21/16-59_V6

Valide du **18 novembre 2026**

au **30 juin 2029**

Sur le procédé

SOLABAC

Famille de produit/Procédé : Module photovoltaïque rigide en surimposition couverture grands éléments

Titulaire(s) : Société SOLAPRO

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Groupe Spécialisé n° 21 - Procédés photovoltaïques

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

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

www.ccfat.fr

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

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V6	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/16-59_V5. La version V6 est une mise à jour qui tient compte de l'évolution du domaine d'emploi prenant en compte l'ajout d'un groupe D de module. Le Groupe Spécialisé n° 21 a examiné ce dossier le 8 octobre 2026.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc
V5	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/16-59_V4. La version V5 est une mise à jour éditoriale qui tient compte : • de la modification de la plage de hauteur de cadre des modules autorisée, • de la modification de la plage de largeur de modules autorisée, • de la diminution des pressions normales admissibles. Le Groupe Spécialisé n° 21 a examiné ce dossier le 17 novembre 2025.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc
V4	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 21/16-59_V3. La version V4 est une révision complète qui intègre l'ajout des modules : • LR5-54 HIH/HPH/HTB/HTH -xxx (xxx de 420 à 455 Wc) de LONGI, • TSM-NEG9R.28-xxx (xxx de 425 à 455 Wc) de TRINA, • TARKA 126 VSMD-xxx ONYX (xxx de 380 à 400 Wc) de VOLTEC SOLAR, • TARKA 126 VSMS-xxx (xxx de 350 à 360 Wc) Rubis de VOLTEC SOLAR, • TARKA 126 VSBD-xxx (xxx de 380 à 428 Wc) bifacial de VOLTEC SOLAR, et tient compte : • de la rédaction de l'Avis Technique avec une description générique des modules en association avec une grille de vérification des modules rattachée à l'Avis Technique, • de la forme de l'Avis Technique selon l'Art. 4 du Règlement intérieur de la CCFAT d'octobre 2020. Le Groupe Spécialisé n° 21 a examiné ce dossier le 30 mai 2024.	LE BELLAC David	RAFFALLI Franc

Descripteur :

Procédé photovoltaïque avec gammes de modules en cours de validité dans la grille téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/16-59_V6.

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, toujours du faîtage à l'égout, associé latéralement à des plaques d'acier nervurées conformes au DTU 40.35 ou en toiture complète, sur charpentes métalliques ou charpentes bois ou charpentes béton ou maçonneries munie d'inserts, dont les pannes sont conformes au DTU 40.35, en lieu et place de grands éléments de couverture (*plaques profilées en fibres-ciment ou de plaques nervurées en acier ou aluminium*).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s) muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium, 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 21/16-59_V6,
- des plaques d'acier nervurées spécifiques "SOLABAC" avec des nervures en queue d'aronde permettant l'accroche des pinces de fixation pour une mise en œuvre en toiture des modules en mode "paysage".

Les charges climatiques admissibles sont définies au §1.1.1.

La toiture d'implantation doit présenter une pente de toiture comprise entre les valeurs définies au §1.1.2.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 6
1.1. Domaine d'emploi 6
1.1.1. Zone géographique 6
1.1.2. Ouvrages visés 6
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 7
1.2.4. Aspects sanitaires 8
1.2.5. Durabilité - Entretien 8
1.2.6. Impact environnemental 8
1.2.7. Fabrication et contrôle 8
1.2.8. Mise en œuvre 8
1.2.9. 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 10
2.1.2. Identification 10
2.1.3. Approvisionnement des composants 10
2.1.4. 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
2.3. Disposition de conception 15
2.3.1. Généralités 15
2.3.2. Caractéristiques dimensionnelles 16
2.3.3. Caractéristiques électriques 16
2.3.4. Conception vis-à-vis de la condensation 16
2.3.5. Spécifications électriques 17
2.4. Dispositions de mise en œuvre 18
2.4.1. Conditions préalables à la pose 18
2.4.2. Compétences des installateurs 18
2.4.3. Sécurité des intervenants 18
2.4.4. Mise en œuvre en toiture 18
2.5. Utilisation, entretien et réparation 20
2.5.1. Généralités 20
2.5.2. Maintenance du champ photovoltaïque 20
2.5.3. Maintenance électrique 20
2.5.4. Remplacement d'un module 20
2.6. Traitement en fin de vie 21
2.7. Fabrication et contrôles 21
2.7.1. Modules photovoltaïques 21
2.7.2. Plaques d'acier nervurées SOLABAC 21
2.7.3. Pinces de fixation 21

2.7.4. Parecloses 21
2.8. Conditionnement, étiquetage, stockage 22
2.8.1. Modules photovoltaïques....22
2.8.2. Plaques d'acier nervurées SOLABAC 22
2.8.3. Pinces de fixation 22
2.8.4. Parecloses 22
2.9. Formation....22
2.10. Assistance technique....23
2.11. Mention des justificatifs....23
2.11.1. Résultats expérimentaux 23
2.11.2. Références chantiers....23
2.12. Annexes du Dossier Technique 24
3. Annexes graphiques 25

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

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 sous neige normale et sous vent normal (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas :

Modules	Vent normal (Pa)	Neige normale (Pa)
GROUPE A	749	848
GROUPE B	655	750
GROUPE C	734	806
GROUPE D	630	750

- Le calcul des charges climatiques appliquées sur la toiture s'effectue conformément au Cahier du CSTB n°3803_V3.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

1.1.2. Ouvrages visés

- Mise en œuvre :
  - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie (au sens de l'annexe B3 du DTU 40.36), sans agression chimique ou biologique.
  - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant, ne présentant aucune pénétration (cheminées, sorties de toiture, fenêtres de toit...) sur la surface d'implantation des modules photovoltaïques,
  - exclusivement sur charpentes métalliques dont les pannes disposent d'épaisseur et largeur d'appui conformes au DTU 40.35, ou charpentes bois dont les pannes disposent de hauteur et largeur d'appui conformes au DTU 40.35, ou, charpentes béton ou maçonneries munie d'inserts en acier (conformes au DTU 40.35, en respectant les conditions du § 2.4.1 et de la Figure 10) en lieu et place de plaques profilées en fibres-ciment ou de plaques nervurées acier ou aluminium,
  - Les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU et documents concernés : notamment les DTU 40.35, 40.36 ou 40.37 (notamment pour la pente et la longueur de rampant).
  - applicable pour des toitures froides ventilées non isolées ou des toitures froides ventilées isolées sous pannes.
- La toiture d'implantation doit présenter :
  - un entraxe entre pannes maximum de 2 m,
  - une seule pente, imposée par la toiture, conformes aux préconisations du tableau 1 du DTU 40.35 pour des hauteurs de nervure inférieures à 35 mm avec un minimum de 10%.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode « paysage »,
  - au-dessus des plaques SOLABAC avec au minimum 4 pinces de fixation munies de parcloses, situées sur les grands côtés du module dans la zone de préhension, soit entre 0 mm et 550 mm des angles (cf. Figure 1),
  - en toiture partielle, du faîtage à l'égout, avec liaisons latérales avec des plaques d'acier nervurées conformes au DTU 40.35 et définies dans le § 2.2.3.3 ; dans ce cas, les charpentes d'accueil doivent répondre aux prescriptions données dans le DTU 40.35 (notamment pour la pente et la longueur de rampant),
  - en toiture complète, l'installation étant ainsi raccordée à l'égout, au faîtage et aux rives latérales de la toiture,
  - sur des longueurs de rampants de toiture de 30 m maximum.

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 cosses et de rondelles bimétal pour la connexion des cadres des modules et d'éventuels raccords (raccord à griffes, raccord de dérivation auto-dénudant...) pour les jonctions entre les câbles de mise à la terre 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 couverture

1.2.3.2.1. Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture suivant le cahier du CSTB 3803_V3, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales (au sens des NV65 modifiées), pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas (selon les règles NV 65 modifiées) :

Modules	Vent normal (Pa)	Neige normale (Pa)
GROUPE A	749	848
GROUPE B	655	750
GROUPE C	734	806
GROUPE D	630	750

- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
- que la toiture d'implantation présente un espacement entre pannes ne dépassant pas 2 m,
- d'une mise en œuvre du procédé respectant les dispositions suivantes :
  - montage des modules en mode paysage,
  - pas de porte-à-faux du champ photovoltaïque par rapport à la structure porteuse,
  - maintien de chaque module par 4 pinces de fixation munies de parcloses, situées sur les grands côtés du module dans la zone de préhension, soit entre 0 mm et 550 mm des angles (cf. Figure 1),
  - serrage des pinces et des parcloses grâce à une clé dynamométrique afin d'appliquer un couple de serrage d'environ 15 N.m.

1.2.3.2.2. Sécurité en cas de séisme

Les applications du procédé ne sont pas limitées compte tenu de la conception et de l'utilisation du procédé en France métropolitaine. Elles sont donc applicables pour toutes les zones et catégories de bâtiments, au sens de l'arrêté du 22 octobre

2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

L'objectif de 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 permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

1.2.3.2.4. Risque de condensation

Le procédé n'aggrave pas les risques de condensation par rapport aux couvertures traditionnelles en plaques d'acier nervurées (cf. DTU 40.35 et §2.3.4).

1.2.3.2.5. Sécurité au feu

Les modules photovoltaïques ne sont pas destinés à constituer la face plafond de locaux occupés.

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

1.2.3.2.6. Sécurité des intervenants

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

- de dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules,
- de dispositifs antichute selon la réglementation en vigueur : d'une part pour éviter les chutes sur les modules et d'autre part, pour éviter les chutes depuis la toiture.

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).

1.2.3.2.7. Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace des modules est assurée grâce à l'utilisation d'un support continu constitué par les plaques SOLABAC.

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 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.

1.2.6. Impact environnemental

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

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

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

1.2.7. 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.

1.2.8. Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des entreprises averties des particularités de pose de ce procédé (disposant de compétences en couverture pour la pose du procédé en toiture et de compétences électriques pour la connexion de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques) et accompagnés par la société SOLAPRO lors de leur premier chantier permet d'assurer une bonne réalisation des installations.

Le mode constructif et les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre en couverture. Il est nécessaire de noter que cette mise en œuvre requiert les compétences d'un couvreur au regard de la pose des plaques d'acier nervurées SOLABAC.

1.2.9. Modules photovoltaïques

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

La grille de vérification à utiliser doit être la version la plus récente se rapportant à cet Avis Technique. La grille porte alors un n° du type 21/Gn/16-59_V6 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.

La spécificité du procédé impose que les installations photovoltaïques soient toujours et obligatoirement reliées au faîtage et à l'égout de la toiture.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine :

- chaque mise en œuvre requiert :
    - une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte le cas échéant des actions locales (*au sens des NV65 modifiées*), au regard des contraintes maximales admissibles du procédé,
    - une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
- une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fait que les plaques SOLABAC constituent le plan d'étanchéité du procédé et qu'elles sont commercialisées exclusivement par la société SOLAPRO.

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.

Le Groupe Spécialisé souhaite également préciser que cet Avis Technique nécessitera d'être révisé en cas d'évolution des prescriptions relatives à l'isolation et à la ventilation des DTU de la série 40.3.

Cet Avis Technique est assujetti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/16-59_V6.

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

Titulaire :
Société SOLAPRO
101 rue des Tennerolles
FR - 92210 SAINT CLOUD
Tél. : 01 84 19 64 59
Email : info@solapro.fr
Internet : www.solapro.fr & www.solabac.com

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. Approvisionnement des composants

Le titulaire assure la traçabilité jusqu'au chantier de l'ensemble des composants du procédé en commercialisant un système complet. L'approvisionnement des composants via un seul fournisseur permet de s'assurer d'une maîtrise des risques notamment électriques, suffisante pour éviter la fourniture de composants incompatibles.

