement du procédé

2.12.2.1. Généralités

Le dimensionnement est réalisé :

- Sous charge ascendante : selon les règles V65 modifiées pour l'ensemble du procédé (TAN, isolant, étanchéité, ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87, modules photovoltaïques),
- 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 d'ossature support iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 à mettre en œuvre.

2.12.2.2. Dimensionnement des TAN et de leurs fixations

2.12.2.2.1. Tôles d'Acier Nervurées Arcelor Mittal Building Solutions France

2.12.2.2.1.1. 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[®],
- des charges ascendantes applicables aux fixations du profil Inastyl[®] sur la structure porteuse,

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

Charges de montage

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

Charges permanentes

Les charges permanentes comprennent :

- les charges gravitaires dues au complexe d'isolation, au pare vapeur éventuel, et au revêtement d'étanchéité (p_{UR}),
- les charges dues aux ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 ou iNova^{PV} Lite 58E87 et aux modules photovoltaïques (p_{RP}) de valeur forfaitaire de 12 daN/m² pour les charges ascendantes et de 15 daN/m² pour les charges descendantes.

Le poids propre de la tôle d'acier nervurée est directement intégré aux vérifications.

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 Sikaplan[®] iNova^{PV} Lite, 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.

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) :

Cas des profils Inastyl[®] :

Les valeurs de dépression, en Pa, 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 (cf. Tableau 13 et Tableau 14).

Cas des fixations des profils Inastyl[®] :

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 (cf. Tableau 15 et Tableau 16).

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 1/10^{ème} 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 ($\lambda \leq 2,5$), un bâtiment dont les dimensions respectent toutes les conditions suivantes :

- toiture à un ou deux versants,
- $\gamma_0 < 1$ au sens des Règles NV 65 modifiées,
- $h < 2,5 a$, avec : a = longueur du bâtiment, et h = hauteur du bâtiment,
- $f \leq h/2$, 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 13 et Tableau 14 ne sont utilisées que pour le dimensionnement des profilés Inastyl® et de leurs fixations sur la structure porteuse.

Vérification de la tenue des TAN et de leurs fixations à la charpente

Les fiches techniques (cf. grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1) indiquent les conditions devant être remplies par l'ensemble du système de toiture (dimensions du module, montage du générateur photovoltaïque, isolation thermique, ...). Pour les cas non prévus par ces dernières (travées inégales), une étude peut être réalisée.

Le dimensionnement des profils Inastyl® et de ses assemblages à la structure porteuse intègre les spécificités propres aux profils relevant du Cahier du CSTB 3537_V2, notamment :

- la prise en compte d'une première inflexion sévère du graphique charge / déformation conformément au paragraphe III.1.3.2 du Cahier du CSTB 3537_V2 pour la détermination de la charge de déformation permanente ;
- la vérification du profil en flexibilité sous charge ascendante sous l'action du vent seul conformément au paragraphe V.2.2b et V.3.2b du Cahier du CSTB 3537_V2 ;
- les valeurs du coefficient γ_m pour la vérification des TAN sur la structure porteuse sont majorées (cf. § 2.4.4.2.1.1).

2.12.2.2.1.2. Couturage des profils

Chaque profilé élément porteur d'étanchéité Inastyl® est couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au paragraphe 4.5 du Cahier du CSTB 3537_V2 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.

2.12.2.2.1.3. Fiches Techniques

Se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

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),
- 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 (p_{RP}) 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.

La vérification de l'aptitude mécanique des TAN doit être réalisée préalablement pour l'ensemble de la toiture sans la centrale photovoltaïque. 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.

2.12.2.2.2. Tôles d'Acier Nervurées BACACIER

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

Les charges de calcul prises en compte pour le dimensionnement des TAN iNovalteo sont :

- Les charges de montage : les charges de montage utilisées pour la détermination des portées utiles sont celles du Cahier du CSTB 3537_V2.

- Les charges permanentes :
 - Les charges uniformément réparties dues au complexe d'isolation et au revêtement d'étanchéité ;
 - Les charges appliquées par les ossatures supports des procédés Sikaplan® iNova^{PV} Lite et les modules photovoltaïques ;

Le poids propre des profils est directement intégré aux vérifications.

- Charges descendantes : charge de neige normale déterminée conformément aux prescriptions des Règles Neige N 84 (modificatif de février 2009) ;
- Charges ascendantes pour les profils élément porteur d'étanchéité : charges climatiques dues au vent

Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles de la norme NF DTU 43.3 (1/10^{ème} de la portée, limité à 0,30 m).

Les valeurs de dépression normale à prendre en compte pour la vérification des TAN sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées en zones de rives pour un vent parallèle aux génératrices de la toiture. Des valeurs précalculées, obtenues par l'application des règles simplifiées, sont données dans les Tableau 13 et Tableau 14.

Les valeurs de dépression normale à prendre en compte pour la vérification des fixations des profils sur la charpente des TAN sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées pour la vérification des profils complétées par les zones de rives pour un vent perpendiculaire aux génératrices de la toiture. Des valeurs pré-calculées, pour les zones de rive, obtenues par l'application des règles simplifiées, sont données dans les Tableau 15 et Tableau 16.

Le dimensionnement de l'élément porteur du complexe de toiture constitué d'un profil iNovalteo doit comprendre une vérification des portées sous charges descendantes normales et une vérification de la densité de fixations à l'ossature. La vérification sous charges accidentelles selon les règles N84 (février 2009) est implicitement vérifiée pour les zones A, B et C. Pour la zone D, elle est vérifiée en prenant une charge de neige de 110 daN/m² minimum.

2.12.2.2.2. Couturage des profils

Chaque profilé élément porteur d'étanchéité iNovalteo sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au paragraphe 4.5 du Cahier du CSTB 3537_V2 et avec un entraxe maximum entre fixation de 50 cm dans le sens longitudinal des recouvrements.

2.12.2.2.3. Fiches Techniques

Se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

Pour les cas non prévus par ces dernières (travées inégales), une étude doit être réalisée au cas par cas, dans le cadre des hypothèses de l'Avis Technique.

Les tableaux de portées donnés dans la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, donnent des valeurs enveloppe couvrant toutes les dispositions de montage revendiquées.

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

- valeur de neige normale issue des Règles N84 (modificatif de février 2009),
- valeur de vent normal issu des Règles NV65 modifiées 2009,
- poids cumulés de l'isolation thermique, du pare vapeur éventuel et du revêtement d'étanchéité.

Le poids du procédé photovoltaïque de 15 daN/m² et les charges permanentes dues au poids propre des profils iNovalteo sont prises en compte implicitement dans ces tableaux de portées, tout comme le poids propre de la laine de roche en forme de trapèze disposée dans les nervures pour le traitement acoustique dans le cas du profil iNovalteo 106.750 PA.

Le dimensionnement des profils iNovalteo doit comprendre les vérifications suivantes :

- vérification des portées sous charge descendante,
- vérification des portées sous charges ascendantes,
- vérification de la tenue à l'arrachement des fixations à l'ossature.

2.12.2.2.3. Tôles d'Acier Nervurées JORIS IDE

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

- Charges permanentes :
Les charges permanentes comprennent l'ensemble des charges dues au complexe d'isolation et du revêtement d'étanchéité (p_{compl}). Le poids propre du profil (g) est directement intégré aux vérifications ;
- Charges descendantes : valeur de neige normale issue des Règles N84 (modificatif de février 2009) prenant en compte les dispositions simplifiées pour la vérification sous charge accidentelle ;
- Charges ascendantes pour les profils élément porteur d'étanchéité :

Les valeurs de dépression normale à prendre en compte pour la vérification des TAN sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées en zones de rives pour un vent parallèle aux génératrices de la toiture. Des valeurs précalculées, obtenues par l'application des règles simplifiées, sont données dans les Tableau 13 et Tableau 14.

Les valeurs de dépression normale à prendre en compte pour la vérification des fixations des profils sur la charpente des TAN sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées pour la vérification des profils complétées par les zones de rives pour un vent perpendiculaire aux génératrices de la toiture. Des valeurs pré-calculées, pour les zones de rive, obtenues par l'application des règles simplifiées, sont données dans les Tableau 15 et Tableau 16.

Le dimensionnement de l'élément porteur du complexe de toiture constitué d'un profil JID-iNova doit comprendre ces 3 vérifications :

- Vérification des portées sous charges descendantes (normales) prenant en compte les dispositions simplifiées selon §6.3 des Règles N84 modifiées 2009 pour la vérification sous charge accidentelle ;
- Vérification des portées sous charges ascendantes ;
- Vérification de la densité de fixations à l'ossature.

Les vérifications des portées de profil sont à réaliser à l'aide des fiches techniques spécifiques (cf. grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN). Pour les cas non prévus par ces dernières (travées inégales), une étude doit être réalisée au cas par cas.

Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles de la NF DTU 43.3 (1/10^{ème} de la portée et limité à 0,30 m), avec un couturage de la partie en porte-à-faux à 10 cm environ de l'extrémité du profil.

2.12.2.2.3.2. Couturage des profils

Chaque profilé élément porteur d'étanchéité JID-iNova sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au paragraphe 4.5 du Cahier du CSTB 3537_V2 et avec un entraxe maximum entre fixation de 0,75 m 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 § 6.2.3 DTU 43.3 P1-1).

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

2.12.2.2.3.3. Fiches Techniques

Se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

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

- charge descendante : valeur de neige normale issue des Règles N84 (modificatif de février 2009) prenant en compte les dispositions simplifiées pour la vérification sous charge accidentelle ; Utiliser la ligne « cas général » du tableau en commentaire au §6.3 des Règles N84
- charge permanente : poids cumulés de l'isolation thermique, du pare vapeur lorsque nécessaire et du revêtement d'étanchéité.
- 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 des Tableau 13 et Tableau 14 ;

Les charges permanentes dues au poids propre du profil JID-iNova et au poids propre du procédé photovoltaïque sont prises en compte implicitement dans les tableaux de portées. La valeur retenue pour le poids propre du procédé photovoltaïque est de 15 daN/m² pour la vérification sous charges descendante et 12 daN/m² pour la vérification sous charge ascendante.

