

Avis Technique 21/13-40

Module photovoltaïque verre/polymère mis en œuvre en toiture

*Procédé photovoltaïque
Photovoltaic panel
Photovoltaikpanel*

SOLABAC

Titulaire : Société SOLAPRO
37 bis rue Gauthey
FR – 75017 PARIS

Tél. : 04.78.86.97.75
Fax : 09.59.74.88.22
E-mail : info@solapro.fr
Internet : www.solapro.fr & www.solabac.com

Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application
(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 2 octobre 2013



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

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application a examiné, le 20 juin 2013 le procédé photovoltaïque "SOLABAC", présenté par la société SOLAPRO. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, toujours du faitage à l'égout, associé latéralement à des plaques d'acier nervurées conformes au DTU 40.35 (voir le § 2.22) ou en toiture complète, sur charpentes métalliques, charpentes bois, charpentes béton ou maçonneries munies d'inserts, 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), de puissance comprise entre 231 Wc et 250 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- 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".

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.

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. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

Domaine d'emploi proposé au § 1.2 du Dossier Technique, restreint :

- aux dispositions énoncées dans le § 2.232 "Stabilité" du présent Avis,
- aux dispositions énoncées dans le § 2.232 "Sécurité en cas de séisme" du présent Avis.

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 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.

2.22 Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES pour ce produit (procédé).

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

2.23 Aptitude à l'emploi

2.231 Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

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

Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante de - 40 °C à 120 °C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

Les modules photovoltaïques cadrés sont certifiés d'une classe d'Application A selon la norme NF EN 61730, jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II jusqu'à 1 000 V DC.

Les connecteurs QC4 de la société QC SOLAR CORPORATION utilisés, ayant un indice de protection IP 65, sont des connecteurs, débrochables avec un outil adapté, 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 au guide UTE C 15-712-1 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.

L'utilisation de cosses rondes 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 réaliser un raccordement en peigne des masses métalliques permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

Sécurité par rapport aux ombrages partiels

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

Puissance crête des modules utilisés

Dénomination commerciale	Puissance crête (Wc)
EL60231	231
EL60236	236
EL60240	240
EL60245	245
EL60250	250

2.232 Fonction Couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
 - 850 Pa sous vent normal (selon les règles NV 65 modifiées),
 - 1662 Pa sous neige normale (selon les règles NV 65 modifiées),
- 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 parecloses, situées sur les grands côtés du module dans la zone de préhension, soit entre 125 mm et 575 mm des angles (voir figure 1 du Dossier Technique),
 - serrage des pinces et des parecloses grâce à une clé dynamométrique afin d'appliquer un couple de serrage d'environ 15 N.m.

Sécurité en cas de séisme

Au regard de l'arrêté du 22 octobre 2010, modifié par les arrêtés du 19 juillet 2011 et du 25 octobre 2012, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », les applications du procédé sont limitées :

- en zone de sismicité 1, aux bâtiments de catégories d'importance I à IV,
- en zone de sismicité 2 :
 - aux bâtiments de catégories d'importance I et II,
 - aux établissements scolaires simples remplissant les conditions des Règles de Construction Parasismiques PS-MI "Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés",
- en zones de sismicité 3 et 4 :
 - aux bâtiments de catégorie d'importance I,
 - aux bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions des Règles de Construction Parasismiques PS-MI "Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés".

Étanchéité à l'eau

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

Risques 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).

Sécurité au feu

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

Les critères de réaction et de résistance au feu, ainsi que le comportement au feu extérieur de toiture, prescrits par la réglementation doivent être appliqués en fonction du bâtiment concerné.

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

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

Sécurité des 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.

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.

2.24 Durabilité - Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication ainsi que le retour d'expérience permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi prévu.

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis, en respectant le guide de choix des matériaux (voir le tableau 7) et moyennant un entretien conforme aux indications portées dans la notice de montage et dans le Dossier Technique, la durabilité de cette couverture peut être estimée comme satisfaisante.

2.25 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.

2.26 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 pour la pose de procédés photovoltaïques) et, au besoin, accompagnés par la société

SOLEPRO 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.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

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.

Une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque est à faire à l'instigation du maître d'ouvrage.

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

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1, guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec et « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installation de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » édité par l'ADEME et le SER.

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.

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Livraison

La notice de montage doit être fournie avec le procédé.

2.322 Conception vis-à-vis de la condensation

Les applications du procédé en toitures froides ventilées avec régulateur de condensation et 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. A défaut d'étude, des conditions météorologiques particulières pourraient conduire à la saturation du régulateur de condensation, amenant des condensations inévitables.

2.323 Installation électrique

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

2.324 Mise en œuvre

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

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

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 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 NF EN 1993-1-1/NA.

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au § 2.232 "Stabilité" et « Sécurité en cas de séisme » 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.

2.325 Assistance technique

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

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 30 juin 2016

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président
Georges CHAMBE

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

La spécificité du procédé impose que les installations photovoltaïques soient toujours et obligatoirement reliées au faitage 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 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 et de la présence ou non d'un écran de sous toiture,
- 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 du guide UTE C 15-712-1 en vigueur, nécessitent d'évoluer parallèlement aux éventuelles mises à jour de ce guide.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21
Coralie NGUYEN

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Description générale

1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture partielle, toujours du faitage à l'égout, associé latéralement à des plaques d'acier nervurées conformes au DTU 40.35 (voir le § 2.22) ou en toiture complète, sur charpentes métalliques, charpentes bois, charpentes béton ou maçonneries munie d'inserts, 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), de puissance comprise entre 231 Wc et 250 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- 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".

1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation en France européenne :
 - sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m,
 - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie.
- Mise en œuvre :
 - 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, charpentes bois, charpentes béton ou maçonneries munie d'inserts en acier (dans les conditions du § 8.51 et de la figure 11) en lieu et place de plaques profilées en fibres-ciment ou de plaques nervurées acier ou aluminium,
 - 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,
 - des versants de pente, imposée par la toiture, conformes aux préconisations du tableau 1 du DTU 40.35 pour des hauteurs de nervure < 35 mm avec un minimum de 10%.
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
 - au-dessus des plaques SOLABAC avec au minimum 4 pinces de fixation munies de parecloses, situées sur les grands côtés du module dans la zone de préhension, soit entre 125 mm et 575 mm des angles (voir figure 1 du Dossier Technique),
 - en toiture partielle, du faitage à l'égout, avec liaisons latérales avec des plaques d'acier nervurées conformes au DTU 40.35 et définies dans le § 2.22 ; 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 faitage et aux rives latérales de la toiture,
 - sur des longueurs de rampants de toiture de 30 m maximum,
 - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous vent normal (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas 850 Pa,
 - sur des toitures soumises à des charges climatiques sous neige normale (selon les règles NV 65 modifiées) n'excédant pas 1662 Pa,
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le tableau 1 précise les atmosphères extérieures permises.

2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "SOLABAC" (voir figure 3) est l'association d'un module photovoltaïque cadré, de plaques d'acier nervurées spécifiques avec des nervures en queue d'aronde et de pinces de fixation permettant une mise en œuvre en toiture.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société SOLAPRO.

2.1 Module photovoltaïque

Les modules photovoltaïques sont fabriqués par la société ELIFRANCE : ils sont de dénomination commerciale EL60xxx.

Cette dénomination commerciale se décline en fonction du nombre de cellules (60) et de la puissance crête comprise entre 231 Wc et 250 Wc.

2.11 Film polymère

- Composition : à base de PET (Polyéthylène téréphtalate) entre deux couches de PVF (Polyfluorure de vinyle ou Tedlar®) avec un traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante.

- Épaisseur : 0,34 mm.
- Tension diélectrique maximum admissible : 1 066 V.

2.12 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées sont fabriquées par la société SOLLAND SOLAR.

- Dénomination commerciale : S156PS200,
- Technologie des cellules : polycristalline,
- Épaisseur : (220 ± 40) µm,
- Dimensions : (156 ± 0,5) mm x (156 ± 0,5) mm.