2.1.4. Livraison

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

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

La notice de montage doit être fournie 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

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, toujours du faîtage à l'égout, associé latéralement à des plaques d'acier nervurées conformes au DTU 40.35 ou en toiture complète, sur charpentes métalliques ou charpentes bois ou charpentes béton ou maçonneries munie d'inserts, dont les pannes sont conformes au DTU 40.35, en lieu et place de grands éléments de couverture (plaques profilées en fibres-ciment ou de plaques nervurées en acier ou aluminium).

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s) muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium, 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 21/16-59_V6
- des plaques d'acier nervurées spécifiques "SOLABAC" avec des nervures en queue d'aronde permettant l'accroche des pinces de fixation pour une mise en œuvre en toiture des modules en mode "paysage". En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le Tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

2.2.2. Modules photovoltaïques

2.2.2.1. Généralités

Cet Avis Technique est assujetti à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cet Avis Technique. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cet Avis Technique sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, téléchargeable sur le site de la CCFAT via le lien Batipedia de l'Avis Technique 21/16-59_V6.

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

Les gammes de modules valides des différents groupes cités ici sont indiquées dans la grille de vérification associée à cet Avis Technique (voir §1.2.9).

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

- Groupe A de modules
  - Longueur égale comprise entre 1 743 et 1 926 mm
  - Largeur comprise entre 990 et 1 094mm
  - Hauteur du cadre comprise entre 31,5 mm et 38,5mm
  - Masse spécifique comprise entre 9,9 et 12,2 kg/m²
- Groupe B de modules
  - Longueur égale comprise entre 1 774 et 1 961 mm
  - Largeur comprise entre 1 070 et 1 182 mm
  - Hauteur du cadre comprise entre 31,5 mm et 38,5 mm
  - Masse spécifique comprise entre 9,5 et 11,6 kg/m²
- Groupe C de modules
  - Longueur égale comprise entre 1 674 et 1 850 mm
  - Largeur comprise entre 1 077 et 1 190 mm
  - Hauteur du cadre comprise entre 27 mm et 33 mm
  - Masse spécifique comprise entre 9,5 et 11,6 kg/m²
- Groupe D de modules
  - Longueur égale comprise entre 1 774 et 1 961 mm
  - Largeur comprise entre 1 159 et 1 281 mm
  - Hauteur du cadre comprise entre 31,5 mm et 38,5 mm
  - Masse spécifique comprise entre 9,9 et 10,9 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 ou float, trempé selon la norme EN 12150, avec ou sans couche antireflet.

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. Sa position et ses dimensions sont compatibles avec le système de montage.

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 des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62790:2014,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

2.2.2.7.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques de 1,1 m minimum chacun 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 des modules),
- certificat de conformité valide à la norme EN 50618:2015 ou IEC 62930:2017,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

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

2.2.2.7.3. 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 des modules),
- certificat de conformité valide à la norme IEC 62852:2014,
- la référence fait partie de la BOM des modules validés.

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

2.2.2.8. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium EN AW de serie supérieure ou égale à 6000, d'état métallurgique au moins T5, T6 ou T66, anodisé d'épaisseur ≥ 10 µm.

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

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

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

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

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

2.2.3. Système de montage

2.2.3.1. Fourniture

Les éléments de ce système de montage (Figure 2) sont commercialisés par projet. Leur dimensionnement peut être réalisé au besoin avec le soutien de la société SOLAPRO.

2.2.3.2. Plaques d'acier nervurées SOLABAC

Les plaques d'acier nervurées SOLABAC sont conçues spécifiquement pour permettre la fixation des modules photovoltaïques par l'intermédiaire des pinces de fixation. Elles permettent également de constituer l'étanchéité de la toiture.

Elles présentent 2 ondes de rives et 4 ondes principales dont les deux les plus à l'extérieur sont des nervures en queue d'aronde permettant la pose des pinces de fixation (cf. Figure 3). La retombée des nervures de rive des plaques SOLABAC est conforme à la norme NF P34-401-1.

Les caractéristiques de ces plaques sont les suivantes :

- Matériau : acier S320GD selon EN 10346.
- Marquage CE selon la norme EN 14782.
- Épaisseur : 0,75 mm.
- Hauteur des ondes : (32 ± 1,5) mm.
- Largeur unique : 610 mm ± 0,5%.
- Longueur suivant la découpe désirée, entre 2,25 m et 12 m.
- Poids < 9 kg/m².

Lorsque la toiture à couvrir présente un rampant dont la longueur dépasse 12 m, plusieurs lignes de tôles sont nécessaires. Dans ce cas, une partie des nervures en queue d'aronde est alors pincée en usine de façon spécifique sur une longueur égale à 200 ou 300 mm de manière à pouvoir encastrer ces nervures dans celle des tôles situées juste au-dessus (cf. Figure 4). La valeur des recouvrements transversaux pour les plaques d'acier nervurées SOLABAC est de :

- 300 mm pour 10 % ≤ pente < 15 %.
- 200 mm lorsque pente ≥ 15 %.

Sur demande et en fonction du bâtiment, les plaques d'acier nervurées SOLABAC peuvent être équipées en usine d'un régulateur de condensation placé en sous-face et conforme au DTU 40.35.

Plusieurs finitions sont disponibles pour ces tôles :

- Finition "Aluzinc" : revêtement Aluzinc de LIBERTY LIEGE-DUDELANGE de 185 g/m² faisant l'objet de l'ETPM 18/0049_V3.
- Finition "Laqué"
    - Revêtement Zinc 275 g/m².
    - Laquage polyuréthane ou polyester face extérieure 50 µm au total avec classe de protection anticorrosion III selon la norme NF P34-301.
    - Vernis de protection de 12 µm sur face intérieure.
    - Teintes standards :
        - Gris anthracite : RAL7016,
        - Rouge brun : RAL 8012,
        - Gris blanc : RAL 9002.
- Finition "Aluzinc laqué"
    - Revêtement Aluzinc de LIBERTY LIEGE-DUDELANGE de 185 g/m² faisant l'objet de l'ETPM 18-0049_V3.
    - Laquage face extérieure et intérieure, à fonction esthétique, constitué de 25 µm de polyester.
    - Teintes standards :
        - Gris anthracite : RAL7016,
        - Rouge brun : RAL 8012,
        - Gris blanc : RAL 9002.
    - Dans le cas où cette finition est utilisée, seules des vis en inox sont autorisées pour la fixation et le couturage des plaques SOLABAC (*cf. § 2.2.4.3*).

2.2.3.3. Plaques d'acier nervurées pour couverture partielle

Dans le cas où les modules photovoltaïques ne sont pas installés sur toute la surface de la toiture, il est nécessaire d'utiliser des plaques d'acier nervurées traditionnelles dans les zones non recouvertes par les modules photovoltaïques.

Ces plaques d'acier nervurées traditionnelles sont des plaques d'acier nervurées de la société JORISIDE et de dénomination commerciale "PML 33.250.1000CS" (cf. Figure 5).

Les caractéristiques de ces plaques nervurées sont les suivantes :

- Matériau : acier S320GD selon EN 10346.
- Épaisseur : 0,75 mm.
- Hauteur des ondes : 33 mm.
- Largeur unique : 1 000 mm.
- Longueur suivant la découpe désirée, entre 1 m et 13,6 m.
- Poids : 7,32 kg/m².
- Revêtements possibles : pré-laquage polyester, plastisol, polyuréthane ou PVDF selon les normes NF P34-301 ou NF EN 10169-1 (à définir en fonction des atmosphères du chantier considéré).

Sur demande et en fonction du bâtiment, ces plaques d'acier nervurées peuvent être équipées en sous-face d'un régulateur de condensation conforme au DTU 40.35.

Elles sont mises en œuvre conformément aux prescriptions du DTU 40.35.

2.2.3.4. Pinces de fixation

Les pinces de fixation, profilés extrudés en aluminium EN AW-6060 T66, permettent le positionnement et le support des modules photovoltaïques sur les plaques SOLABAC.

Les modules d'inertie des pinces de fixation sont les suivants :

- Ixx = 7,886 cm⁴.
- Iyy = 15,28 cm⁴.

Les dimensions hors tout de ces pinces sont les suivantes (*L x l x h*) : 70 x 70,3 x 62 mm.

Ces pinces sont posées par emboîtement sur les nervures en queue d'aronde. Elles sont ensuite fixées par pincement à l'aide d'une vis M8 à six pans creux en acier inoxydable (*TCHC – M8 x 43 mm – nuance A2-70 – ISO 4762*) venant se fixer dans un écrou carré (*M8 – nuance A2-70*) autobloqué par la géométrie de la pince (*cf.* Figure 6).

Les pinces de fixation possèdent un second écrou carré (*pour la fixation des parcloses*), introduit dans la rainure supérieure de la pince, au-dessus d'un tube en plastique (*présent simplement pour maintenir l'écrou en position tant qu'il n'est pas relié à la parclose*).

2.2.3.5. Parcloses

Les parcloses, profilés extrudés en aluminium EN AW-6060 T66, permettent la fixation des modules photovoltaïques sur les pinces de fixation.

Il existe deux types de parcloses (*cf.* Figure 7) :

- La parclose simple : utilisée sur la périphérie du champ photovoltaïque, elle présente une géométrie en "µ". La partie basse se positionne en appui sur la face place de la pince de fixation, tandis que la partie haute de l'autre côté permet de pincer le cadre des modules photovoltaïques.
  - Les dimensions hors tout de ces parcloses sont les suivantes (L x l x h) : 70 x 31,7 x 37,15 mm.
  - Les modules d'inertie de cette pièce sont les suivants :
    - Ixx = 0,861 cm^4,
    - Iyy = 3,173 cm^4.
- La pareclose double : utilisée sur tout le reste du champ photovoltaïque, elle présente une géométrie en "U". Elle vient pincer deux modules de part et d'autre sous ses deux ailes latérales.
  - Les dimensions hors tout de ces parcloses sont les suivantes (*L x l x h*) : 70 x 32,5 x 16,9 mm.
  - Les modules d'inertie de cette pièce sont les suivants :
    - Ixx = 0,4642 cm^4,
    - Iyy = 0,9418 cm^4.

Ces deux types de parcloses se fixent dans la nervure supérieure des pinces de fixation grâce à une vis M8 à six pans creux (*TCHC – M8 x 35 – nuance A2-70 – ISO 4762*) et à un écrou carré déjà présent dans cette nervure.

2.2.4. Autres éléments

2.2.4.1. Liminaire

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

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

2.2.4.2. Cavaliers de fixation et rondelles

Des cavaliers de fixation, conformes au DTU 40.35, doivent être utilisés pour permettre la fixation :

- Des nervures trapézoïdales (et uniquement des nervures trapézoïdales) des plaques SOLABAC,
- Des plaques d'acier nervurées pour couverture partielle,
- Ces cavaliers doivent s'adapter à la géométrie de leur nervure d'accueil,
- La nature du matériau du cavalier devra être adaptée à celle des plaques nervurées pour éviter toute corrosion,
- Une rondelle d'étanchéité, conforme au DTU 40.35 et adaptée aux vis utilisées (cf. § 2.2.4.3), doit toujours être positionnée entre la face interne du cavalier et la nervure des plaques pour éviter toute infiltration dans la toiture,
- L'utilisation de cavaliers et rondelles de la société FAYNOT est recommandée.