Le dimensionnement du profil JID-iNova doit comprendre les vérifications suivantes :

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

2.12.2.2.4. Tôles d'Acier Nervurées MONOPANEL

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

Les tableaux de portée donnés dans les fiches techniques donnent des valeurs enveloppes couvrant toutes les dispositions de montage revendiquées.

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

- charge descendante : valeur de neige normale issue des Règles N84 (modificatif de février 2009) prenant en compte les dispositions simplifiées pour la vérification sous charge accidentelle ;
- charge ascendante : valeur de dépression due à l'effet du vent normal issue des Règles NV65 (modificatif de février 2009), l'application de règles simplifiées permet d'obtenir les valeurs précalculées des Tableau 13 et Tableau 14 ;
- poids propres cumulés de l'isolation thermique, du pare-vapeur éventuel, du revêtement d'étanchéité.

Ces tableaux de portées prennent en compte implicitement :

- la vérification des profils Nervo-iNova en phases de pose et de montage conformément au NF DTU 43.3
- la vérification des profils Nervo-iNova en phase d'exploitation sous charges uniformément réparties conformément au Cahier CSTB 3537_V2, avec une charge d'exploitation descendante égale à la charge la plus élevée entre la charge de neige normale issue des Règles N84 et la charge d'entretien de 100 daN/m², et une charge permanente égale aux poids propres cumulés de l'isolation thermique, du pare-vapeur éventuel et du revêtement d'étanchéité
- les charges permanentes dues au poids propre des profils Nervo-iNova

Les valeurs du poids propre du procédé photovoltaïque pour l'obtention des portées maximales d'utilisation sont :

- 15 daN/m² pour les vérifications sous les charges descendantes,
- 12 daN/m² pour les vérifications sous les charges ascendantes.

Le dimensionnement doit comprendre les vérifications suivantes :

- vérification des portées des profils Nervo-iNova sous charges descendantes ;
- vérification de la TAN sous charges ascendantes comme demandé dans le Cahier du CSTB 3537_V2 au paragraphe 4.2 et en annexe 3, paragraphe II.2.3 ;

- vérification de la tenue à l'arrachement des fixations à l'ossature.

Les vérifications des portées des TAN sont à réaliser à l'aide des fiches techniques (cf. grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN). Pour les cas non prévus par cette dernière (travées inégales), une étude doit être réalisée au cas par cas, dans le cadre des hypothèses du présent Dossier Technique.

La largeur d'appui minimale des TAN Nervo-iNova est de 60 mm.

2.12.2.2.4.2. Couturage des profils

Chaque profilé élément porteur d'étanchéité Nervo-iNova sera couturé avec les profilés voisins au niveau des emboîtements longitudinaux avec des fixations conformes au paragraphe 4.5 du Cahier du CSTB 3537_V2 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.

2.12.2.2.4.3. Fiches Techniques

Se reporter à la grille de Fiches techniques et tableaux de portée de TAN, en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/26-94_V1.

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

Les charges descendantes autorisées pour un isolant et une épaisseur donnés sont conformes au domaine d'emploi défini au paragraphe 1.1.

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

Les charges ascendantes autorisées pour le procédé sont conformes au domaine d'emploi défini au paragraphe 1.1 selon les dimensions des modules photovoltaïques.

Le calcul des charges climatiques appliquées sur la toiture s'effectue conformément au Cahier du CSTB n° 3803_V3 pour les bâtiments d'élancement courant. Selon la configuration du bâtiment et par application de la note 2 du chapitre 1 du Cahier du CSTB n° 3803_V3, le calcul précis au cas par cas des sollicitations climatiques en conformité avec les règles NV 65 modifiées reste toujours possible.