Ces cellules sont réparties (voir figure 4) selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules : 2,5 mm,
- distance minimale entre séries de cellules : 3 mm,
- distance minimale au bord horizontalement : 24 mm,
- distance minimale au bord supérieur verticalement : 28,5 mm,
- distance minimale au bord inférieur verticalement : 44 mm.

Les cellules sont au nombre de 60 et sont connectées en 6 séries de 10 cellules.

2.13 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé et sont disposés sur la longueur du module.

2.14 Intercalaire encapsulant

Résine à base d'EVA (Ethyl Vinyl Acétate) de 0,46 mm d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.15 Vitrage

- Nature : verre trempé imprimé conforme à la norme EN 12150.
- Facteur solaire: > 91,5 %,
- Épaisseur : (3,2 ± 0,2) mm,
- Dimensions : (1647 x 991) mm ± 1 mm.

2.16 Constituants électriques

2.161 Boîte de connexion

Une boîte de connexion du fabricant QC SOLAR CORPORATION, de dénomination commerciale "QC 0506-1.C4" est collée en sous-face du module à l'aide d'une colle polymère silane (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques). Elle présente les dimensions hors tout suivantes : 148 mm x 131,6 mm x 27,2 mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (voir § 0) et permet le raccordement aux câbles qui permettront la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique.
- Indice de protection : IP65.
- Certificat TÜV n° R50109878.
- Tension de système maximum : 1 000 V DC entre polarités.
- Courant maximal admissible (intensité assignée) : 12 A.
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C.

2.162 Diodes bypass

Trois diodes bypass sont implantées dans chaque boîte de connexion des modules.

Chacune de ces diodes protègent respectivement une série de 20 cellules.

Elles permettent de limiter les échauffements dus aux ombrages sur le module en basculant le courant sur la série de cellules suivante et évitent ainsi le phénomène de "point chaud".

2.163 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1 m 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 (voir § 2.164).

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 120 °C.
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 45 A.
- Tension assignée : 1 000 V.
- Double isolation.

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, le guide UTE C 15-712-1 en vigueur et les spécifications des onduleurs (*longueur et section de câble adaptées au projet*).

2.164 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés sont des fiches débouchables, avec un outil adapté, de la société QC SOLAR CORPORATION, préassemblés en usine aux câbles des modules. De type "QC4", ces fiches sont certifiées par le TÜV et ont les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection électrique IP 65.
- Classe II de sécurité électrique.
- Tension assignée de 1 000 V.
- Courant maximum admissible (*intensité assignée*) de 25 A.
- Plage de température de - 40 °C à + 85 °C.
- Résistance de contact : < 5 mΩ.
- Certificat TÜV n°R50151325 selon les spécifications 2Pfg / VDE.

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.

2.17 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules (voir figure 2) est composé de profils en aluminium EN AW-6063 T5, anodisé 15 µm. De hauteur (35 ± 0,3) mm, ce cadre des modules est constitué de 4 profilés.

L'assemblage des profilés est réalisé de façon semi-automatique par emboutissage à l'aide d'équerres logées dans les angles des profilés.

Le cadre du module est percé en usine afin de prévoir la connexion des câbles de mise à la terre.

Un joint adhésif double face en mousse de polyéthylène (*dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques*) est appliqué entre le cadre et le verre du module.

Ces profilés ont une longueur de (1 655 ± 1,5) mm ou de (999 ± 1,5) mm selon qu'ils sont utilisés, respectivement, pour la longueur ou la largeur du module photovoltaïque.

2.2 Système de montage (voir Figure 3)

2.21 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 (voir figure 5). La retombée des nervures de rive des plaques SOLABAC est conforme à la norme NF P34-401.

Les caractéristiques de ces plaques sont les suivantes :

- Matériau : acier S320GD selon EN 10346.
- Marquage CE selon la norme EN 14782.
- Epaisseur : 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 donc 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 encastrier ces nervures dans celle des tôles situées juste au-dessus (voir figure 6). 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 sous-face d'un régulateur de condensation conforme au DTU 40.35.

Plusieurs finitions sont disponibles pour ces tôles :

- Finition "Aluzinc"
 - Revêtement Aluzinc d'ARCELORMITTAL de 185 g/m² faisant l'objet de l'ETPM 2/11-1437.
- 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 XP P 34-301.
 - Vernis de protection de 12 µm sur face intérieure.
 - Teintes standards :
 - Gris anthracite : RAL7016,
 - Gris aluminium : RAL 9007,
 - Rouge brun : RAL 8012.
- Finition "Aluzinc laqué"
 - Revêtement Aluzinc d'ARCELORMITTAL de 185 g/m² faisant l'objet de l'ETPM 2/11-1437.
 - Laquage face extérieure et intérieure, à fonction esthétique, constitué de 25 µm de polyester.
 - Teintes standards :
 - Gris anthracite : RAL7016,
 - Gris aluminium : RAL 9007,
 - 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 (voir le § 3.2).

2.22 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" (voir figure 7).

Les caractéristiques de ces plaques nervurées sont les suivantes :

- Matériau : acier S320GD selon EN 10346.
- Epaisseur : 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 XP 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.

2.23 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 :

- I_{xx} = 7,886 cm⁴.
- I_{yy} = 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 (voir figure 8).

Les pinces de fixation possèdent un second écrou carré (pour la fixation des parecloses), 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 pareclose).

2.24 Parecloses

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

Il existe deux types de parecloses (voir figure 9) :

- **La pareclose simple** : utilisée sur la périphérie du champ photovoltaïque, elle présente une géométrie en "μ". La partie basse se positionne en appui sur la face plane 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 parecloses 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 :
 - $I_{xx} = 0,861 \text{ cm}^4$,
 - $I_{yy} = 3,173 \text{ cm}^4$.
- **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 parecloses 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 :
 - $I_{xx} = 0,4642 \text{ cm}^4$,
 - $I_{yy} = 0,9418 \text{ cm}^4$.

Ces deux types de parecloses 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.

3. Autres éléments

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

3.1 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 (voir § 3.2), 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.

3.2 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 cimenté 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 cimenté 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 cimenté 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 cimenté 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 cimenté 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.

3.3 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.

3.4 Câbles et connecteurs de mise à la terre

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 à la NF C 15-712-1.

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 (voir 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.

3.5 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 (voir figure 18).

4. Conditionnement, étiquetage, stockage

4.1 Modules photovoltaïques

Les modules sont conditionnés par palette de 25, séparés entre eux par des intercalaires cartonnés. Quatre cornières en carton sont disposées aux coins supérieurs de la palette, une fois celle-ci complète.

Les modules comportent deux étiquetages référençant le produit ainsi que son numéro de série :

- Le numéro de série est apposé sur le film polymère (*face visible*) lors de son découpage.
- Une étiquette est collée au dos du film polymère après le flash test en usine : on y trouve le numéro de série, la dénomination commerciale et les informations liées à la production d'électricité du module.
- Le stockage sur chantier doit s'effectuer sur une palette de façon à ne pas toucher le sol, dans un local sec et à l'abri des intempéries météorologiques. Les modules doivent être séparés les uns des autres par des intercalaires cartonnés et stockés à l'écart de produits chimiques.

4.2 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 déroulé 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 à ce qu'elles ne touchent pas le sol et que l'eau ne s'introduise pas entre elles.

4.3 Pincés de fixation

Les pincés de fixation sont conditionnés 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.

4.4 Pareclosets

Le conditionnement et le stockage des pareclosets sont rigoureusement identiques à ceux des pincés de fixation.

5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques	
Dimensions hors tout (mm)	1 655 x 999 x 35
Dimensions du module sans cadre (mm)	1 647 x 991 x 4
Surface hors tout (m ²)	1,65
Masse (kg)	19
Masse spécifique (kg/m ²)	11,6

Le système de montage des modules photovoltaïques est modulaire.

De ce fait, il permet d'obtenir une infinité de champs photovoltaïques.

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques des champs photovoltaïques	
Largeur du champ (cm)	$NbY \times (Ky+2) + 7$
Longueur du champ (cm)	$NbX \times (Kx+2) - 2$
Poids au m ² de l'installation xx (kg/m ²)	< 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.

