# Avis Technique 21/16-60_V1

**Annule et remplace l'Avis Technique 21/16-60**

*Module photovoltaïque rigide fixé au-dessus du revêtement d'étanchéité, en pose surimposée*

*Rigid photovoltaic modules fixed over the roofing membrane*

# ALKORSOLAR STP

**avec modules :**
**"SPR-Eyy-xxx" et "SPR-Eyy-xxx"-z**
**ou "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z**
**"yy" : 19 ou 20, "vv" : 20, 21 ou 22,**
**"xxx" : 310, 320 ou 327,**
**"aaa" : 327, 335, 345 ou 360,**
**"z" : COM ou BLK**
**de la société SUNPOWER**


**Titulaires :**

RENOLIT BELGIUM NV
Industriepark De Bruwaan 9
B-9700 Oudenaarde
Tél. : 0032 55 33 97 11
Fax : 0032 55 31 96 50
Internet : http://www.alkorproof.com

EDF ENR SOLAIRE
350 Chemin de Paisy, lieu Dit "Le Tronchon"
FR-69578 LIMONEST CEDEX
Tél. : 04 27 19 43 90
Fax : 04 27 19 43 99
Internet : http://www.edfenr.com/



**Groupe Spécialisé n° 21**

Procédés photovoltaïques

Publié le 21 mai 2018



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : 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)
© CSTB 2018

**Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 6 février 2018, le procédé photovoltaïque "ALKORSOLAR STP", présenté par les sociétés RENOLIT et EDF ENR SOLAIRE. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après ci-après qui annule et remplace l'Avis Technique 21/16-60. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.**

# 1. Définition succincte

## 1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture-terrasse sur éléments porteurs et supports en maçonnerie avec isolants thermiques bénéficiant d'un Document Technique d'Application (*DTA*) pour des mises en œuvre sous protection par dalles sur plots, destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire sans nécessité d'ajout de lestage et sans perforation de la membrane d'étanchéité.

Il intègre :

- un revêtement d'étanchéité monocouche à base de PVC plastifié ALKORPLAN F fixé mécaniquement à l'élément porteur conformément au Document Technique d'Application ALKORPLAN F,
- un (ou des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance égale à 310 Wc, 320 Wc 327 Wc, 335 Wc, 345 Wc ou 360 Wc muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre des modules au format "portrait" en toiture-terrasse.
- Ce procédé fait l'objet d'un partenariat spécifique entre les sociétés RENOLIT (en ce qui concerne le revêtement d'étanchéité et le système de montage) et EDF ENR SOLAIRE (pour tous les aspects photovoltaïque et électrique).
- En conséquence, la fourniture s'effectue de façon dissociée (voir également le § 8.51 du Dossier Technique).

## 1.2 Identification des produits

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 rouleaux de feuilles ALKORPLAN F reçoivent des étiquettes où figurent les noms du producteur et du matériau, les dimensions, le numéro de fabrication et les conditions de stockage.

Les profilés ALKORPLAN 81600 possèdent une impression donnant le nom du procédé ALKORSOLAR, la date et le numéro de fabrication.

Les autres éléments sont identifiables par leur géométrie particulière et sont référencés, lors de leur livraison, grâce à une étiquette figurant 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 identique à celui proposé au *§ 1.2* du Dossier Technique, restreint aux dispositions énoncées dans le *§ 2.232* "Stabilité" 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 CEI 60721-2-1.

### 2.22 Aptitude à l'emploi

#### 2.221 Fonction Génie Électrique

**Sécurité électrique du champ photovoltaïque**

- Conducteurs électriques

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

  Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante de - 40 °C à 90°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.

  A ce titre, ils sont marqués CE selon la Directive 2014/35/CE (dite « Directive Basse Tension ») du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des Etats 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, ayant au moins un indice de protection IP 67 utilisés, sont des connecteurs débrochables à blocage rotatif 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 pratiques UTE C 15-712 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes.

  L'utilisation de cosses à œil en cuivre avec rondelles bimétal cuivre/aluminium (pour la liaison des cadres des modules et des rails multifonctionnels), des fixations type Grifequip (pour la liaison des chemins de câbles) et de raccords à serrage ou à sertir (pour la liaison principale) pour un raccordement en peigne des masses métalliques de l'installation 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**

Les puissances crêtes des modules, validées par la norme NF EN 61215 et NF EN 61730 ont des puissances crêtes égales à :

- 310 Wc, 320 Wc ou 327 Wc pour les modules "SPR-Eyy-xxx", "SPR-Eyy-xxx-z",
- 327 Wc, 335 Wc, 345 Wc et 360 Wc dans le cas des modules photovoltaïques "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa-z".

### 2.222 Fonction étanchéité de toiture

#### Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve des vérifications suivantes :

- Vérification des isolants thermiques non porteurs

Du fait de sa conception, le procédé photovoltaïque induit des efforts localisés sur les isolants thermiques au travers des rails multifonctionnels et des profilés ALKORPLAN 81600. Les isolants compatibles étant sous Document Technique d'Application (DTA) pour des mises en œuvre sous protection par dalles sur plots, il est nécessaire de vérifier que leur pression admissible est compatible avec les efforts engendrés par le procédé.

Ainsi, en fonction de la pression admissible sous plot donnée dans le DTA de l'isolant considéré, le Tableau 1 indique quelle charge de neige normale maximale peut être admise sur le procédé ALKORSOLAR.