3. Annexes graphiques

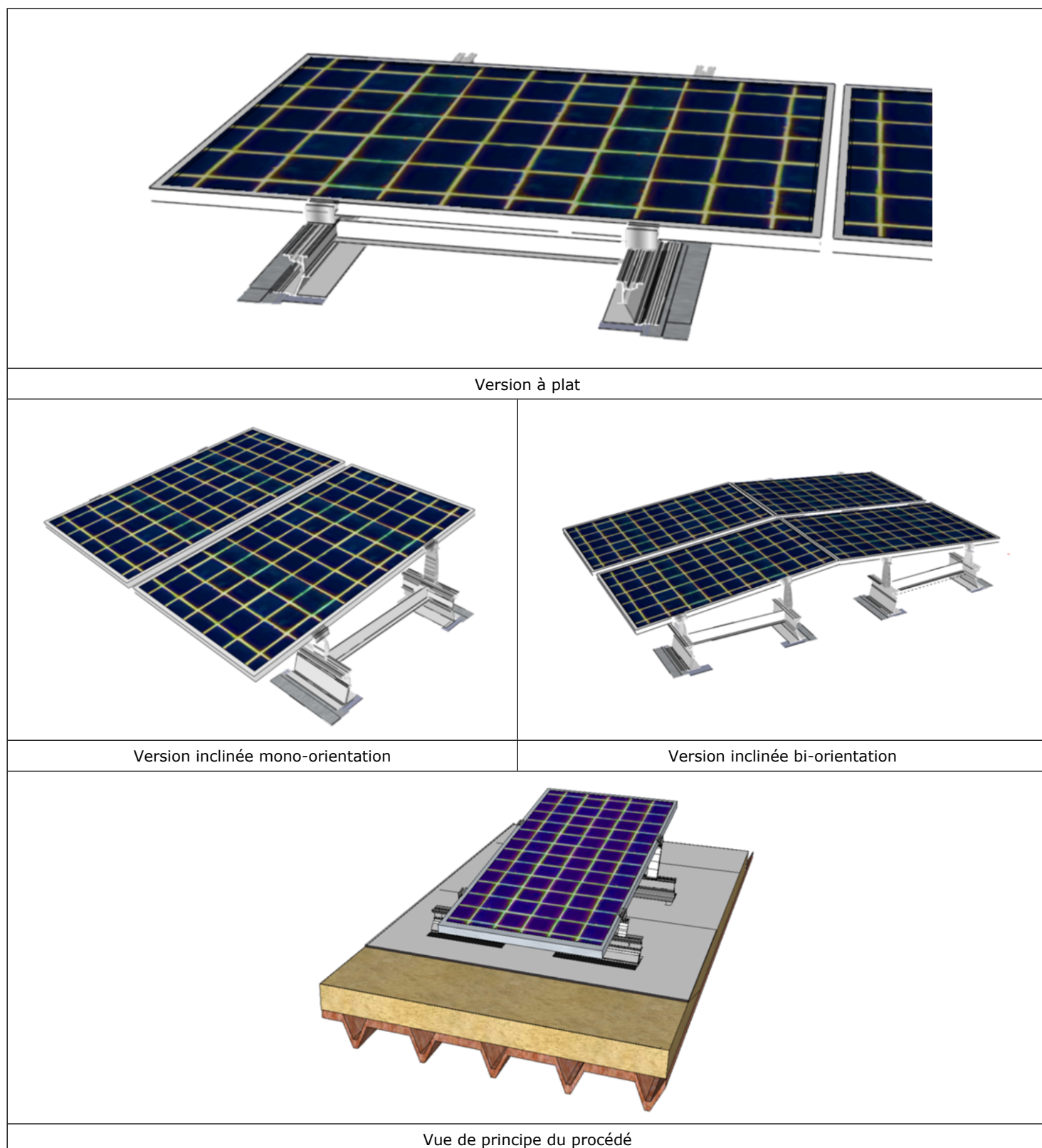


Figure 1 - Configurations de pose

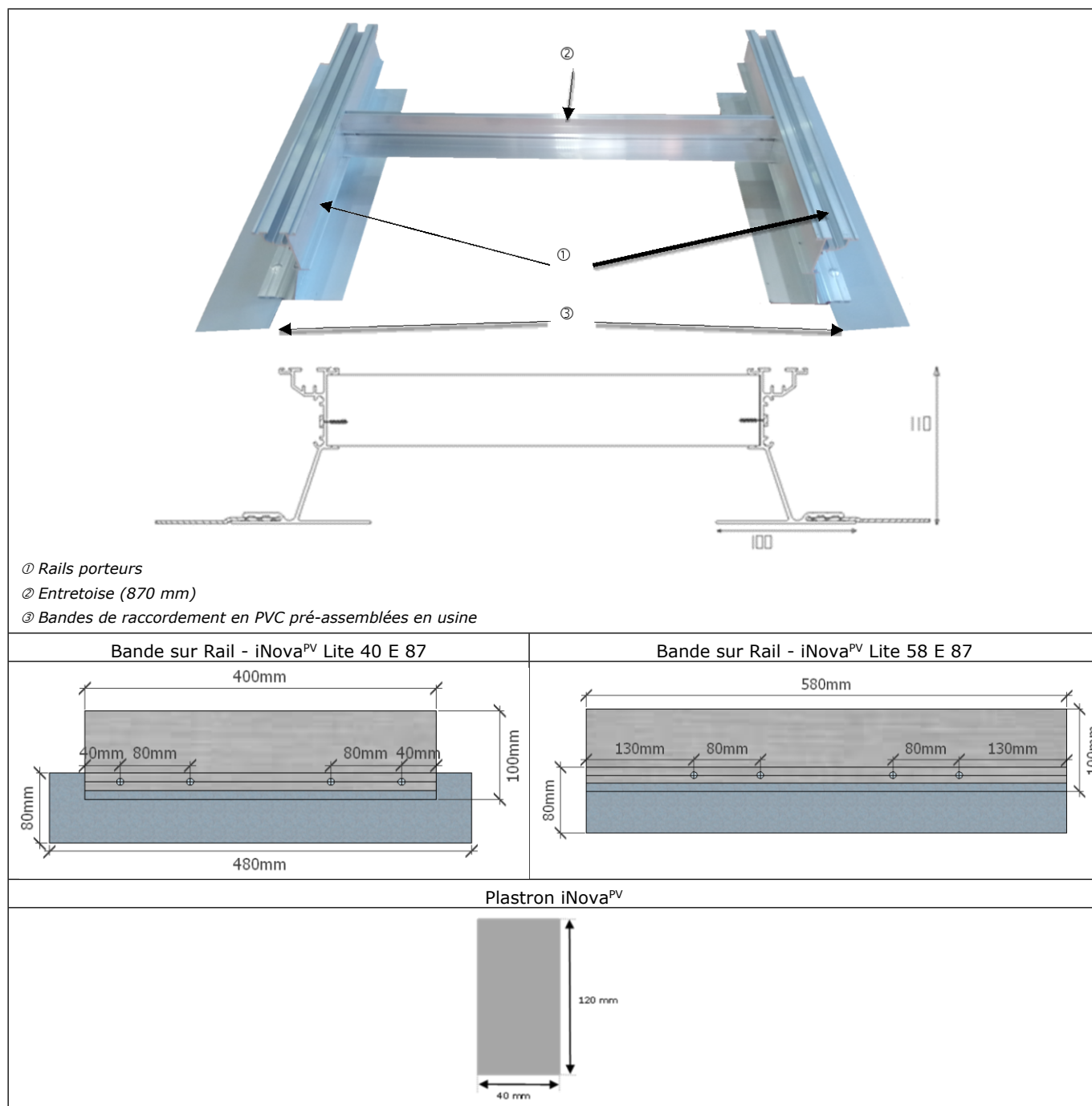


Figure 2 - Ossature support iNova^{PV} Lite 40E87 et iNova^{PV} Lite 58E87 et plastron iNova^{PV}