6. Caractéristiques électriques

6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés "EL60xxx" ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés EL60xxx" ont été certifiés conformes à la Classe A de la norme NF EN 61730, et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II.

6.3 Performances électriques

Les performances électriques suivantes 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 CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C).

Modules "EL60xxx"					
	EL60231	EL60236	EL60240	EL60245	EL60250
P _{mpp} (W)	231	236	240	245	250
U _{co} (V)	36,96	37,03	37,40	37,46	37,53
U _{mpp} (V)	28,95	29,31	29,67	30,04	30,40
I _{cc} (A)	8,61	8,68	8,69	8,70	8,71
I _{mpp} (A)	7,96	8,06	8,10	8,16	8,22
αT (P _{mpp}) [%/K]	-0,392				
αT (U _{co}) [%/K]	-0,285				
αT (I _{cc}) [%/K]	+0,023				
Courant inverse maximum (A)	12				

Avec :

P_{mpp} : Puissance au point de puissance maximum.

U_{co} : Tension en circuit ouvert.

U_{mpp} : Tension nominale au point de puissance maximum.

I_{cc} : Courant de court-circuit.

I_{mpp} : Courant nominal au point de puissance maximum.

αT (P_{mpp}) : Coefficient de température pour la puissance maximum.

αT (U_{co}) : Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.

αT (I_{cc}) : Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit.

7. Fabrication et contrôles

7.1 Cadre des modules

Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés par extrusion d'aluminium par la société Jiangsu Davin Solar Technology CO. LTD à Jiangyin (Chine).

Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués sur 4 % des pièces.

7.2 Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre sont effectués sur le site de la société ELIFRANCE à La Talaudière (42), certifié ISO 9001 et ISO 14001.

La société ELIFRANCE effectue, avant la fabrication, un contrôle à réception des matières premières sur un échantillonnage donné : cellules photovoltaïques, boîtes de connexion, verres, cadre du module, film polymère, intercalaire...

Des tests d'arrachement des bus bars sont également effectués 4 fois par jour (*ou lors des changements de matières premières*), dont les résultats sont consignés sur une feuille EXCEL.

La société ELIFRANCE effectue, lors de la fabrication, des essais en usine sur 100% des modules photovoltaïques qui portent sur les éléments suivants :

- contrôle des cellules par caméra avant création des strings :
 - visualisation de microfissures, des contours, des défauts,
 - vérification des dimensions,
 - mesure distance bus bars / bord de la cellule,
- contrôle visuel pour l'espacement et le positionnement des séries de cellules : l'utilisation de cales permet de vérifier ces aspects,
- contrôle de l'état de surface du module grâce à une table spéciale munie de miroirs,
- dark test : vérification que les modules fonctionnent en mode récepteur dans le noir, mettant en évidence des éventuelles anomalies au niveau des soudures,
- contrôle visuel du film polymère et de l'encapsulant après lamination : vérification de l'absence de bulles ou de tout autre défaut,
- flash test de chaque module : la tolérance sur la puissance maximum de sortie lors de la production des modules est de - 3 à + 3 %,
- contrôle visuel final.

7.3 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. § 4.2*) 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.

7.4 Pincés 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 pincés de fixation.

Les profilés aluminium sont fournis au fabricant des pincés 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 pincés 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.

7.5 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 parecloses.

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

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

8. Mise en œuvre

8.1 Généralités

Le procédé est livré avec sa notice de montage.

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

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au § 1.2 du présent Dossier technique.

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

8.2 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 deux types :

- Compétences en couverture complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques : mise en œuvre en toiture.
- Compétences électriques avec habilitation BR, complétées par une certification pour la pose de procédés photovoltaïques.

8.3 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. Ils peuvent être identifiés dans le guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec (*dénoté dans la suite du texte "guide Promotelec"*) ou le « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installations de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » en vigueur édité par l'ADEME et le SER (*dénoté dans la suite du texte "guide ADEME-SER"*).

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...*).

8.4 Spécifications électriques

8.4.1 Généralités

L'installation doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants: norme NF C 15-100, guide UTE C 15-712-1, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER ».

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités BR (*cf. §.8.2*).

Le nombre maximum de modules pouvant être raccordés en série est limité par la tension DC maximum d'entrée de l'onduleur tandis que le nombre maximum de modules ou de séries de modules pouvant être raccordés en parallèle est limité par le courant DC maximum d'entrée de l'onduleur. La tension maximum du champ photovoltaïque est aussi limitée par une tension de sécurité de 1 000 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 devra 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, devra être mise en place. Les modules supportant un courant inverse maximal égale à au moins deux fois le courant de court-circuit, cette protection sera réalisée par des fusibles pour tout système comportant plus de trois séries électriques par onduleur. Ces fusibles seront mis en place dans les boîtes de jonction DC ou bien directement à l'intérieur des onduleurs si ceux-ci le permettent.

8.42 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 10*.

• 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 parecloses. 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 devront être les plus faibles possibles et les câbles chemineront de manière jointive.

• Câbles de liaison équipotentielle des masses

Conformément au guide UTE C 15-712-1, une liaison équipotentielle des masses doit être mise en place pour les cadres des modules photovoltaïques. Cette mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne, au fur et à mesure de la pose des composants, à l'aide d'un câble de terre de section 6 mm².

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-dénuant...*) 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 faitage et à l'égout en figure 12*). 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, guide UTE C 15-712-1, « guide Promotelec » et « guide ADEME-SER » (*imitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distinct...*).

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

8.5 Mise en œuvre en toiture

8.51 Conditions préalables à la pose

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 § 1.2.

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 (*voir figure 11*).

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 § 1.2*).

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.

8.52 Traitement des risques de condensation

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.

8.521 Toitures froides ventilées non isolées

Pour limiter les conséquences des phénomènes de condensation, la sous-face des plaques nervurées SOLABAC (*et éventuellement 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 faitage (*à moins que le bâtiment ne soit ouvert et permette ainsi d'office une ventilation des bacs de sous-face*).

8.522 Toitures froides ventilées isolées sous pannes

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 éventuellement 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 faitage.

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

8.53 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 § 5*).

8.54 Pose du procédé

8.541 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 conviendra 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.

8.542 Mise en place des plaques SOLABAC

Les plaques SOLABAC sont toujours utilisées du faitage 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 (*voir § 3*). Toutes les nervures trapézoïdales des plaques SOLABAC doivent être fixées (*voir figure 13*).

8.543 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.

8.544 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 nervures trapézoïdales.

8.545 Mise en place des pinces de fixation

Il convient d'assembler au sol (*voir figure 14*) les pinces de fixation avec les parecloses (*selon leur positionnement, parecloses simples pour la périphérie du champ ou parecloses doubles : voir figure 16*) 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 15*.

Pour plus de facilité, le positionnement de ces pinces pourra être réalisé à l'aide d'une pige correspondant à l'écartement entre deux pinces (*voir figure 16*).

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.

8.546 Mise en place des modules (*voir figure 17*)

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

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 parecloses, il est nécessaire de dégrafer 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 parecloses inférieures. Puis, les parecloses supérieures doivent être coulissées légèrement vers le faitage afin de poser le module sur ses 4 pinces. Les parecloses 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 parecloses 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 parecloses, situées sur les grands côtés du module dans la zone de préhension, soit entre 125 mm et 575 mm des angles (*voir figure 1 du Dossier Technique*).

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

8.547 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 (*voir figure 18*).

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

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

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

8.548 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. § 2.22*).

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.

8.55 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 viendront en recouvrement avec l'onde trapézoïdale de rive des plaques SOLABAC.

9. Formation

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

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

10. Assistance technique

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 téléphonique 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.

11. Utilisation, entretien et réparation

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.

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées, au moins une fois par an, par des intervenants qualifiés. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (*cf. § 8.2*).

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.

11.1 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 conviendra de vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si un nettoyage doit être envisagé, il devra 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.

Par ailleurs, la couverture devra bénéficier d'un entretien conformément aux prescriptions du DTU 40.35.