2.2.4.3. Visserie

La visserie nécessaire pour la fixation du procédé doit répondre aux préconisations du DTU 40.35 et aux caractéristiques minimales suivantes :

- Pour la fixation des cavaliers sur des charpentes en bois.
  Vis à bois, autoperceuse ou autotaraudeuse, de diamètre 6,3 mm ou 6,5 mm, tige en acier cémenté ou acier inoxydable de longueur minimale telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 50 mm, résistance à la corrosion minimum de 12 cycles Kesternich, ayant une résistance caractéristique à l'arrachement Pk de 445 daN minimum pour un ancrage de 50 mm.
- Pour la fixation des cavaliers sur des charpentes métalliques
  - Pour des supports en acier d'épaisseur 1,5 à 3 mm :
    Vis autoperceuse de diamètre 5,5 mm, de longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous le support après pose, ou vis autotaraudeuse de diamètre 6,3 mm, de longueur telle que le dépassement sous la panne support après pose soit au moins égal au diamètre de la vis, tige en acier cémenté ou acier inoxydable, résistance à la corrosion minimum de 12 cycles Kesternich, ayant une résistance caractéristique à l'arrachement Pk de 167 daN minimum dans une panne en acier S320 de 1,5 mm d'épaisseur.
  - Pour des supports en acier d'épaisseur 4 à 13 mm :
    Vis autoperceuse de diamètre 5,5 mm, de longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous le support après pose, ou autotaraudeuse de diamètre 6 mm ou 6,3 mm, de longueur telle que le dépassement sous la panne support après pose soit au moins égal au diamètre de la vis, tige en acier cémenté ou acier inoxydable, résistance à la corrosion minimum de 12 cycles Kesternich, ayant une résistance caractéristique à l'arrachement Pk de 712 daN minimum dans une panne en acier S235 de 4 mm d'épaisseur.
- Pour la fixation des cavaliers sur inserts en acier dans les charpentes béton ou la maçonnerie.
  Identique à la visserie définie pour les charpentes métalliques selon l'épaisseur des inserts acier avec la longueur à adapter en fonction.
- Pour le couturage des plaques (en sommet d'ondes trapézoïdales)

- Vis autoperceuse, de diamètre 4,8 mm ou 6,3 mm, tige en acier cémenté ou en acier inoxydable, résistance à la corrosion minimum de 12 cycles Kesternich, de longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous la tôle après pose et de longueur minimale égale à 19 mm ,
- Ou vis autotaraudeuse, de diamètre 4,8 mm ou 6,3 mm, tige en acier cémenté ou en acier inoxydable, résistance à la corrosion minimum de 12 cycles Kesternich, de longueur telle que le filetage de la longueur d'ancrage éventuellement augmentée du dépassement sous la tôle soit au moins égale au diamètre et de longueur minimale égale à 19 mm.

2.2.4.4. Pontets

Pour éviter l'écrasement des nervures des plaques d'acier (*SOLABAC ou des plaques d'acier nervurées traditionnelles*) au niveau des rives de la toiture lors de leur fixation, des pontets métalliques, conformes au DTU 40.35, doivent être utilisés. Ces pontets, positionnés entre la panne et les plaques, doivent avoir une géométrie adaptée à la forme de la nervure.

2.2.4.5. Câbles et connecteurs liaison équipotentielle des masses

Les câbles de mise à la terre doivent présenter des sections adaptées à leur fonction (*interconnexion des cadres des modules*) et dans tous les cas, des caractéristiques conformes aux guides C 15-712.

Pour la connexion des cadres des modules, ces câbles doivent être équipés de cosses rondes, de rondelles bimétal et de vis autotaraudeuses adaptées au perçage du cadre des modules prévu pour la mise à la terre (*cf.* Figure 1).

L'utilisation de raccords (*raccord à griffes, raccord de dérivation auto-dénudant...*) est nécessaire pour effectuer les éventuelles jonctions entre les câbles de mise à la terre.

2.2.4.6. Abergements

Non fournis, ces abergements doivent être réalisés à façon par l'installateur en respectant les règles de l'art et notamment le DTU 40.35 (*cf.* Figure 16).

2.3. Disposition de conception

2.3.1. Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage.

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.

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

Avant chaque projet, le devoir de conseil de l'installateur lui impose de sensibiliser le maître d'ouvrage à la nécessité d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations et de la toiture afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

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, il faut être attentif à ce que la charge de neige ne dépasse pas la charge admissible du procédé.

Comme tous les procédés comprenant des plaques métalliques utilisées en toiture, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués dans les plaques mais dans la structure porteuse. La traversée du plan d'étanchéité à l'eau est réalisée en respectant les prescriptions de traversées ponctuelles habituellement admises dans les DTU de la série 40.3.

Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier la nature de la toiture, l'épaisseur, le profil et la qualité des pannes, la zone géographique du chantier et ses conditions climatiques (*charges de neige et vent*) en référence au domaine d'emploi défini au *§1.1.*

La pose sur ossature en béton ou en maçonnerie est réalisée sur une ossature secondaire (*inserts*) en acier protégé et résistant aux efforts. Ces supports sont incorporés au gros œuvre et ancrés à l'aide de dispositifs appropriés. Dans ce cas, l'épaisseur minimale du support à l'appui est de 2,5 mm et la largeur minimale d'appui est de 60 mm (*cf.* Figure 10).

Chaque mise en œuvre doit faire l'objet d'une vérification auprès d'un bureau d'étude compétent, note de calcul à l'appui, pour vérifier et contrôler les charges climatiques appliquées sur la toiture considérée (*en prenant en compte les actions locales*) au regard des contraintes maximales admissibles du procédé et de l'entraxe des pannes (*voir le domaine d'emploi au §1.1*).

Il est impératif de s'assurer que les toitures concernées par l'installation du procédé répondent au DTU 40.35 en vigueur.

Les règles de mise en œuvre décrites au présent Dossier, dans la notice de pose et dans les plans de réalisation fournis par la société SOLAPRO, doivent être respectées.

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 des champs photovoltaïques	
Largeur du champ (mm)	NbY x (Ky+20) + 70
Longueur du champ (mm)	NbX x (Kx+20) - 20
Poids au m² de l'installation (kg/m²)	< 23

Avec :

NbX : le nombre de modules dans le sens horizontal du champ photovoltaïque,

Kx : la dimension du module dans le sens horizontal du champ photovoltaïque,

NbY : le nombre de modules dans le sens vertical du champ photovoltaïque,

Ky : la dimension du module dans le sens vertical du champ photovoltaïque.

2.3.3. Caractéristiques électriques

2.3.3.1. Conformité à la norme NF EN 61215

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

2.3.3.2. Sécurité électrique

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

2.3.3.3. Performances électriques

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

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

2.3.4. Conception vis-à-vis de la condensation

2.3.4.1. Préambule

Le traitement des risques de condensation doit être effectué conformément aux recommandations du § 6.6 du DTU 40.35.

Dans le cas de l'utilisation d'un régulateur de condensation, celui-ci doit être caractérisé sur la base d'une étude préalable, réalisée en fonction des données météorologiques par un bureau d'études d'ingénierie du bâtiment, à l'instigation du maître d'ouvrage. Posé en usine (cf. § 2.2.3.2), ce régulateur ne doit pas être appliqué sur la zone de recouvrement pour éviter les pénétrations d'eau de pluie par capillarité.

2.3.4.2. Toitures froides ventilées non isolées

Pour limiter les conséquences des phénomènes de condensation, la sous-face des plaques nervurées SOLABAC (*et des plaques nervurées JORISIDE si elles sont présentes en rive*) peut être traitée par l'apport d'un régulateur de condensation.

Pour les bâtiments fermés, la toiture doit impérativement être ventilée, c'est-à-dire qu'une ventilation doit circuler sous les plaques grâce à des ouvertures à l'égout et au faîtage (*à moins que le bâtiment ne soit ouvert et permette ainsi d'office une ventilation des bacs de sous-face*).

La conception de ce type de toiture doit être traitée conformément aux spécifications de la norme DTU 40.35 et DTU 40.36.

2.3.4.3. Toitures froides ventilées isolées sous pannes

Les applications du procédé en toitures froides ventilées avec isolation sous pannes requièrent une étude préalable à l'instigation du maître d'œuvre afin d'étudier la faisabilité de l'installation vis-à-vis des risques de condensation. À défaut d'étude, des conditions météorologiques particulières pourraient conduire à la saturation du régulateur de condensation, amenant des condensations inévitables.

Dans le cadre d'une toiture froide ventilée isolées sous pannes, l'emploi du régulateur de condensation en sous-face des plaques nervurées SOLABAC (*et des plaques nervurées JORISIDE si elles sont présentes en rives*) est systématique.

La toiture doit être ventilée, c'est-à-dire qu'une ventilation doit circuler sous les bacs de sous-face grâce à des ouvertures à l'égout et au faîtage.

En lieu et place du régulateur, il est aussi possible d'utiliser un feutre tendu sur pannes (*voir le DTU 40.35*).

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.

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 1500 V *(liée à la classe II de sécurité électrique)*.

Le calcul des sections de câbles DC sera réalisé de manière à ne pas dépasser 1% de pertes. De plus, la valeur de la résistance de la liaison entre le point de livraison et les bornes AC de l'onduleur doit être inférieure ou égale à 0,5 Ω.

Enfin, une protection pour l'ensemble du système DC contre l'effet des courants inverses, susceptibles de survenir en cas de défaut dans un module, doit être mise en place. Les modules supportant un courant inverse maximal égale à au moins deux fois le courant de court-circuit, cette protection est réalisée par des fusibles pour tout système comportant plus de trois séries électriques par onduleur. Ces fusibles sont mis en place dans les boîtes de jonction DC ou bien directement à l'intérieur des onduleurs si ceux-ci le permettent.

2.3.5.2. Connexion des câbles électriques

La connexion et le passage des câbles électriques s'effectuent sous et entre les modules photovoltaïques, au-dessus des plaques d'acier nervurées SOLABAC (*attachés aux pinces de fixation*) : voir le schéma de principe en Figure 8.

- Liaison intermodules et module/onduleur
  La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules suivant le plan de calepinage et le schéma électrique du chantier (*établi par l'installateur ou le maître d'œuvre*). Les connexions électriques doivent être effectuées avant la fixation du module dans les parcloses. Les câbles, une fois connectés, devront être attachés aux pinces de fixation avec des colliers de type RILSAN ou COLSON pour éviter d'entrer en contact avec les plaques d'acier nervurées SOLABAC.
  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.
  Un autocontrôle de la connexion de chaque module doit être effectué par l'installateur à l'avancement pour s'assurer de la bonne connexion de chaque connecteur et vérifier que les polarités ne sont pas inversées.
  Les surfaces des boucles induites doivent être les plus faibles possibles et les câbles chemineront de manière jointive.
- Câbles de liaison équipotentielle des masses
  La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne.
  Les cadres des modules sont reliés, indépendamment les uns des autres, au câble de mise à la terre. Cette liaison équipotentielle est effectuée par l'intermédiaire d'une cosse ronde, d'une rondelle bimétal et d'une vis autotaraudeuse adaptée au perçage du cadre des modules (*prévu pour la mise à la terre*).
  L'utilisation de raccords (*raccord à griffes, raccord de dérivation auto-dénudant...*) est nécessaire pour effectuer les éventuelles jonctions entre les câbles de mise à la terre.
  Tous les câbles de liaison équipotentielle des masses doivent ensuite être interconnectés par un répartiteur de terre qui doit être placé au plus proche du champ photovoltaïque. Ce dernier sera connecté à la prise de terre générale du bâtiment.
- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment.
  Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment ne doit jamais être réalisé au travers de la couverture afin de ne pas compromettre l'étanchéité de la toiture. Il doit être déterminé par l'installateur dans son plan de câblage, en privilégiant le chemin le plus direct vers les onduleurs et en évitant la formation de boucles induites (*voir exemples de pénétration des câbles au faîtage et à l'égout en* Figure 9). Lorsque la pénétration se fait à l'égout, les câbles doivent impérativement former une "goutte d'eau" et être protégés au droit de l'arête des tôles. En toute hypothèse, les câbles passeront dans des chemins de câbles dédiés à l'extérieur du champ photovoltaïque ou entre les modules et le sommet des ondes des plaques SOLABAC, en veillant à les arrimer aux pinces de fixations au moyen de colliers de type Rilsan.