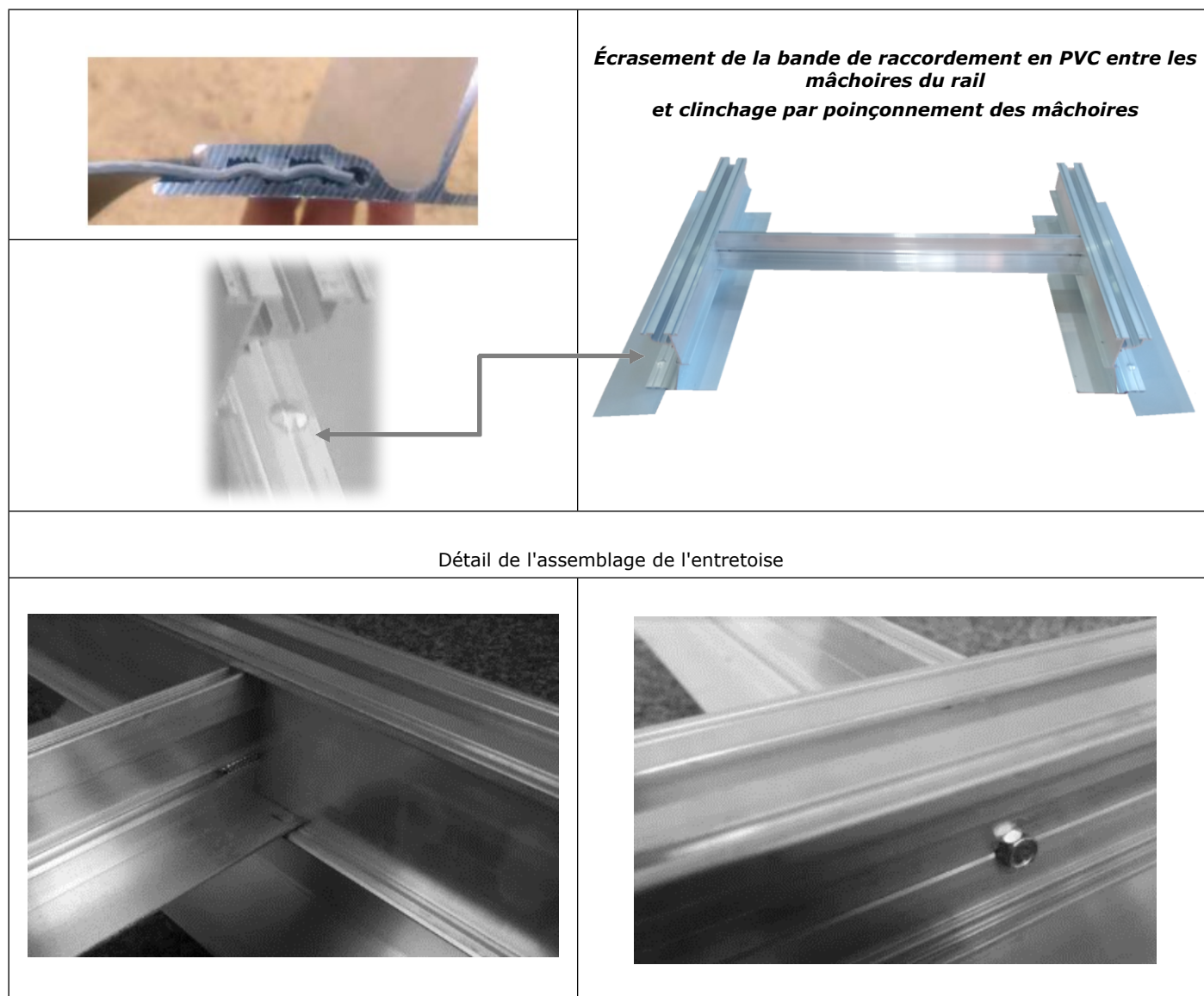


Figure 3 - Détails d'assemblage

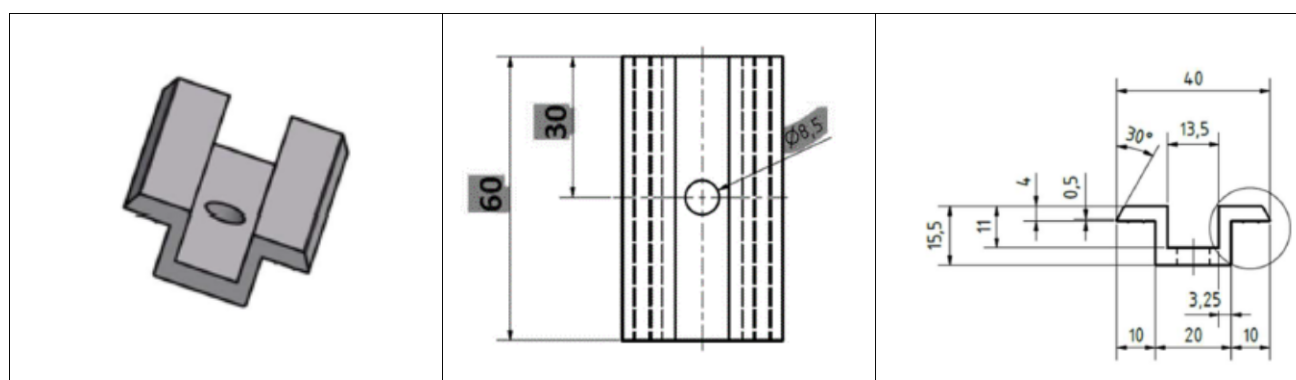


Figure 4 - Brides centrales

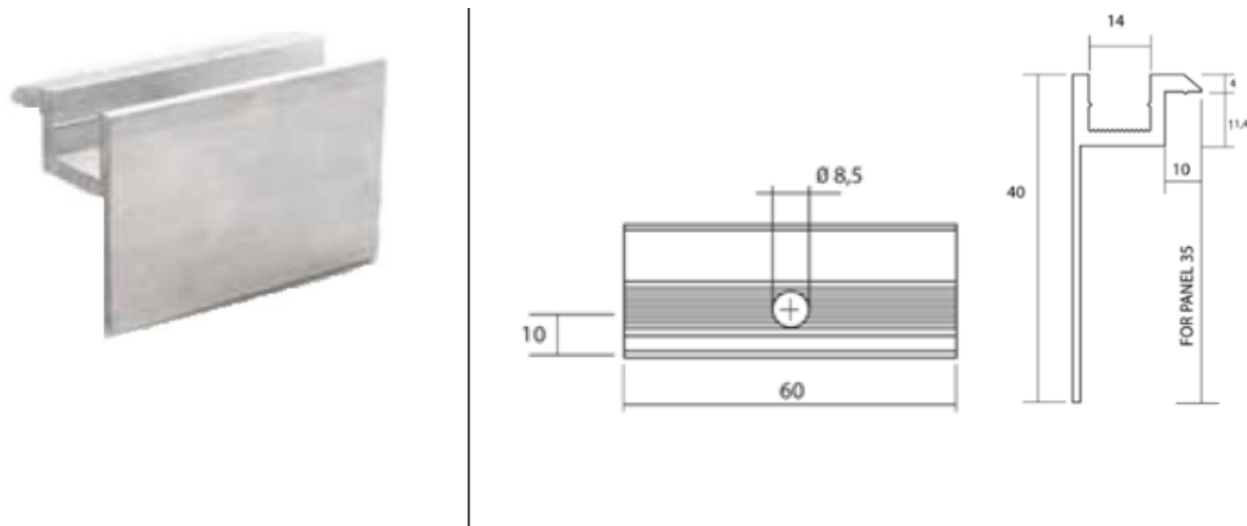


Figure 5 - Brides latérales – Cadre du module de hauteur 35 mm

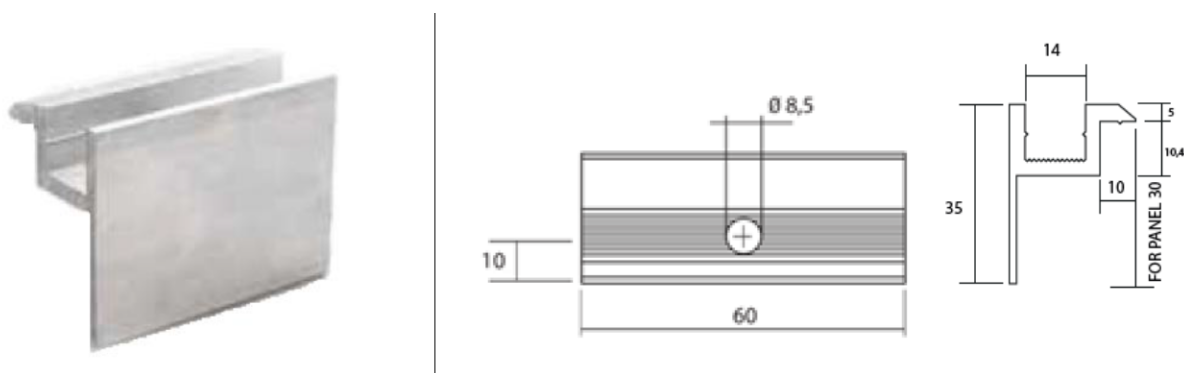


Figure 6 - Brides latérales – Cadre du module de hauteur 30 mm

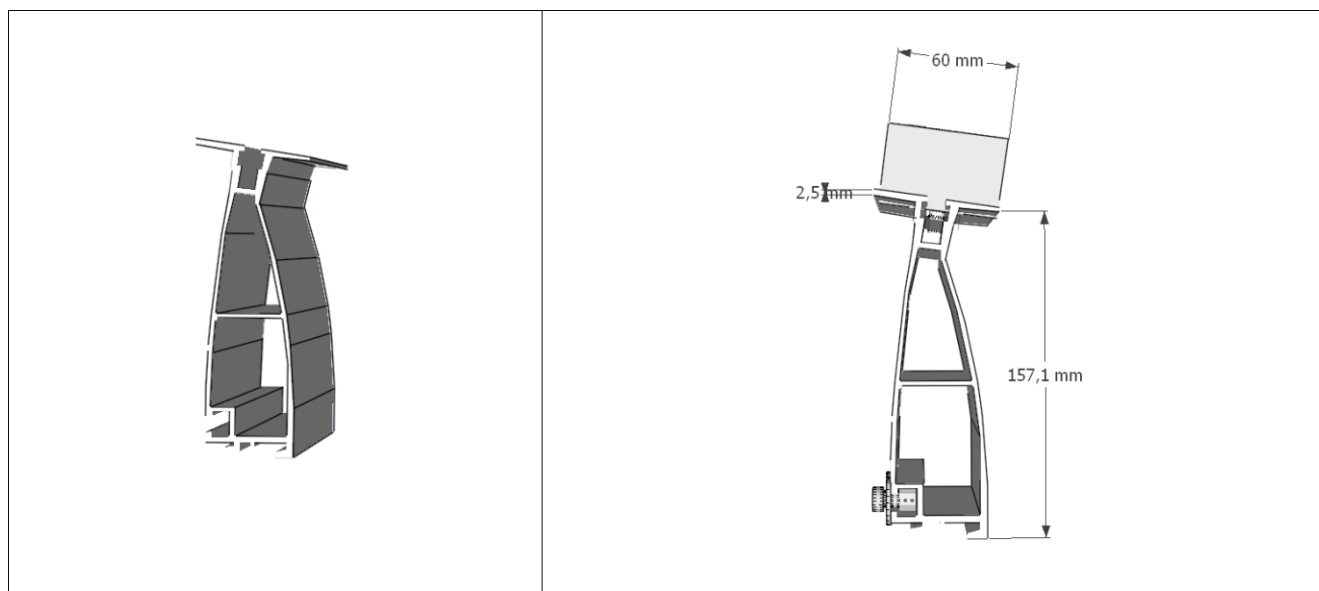


Figure 7 - Rehausse Tilt GC FE basse de 8°

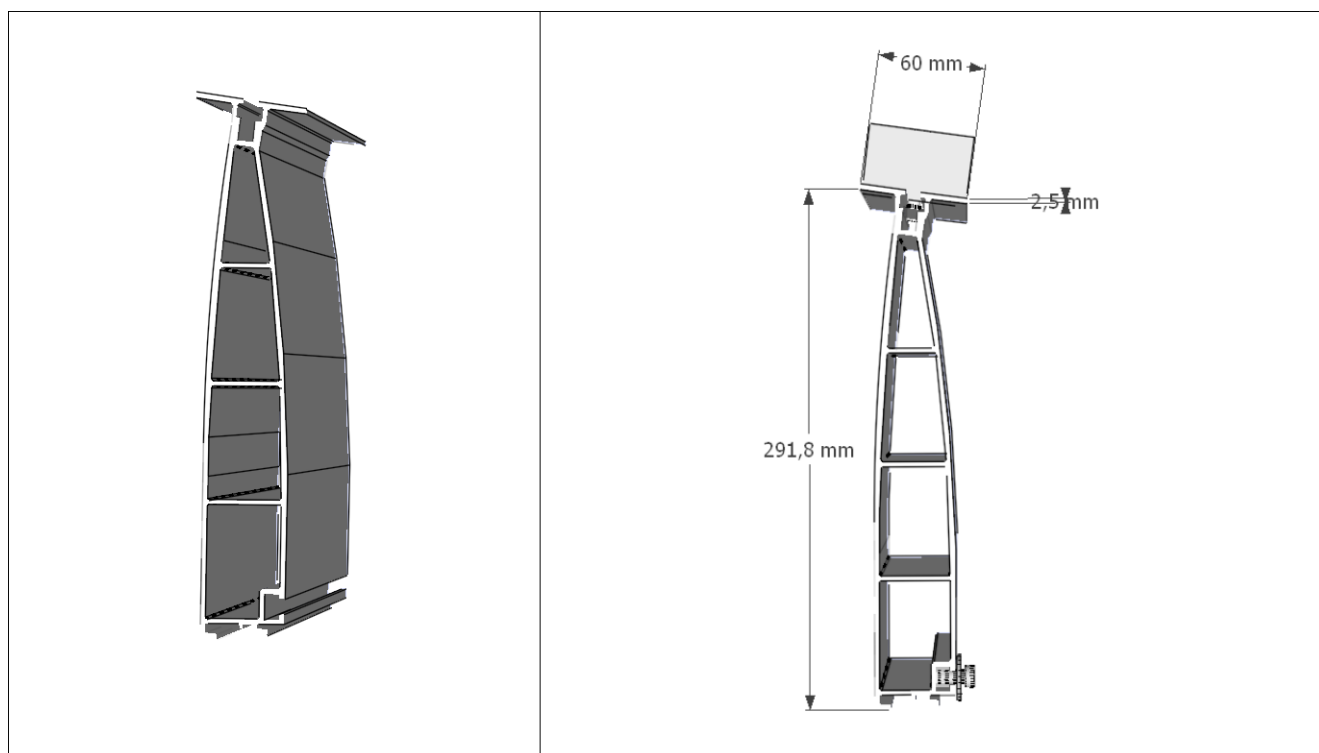


Figure 8 - Rehausse Tilt GC FE haute de 8°

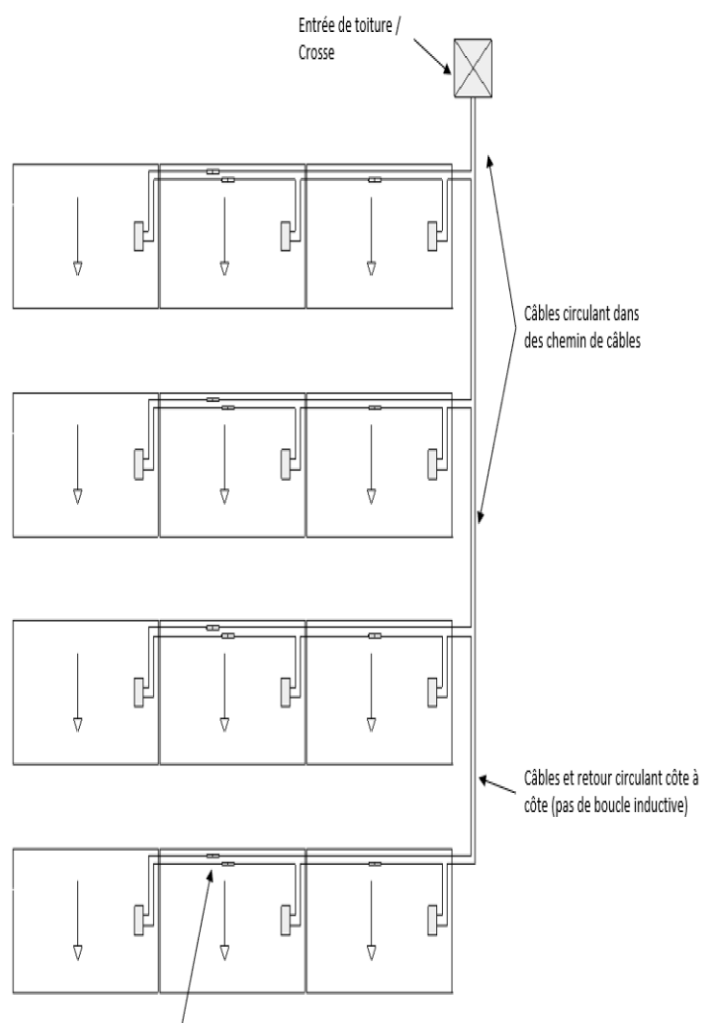
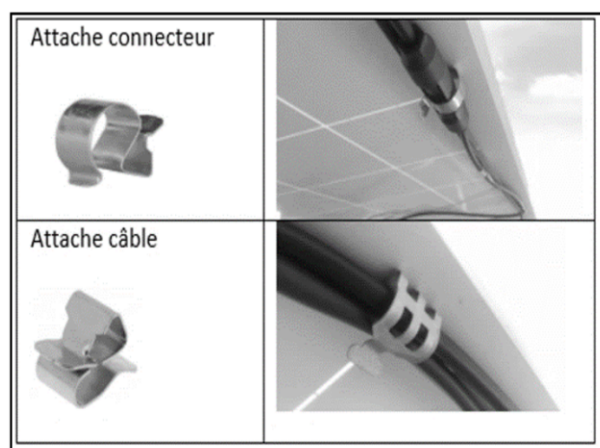
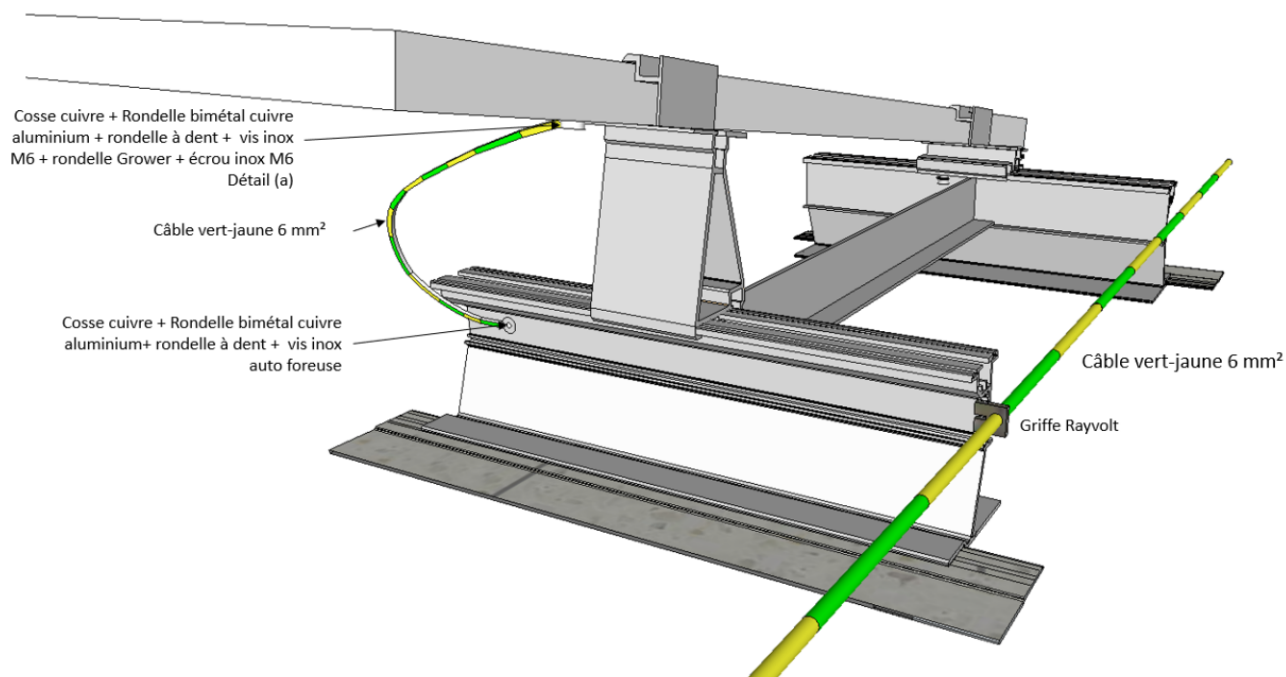