11.2 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.

11.3 Remplacement d'un module

En cas de bris de glace d'un module 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 pareclozes du module concerné.
- Soulever le module d'un côté et resserrer les deux pareclozes 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 débrosés afin d'éviter tout contact entre ceux-ci et les pièces métalliques de l'installation.
- Sortir le module défectueux des 2 autres pareclozes.

- Resserrer ces deux pareclozes sur les modules encore présents sur la toiture.
- Mettre en œuvre le nouveau module.
- Après avoir mesuré la tension de la série de modules concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur, on procédera à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

B. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61215 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par le laboratoire TÜV (*rapport d'essais n°M1.12.NRG.0335/48707*).
- Les modules photovoltaïques cadrés ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1000 V DC par le laboratoire TÜV (*rapport d'essais n°M1.12.NRG.0335/48707*).
- 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*).
- Le procédé photovoltaïque a été testé à la soufflerie CSTB "Jules Verne" à Nantes (*rapport d'essai n° EN-CAPE 13.091C-VO*).

C. Références

1. Données environnementales et sanitaires¹

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

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

2. Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis septembre 2008.

Environ 200 000 m² ont été commercialisés en France à ce jour, soit environ 30 MW de puissance crête installée.

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

Tableau et figures du Dossier Technique

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

Matériau	Revêtement de finition sur la face exposée	Éléments du procédé concernés	Atmosphères extérieures							Spéciale
			Rurale non pollué	Industrielle ou urbaine		Marine				
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer* (<3km)	Mixte	
Aluminium	-	Pinces de fixation + Parecloses	•	•	□	•	•	□	□	□
Aluminium	Anodisé 15 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 les annexes des normes XP P 34-301, DTU 40.36.

• : Matériau adapté à l'exposition

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

* : à l'exception du front de mer

⁽¹⁾ Aluzinc ARCELORMITTAL faisant l'objet de l'ETPM 2/11-1437

⁽²⁾ revêtement Z275 + polyuréthane ou polyester 50 µm

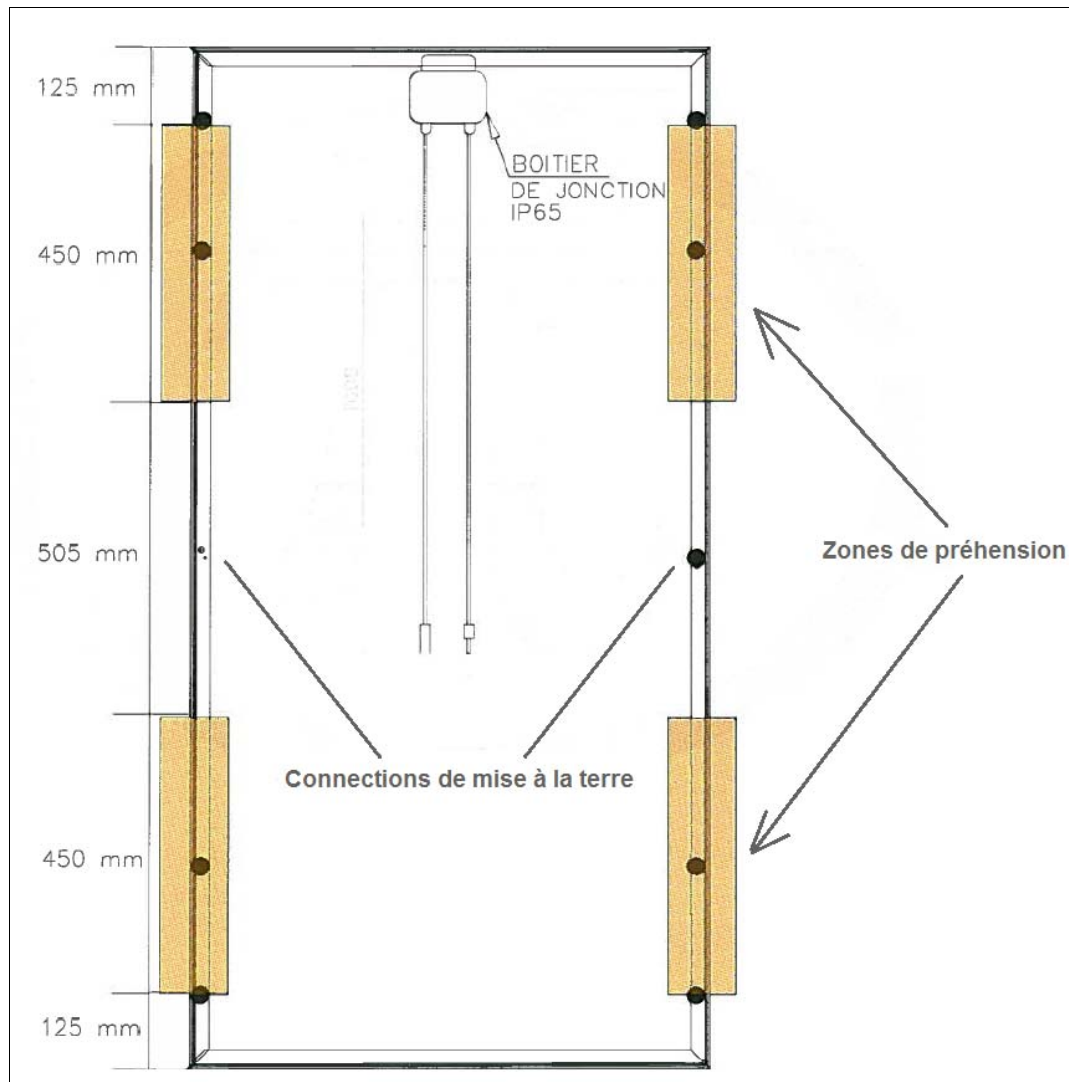


Figure 1 – Zones de préhension (positionnement des parecloses) des modules photovoltaïques