- Vérification du procédé photovoltaïque

Pour assurer la stabilité de l'ensemble du procédé, il est nécessaire d'effectuer un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, pour vérifier simultanément la résistance au vent du revêtement d'étanchéité et la résistance au vent du système de montage avec les modules photovoltaïques (*voir ci-dessous*).

*Revêtement d'étanchéité*

Le système de référence du revêtement d'étanchéité, selon l'e-Cahier du CSTB 3563 "Résistance au vent des systèmes d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement" de juin 2006, est caractérisé par les éléments suivants:

- Effort admissible par fixation égal à 792 N en zone non équipée de modules photovoltaïques et limité à 635 N en zone équipée de modules photovoltaïques.
- Attelage de fixations du système de référence :
  - ✓ Résistance à l'arrachement de l'attelage $Pk_{sr}$ = 1 320 N.
  - ✓ Dimensions de la plaquette : 82 x 40 x 0,8 mm.
- La densité de fixation, qui doit être vérifiée par RENOLIT, doit être calculée, dans tous les cas, comme pour un bâtiment ouvert *(du fait de l'effet du vent entre les modules photovoltaïques)*.

*Système de montage des modules photovoltaïques*

Les charges climatiques appliquées sur la toiture d'implantation du procédé photovoltaïque, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, ne doivent pas excéder 1183 Pa (selon les règles NV65 modifiées) sous charge de neige normale ou charge de vent normal.

#### 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 Européenne. Elles sont donc applicables pour toutes les zones et catégories de bâtiments, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

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

#### Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé et les conditions de pose prévues par le Dossier Technique du système de montage et des modules photovoltaïque ne remettent pas en cause l'étanchéité du revêtement.

#### Accessibilité de la toiture

Ce revêtement convient aux toitures :

- terrasses inaccessibles sans rétention temporaire d'eaux pluviales (cf. DTU 43.1),
- terrasses techniques ou à zones techniques.

Les chemins de circulation et zones techniques sont traités avec une feuille ALKORPLAN F WW complémentaire (*voir le DTA ALKORPLAN F et les instructions de calepinage au § 8.531 du Dossier Technique*).

#### Sécurité au feu

- Revêtement d'étanchéité seul

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

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

La performance du comportement au feu sur le seul revêtement d'étanchéité n'a pas été déterminée dans les conditions de pose prévues dans le présent Avis Technique.

*Vis-à-vis du feu intérieur*

Les dispositions réglementaires à considérer sont fonction de la destination des locaux, de la nature et du classement de réaction au feu de l'isolant et de son support.

- Système de montage des modules photovoltaïques

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

#### Sécurité des usagers

La sécurité des usagers est normalement assurée du fait de la nature même du procédé ALKORSOLAR STP.

#### Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants, lors de la pose, de l'entretien et de la maintenance est normalement assurée. Cependant, il est à noter que la surface du revêtement d'étanchéité ALKORPLAN F devient glissante lorsqu'elle est humide et qu'il est interdit de circuler directement sur les modules photovoltaïques.

#### Emploi en climat de montagne

Ce procédé n'est pas revendiqué pour une utilisation en climat de montagne.

#### Emploi dans les régions ultrapériphériques

Ce procédé n'est pas revendiqué pour une utilisation dans les régions ultrapériphériques.

### 2.223 Données environnementales et sanitaires

#### Aspects environnementaux

Il n'existe pas de PEP (Profil Environnemental des Produits) ou FDES (*Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire*) pour ce produit. Il est rappelé que le PEP ou la FDES n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du produit.

#### 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.

## 2.23 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 2)* et moyennant un entretien conforme aux indications portées dans le Dossier Technique, la durabilité de la toiture peut être estimée comme satisfaisante.

## 2.24 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.

La fabrication du revêtement d'étanchéité ALKORPLAN F relève de techniques classiques de calandrage et d'assemblages de feuilles en PVC plastifié. Effectuée en usine et comprenant les contrôles de fabrication nécessaires, cette fabrication, ainsi que celle des profilés ALKORPLAN 81600, ne comporte pas de risque particulier touchant à la constance de qualité.

## 2.25 Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé effectuée (*en deux étapes*), d'une part, par des entreprises d'étanchéité qualifiées disposant sur le chantier de soudeurs agréés par RENOLIT France et d'autre part, par la société EDF ENR SOLAIRE ou des entreprises, agréées, formées et supervisées par elle (*disposant de compétences électriques pour la connexion de l'installation photovoltaïque, complétées par une qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques et disposant de références satisfaisantes : voir le §8.2*) permet d'assurer une bonne réalisation des installations.

Sous ces conditions, la mise en œuvre du procédé ALKORSOLAR STP ne présente pas de difficultés particulières.

## 2.3 Prescriptions Techniques

### 2.31 Prescriptions communes

En réfection, une reconnaissance préalable de la toiture-terrasse est à faire à l'instigation du maître d'ouvrage.

Chaque mise en œuvre requiert une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée (voir §2.523).

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 devra être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100, guides pratiques UTE C 15-712 et 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.

Les câbles et connecteurs électriques ne doivent pas reposer directement sur le revêtement d'étanchéité.

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

Les plans d'exécution et de calepinage des modules photovoltaïques doivent être fournis avec le procédé.