Figure 9 - Exemple de plan de câblage des modules photovoltaïques et maintien des câbles

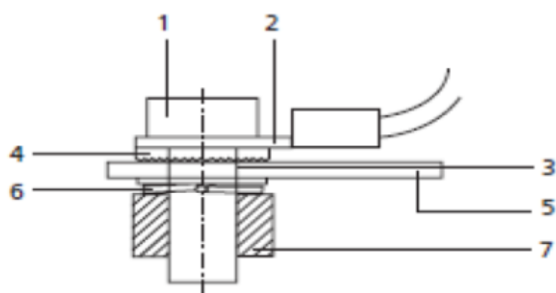


Câbles maintenus sur l'ossature support ou le module (pas de contact entre les câbles ou connecteurs et le revêtement d'étanchéité)

Figure 10 - Exemple de maintien des câbles et connecteurs



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-Écrou M6

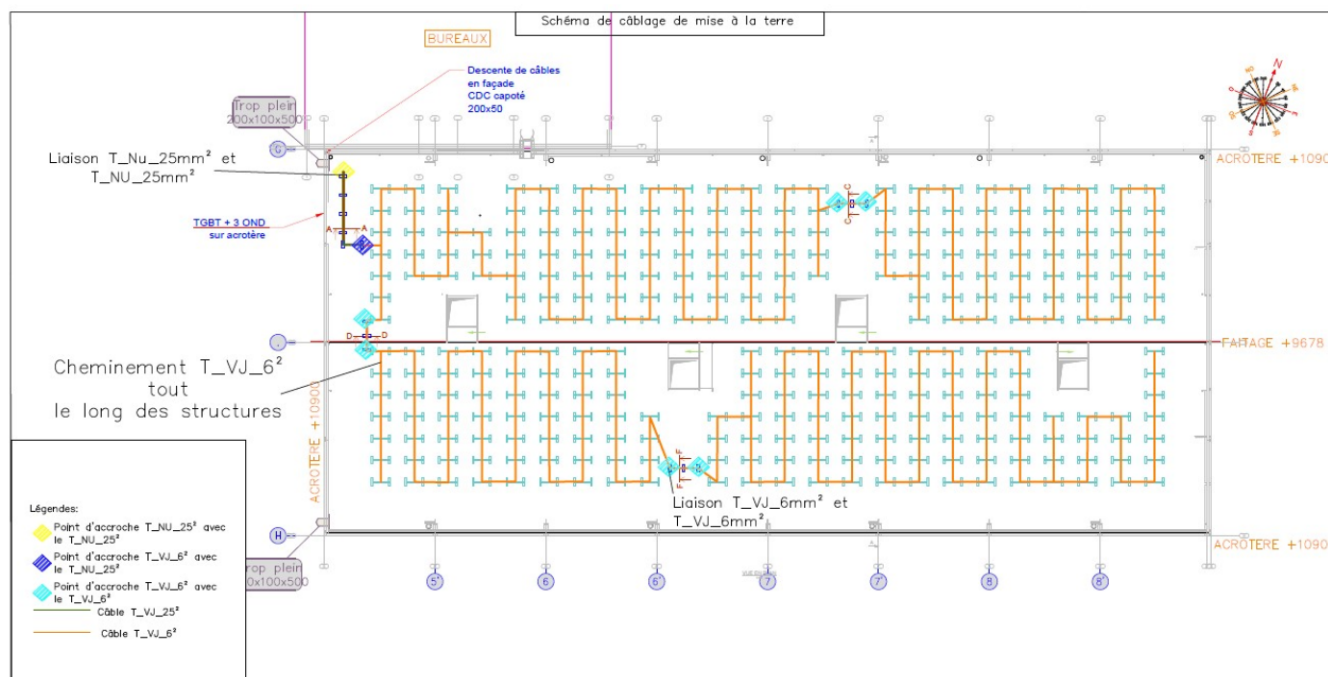


Figure 11 - Mise à la terre des modules

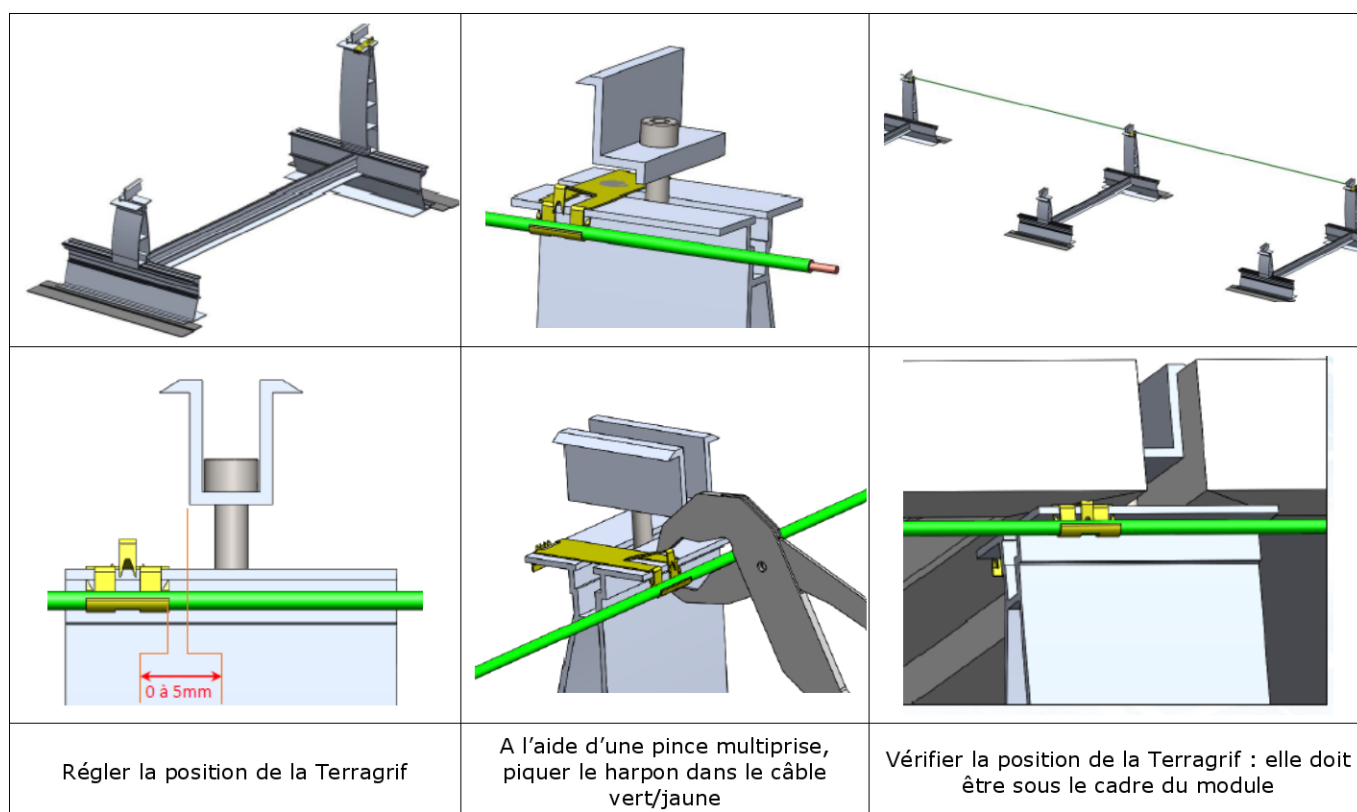


Figure 12 - Mise à la terre des modules et des ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 et iNova^{PV} Lite 58E87 avec la TerraGrifTM de Mobasolar (référence : RL0.6 x 20 x 60) – Version inclinée