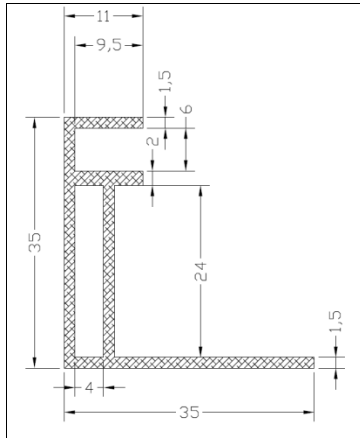


Figure 2 – Coupe simplifiée du cadre des modules photovoltaïques

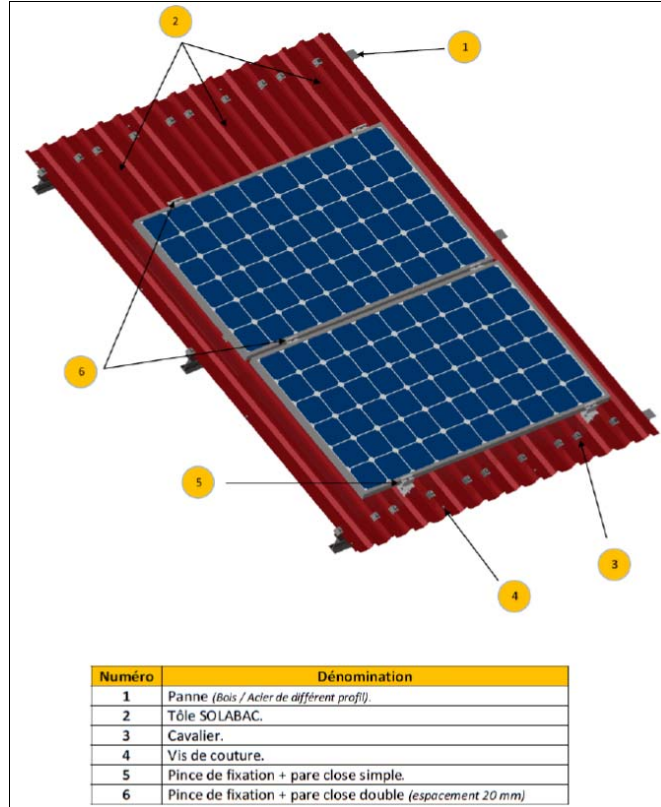


Figure 3 – Vue d'ensemble du procédé

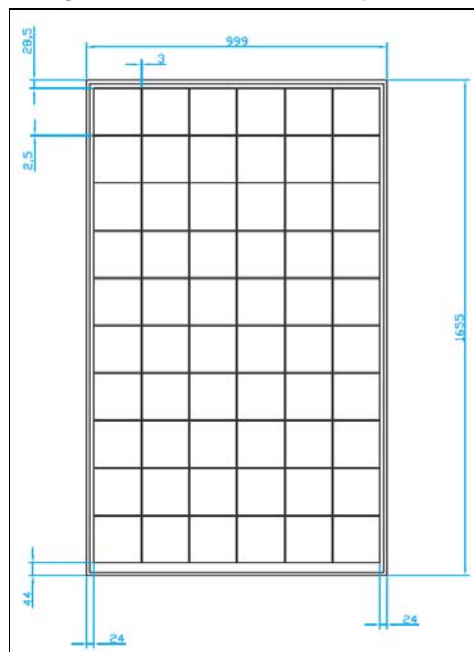


Figure 4 – Positionnement des cellules dans le module photovoltaïque

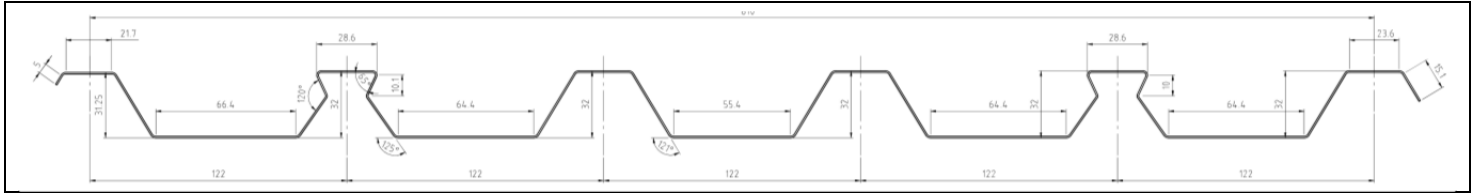


Figure 5 – Profil géométrique des plaques d'acier nervurées SOLABAC

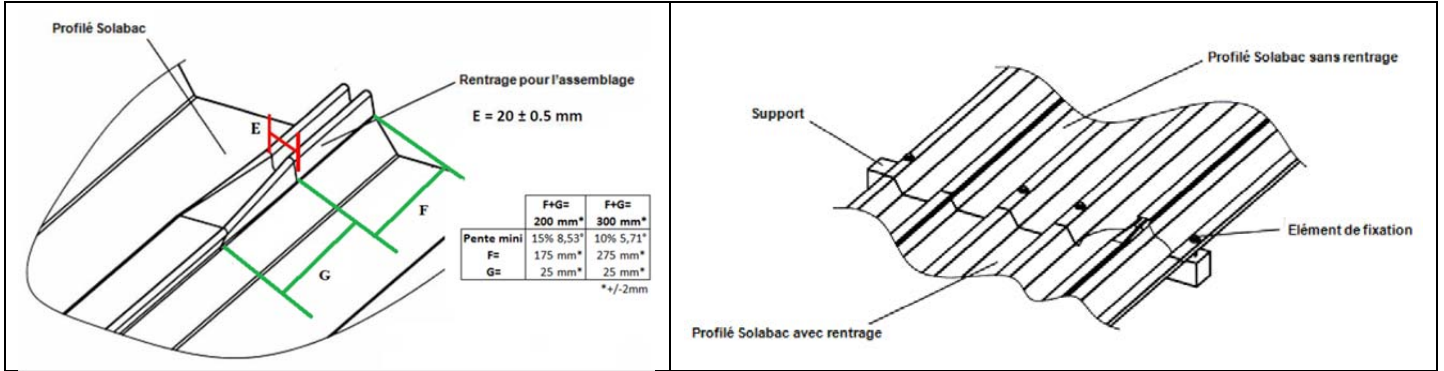


Figure 6 – Pliage en usine des nervures en queue d'aronde pour permettre le recouvrement transversal

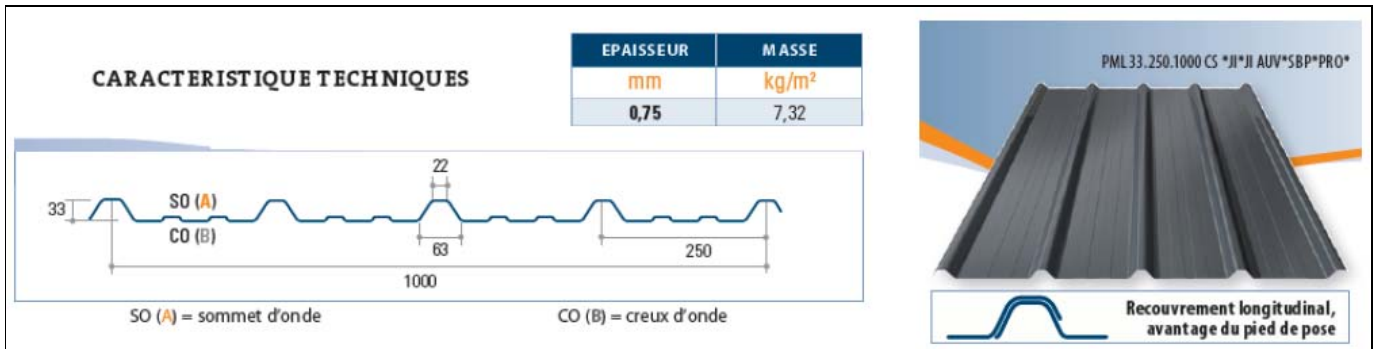


Figure 7 – Profil géométrique des plaques d'acier nervurées JORISIDE pour couverture partielle