#### 2.322 Installation électrique

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

#### 2.323 Mise en œuvre

Le procédé peut être installé sur toute la surface de toiture, néanmoins les modules et leur système de montage doivent être positionnés en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien de l'installation (*voir le § 8.641*).

Le procédé est utilisable pour des pentes de toitures comprises entre 0 % et 20 %.

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au *§ 2.222* "Stabilité" doivent être respectées.

Pour assurer la stabilité de l'ensemble du procédé ALKORSOLAR STP, il est nécessaire d'effectuer au cas par cas un calcul selon les règles NV65 modifiées des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, pour vérifier simultanément la résistance au vent du revêtement d'étanchéité et la résistance au vent du système de montage avec les modules photovoltaïques (*voir le § 2.311 "Stabilité"*).

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au Document Technique d'Application ALKORPLAN F en ce qui concerne la pose du revêtement d'étanchéité ALKORPLAN F en tenant compte des éléments suivants :

- La méthode de pose de la membrane ALKORPLAN F avec fixations intermédiaires par collage sur bandes n'est pas autorisée.
- La soudure chimique n'est pas autorisée avec ce procédé, sauf aux endroits inaccessibles avec un appareil de soudure thermique.
- Pour des raisons de circulabilité fréquente pendant l'installation et la maintenance du procédé, il est nécessaire d'utiliser des panneaux isolants ayant une classe de compressibilité C minimum selon l'UEATc et une résistance à la compression à 10% de 70kPa.
- Attention, il est également indispensable de vérifier le dimensionnement des isolants thermiques non porteurs en sous-face du procédé en tenant compte des efforts localisés induits par le champ photovoltaïque. Ainsi, en fonction de la pression admissible sous plot donnée dans le Document Technique d'Application (DTA) de l'isolant considéré pour une application dalle sur plot, le Tableau 2 indique quelle charge de neige normale maximale peut être admise sur le procédé ALKORSOLAR en daN/m².

Étant donné leur positionnement (*proche des lignes de fixation du revêtement d'étanchéité*), la distance maximale entre profilés ALKORPLAN 81600 est limitée à 0,95 m (*largeur du lé de 1,05 m moins le recouvrement de 10 cm*).

Les rails multifonctionnels ne doivent pas être positionnés en porte-à-faux par rapport aux profilés ALKORPLAN 81600 : une distance de 10 cm par rapport au profilé PVC est toutefois possible pour permettre une tolérance de pose.

Il est nécessaire de mettre en place un joint de dilatation entre deux profilés multifonctionnels environ tous les 12,50 m (*en correspondance avec un multiple de la dimension des modules*). Pour ce faire, le raccord profilé ALKORPLUS 81634 ne doit être fixé que sur un des deux profilés multifonctionnels reliés, écartés de 40 mm.

Pour assurer un serrage suffisant des boulons de fixation des pinces oméga sur les rails multifonctionnels, il est nécessaire d'appliquer un couple minimum de 1,85 N.m (*soit un cran n° 2 sur une visseuse*).

En bord de champ, les pinces de rive doivent pouvoir être placées à 3 cm minimum de l'extrémité des rails multifonctionnels ou d'un chemin de câbles fixé sur ces rails.

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.

#### 2.324 Assistance technique

Les sociétés RENOLIT France et EDF ENR SOLAIRE sont tenues d'apporter leur 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 et complété par le Cahier des Prescriptions Techniques, est appréciée favorablement

### Validité

Jusqu'au 31 mars 2020.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 21*
*Le Président*

## 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La présente version de ce document tient compte de l'augmentation des distances de cheminement en toiture-terrasse ainsi que de l'ajout de la désignation des modules en page de garde.

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.

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur la nécessité de mettre en œuvre le revêtement d'étanchéité conformément au Document Technique d'Application ALKORPLAN F et de tenir compte de l'Avis du GS5.2 (notamment par rapport à la pente nulle), tout en respectant les exceptions liées au procédé photovoltaïque ALKORSOLAR STP définies dans le présent Dossier Technique du demandeur.

De plus, il est à noter qu'au regard des conditions de pose décrites dans le présent Dossier Technique, le procédé n'est validé que pour des profilés ALKORPLAN 81600 positionnés le long du rampant de toiture et donc perpendiculairement à la noue.

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

Il est également à noter que le Groupe Spécialisé ne se prononce pas dans cet Avis Technique sur la durabilité du grillage synthétique en polyéthylène (non fourni) nécessaire à la protection de la périphérie du champ photovoltaïque.

Enfin, le Groupe Spécialisé souhaite 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 Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21*

# Dossier Technique
## établi par le demandeur

# A. Description

## 1. Description générale

### 1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre en toiture-terrasse sur éléments porteurs et supports en maçonnerie avec isolants thermiques bénéficiant d'un Document Technique d'Application (*DTA*) pour des mises en œuvre sous protection par dalles sur plots, destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire sans nécessité d'ajout de lestage et sans perforation de la membrane d'étanchéité.

Il intègre :

- un revêtement d'étanchéité monocouche à base de PVC plastifié ALKORPLAN F fixé mécaniquement à l'élément porteur conformément au Document Technique d'Application ALKORPLAN F,
- un (ou des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance égale à 310 Wc, 320 Wc, 327 Wc, 335 Wc, 345 Wc ou 360 Wc muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre des modules au format "portrait" (fixation du module sur la plus grande longueur) en toiture-terrasse.