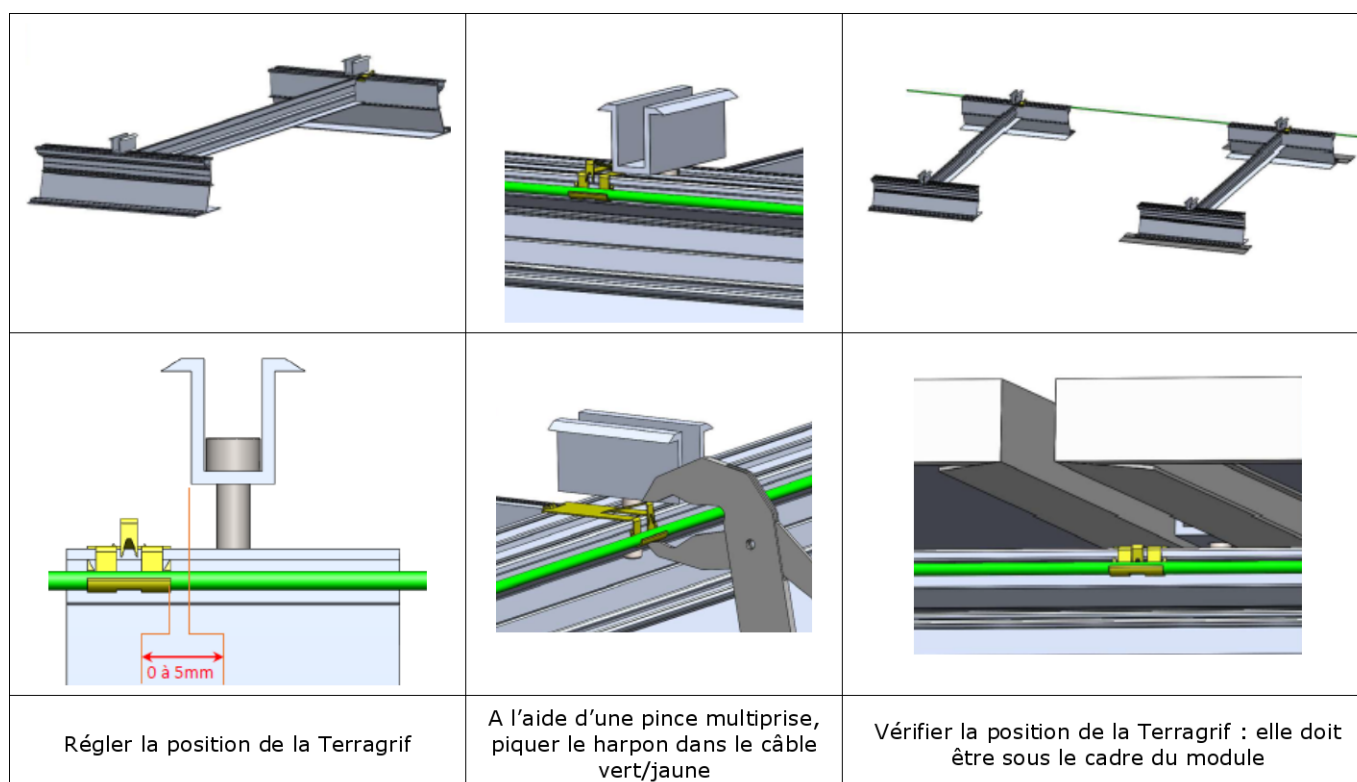


Figure 13 - Mise à la terre des modules et des ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 et iNova^{PV} Lite 58E87 avec la TerraGrifTM de Mobasolar (référence : RL0.6 x 20 x 44) – Version à plat

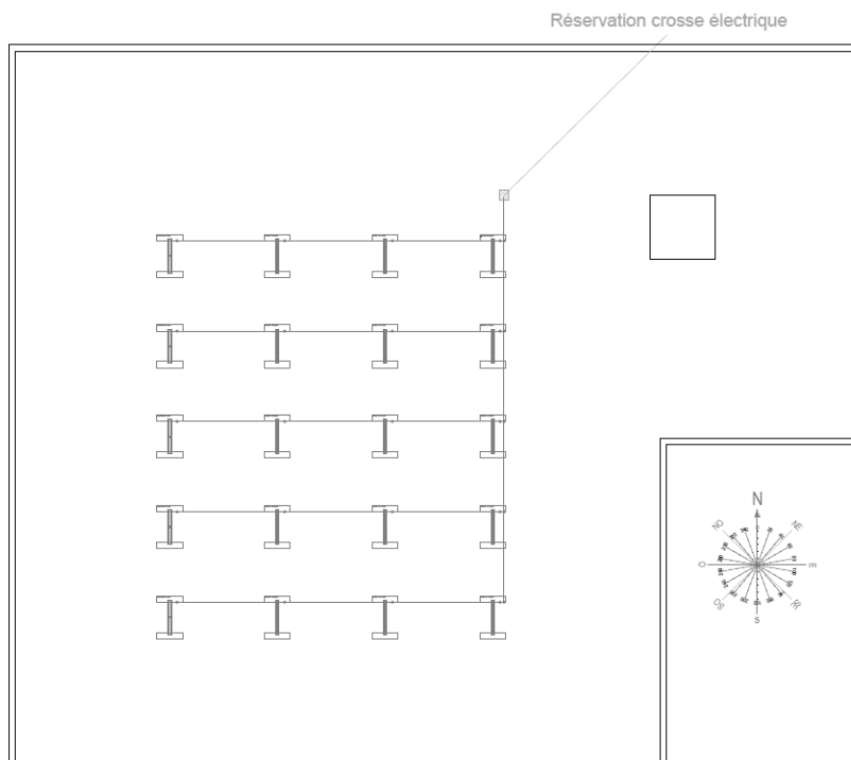
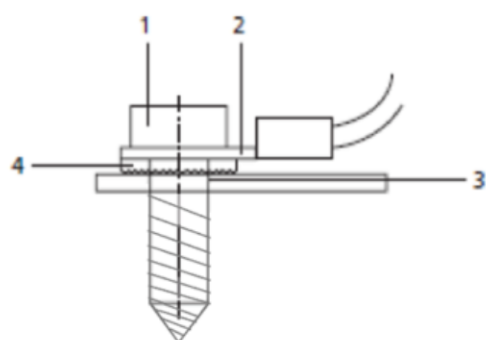
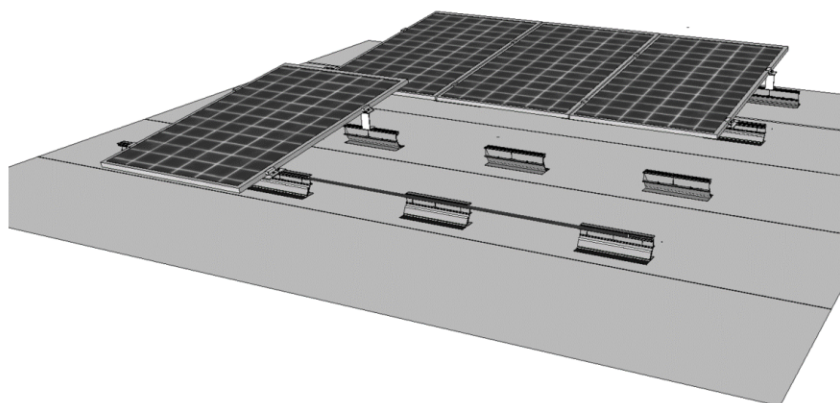


Figure 14 - Exemple de câblage de la mise à la terre



- 1- Vis auto-perceuse diamètre 4.8
- 2- Cosse de masse à œil en cuivre
- et rondelle bi métal Cu - Al
- 3- Rail iNova^{PV} Lite
- 4- Rondelle



Rayvolt® Clip de
mise à la terre
Réf 220492

Position de
l'agrafe (21mm maxi)

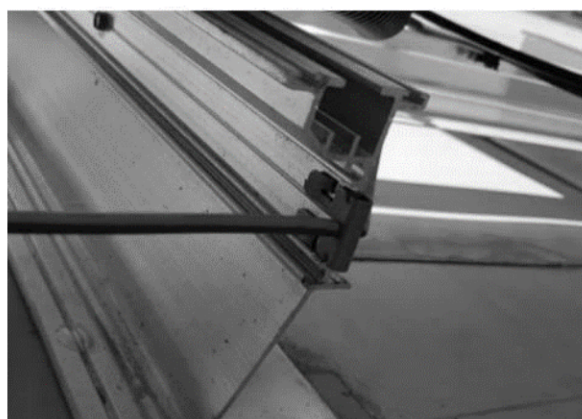
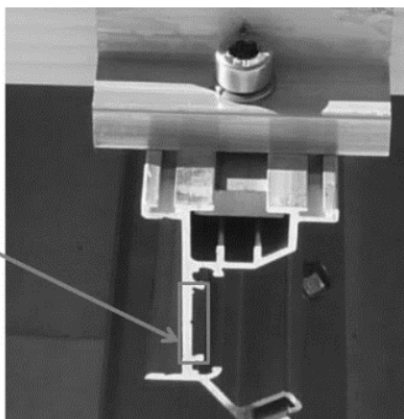
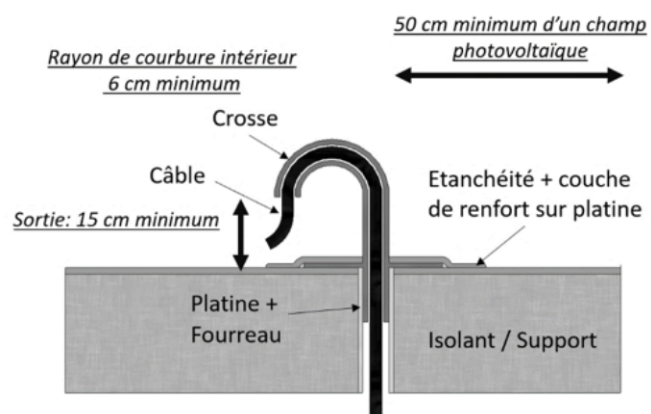


Figure 15 - Mise à la terre des ossatures supports iNova^{PV} Lite 40E87 et iNova^{PV} Lite 58E87 avec les griffes Rayvolt



Crosses conformes aux DTU série 43.