L'ensemble des câbles doit être acheminé dans des gaines techniques appropriées et être correctement repérées, comme préconisé dans les documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100 et guides UTE C 15-712 (*limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distincts...*).

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

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Conditions préalables à la pose

Les installations doivent toujours être reliées au faîtage et à l'égout de la toiture.

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 avertis des particularités et des techniques de pose du procédé.

2.4.2. Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être exclusivement assurée par des couvreurs professionnels formés et habilités pour la pose en toiture de couvertures en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues.

Les compétences requises sont de trois types :

- Compétences en couverture : mise en œuvre en toiture.
- Compétences électriques avec habilitation BR et BP, pour le raccordement des modules et le branchement aux onduleurs...
- Qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques.

2.4.3. Sécurité des intervenants

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

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

Les installateurs sont donc tenus de respecter les normes en vigueur au moment du chantier, aussi bien du point de vue de la technique de pose (*DTU 40.35*) que de la sécurité (*EPI, protection des personnes...*).

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. Préparation de la toiture

Il convient en premier lieu de vérifier la répartition et les dimensions hors tout du procédé sur la toiture et éventuellement de découvrir la zone d'implantation des éléments de couverture existants s'ils sont présents.

La surface qui doit être ménagée pour l'implantation du procédé photovoltaïque doit posséder les dimensions indiquées dans les plans fournis (*voir également le § 2.2.2.2*).

2.4.4.2. Pose du procédé

2.4.4.2.1. Manutention des plaques

Lors de la manutention, il est nécessaire de ne pas détériorer le revêtement des plaques (que ce soit pour les plaques SOLABAC ou pour les plaques JORISIDE), ni le régulateur de condensation de la sous-face. De plus, il est indispensable d'éviter de déformer les profils (*nervures, bords*...) sous peine de les rendre inaptes à la bonne exécution des travaux.

De plus, il convient de respecter les dispositions suivantes lors des découpes de retouche :

- effectuer la découpe sur le sol et non sur la toiture,
- protéger les revêtements (*intérieurs et extérieurs*) pour éviter leur dégradation,
- effectuer un ébavurage,
- protéger les tranches pendant le stockage et la manutention.

Il est entendu que les découpes ne sont autorisées que pour diminuer la longueur des plaques (*dans le sens du rampant*). Elles ne sont pas autorisées sur les bords des plaques où les nervures sont pincées pour permettre le recouvrement avec d'autres plaques.

Il est également nécessaire de prendre toutes les précautions possibles pour ne pas rayer ou marquer les plaques : ceci pourrait constituer une amorce de corrosion dans le temps.

2.4.4.2.2. Mise en place des plaques SOLABAC

Les plaques SOLABAC sont toujours utilisées du faîtage à l'égout de la toiture. Elles doivent être posées sur la charpente avec les nervures parallèles à la ligne de plus grande pente.

La pose est effectuée dans le sens opposé aux vents de pluie dominants.

La pose de ces plaques doit respecter scrupuleusement les préconisations du DTU 40.35 sauf indications mentionnées dans les paragraphes suivants.

Elles sont fixées aux pannes à l'aide des cavaliers (*en sommet des ondes trapézoïdales, jamais en sommet des ondes en queue d'aronde*) munis de leur rondelle d'étanchéité et de la visserie adaptée à la nature de la charpente (*cf. § 2.2.4.3*). Toutes les nervures trapézoïdales des plaques SOLABAC doivent être fixées (*cf.* Figure 11).

2.4.4.2.3. Recouvrements transversaux des plaques SOLABAC

Lorsque des recouvrements transversaux sont nécessaires pour traiter le rampant de toiture, les nervures en queue d'aronde des plaques SOLABAC sont pincées d'un côté en usine pour permettre leur recouvrement. Les nervures pincées sont donc positionnées vers le haut de la toiture, pour pouvoir être recouvertes par les plaques supérieures.

La valeur du recouvrement transversal est de 300 mm pour les pentes de toiture comprises entre 10 et 15% et de 200 mm pour les pentes supérieures ou égales à 15%, en correspondance avec la longueur du pincement des nervures en queue d'aronde.

Les recouvrements transversaux doivent s'effectuer au droit d'une panne avec un débord minimum de 100 mm de chaque côté de l'axe de cette panne.

2.4.4.2.4. Recouvrements longitudinaux des plaques SOLABAC

Le recouvrement longitudinal des plaques SOLABAC est donné par l'emboîtement de la nervure de rive "emboîtante" sur la nervure de rive "emboîtée" de la plaque précédente. Il est effectué dans le sens opposé aux vents de pluie dominants.

Les bacs sont fixés entre eux par des vis de couture toujours positionnées en sommet d'onde des nervurestrapézoïdales, conformément au § 6.1.5 du DTU 40.35.

2.4.4.2.5. Mise en place des pinces de fixation

Il convient d'assembler au sol (*cf.* Figure 12) les pinces de fixation avec les parcloses (*selon leur positionnement, parcloses simples pour la périphérie du champ ou parcloses doubles : cf.* Figure 14) à l'aide de la vis M8 fournie.

Lors de cette étape d'assemblage, il ne faut pas trop serrer la vis dans son écrou, de façon à garder un certain jeu pour la mise en place ultérieure des modules.

Grâce aux plans fournis (*qui tiennent compte des dimensions des abergements*), il faut d'abord repérer et marquer les ondes en queue d'aronde sur lesquelles seront positionnées les pinces de fixation.

Le principe de calepinage des pinces sur les nervures en queue d'aronde est présenté sur la Figure 13.

Pour plus de facilité, le positionnement de ces pinces peut être réalisé à l'aide d'une pige correspondant à l'écartement entre deux pinces (*cf.* Figure 14).

Il est nécessaire de travailler par portion de toiture (*pose des pinces, des modules, puis serrage des différents éléments*) en positionnant les pinces sur les ondes repérées. Dans un premier temps, il ne faut pas trop les serrer et les garder mobiles pour permettre un réajustement si nécessaire lors de la pose des modules.

Note : Pour des raisons de sécurité, si le chantier dure plusieurs jours, les composants non fixés à la fin d'une journée doivent être retirés de la toiture. Ils seront remis lors de la reprise de l'installation.

2.4.4.2.6. Mise en place des modules

Les modules doivent être positionnés en format paysage, du bas vers le haut et de la droite vers la gauche (cf Figure 15).

Attention, le champ photovoltaïque ne doit à aucun moment être en porte-à-faux par rapport à la structure porteuse.

Avant le positionnement dans les parcloses, il est nécessaire de dégager les câbles électriques et les câbles de mise à la terre de façon à pouvoir y accéder facilement une fois le module mis en place.

Il convient de positionner le module dans les parcloses inférieures. Puis, les parcloses supérieures doivent être coulissées légèrement vers le faîtage afin de poser le module sur ses 4 pinces. Les parcloses supérieures doivent ensuite être repositionnées au centre des pinces avant d'être serrées définitivement.

Il est nécessaire de centrer le module dans ses pinces. Une attention particulière doit être apportée lors du centrage des modules car tout décalage sur un module sera automatiquement répercuté sur le positionnement des autres modules photovoltaïques.

Une fois le positionnement définitif, il conviendra de serrer les pinces et les parcloses définitivement grâce à une clé dynamométrique afin d'appliquer un couple de serrage d'environ 15 N.m.

Dans toutes les configurations, les modules doivent être maintenus par au moins 4 pinces de fixation munies de parcloses, situées sur les grands côtés du module dans la zone de préhension, soit entre 0 mm et 550 mm des angles (*cf.* Figure 1).

Il n'y a pas de limitation quant au nombre de modules positionnés sur la longueur et la largeur de la toiture.

2.4.4.2.7. Mise en place des abergements

La conception et la mise en œuvre des abergements nécessaires au procédé doit s'effectuer en conformité avec les prescriptions du DTU 40.35 (*cf.* Figure 16).

En partie latérale du champ photovoltaïque, il convient d'avoir un recouvrement des abergements sur les ondes trapézoïdales de rive des plaques SOLABAC.

Au faîtage, il convient d'utiliser des abergements venant en recouvrement des plaques SOLABAC en sommet d'onde.

À l'égout, il est nécessaire d'utiliser un débordement simple des plaques SOLABAC conformément aux prescriptions du DTU 40.35.

2.4.4.2.8. Mise en place des plaques nervurées sur les côtés de l'installation photovoltaïque

Quand le procédé n'est pas relié aux rives, il est nécessaire de faire les liaisons du champ photovoltaïque avec les plaques d'acier nervurées "PML 33.250.1000CS" de la société JORISIDE (*cf. § 2.2.3.3*).

La mise en œuvre de ces plaques doit être strictement conforme aux préconisations du DTU 40.35.

Les recouvrements longitudinaux de ces plaques avec le champ photovoltaïque sont effectués grâce aux ondes trapézoïdales de rive des plaques SOLABAC.

2.4.4.3. Pose du procédé aux abords des rives

Les modules photovoltaïques doivent être positionnés à une distance minimale de 100 mm par rapport aux rives de la toiture.

Les bandes de rive doivent être conçues et mise en œuvre en conformité avec les préconisations du § 6.2 du DTU 40.35. Elles viennent en recouvrement avec l'onde trapézoïdale de rive des plaques SOLABAC.

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 couverture (cf. *§ 2.4.2*).

La société SOLAPRO est en mesure de proposer ce service dans toute la France grâce à sa filiale de maintenance EMASOLAR.

Les consignes suivantes doivent être respectées en cas d'intervention sur l'installation photovoltaïque :

ne pas marcher directement sur le procédé photovoltaïque : utiliser des échelles de couvreur ou des dispositions de répartition de poids,

- ne rien laisser tomber sur les modules photovoltaïques,
- ne pas exercer de contraintes sur les câbles électriques,
- ne pas déconnecter les connecteurs sous tension,
- ne jamais couper les câbles électriques.

2.5.2. Maintenance du champ photovoltaïque

L'entretien de l'installation doit être assuré dans le cadre d'un contrat de maintenance, au moins une fois par an, permettant à minima de s'assurer que les modules demeurent solidement ancrés dans les pinces, que les vis demeurent correctement serrées au cours du temps...

Il convient de vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si un nettoyage doit être envisagé, il doit être réalisé au moyen d'outils ne présentant pas un risque de détérioration pour l'installation (*haute pression interdite, interdiction de marcher directement sur les modules*) : eau filtrée et usage de brosses non abrasives.

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 en respectant la procédure suivante :

- Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.
- Accéder au champ photovoltaïque en sécurité et avec une échelle de couvreur : ne jamais marcher directement sur les modules.
- Dévisser les 4 parcloses du module concerné.
- Soulever le module d'un côté et resserrer les deux parcloses qui viennent d'être libérées.

- Déconnecter les câbles électriques et la liaison équipotentielle : une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débrochés afin d'éviter tout contact entre ceux-ci et les pièces métalliques de l'installation. Ces connecteurs doivent être protégés avec des bouchons adaptés.
- Sortir le module défectueux des 2 autres parcloses.
- Resserrer ces deux parcloses sur les modules encore présents sur la toiture.
- Mettre en œuvre le nouveau module conformément au présent Dossier.
- 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 procède 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.

2.6. Traitement en fin de vie

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

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

2.7. Fabrication et contrôles

2.7.1. Modules photovoltaïques

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

2.7.2. Plaques d'acier nervurées SOLABAC

La société SOLAPRO a déposé au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques les références et coordonnées du fabricant des plaques d'acier nervurées SOLABAC.