Ce procédé fait l'objet d'un partenariat spécifique entre les sociétés RENOLIT (*en ce qui concerne le revêtement d'étanchéité et le système de montage*) et EDF ENR SOLAIRE (*pour tous les aspects photovoltaïque et électrique*). En conséquence, la fourniture s'effectue de façon dissociée (*voir également le § 8.51*).

### 1.2 Domaine d'emploi

- Réalisations d'ouvrages de toitures neuves sur bâtiments neufs ou existants en réfection (sans conservation de l'isolant existant) en France européenne, pour des altitudes inférieures à 900 m.
- Les applications de ce procédé :
  - doivent au moins être conformes à celles du revêtement d'étanchéité utilisé : voir le Document Technique d'Application ALKORPLAN F.
  - sont limitées aux toitures-terrasses plates ou inclinées, inaccessibles excepté les toitures terrasses destinées à la rétention temporaire d'eau pluviale au sens du DTU 43.1, techniques ou à zones techniques:
    - avec éléments porteurs et support :
      - o en maçonnerie conformes à la norme NF P 10-203 (*DTU 20.12*) des types A, B, C (*cf. § 3.2 du CPTC, fascicule 3502, avril 2004*). La pente nulle est admise.
      - o en dalles armées de béton cellulaire auto clavé (pente ≥ 1%).
    - avec isolants thermiques non porteurs, support d'étanchéité, de classe de compressibilité C minimum selon l'UEAtc, de résistance à la compression à 10% de 70 kPa, bénéficiant d'un Document Technique d'Application pour des mises en œuvre sous protection par dalles sur plots, et compatibles avec les charges de neige normale du chantier (*voir le* Tableau 1).
- Le procédé est admissible sur des locaux à faible, moyenne ou forte hygrométrie. La très forte hygrométrie est exclue.
- Du fait de l'association de ce revêtement d'étanchéité avec des modules photovoltaïques et leur système de montage, il est impératif de tenir compte des prescriptions complémentaires suivantes :
  - d'un calcul (selon les règles NV65 modifiées) 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 :
    - 1183 Pa sous charge de neige normale (*selon les règles NV65 modifiées*),
    - 1183 Pa sous charge de vent normal (*selon les règles NV65 modifiées*),
  - L'effort admissible du système de référence de fixation de la membrane d'étanchéité est limité à 792 N par fixation en zone non équipée de modules photovoltaïques et à 635 N en zone équipée de modules photovoltaïques par rapport au vent extrême au sens des règles NV65 modifiées.
  - La mise en œuvre doit être effectuée sur des toitures-terrasses de pentes effectives permanentes comprises entre 0 % et 20 % (*0° et 11,5°*).
- Étant donné l'utilisation de profilés en aluminium brut, le Tableau 2 précise les atmosphères extérieures permises.
- Le procédé peut être installé sur toute la surface de toiture, néanmoins les modules et leur système de montage doivent être positionnés en respectant des zones de sécurité et de circulation requises en fonction de l'entretien de l'installation (*voir le § 8.641*).

## 2. Éléments constitutifs

Le procédé ALKORSOLAR STP est l'association d'un module photovoltaïque cadré (fourni par la société EDF ENR SOLAIRE) et d'un système de montage spécifique (fourni par la société RENOLIT) lui permettant une mise en œuvre en toiture-terrasse.

### 2.1 Module photovoltaïque

Les dénominations commerciales des modules photovoltaïques sont les suivantes:

- "SPR-Eyy-xxx" et "SPR-Eyy-xxx"-z
- "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z

La dénomination commerciale des modules dépend :

- du rendement du module photovoltaïque :
  - "yy" représente la valeur 19 ou 20%
  - "vv" représente la valeur 20, 21 ou 22%
- de la puissance crête du module :
  - "xxx" pouvant être égal à 310 ou 320 ou 327 Wc.
  - "aaa" pouvant être égal à 327 ou 335 ou 345 ou 360 Wc
- suffixe z pour COM ou BLK

Les modules photovoltaïques sont fabriqués par la société SUNPOWER.

*Les composants pouvant être multiples, leur identification a été fournie au secrétariat de la Commission Chargée de formuler des Avis Techniques par le biais du "Constructional Data Form" associé aux certificats selon les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.*

### 2.11 Film polymère

Il s'agit de film polymère à base de PET (*Polyéthylène téréphtalate*) et d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*).

- Épaisseur : 200 µm à 319 µm.
- Tension diélectrique maximum admissible : 1000 V.

### 2.12 Cellules photovoltaïques

Deux types de cellules peuvent être utilisés, ces cellules possèdent les caractéristiques suivantes :

- Technologie des cellules : monocristallines
- Epaisseur : 165 ± 40 µm
- Dimensions : 125 × 125 mm

Au nombre de 96, ces cellules sont connectées en série et réparties en 8 colonnes de 12 cellules selon la configuration suivante (voir la Figure 1) :

- distance minimale entre cellules : (1,8 ± 0,5) mm,
- distance minimale aux bords latéraux : (16 ± 1,5) mm,
- distance minimale aux bords supérieur et inférieur : (16,1 ± 1,5) mm.

### 2.13 Intercalaire encapsulant

Différentes résines à base d'EVA (*Ethyl Vinyl Acétate*) peuvent être utilisées. Cette couche d'intercalaire de 0,457 mm d'épaisseur permet d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

### 2.14 Vitrage

Des vitrages de différents fabricants peuvent être utilisés :

- Nature : verre trempé conforme à la norme EN 12150 et à faible teneur en oxyde de fer.
- Épaisseur : (3,2 ± 0,3) mm.
- Dimensions : 1040 x 1552 mm (± 0,5 mm).