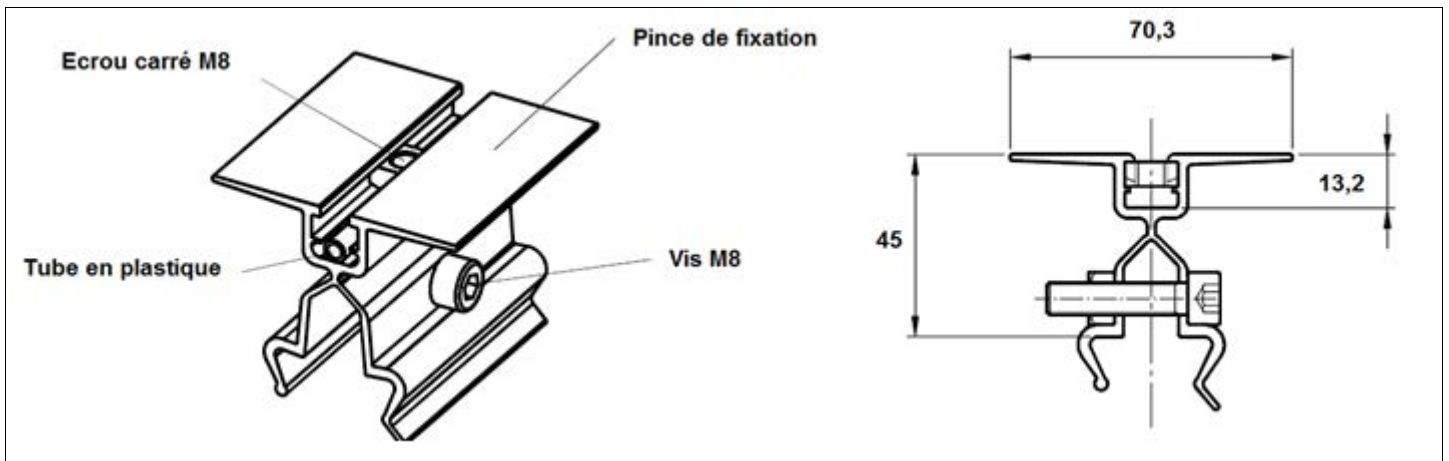


Figure 8 – Schémas des pinces de fixation

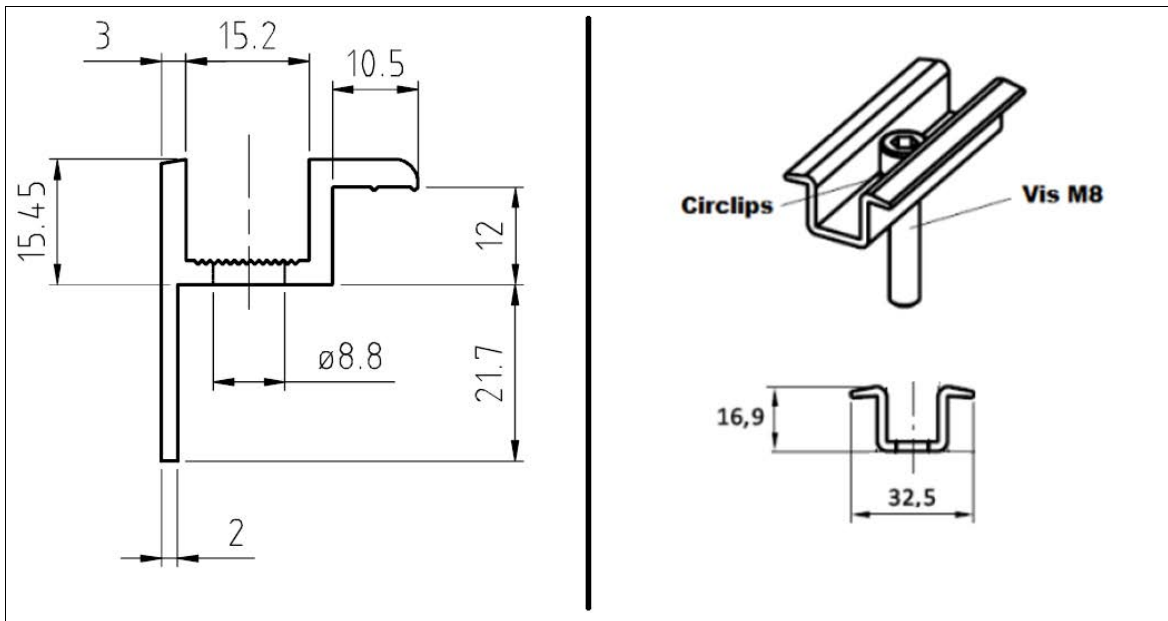


Figure 9 – Schémas des pareclozes simple (à gauche) et double (à droite)

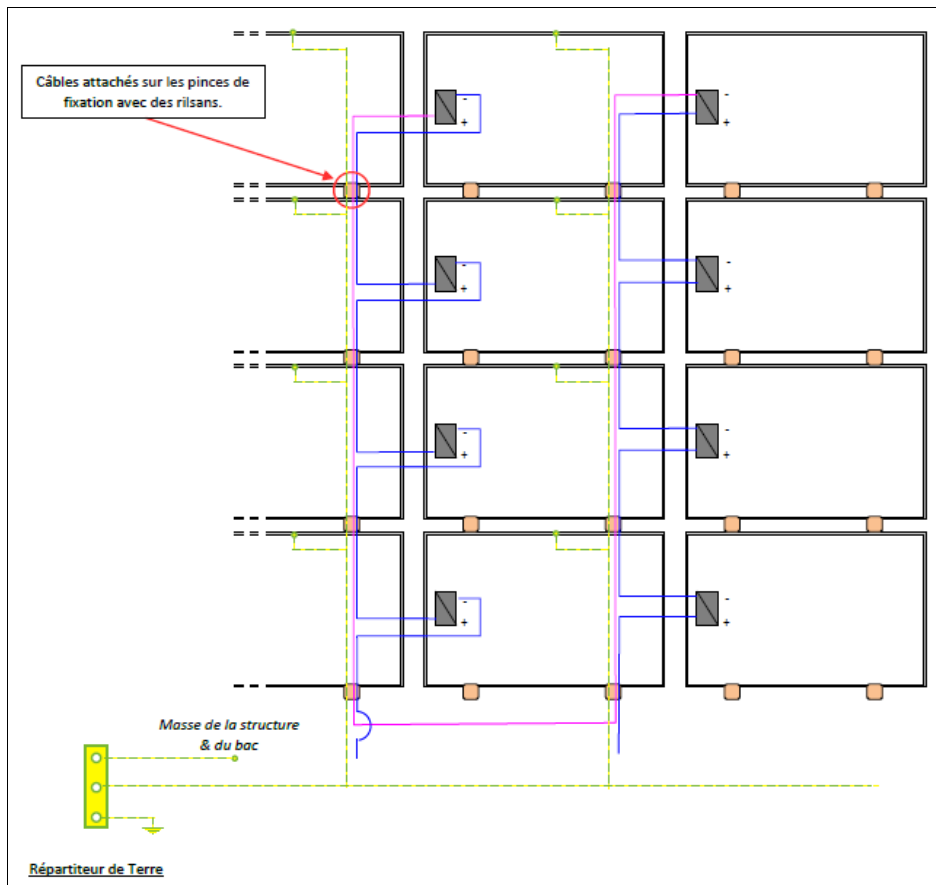


Figure 10 – Schéma de principe pour les liaisons électriques et liaisons équipotentielle des masses

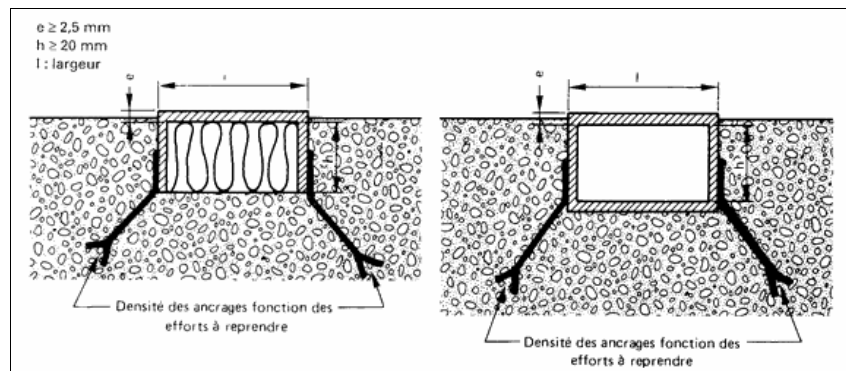
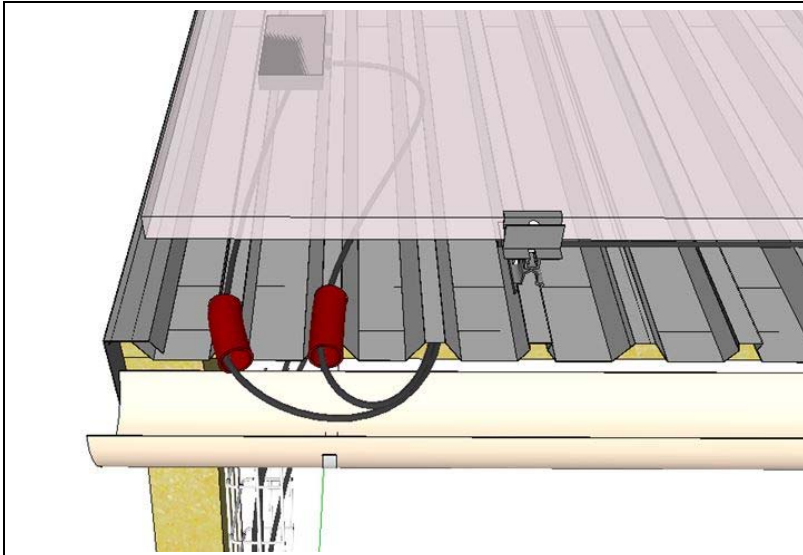
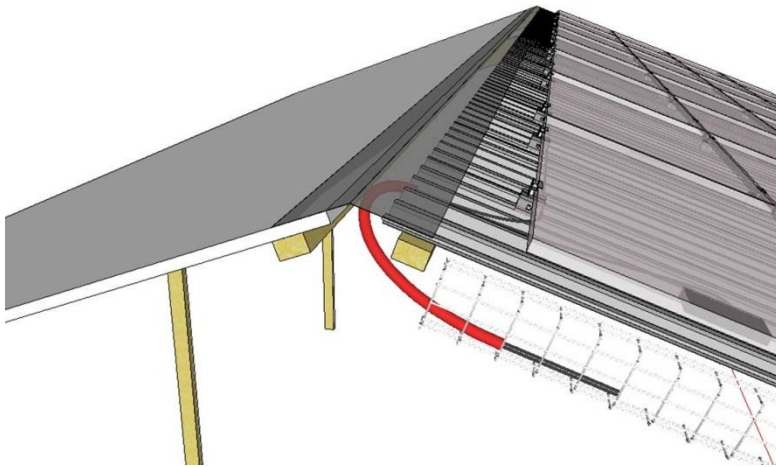