L'acier est approvisionné sous forme de bobines de largeur 800 mm prêtes à l'emploi. Le document de contrôle qualité et de traçabilité du fournisseur est vérifié et chaque bobine est pesée individuellement. Le rapport de la pesée est joint au bon de livraison pour validation.

Si besoin, un régulateur de condensation (*le DRIPSTOP 110 de la société FILC*) est laminé sur place avec l'acier.

La production des plaques est réalisée en flux tendu permettant d'organiser la production de telle sorte que chaque commande puisse être produite totalement avant de passer à la suivante, réduisant ainsi les opérations de stockage.

Pour obtenir les nervures très spécifiques du SOLABAC, les tôles d'acier passent en continu à travers une succession de 12 paires d'outils qui lui donnent son profil définitif. De part et d'autre de la tôle, des guides permettent d'assurer le positionnement des tôles au sein de ces outils, permettant ainsi d'assurer une constance de qualité lors de la fabrication. Les surfaces des tôles sont aspergées de lubrifiant pendant tout le processus afin de protéger leur revêtement.

Afin de pouvoir assurer les contrôles et la traçabilité du produit, chaque tôle est marquée individuellement au moyen d'un traceur jet d'encre. Les informations contenues dans ce numéro (*cf. § 2.8.2*) ainsi que des informations spécifiques à la fabrication (*équipe de production concernée, référence des matières premières...*) sont également reportées dans des fiches de suivi de production.

La découpe des plaques est effectuée à la suite du profilage grâce à une presse à cisaillement vertical ainsi qu'un support épousant la forme du profilé afin de ne pas le déformer lors de la découpe.

2.7.3. Pinces de fixation

La société SOLAPRO a déposé au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques les références et coordonnées du profileur des barres aluminium et du fabricant des pinces de fixation.

Les profilés aluminium sont fournis au fabricant des pinces de fixation en longueur de 7 m. Lors de la réception, des contrôles dimensionnels et des contrôles sur la nature de l'aluminium sont réalisés. Ces profilés sont ensuite découpés et percés en partie basse pour permettre le positionnement futur des vis M8, permettant leur fixation sur les plaques. Afin d'éviter toute déformation lors du perçage, ces pièces sont positionnées sur un profil négatif épousant la forme de la pièce.

Un outil permet de maintenir les pinces pour permettre le positionnement du tube en plastique et de l'écrou. Une butée permet d'assurer un positionnement identique de l'écrou sur toutes les pièces. Enfin, la vis M8 est installée avec son écrou par un opérateur. Le positionnement du tube plastique et de l'écrou sont les seules étapes manuelles du processus.

Tous les 10 000 produits réalisés ou une fois par jour, 5 échantillons sont prélevés afin d'être vérifiés.

2.7.4. Parecloses

La société SOLAPRO a déposé au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques les références et coordonnées du profileur des barres aluminium et du fabricant des parcloses.

La fabrication est identique dans le principe à celle décrite pour les pinces de fixation : les profilés sont découpés à longueur et percés pour permettre la fixation par vissage des parcloses.

La nature des contrôles en cours de fabrication est identique à celle effectuée pour les pinces de fixation.

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. Plaques d'acier nervurées SOLABAC

Les plaques nervurées, séparées par des cales de polystyrène positionnées dans le creux des ondes, sont conditionnées par palettes de 40 maximum. Les plaques sont maintenues entre elles grâce à plusieurs cerclages, réalisés avec des feuillards en polyester. Le nombre de cerclage dépend de la longueur des plaques. Un film de protection et un panneau d'aggloméré sont glissés entre la tôle et le cerclage.

Chaque plaque est identifiée par un numéro inscrit avec un traceur jet d'encre lors de la fabrication. Ce numéro fournit les informations suivantes :

- le numéro de commande client,
- la date de production,
- le nombre de mètres linéaires déroulés à l'endroit du marquage, depuis le début de la mise en production de la bobine de matière première concernée.

De plus, chaque palette est étiquetée individuellement, permettant de mettre en évidence le numéro de la commande, la référence produit, le nombre de pièces et leurs caractéristiques (longueur, couleur...).

La durée du stockage doit être réduite au minimum. Les plaques doivent être stockées de façon qu'elles ne touchent pas le sol et que l'eau ne s'introduise pas entre elles.

2.8.3. Pinces de fixation

Les pinces de fixation sont conditionnées par lot de 200 pièces dans des cartons. Une étiquette est positionnée sur une des faces latérales du lot, permettant d'identifier :

- les coordonnées du fabricant,
- le type de pièce,
- le nombre de pièces du lot,
- le poids du lot.

Ces éléments doivent être stockés dans un entrepôt sec et fermé : les colis doivent être séparés du sol par l'intermédiaire d'un calage.

2.8.4. Parecloses

Le conditionnement et le stockage des parcloses sont rigoureusement identiques à ceux des pinces de fixation.

2.9. Formation

La société SOLAPRO impose à ses nouveaux clients une formation photovoltaïque théorique et pratique leur permettant d'appréhender le montage de son procédé.

Cette formation est dispensée, en présentiel, en fonction des besoins des clients et de leur niveau d'expertise dans le domaine.

Le mode constructif et les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre en couverture. La pose des plaques SOLABAC, moyennant le respect des dispositions du présent Avis Technique, relève de la technique de « couverture en tôles d'acier nervurées » détaillées dans le DTU 40.35. La méthodologie de pose des crochets et des modules photovoltaïques est détaillée dans la notice systématiquement transmise au client au moment de la première commande.

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

2.10. Assistance technique

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

Le procédé est commercialisé exclusivement par la société SOLAPRO. Ainsi, la société SOLAPRO assume toutes les responsabilités afférentes aux produits qu'elle distribue.

La société assure sur demande une assistance technique pour tous renseignements concernant les principaux problèmes liés aux toitures et à la mise en place du procédé.

Il est également possible de recevoir une assistance technique de la part de la société SOLAPRO avec la présence d'un technicien lors de la première installation.

Lorsque des cas particuliers d'installations se présentent, tant au niveau de la mise en œuvre des modules que des conditions d'implantation (*ombrages éventuels*), elle peut également apporter son assistance technique pour la validation de la solution retenue.

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 21/16-59_V6.
- 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 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 selon la norme NF EN 12179 pour des essais de résistance à la pression du vent avec les modules de la grille de vérification.
- Les pinces de fixation ont été testées en glissement par rapport à la nervure en queue d'aronde des plaques SOLABAC par le laboratoire CSTB (*rapport d'essai n° 13 26042244/A*).
- Les nervures en queue d'aronde des plaques SOLABAC ont été testées à l'écrasement via les pinces de fixation par le laboratoire CSTB (*rapport d'essai n° 13 26042244/B*).
- Les plaques SOLABAC ont été testées en flexion en charges ascendantes et en charges descendantes via les pinces de fixation par le laboratoire CSTB (*rapport d'essai n° 13 26042244/C*).
- Les plaques SOLABAC ont été testées à l'étanchéité suite à un essai de fatigue en charges ascendantes et descendantes via les pinces de fixation par le laboratoire CSTB (*rapport d'essai n° 13 26042244/D*).
- Le procédé photovoltaïque a fait l'objet d'un essai de résistance au vent selon la norme NF EN 12179 par le laboratoire CSTB (*rapport d'essai n° CLC12-26042887 et n° DEB-25-00056975-48*).
- Le procédé photovoltaïque a été testé à la soufflerie CSTB "Jules Verne" à Nantes (*rapport d'essai n° EN-CAPE 13.091C-V0*).

2.11.2. Références chantiers

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis septembre 2008.

Environ 870 000 m^2 ont été commercialisés en France à ce jour.

2.12. Annexes du Dossier Technique

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

Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Éléments du procédé concernés	Atmosphères extérieures							
			Rurale non pollué	Industrielle ou urbaine		Marine				Spéciale
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Aluminium	-	Pinces de fixation + Parecloses	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium	Anodisé 10 µm	Cadre des modules	•	•	□	•	•	□	□	□
Acier S320GD	Finition "Aluzinc"(1)	Plaques SOLABAC	•	•	□	•	•	□	□	□
Acier S320GD	Finition "Laqué"(2)	Plaques SOLABAC	•	•	□	•	-	-	-	□
Acier S320GD	Finition "Aluzinc laqué"(1)	Plaques SOLABAC	•	•	□	•	•	□	□	□

Les expositions atmosphériques sont définies dans le cahier du 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.

* : à l'exception du front de mer

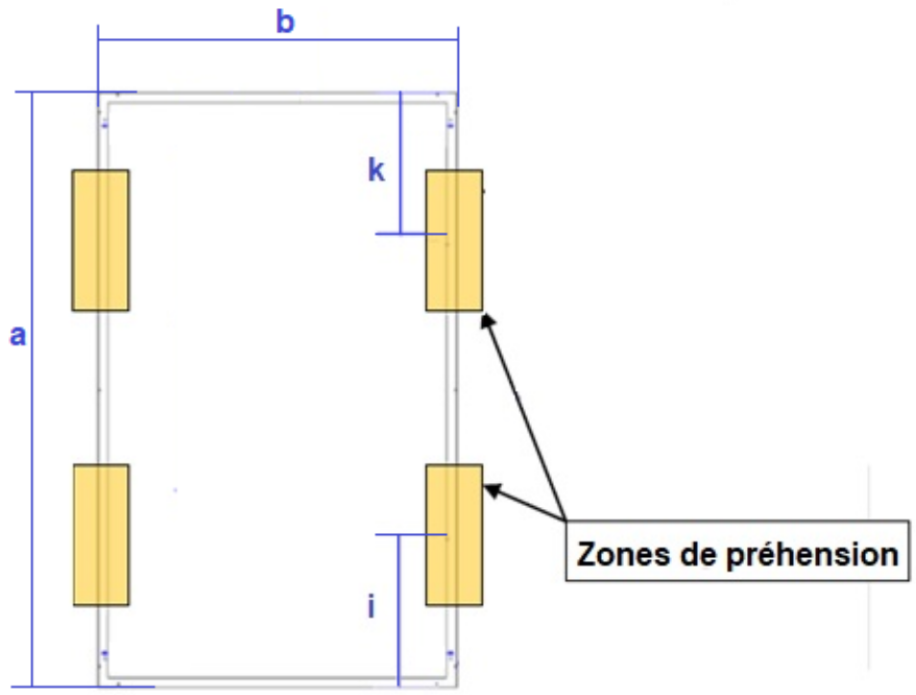
(1) Aluzinc LIBERTY LIEGE-DUDELANGE faisant l'objet de l'ETPM 18/0049_V3

(2) revêtement Z275 + polyuréthane ou polyester 50 µm

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

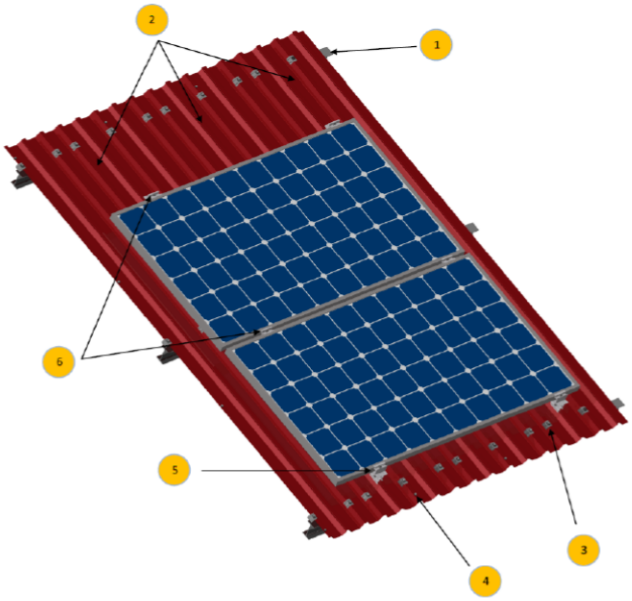
3. Annexes graphiques

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



	Dimensions du modules (mm)		Position des brides de fixation (mm) et plages de préhension (mm)	
Modèle	a	b	k	i
Groupe A (126 cellules)	*1 835*	*1 042*	*458,75 Min : 389 Max : 528*	*458,75 Min : 389 Max : 528*
Groupe B	*1 868*	*1070 ou 1170*	*275 Min : 0 Max : 550*	*275 Min : 0 Max : 550*
Groupe C	*1 762*	*1 134*	*330 Min : 290 Max : 370*	*330 Min : 290 Max : 370*
Groupe D	*1 868*	*1 220*	*275 Min : 0 Max : 550*	*275 Min : 0 Max : 550*