### 2.15 Constituants électriques

#### 2.151 Boîte de connexion

Les boites de connexion sont fournies avec 3 diodes bypass (qui protègent chacune une série de 32 cellules) et permettent le raccordement aux câbles qui permettront la connexion des modules (voir §2.152).

Elles peuvent être de deux natures différentes :

- boîte de connexion " Medot4GBN3D " (0-1971490-1) du fabricant TE CONNECTIVITY avec les caractéristiques suivantes :
    - Collée avec du silicone en sous-face du module (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de formuler des Avis Techniques),
    - De dimensions hors tout suivantes : 115 × 110 × 22,5 mm.
    - Classe II de sécurité électrique,
    - Indice de protection : IP 67.
    - Courant maximum admissible : 13 A.
    - Plage de température ambiante : -40 à + 115 °C.
    - Tension de système maximum : 1 000 V DC.
    - Certificat TÜV n°R60077789 selon la norme NF EN 50 548.
- boîte de connexion "Z-Rail Z-CLA4GBR3D" du fabricant TE CONNECTIVITY avec les caractéristiques suivantes :
    - Collée avec du silicone en sous-face du module (dont les références ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de formuler des Avis Techniques),
    - De dimensions hors tout suivantes : 115 × 110 × 23 mm.
    - Classe II de sécurité électrique,
    - Indice de protection : IP 67.
    - Courant maximum admissible : 13 A.
    - Plage de température ambiante : -40 à + 85 °C.
    - Tension de système maximum : 1 000 V DC.
    - Certificat TÜV n°R60041517 selon la norme NF EN 50 548.

#### 2.152 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques de section 4 mm² et 1000 mm de longueur. Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés (voir le § 2.164).

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 90°C,
- Tension assignée : 1000 V,
- Courant assigné de 36 A.
- Double isolation,
- Certificat TÜV n° R60021060 et n°R50233127 selon les spécifications 2Pfg/1169.

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, les guides pratiques UTE C15-712, et les spécifications des onduleurs (*longueur et section de câble adaptées au projet*).

Les câbles sont de type C2 (*non propagateur de la flamme*) et choisis parmi ceux ayant une température admissible sur l'âme d'au moins 90 °C en régime permanent.

#### 2.153 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés peuvent être de deux natures.

- Connecteurs de la société MULTICONTACT avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque MULTICONTACT et de type MC4 (PV-KST4/6II et PV-KBT4/6II) :
    - indice de protection IP 67,
    - classe II de sécurité électrique,
    - tension assignée de 1 000 V,
    - courant maximum admissible de 30 A,
    - plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
    - résistance de contact < 5 mΩ,
    - certificat n° R 60028286 selon la norme NF EN 50521.
- Connecteurs de la société TE CONNECTIVITY et de type PV4-A et PV4-B avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules :
    - indice de protection IP 68,
    - classe II de sécurité électrique,
    - tension assignée de 1 000 V,
    - courant maximum admissible de 40 A,
    - plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
    - résistance de contact < 5 mΩ,
    - certificat n° R 50223484 selon la norme NF EN 50521.

Attention, pour un même chantier, seuls des modules ayant la même nature de connecteurs sont fournis. De plus, la liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires ne devra se faire qu'au travers de connecteurs mâles et femelles de la même marque, du même type et du même fabricant. Si nécessaire, des rallonges pourront être fabriquées à l'aide de sertisseuses spécifiques.

### 2.16 Cadre du module photovoltaïque

Les quatre profilés formant le cadre du module photovoltaïque, en aluminium anodisé EN AW-6063, sont assemblés à l'aide de huit vis de 3,5 x 19 mm et d'un gel silicone.

Les modules d'inertie du cadre sont :

Pour les grands cotés :

- I/v horizontal =838 $cm^3$,
- I/v vertical = 2165 $cm^3$.

Pour les petits cotés :

- I/v horizontal =158 $cm^3$,
- I/v vertical = 1536 $cm^3$.

## 2.2 Système de montage (voir le Tableau 3)

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société RENOLIT Belgium NV.

### 2.21 Revêtement d'étanchéité

Le revêtement d'étanchéité possède la dénomination commerciale ALKORPLAN F. Il s'agit d'un revêtement d'étanchéité monocouche utilisant une feuille manufacturée en PVC plastifiée armée d'une trame de polyester. Il est posé apparent avec fixations mécaniques en lisières recouvertes ou par fixations intermédiaires traversantes sous pontages.

Ce revêtement et son système de pose par fixation mécanique dispose d'un Agrément Technique Européen "ATE 06/0023" selon l'ETAG 006 et d'un Document Technique d'Application ALKORPLAN F.

Pour son utilisation dans le cadre de l'ALKORSOLAR STP, il convient de respecter les dispositions suivantes :

- Largeurs disponibles : 1 050 mm.
- Épaisseur de 2 mm.
- Joints entre lés uniquement par thermosoudure.
- Limitation de l'effort admissible à 635 N/fixation en zones équipées de modules photovoltaïques.

Il va de soi que la fourniture de ce revêtement va de pair avec les éléments et accessoires nécessaires à sa mise en œuvre, tel que décrit dans le Document Technique d'Application ALKORPLAN F.