Figure 16 - Crosse de passage de câble

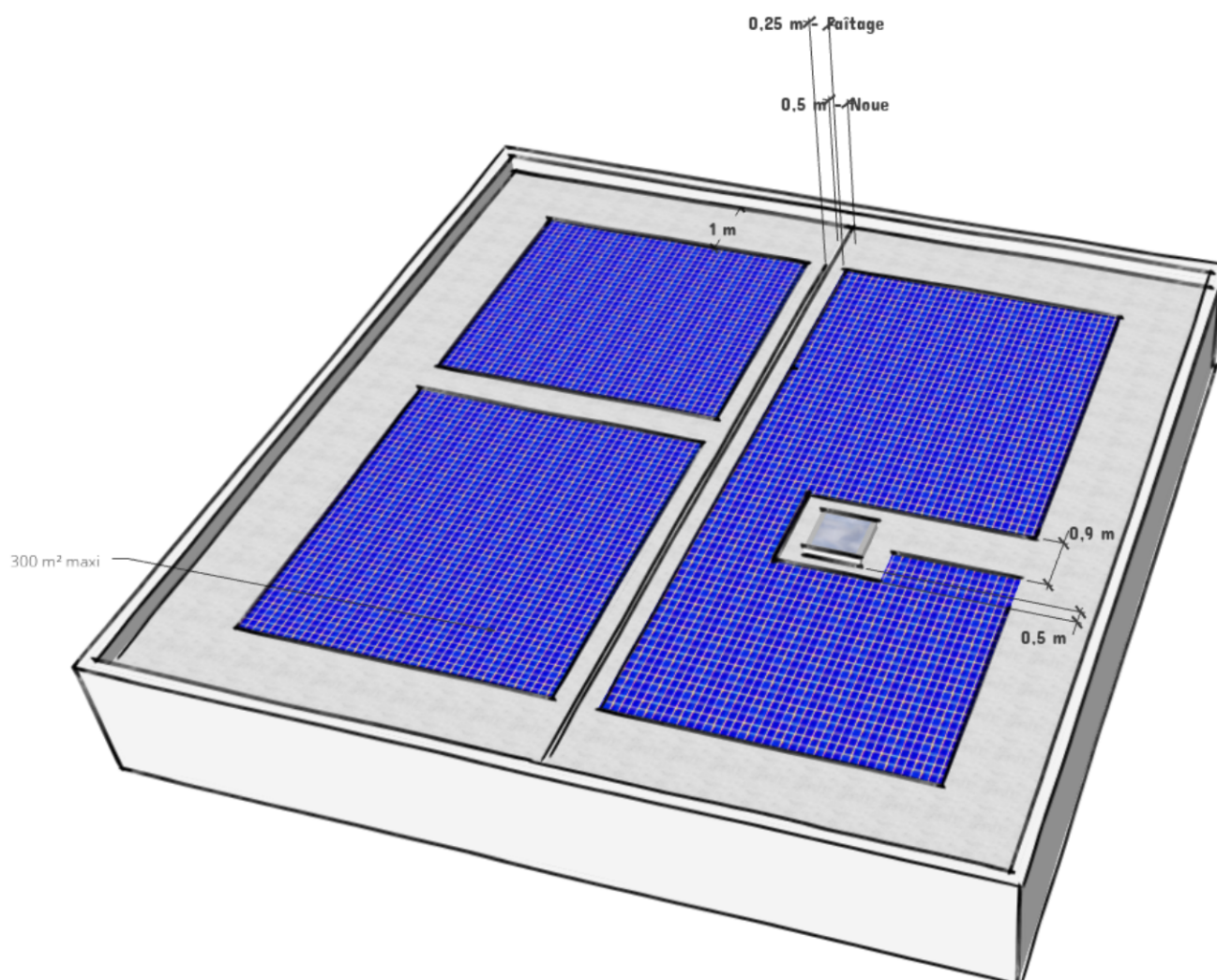
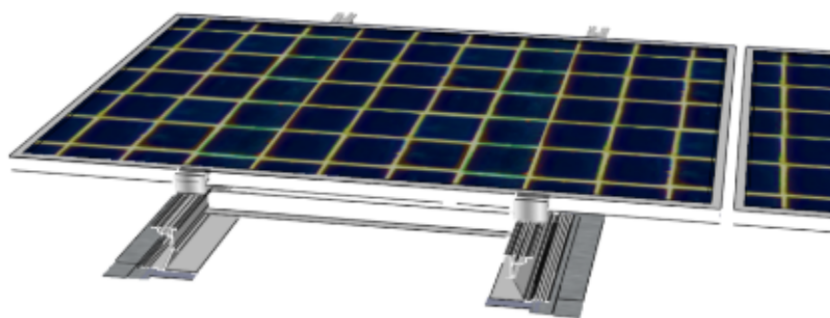
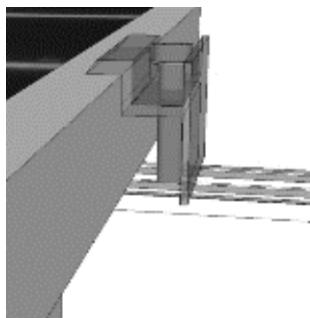


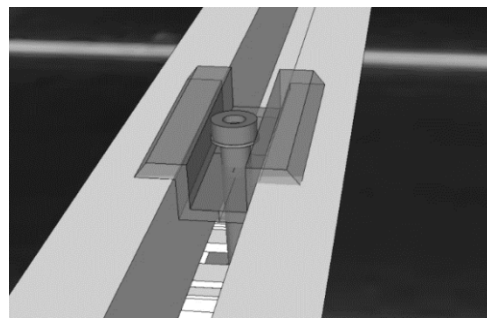
Figure 17 - Principe d'implantation des champs photovoltaïques



Ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87 avec module photovoltaïque monté



Mise en place de la bride Latérale :
Vis M8X (suivant cadre) + Rondelle + Erou carré dans la
gorge de l'ossature support



Mise en place de la bride centrale :
Vis M8X (suivant cadre)+ Rondelle + Erou carré dans la
gorge de l'ossature support

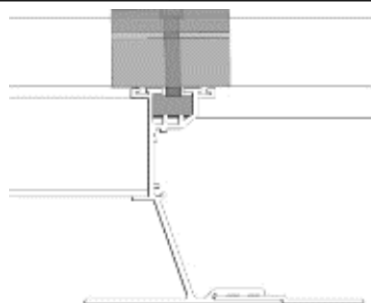


Figure 18 - Mise en œuvre des modules à plat

Schéma de principe – ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87 – vue de côté

Entraxe fixe entre les brides : 900 mm

Exemple avec un module de dimensions 1762 x 1134 x 30 mm

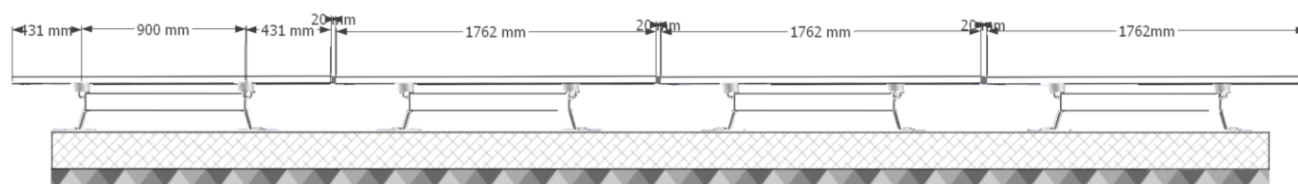
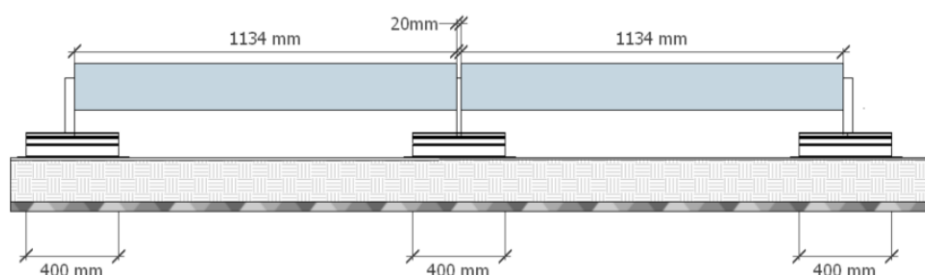
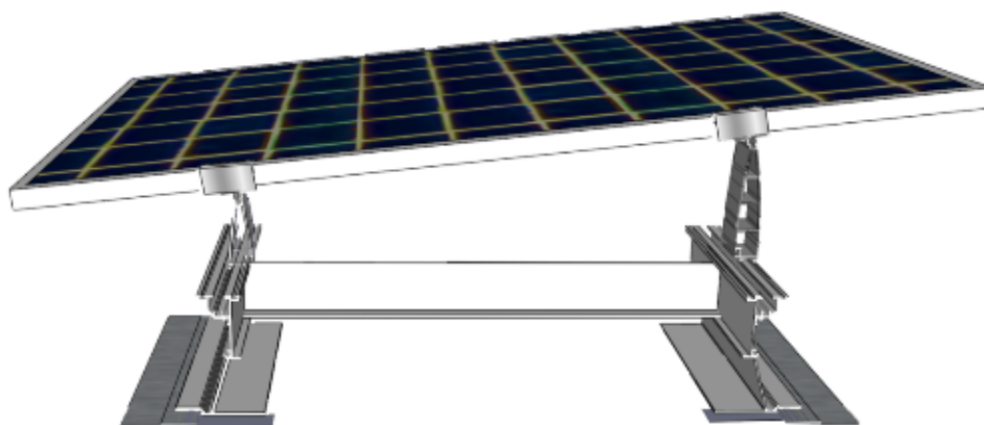