Figure 1 – Zones de préhension (positionnement des parcloses) des modules photovoltaïques



Numéro	Dénomination
1	Panne *(Bois / Acier de différent profil).*
2	Tôle SOLABAC.
3	Cavalier.
4	Vis de couture.
5	Pince de fixation + pare close simple.
6	Pince de fixation + pare close double *(espacement 20 mm)*

Figure 2 – Vue d'ensemble du procédé

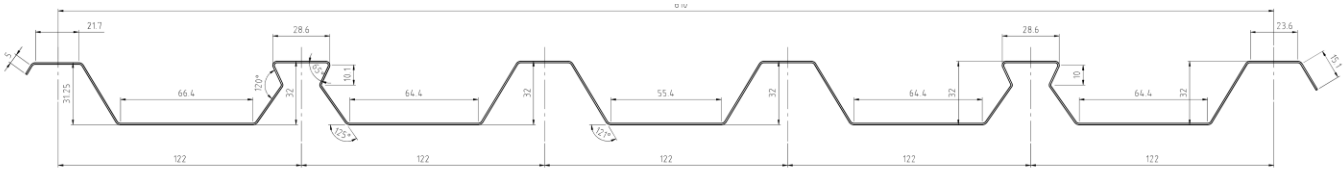
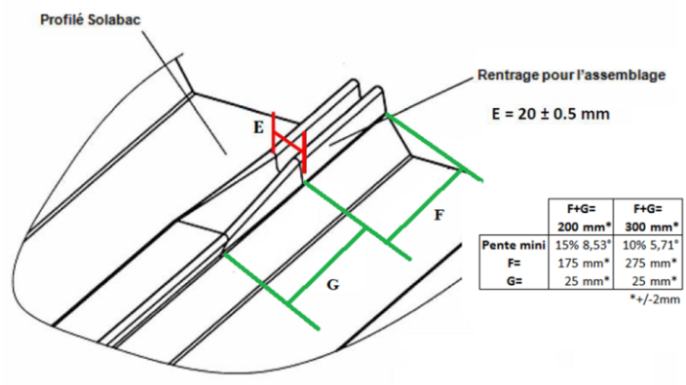


Figure 3 – Profil géométrique des plaques d'acier nervurées SOLABAC



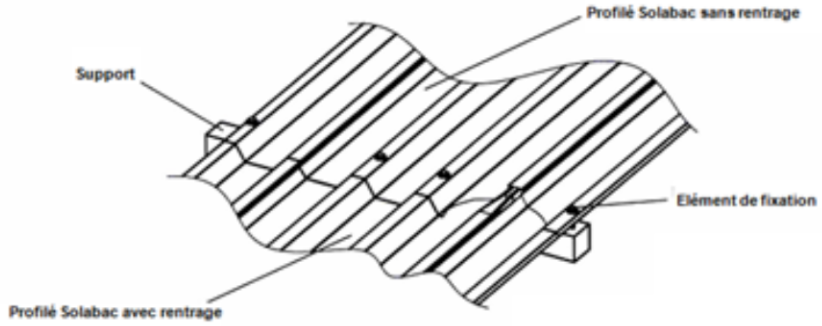


Figure 4 - Pliage en usine des nervures en queue d'aronde pour permettre le recouvrement transversal

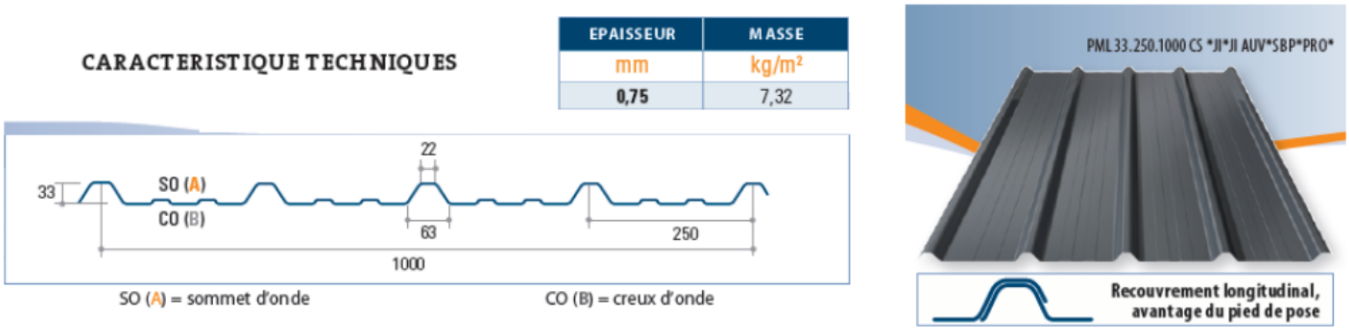


Figure 5 – Profil géométrique des plaques d'acier nervurées JORISIDE pour couverture partielle

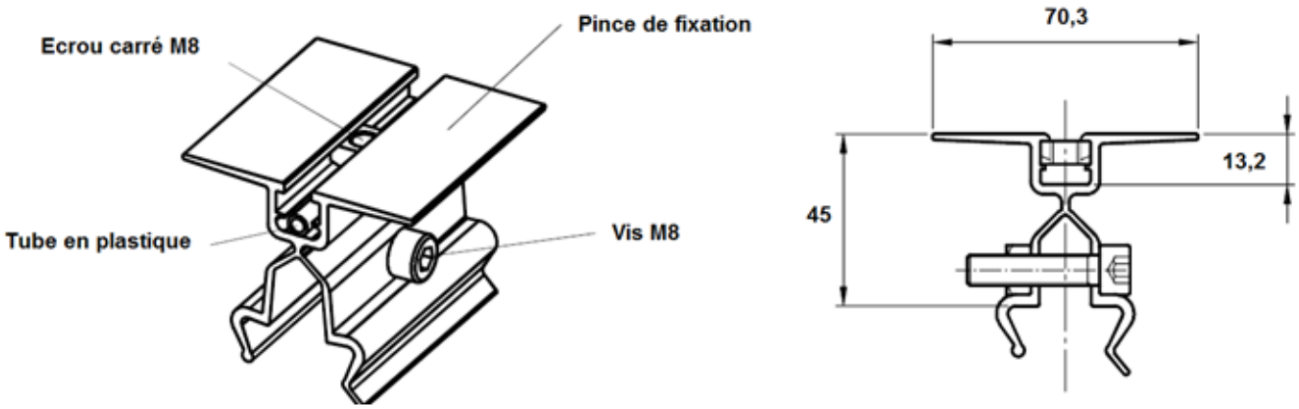


Figure 6 – Schémas des pinces de fixation

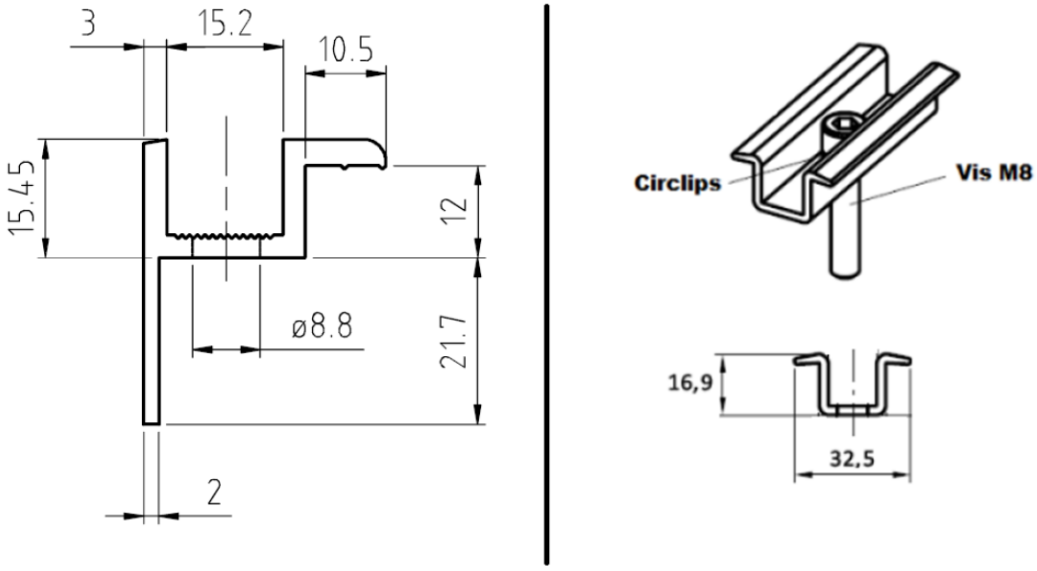


Figure 7 – Schémas des parcloses simple (à gauche) et double (à droite)

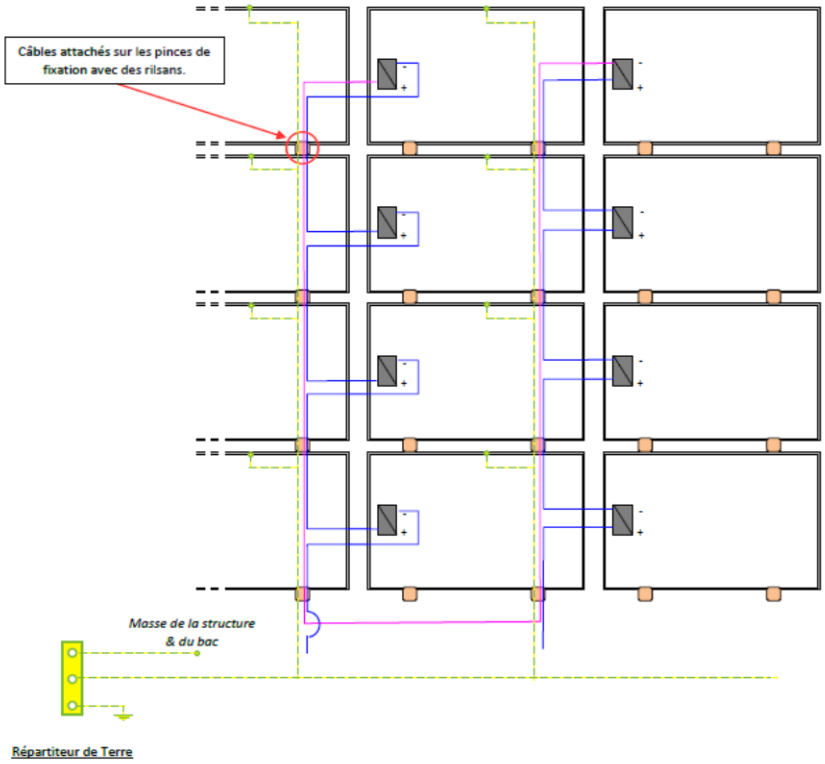
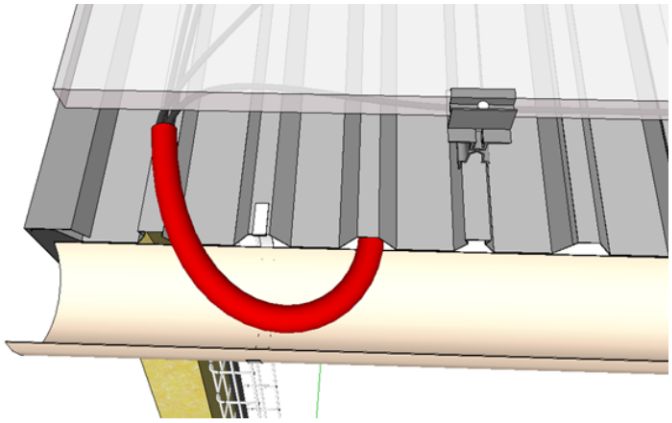
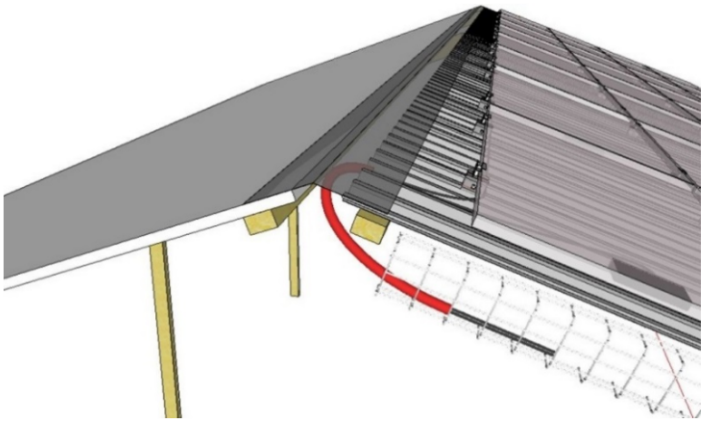