### 2.22 Fixations mécaniques du revêtement

Les éléments de fixation doivent répondre à une résistance caractéristique minimale de 900 N (*cf. DTU série 43*). Le système de référence a une résistance caractéristique (*Pk*) de 1320 N (valeur issue de l'ETAG006).

Les attelages de fixation admis font l'objet de l'Agrément Technique Européen (*ATE*) n° 06/0023.

Lors de la pose sur béton cellulaire, les fixations sont de type acier inoxydable austénitique 1.4301, 1.4302, 1.4306, 1.4401 ou 1.4404 (*conformément à la norme EN 10088*).

La densité de fixation, qui doit être vérifiée par RENOLIT, doit être calculée, dans tous les cas, comme pour un bâtiment ouvert (*du fait de l'effet du vent entre les modules photovoltaïques*).

### 2.23 Sous-structure

#### 2.231 Profilé ALKORPLAN 81600

Ce profilé va permettre de constituer la sous-structure support des modules photovoltaïques en venant se positionner sur la membrane d'étanchéité par thermosoudure.

La composition du matériau PVC constitutif de ce profilé est identique à celle de la membrane ALKORPLAN F et respecte les caractéristiques déclarées par la société RENOLIT dans le cadre de son ATE n° 06/0023 : il s'agit d'un mélange de chlorure de polyvinyle, de plastifiant phtalates, de stabilisants thermiques, de charges minérales et d'adjuvants.

Il s'agit d'un profilé extrudé avec un noyau vide, disposant de deux ailes pour la réalisation de la thermosoudure (*voir la Figure 5*). D'épaisseur 3 mm, il présente les dimensions hors-tout 80 mm x 33 mm sur une longueur de 1 m.

Il est à découper sur le chantier pour éventuellement s'ajuster à la longueur totale du champ photovoltaïque.

#### 2.232 Profilé insert ALKORPLUS 81601

Ce profilé insert vient se loger dans le noyau vide du profilé ALKORPLAN 81600 afin d'en renforcer la résistance mécanique.

En aluminium EN AW-6060 T6 de 2 mm d'épaisseur, il présente les dimensions hors-tout 25 mm x 20 mm sur une longueur de 3 m (*voir la Figure 5*).

Il est éventuellement à découper sur le chantier pour s'ajuster à la longueur totale du champ photovoltaïque.

### 2.24 Structure support

#### 2.241 Profilé multifonctionnel ALKORPLUS 81631

Les profilés multifonctionnels constituent l'armature de la structure support des modules photovoltaïques (*voir la Figure 6*).

Ce sont des profilés extrudés en aluminium EN AW-6063 T66 présentant les dimensions hors-tout 40 mm x 43 mm x 6 000 mm.

#### 2.242 Attaches ALKORPLUS 81632

Les attaches sont les pièces intermédiaires permettant la pose et la fixation des profilés multifonctionnels sur les profilés ALKORPLAN 81600. Pour ce faire, deux attaches sont nécessaires de part et d'autre de chaque profilé multifonctionnel.

Il s'agit de pièces en aluminium EN AW-6060 T66 ayant pour dimensions hors-tout 50 mm x 30 mm x 5 mm.

Ces attaches sont pourvues de lèvres rainurées de façon à pouvoir s'emboîter dans la rainure des profilés multifonctionnels (*voir la Figure 7)*.

La fixation d'une attache sur un profilé ALKORPLAN 81600 s'effectue grâce à une vis ALKORPLUS 81602-005 dans le premier percement prévu à cet effet près du rail multifonctionnel. Un deuxième percement est à utiliser en cas d'échec du premier.

#### 2.243 Raccords profilés ALKORPLUS 81634

Les raccords profilés permettent de relier deux profilés multifonctionnels entre eux. Il s'agit de manchons rectangulaires qui viennent se glisser à l'intérieur de la section des profilés.

Étant donné la géométrie des profilés multifonctionnels, deux raccords sont nécessaires pour combler les deux noyaux du profilé. Ils permettent de transmettre le moment de flexion et autorisent la dilatation des profilés s'ils ne sont fixés que sur un des deux profilés multifonctionnels reliés.

De chaque côté du raccord se trouve une vis courte ALKORPLUS 81602-005 pour le maintenir en place. Bien entendu, ces deux vis ne sont positionnées que sur un des deux profilés multifonctionnels mis bout à bout lorsque le raccord doit être dilatant. Dans le cas d'un raccord sous forme de point fixe, les vis sont positionnées de part et d'autre des deux raccords profilés.

En aluminium EN AW-5754, il présente les dimensions hors-tout 10 mm x 22,3 mm x 300 mm (*voir la Figure 8*).

#### 2.244 Fixations ALKORPLUS 81602-005

Ces fixations sont des vis autoforeuses, en acier inoxydable A2, à tête hexagonale SW8, équipées d'une pointe forêt en acier durci avec une protection par galvanisation. Elles sont de diamètre 6 mm et de longueur 25 mm.

### 2.3 Composants associés

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

### 2.31 Pinces oméga pour fixation des modules au système de montage

Les modules photovoltaïques sont fixés sur la structure support (*profilés multifonctionnels*) à l'aide de pinces en forme d'oméga.

Ces pinces peuvent être "intermédiaires" si elles sont positionnées entre deux modules photovoltaïques ou de "rive" si elles sont utilisées en périphérie du champ photovoltaïque (*voir la Figure 2*).