Schéma de principe – ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87 – vue de côté

Exemple : Module 1762 x 1134 x 30 mm



**Figure 19 - Schéma de principe d'implantation avec ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87
Version à plat**



Ossature support iNova^{PV} Lite Tilt GC FE 40 E 87 avec module photovoltaïque monté

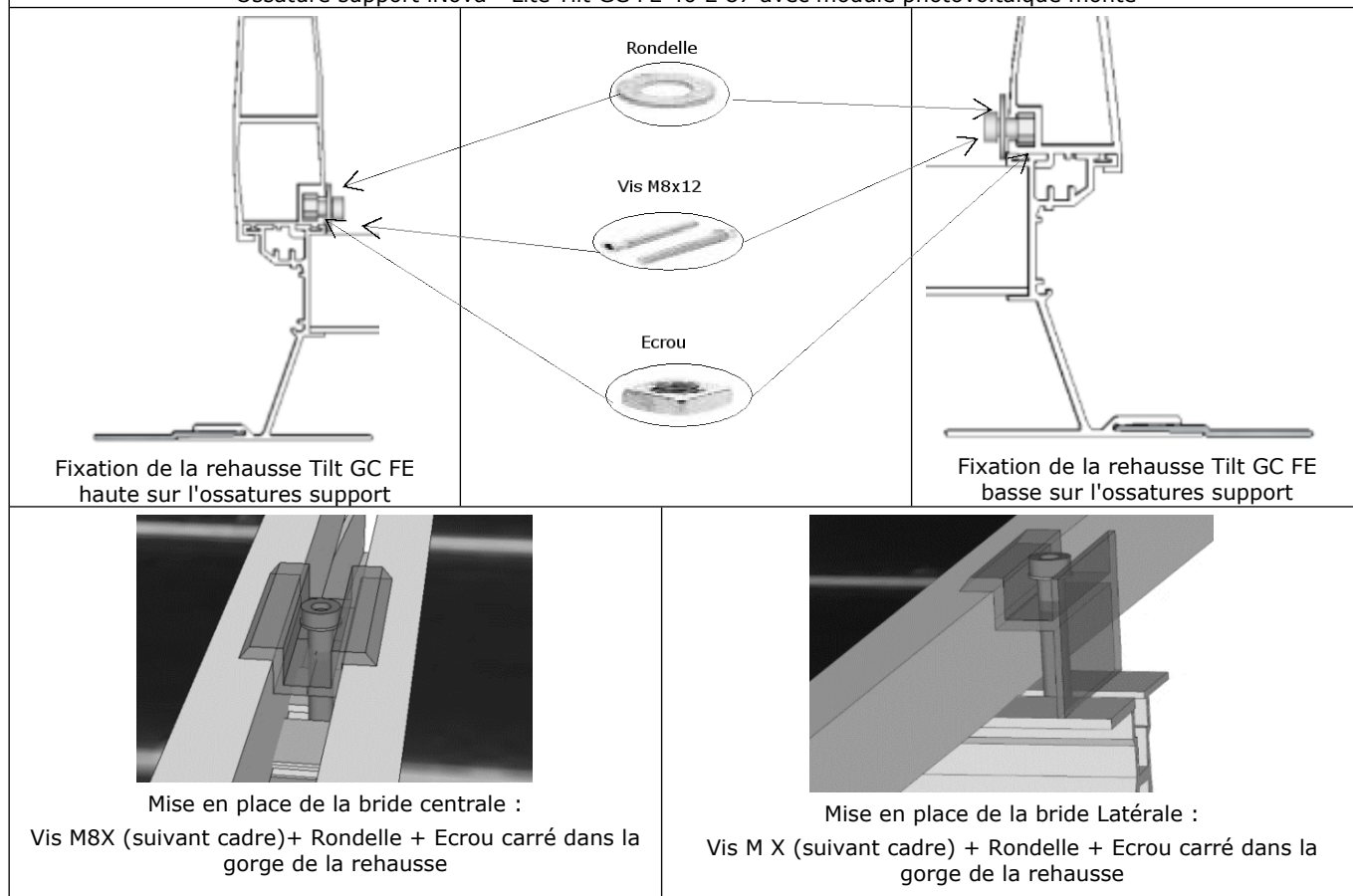


Figure 20 - Mise en œuvre des modules en version inclinée

Schéma de principe – ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87 – vue de côté

Entraxe fixe entre les brides : 909 mm

Exemple pour un module de dimensions 1762 x 1134 x 30 mm – En mono orientation - Espace inter rangées 400 mm

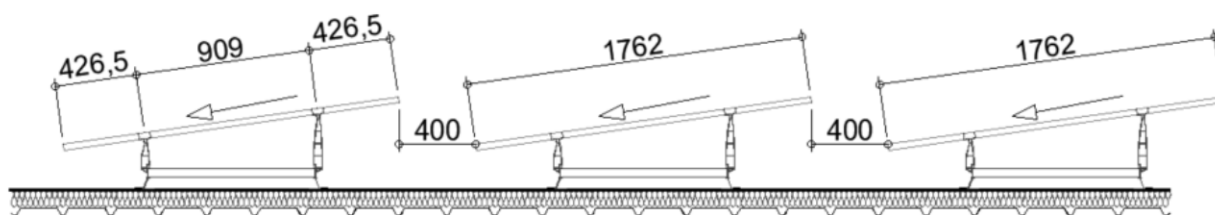
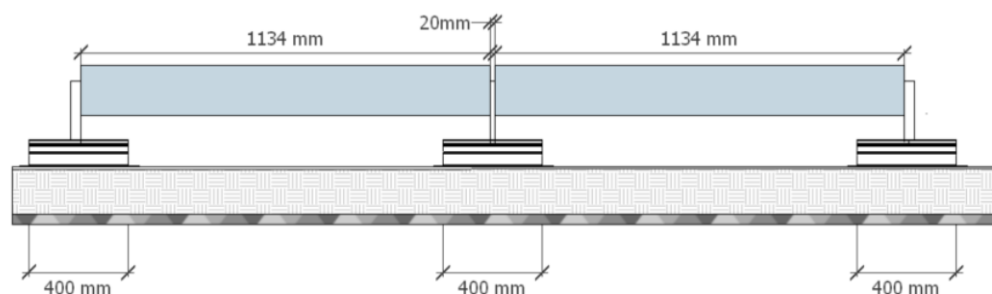


Schéma de principe – ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87 – vue de face

Exemple : Module 1762 x 1134 x 30 mm – Mono orientation - Espace inter rangées 400 mm



**Figure 21 - Schéma de principe d'implantation avec ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87
Version inclinée mono-orientation**

Schéma de principe – ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87 – vue de côté

Entraxe fixe entre les brides : 909 mm

Exemple pour un module de dimensions 1762 x 1134 x 30 mm – Bi orientation

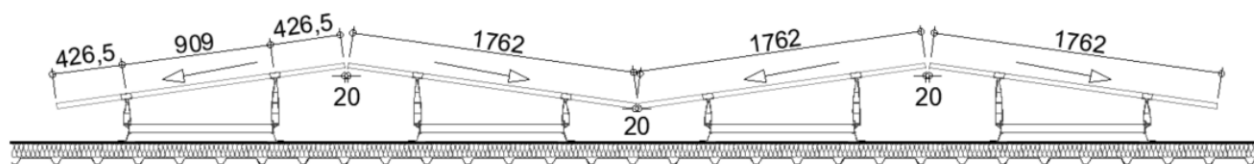
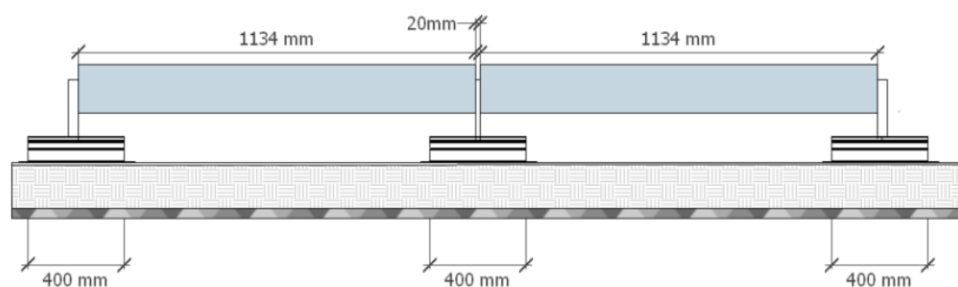


Schéma de principe – ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87 – vue de face

Exemple : Module 1762 x 1134 x 30 mm – Bi orientation



**Figure 22 - Schéma de principe d'implantation avec ossature support iNova^{PV} Lite 40 E 87
Version inclinée bi-orientation**