Figure 8 – Schéma de principe pour les liaisons électriques et liaisons équipotentielle des masses



Câbles à l'égout



Câbles au faîtage

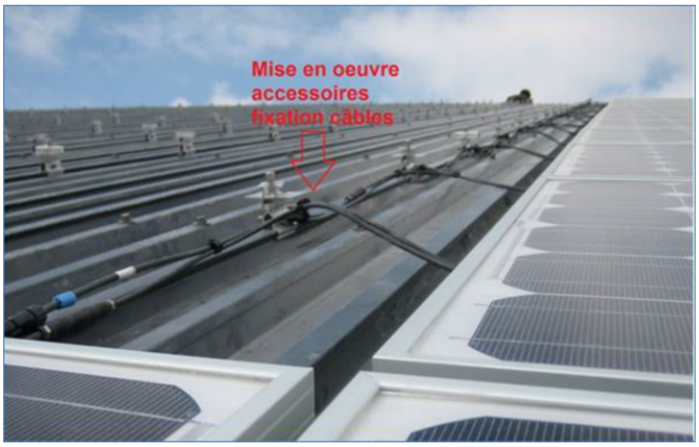


Figure 9 – Détails sur cheminement des câbles

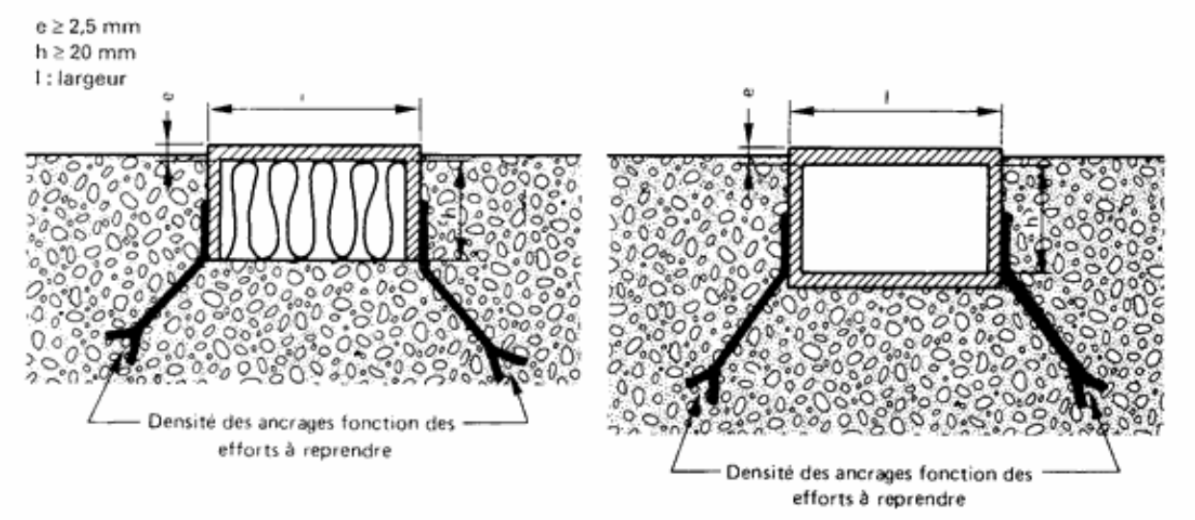


Figure 10 – Définition des inserts acier dans les pannes béton ou maçonneries

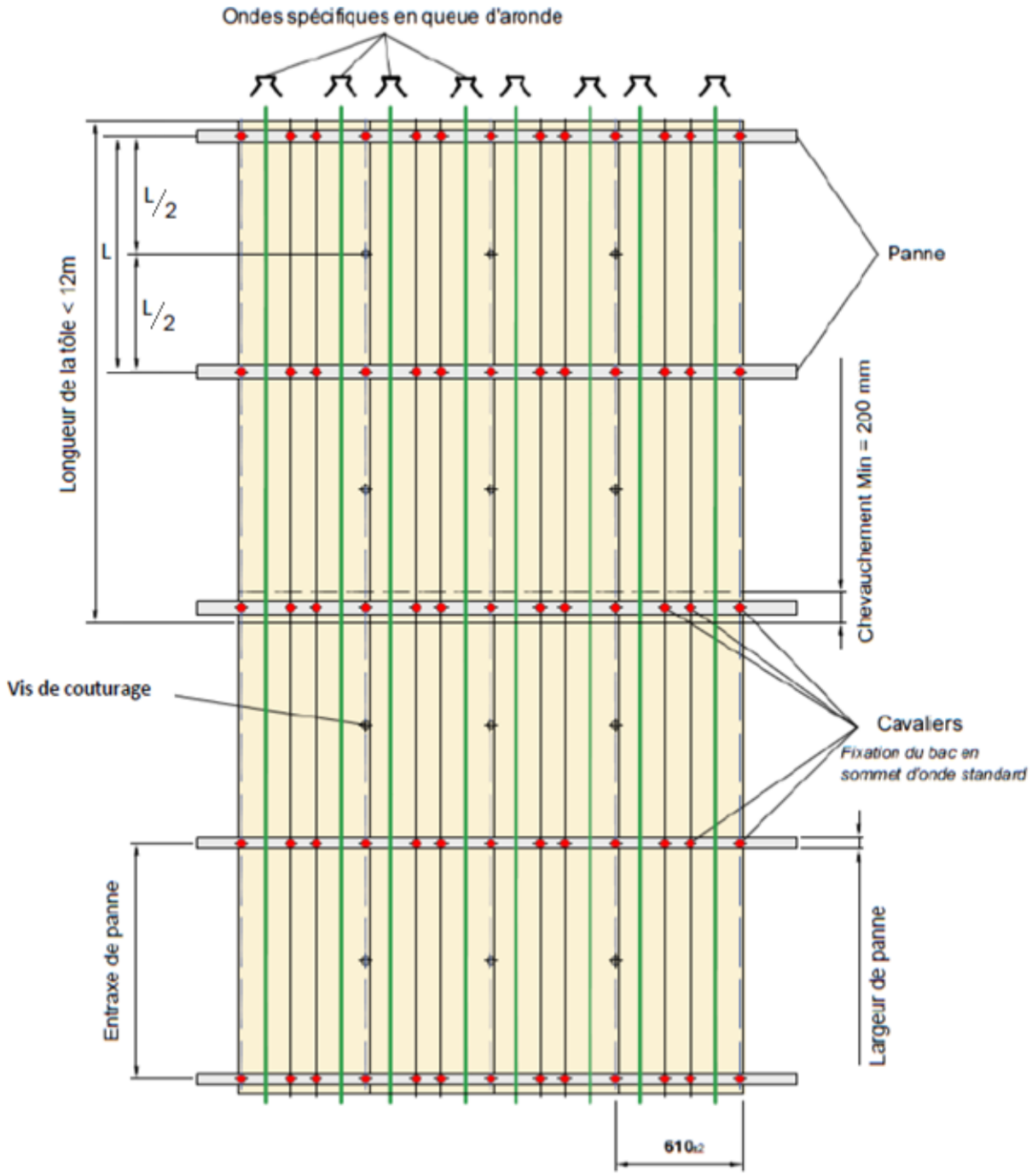
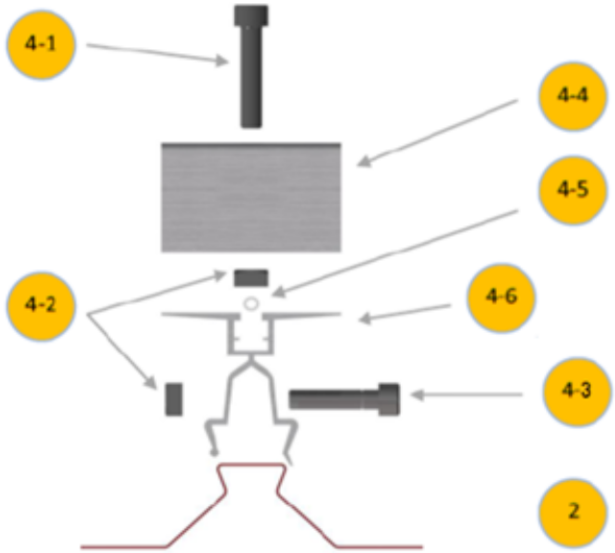


Figure 11 – Positionnement des fixations des plaques SOLABAC



Numéro	Dénomination
2	Tôle SOLABAC.
4-1	Vis six pans creux - M8 x 65 mm.
4-2	Ecrou carré - M8.
4-3	Vis six pans creux - M8 x 35 mm.
4-4	Pare close
4-5	Tube en plastique.
4-6	Pince de fixation.