Ces pièces en aluminium EN AW-6060 T6 d'épaisseur 3 mm présentent les dimensions hors-tout suivantes :

- Pinces intermédiaires : 40 mm x 33 mm x 100 mm.
- Pinces de rives Schletter ref 130001-046 : 49 mm × 28 mm × 100 mm.

Elles maintiennent le cadre des modules par pincement sur 10 mm.

Ces pinces oméga peuvent être utilisées sur le grand côté (*mode portrait*).

La fixation est réalisée par un boulon M6 x 30 mm en acier inoxydable A2-70 avec rondelle Grower (*vis CHC + rondelle + écrou rail).*

### 2.32 Câbles de liaison équipotentielle des masses

Des cosses à œil en cuivre avec rondelles bimétal cuivre/aluminium (*avec vis autoperceuses ou systèmes vis-écrou*) sont fournies pour permettre d'effectuer la liaison équipotentielle des cadres des modules et des rails multifonctionnels.

Des raccords à serrage ou à sertir (*type Grifequip ou cosse "C"*) sont également fournis pour permettre de relier les profilés de la structure support (*rails multifonctionnels*) à la liaison équipotentielle générale.

Enfin, des fixations type Grifequip sont fournies pour assurer la liaison des chemins de câble à la liaison équipotentielle tous les 2 mètres.

### 2.33 Chemins de câbles

Les câbles en courant continu seront mis en œuvre dans des chemins de câbles spécifiques (*la circulation de ces câbles est dissociée de celles de câbles en courant alternatif*).

Le type et les dimensions des chemins de câbles ainsi que leurs couvercles sont définis par l'électricien en charge de l'exécution de la partie électrique de l'installation. De préférence de type "CABLOFIL", ils doivent être capotés sur toute la longueur des parties exposées au soleil ou aux intempéries.

Les supports des chemins de câbles, de type RCSN ou CE40, doivent résister aux UV et aux intempéries.

Ces chemins de câbles, capots et supports doivent être en acier galvanisé (*le grammage de revêtement étant adapté à l'atmosphère extérieure)* à chaud (*selon la norme EN ISO 1461*). Attention, aucune recoupe de ces éléments ne sera tolérée du fait de la perte du revêtement galvanisé.

La visserie devra être en acier inoxydable A2.

## 3. Autres éléments

La fourniture comprend également 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 au bon fonctionnement du procédé utilisé :

- Grillage synthétique en polyéthylène de largeur 130 mm avec un maillage de 4 x 4 mm pour la protection de la membrane d'étanchéité : obligatoire dans le cas d'une pose à pente nulle (*voir le § 11.2*).
- Machine automatique à souder (*voir la Figure 3*) pour les profilés PVC :
  - ALKORPLUS 81078

Le kit ALKORPLUS 81078 est conçu pour adapter une machine automatique LEISTER Varimat & Varimat V2. Il est composé de :

- Une plaque aluminium pour déplacer l'appareil de soudure + 2 boulons et écrous pour sa fixation.
- Une roue de pression + vis intégrée pour sa fixation.
- Un axe pour le montage de la roue de pression.
- Une roue pour guider la machine + vis intégrée pour sa fixation.
- Un bec de soudure pour des soudures de 20 mm de large.

- ALKORPLUS 81079 Belton
  - La machine automatique ALKORPLUS 81079 Belton est conçue pour la soudure des profilés ALKORPLAN 81600.

- Pare vapeur

L'écran pare-vapeur est conforme à la norme NF P 84-204-1 (DTU 43.1) ou à son Avis Technique dans le cas du béton cellulaire autoclavé.

Le choix du pare-vapeur de la société RENOLIT et son principe de mise en œuvre se fait conformément aux dispositions du Document Technique d'Application de l'ALKORPLAN F.

## 4. Conditionnement, étiquetage, stockage

### 4.1 Les modules photovoltaïques

Les modules sont conditionnés et livrés sur chantier par palette avec un maximum de 20 modules par palette. Les modules sont positionnés horizontalement et sont calés à chaque coin par des pièces en plastiques.

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.

Le stockage sur chantier doit s'effectuer à l'intérieur d'un bâtiment à l'abri des intempéries.

### 4.2 Le revêtement d'étanchéité

Chaque feuille porte en lisière l'impression "ALKORPLAN® - l'année – un n° de fabrication codé permettant de remonter aux données de production".

Les rouleaux portent une étiquette adhésive où figurent : la marque - le type - les dimensions – le code du grainage surfacique - le code coloris - le marquage CE accompagné des informations visées par l'ATE n° 06/0023 dont le produit est titulaire.

Les colis portent une étiquette où figurent : la marque - le type – les dimensions des rouleaux – le code du grainage surfacique - le code coloris – la longueur totale des rouleaux contenus dans le colis – le marquage CE accompagné des informations visées par l'ATE n° 06/0023 dont le produit est titulaire.

Stockage : les rouleaux déballés doivent être stockés, à plat, sur une surface sèche et exempte d'aspérité.

### 4.3 La sous-structure

#### 4.31 Profilé ALKORPLAN 81600

En termes d'étiquetage, les profilés portent sur le sommet l'impression "ALKORSOLAR – la date – un n° de fabrication codé" permettant de remonter aux données de production.

Les colis portent une étiquette où figurent : la marque - le type – les dimensions – le nombre de profilés contenus dans le colis.