Figure 11 – Définition des inserts acier dans les pannes béton ou maçonneries



Câbles à l'égout



Câbles au faitage



Figure 12 – Détails sur cheminement des câbles

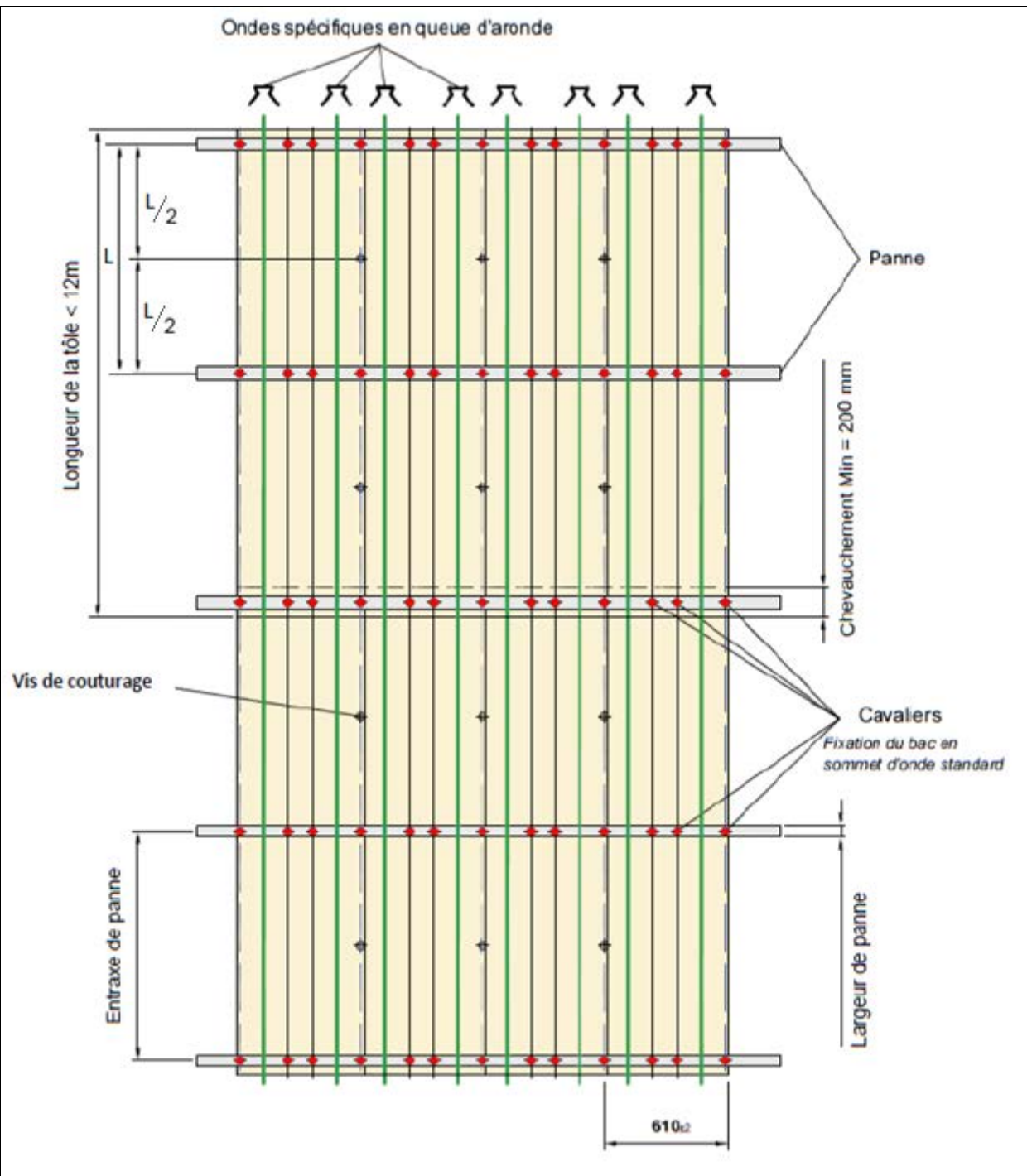


Figure 13 – Positionnement des fixations des plaques SOLABAC

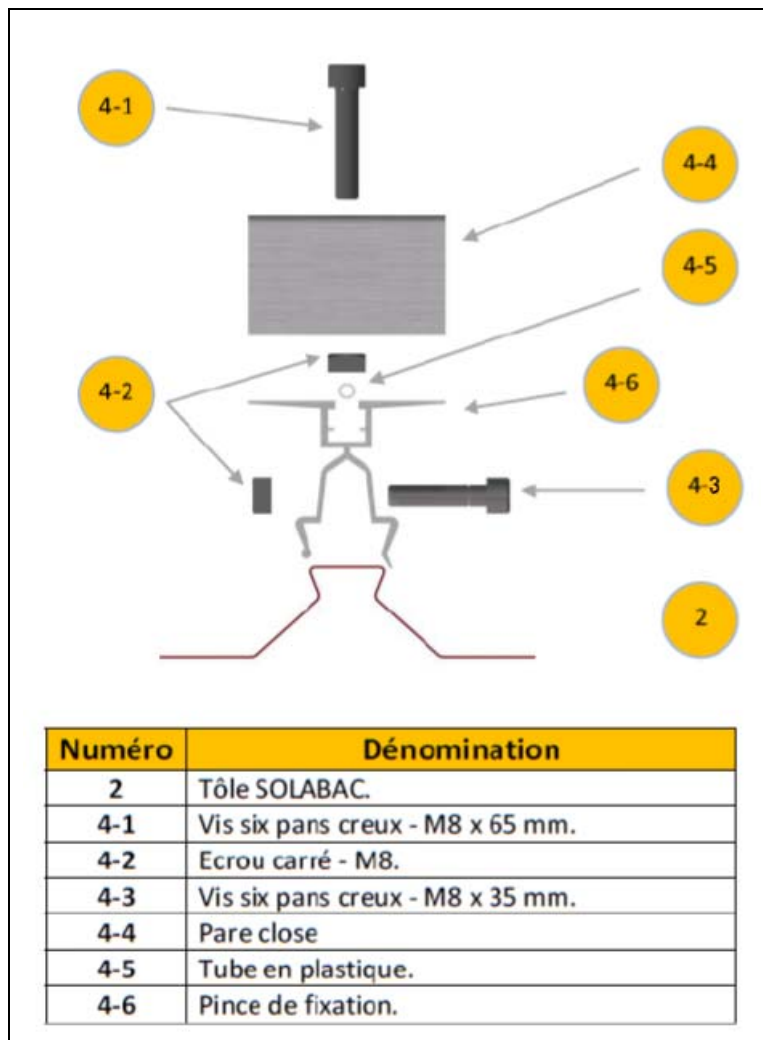


Figure 14 – Principe d'assemblage des pinces de fixation

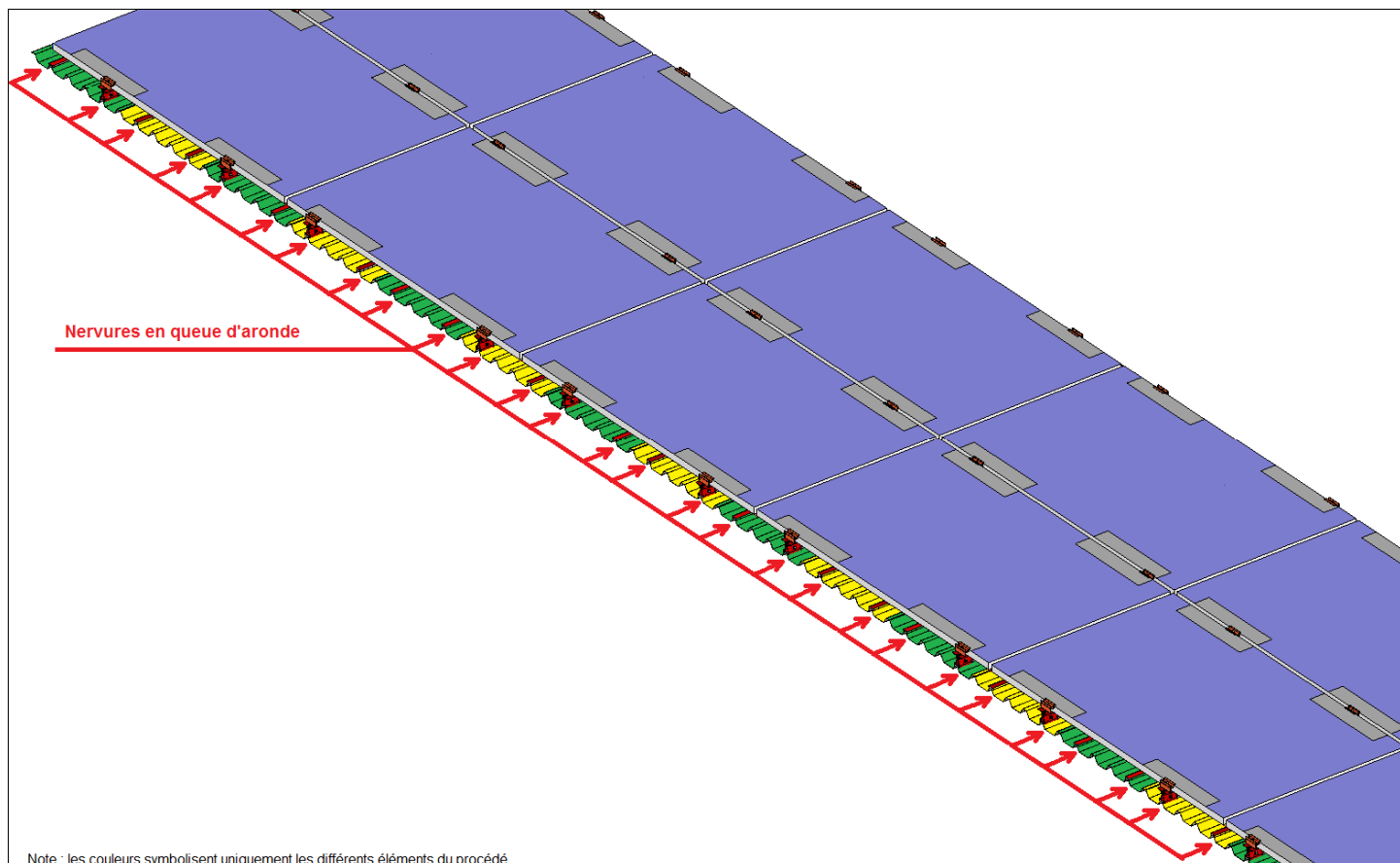


Figure 15 – Principe de calepinage des pinces sur les nervures en queue d'aronde

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

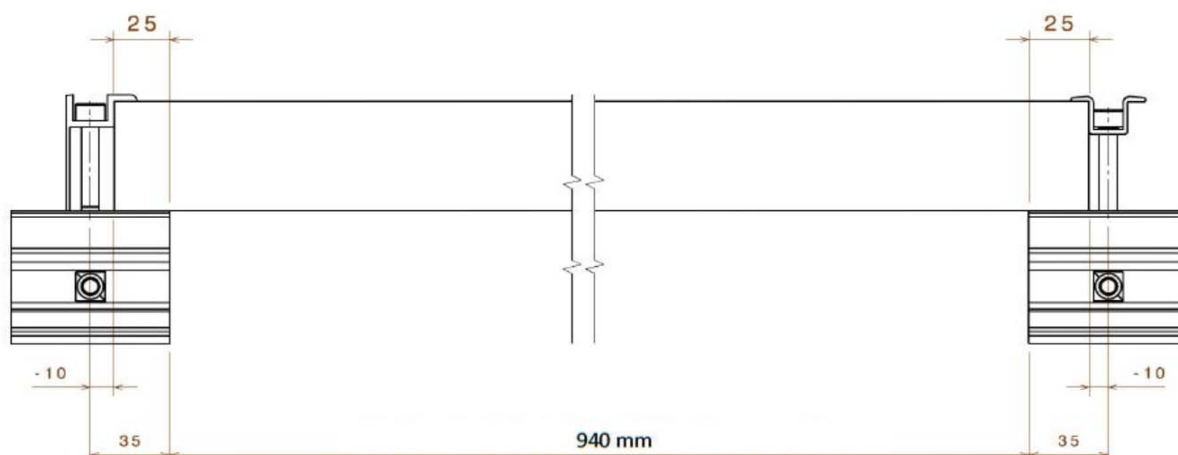