Figure 12 – Principe d'assemblage des pinces de fixation

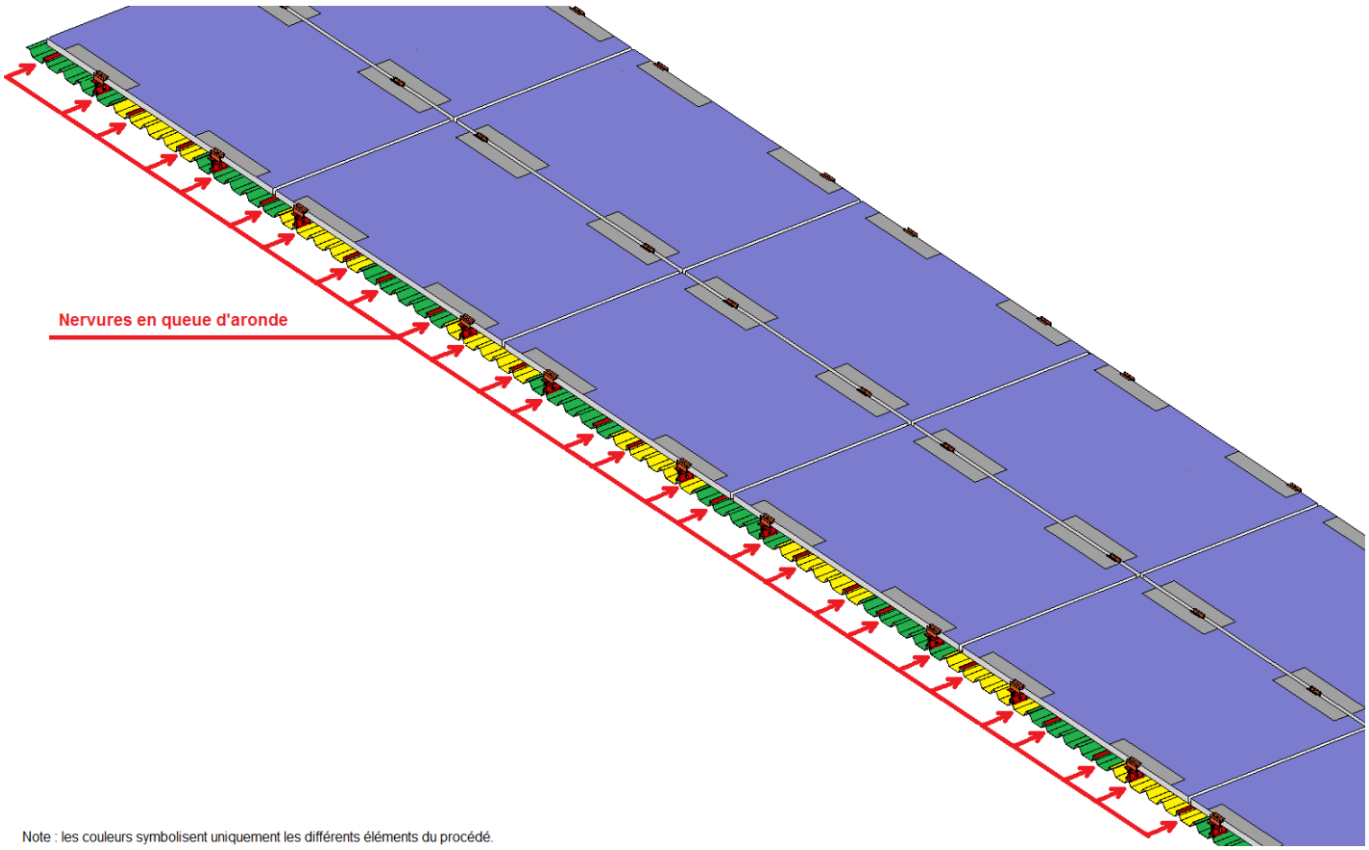
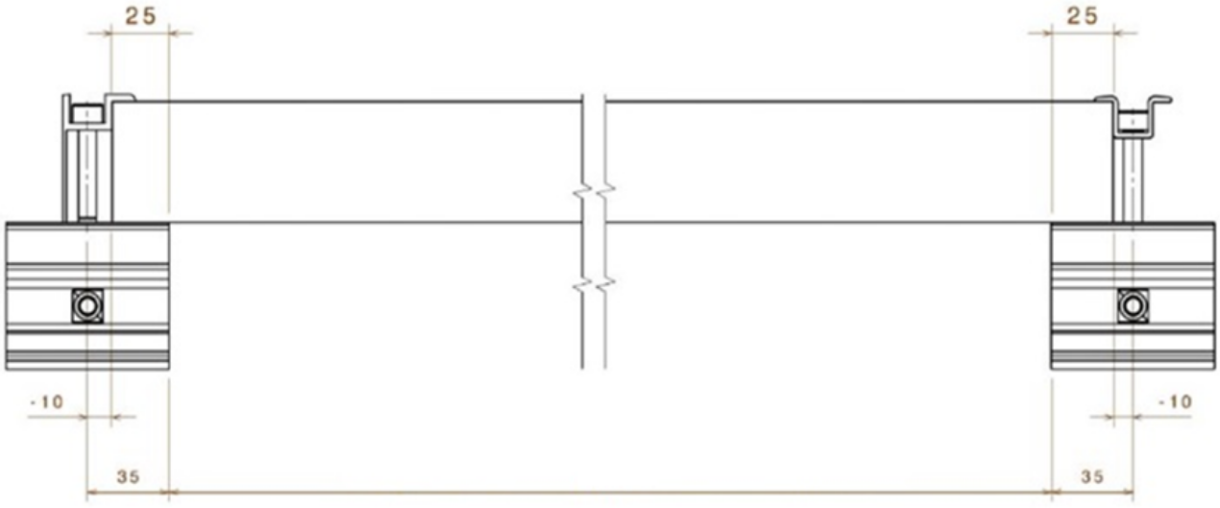


Figure 13 – Principe de calepinage des pinces sur les nervures en queue d'aronde

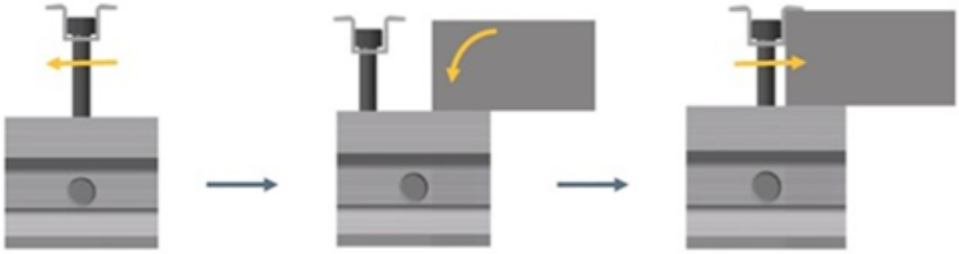
Remarque : Afin de faciliter le positionnement des pinces de fixation, nous conseillons de réaliser une pige correspondant à l'écartement entre deux pinces.

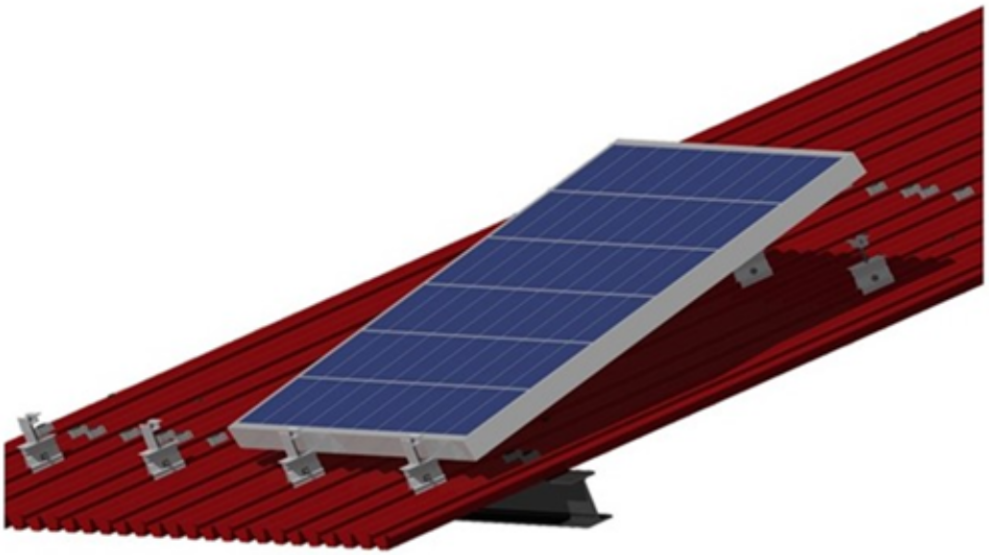


Groupe A: 972 mm
Groupe B : 1064 mm
Groupe C : 1064 mm

Figure 14 – Positionnement des pinces avec parcloses simples ou parcloses doubles

Faire coulisser les pares-closes doubles vers la faitière, déposer le module sur la platine de la pose puis faire coulisser de nouveau les pare-closes jusqu'au contact du module.





Vérifier que les pare-closes sont bien centrées dans les crochets, puis serrer les vis des pinces de fixation maintenant la partie basse du module (couple de serrage de 15Nm)

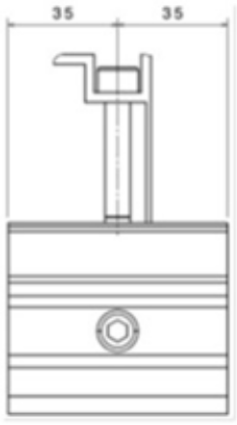
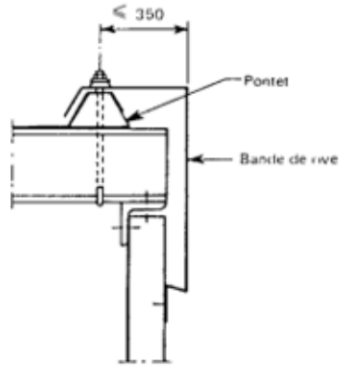
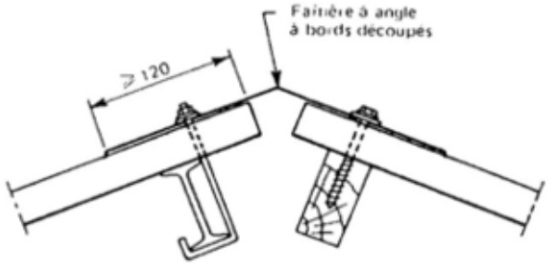
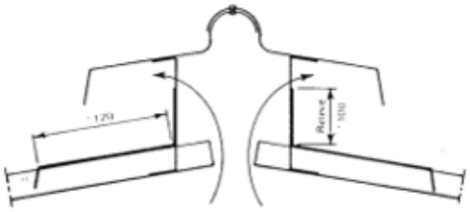


Figure 15 – Mise en place des modules et serrage des parcloses

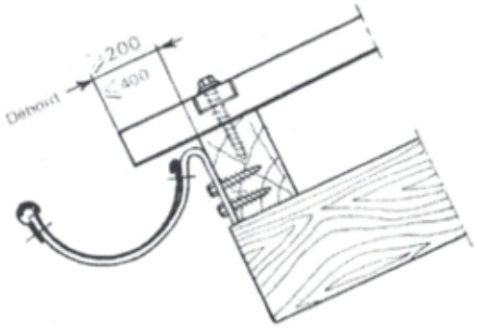


Raccordement en rive





Raccordement au faîtage



Raccordement à l'égout

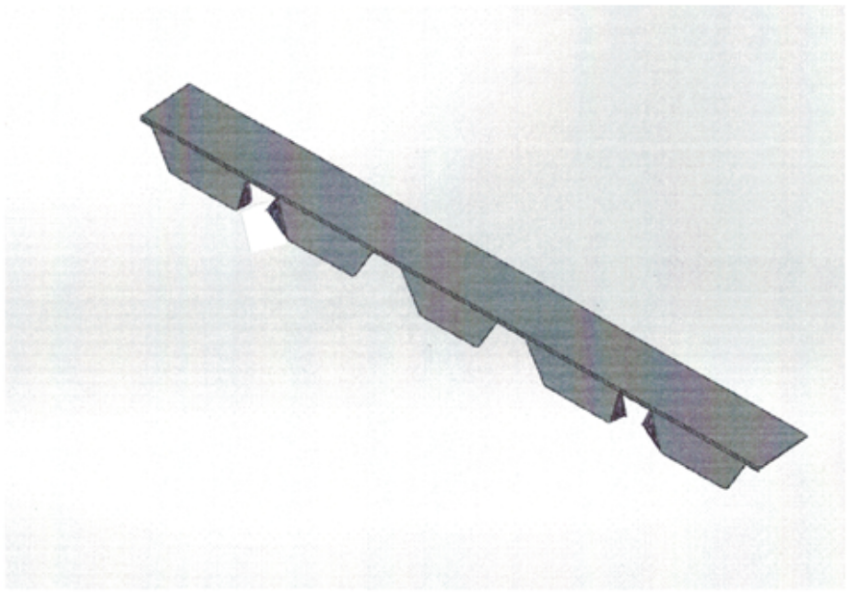


Schéma d'un crantage faitière à intercaler entre le bac et tout type de faitière plate

Figure 16 – Abergements