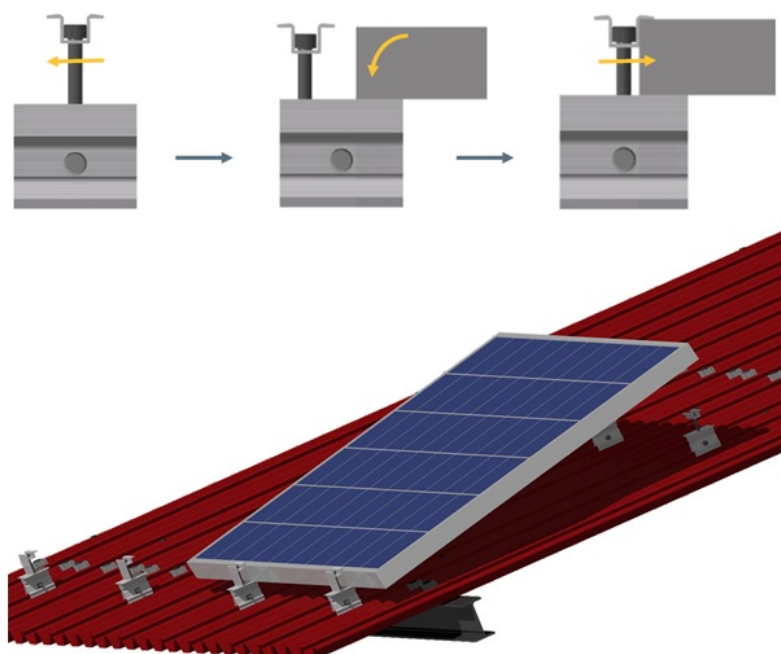


Figure 16 – Positionnement des pinces avec parecloses simples ou parecloses doubles

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



Vérifier que les parecloses sont bien centrés dans les crochets, puis serrer les vis des pinces de fixation maintenant la partie basse du module (couple de serrage 15N.m.).

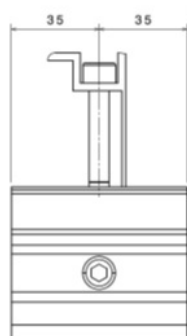


Figure 17 – Mise en place des modules et serrage des parecloses

	<p><i>Raccordement en rive</i></p>
	<p><i>Raccordement au faitage</i></p>
	<p><i>Raccordement à l'égout</i></p>

Figure 18 – Abergements