Stockage : les colis fermés doivent être stockés à plat, sur une surface sèche et exempte d'aspérité.

#### 4.32 Profilé insert ALKORPLUS 81601

Les colis portent une étiquette où figure : le type – les dimensions – le nombre total des profilés contenus dans le colis.

Stockage : les colis fermés doivent être stockés à plat, sur une surface sèche et exempte d'aspérité.

### 4.4 La structure support

Les colis portent une étiquette où figure : le type – les dimensions – le nombre total des profilés contenus dans le colis.

## 5. Caractéristiques dimensionnelles

| Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques | |
|---|---|
| | **Modules "SPR-Eyy-xxx" et "SPR-Eyy-xxx"-z "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z** |
| Dimensions hors tout (mm) | 1 559 × 1 046 × 46 |
| Dimensions du laminé photovoltaïque (mm) | 1 552 × 1 040 × 4,5 |
| Surface hors tout (m²) | 1,63 |
| Surface d'entrée (m²) | 1,54 |
| Masse (kg) | 18,6 |
| Masse spécifique (kg/ m²) | 11,41 |

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

## 6. Caractéristiques électriques

### 6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules "SPR-Eyy-xxx", "SPR-Eyy-xxx"-z, "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

### 6.2 Sécurité électrique

Les modules "SPR-Eyy-xxx", "SPR-Eyy-xxx"-z, "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z ont été certifiés conformes à la Classe d'Application 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** | **"SPR-Eyy-xxx" et "SPR-Eyy-xxx"-z** | | |
|---|---|---|---|
| **xxx = $P_{mpp}$ (W)** | 310 | 320 | 327 |
| **$U_{co}$ (V)** | 64,4 | 64,8 | 64,9 |
| **$U_{mpp}$ (V)** | 54,7 | | |
| **$I_{cc}$ (A)** | 6,05 | 6,24 | 6,46 |
| **$I_{mpp}$ (A)** | 5,67 | 5,86 | 5,98 |
| **αT ($P_{mpp}$) [% / °C]** | -0,38 | | |
| **αT ($U_{co}$) [% / °C]** | -0,27 | | |
| **αT ($I_{cc}$) [% / °C]** | +0,05 | | |
| **Courant inverse maximum (A)** | 20 | | |

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.

| **Modules** | **"SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **aaa = $P_{mpp}$ (W)** | 327 | 335 | 345 | 360 |
| **$U_{co}$ (V)** | 67,6 | 67,9 | 68,2 | 69,5 |
| **$U_{mpp}$ (V)** | 57,3 | 57,3 | 57,3 | 60,6 |
| **$I_{cc}$ (A)** | 6,07 | 6,23 | 6,39 | 6,48 |
| **$I_{mpp}$ (A)** | 5,71 | 5,85 | 6,02 | 5,94 |
| **αT ($P_{mpp}$) [% / °C]** | -0,30 | | | |
| **αT ($U_{co}$) [% / °C]** | -0,25 | | | |
| **αT ($I_{cc}$) [% / °C]** | +0,056 | | | |
| **Courant inverse maximum (A)** | 20 | | | |

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 Fabrication des modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre s'effectuent sur les sites de la société SunPower à Porcelette (57) ou à Toulouse (*31*).

Lors de la fabrication des modules photovoltaïques, la société SUNPOWER effectue des contrôles qui portent notamment sur les éléments suivants :

- contrôle de toutes les cellules par caméra pour éliminer les cellules ayant des défauts de type rayures, cassures,
- contrôle de tous les chaînes de cellules par électroluminescence,
- contrôle par caméra de toutes les interconnexions des cellules et des chaînes de cellules,
- contrôle visuel de tous les modules pour détection des défauts esthétiques,
- flash test de chaque module en fin de fabrication pour déterminer ses caractéristiques électriques. La tolérance sur la puissance maximum de sortie est de – 3 % à + 5 % ou de 0 à + 5 % selon les séries commerciales,
- test d'isolation électrique sur chaque module en fin de fabrication.

Un superviseur est présent sur chaque ligne de production.

## 7.2 Fabrication du revêtement d'étanchéité

Les feuilles ALKORPLAN F sont fabriquées par la société RENOLIT Belgium NV sous procédure ISO 9001:2000 dans ses usines d'Oudenaarde (*Belgique*) et de Saint Celoni (*Espagne*).

Après mélange des matières et vérification des dosages, la matière est portée à 200 °C environ et est calandrée à l'épaisseur individuelle voulue. Les feuilles armées sont obtenues par colaminage thermique de feuilles individuelles et d'une armature ou d'un sous-façage.

- Contrôle de matières premières sur chaque lot :
  - Résines PVC : contrôle systématique sur le poids spécifique apparent et recherche d'impuretés, certificat d'analyses du fournisseur pour les autres paramètres.
  - Plastifiants : contrôle systématique de la pureté par chromatographie en phase gazeuse, certificat d'analyses du fournisseur pour les autres paramètres.
  - Stabilisants : certificat d'analyses du fournisseur.
  - Charges : contrôle systématique visuel ou colorimétrie, certificat d'analyses du fournisseur pour les autres paramètres.
  - Armatures : certificat d'analyses du fournisseur sur la masse surfacique.
- Contrôle sur ligne en continu: épaisseur, profil d'épaisseur par contrôle automatisé, aspect en contrôle visuel.
- Contrôle de produits finis.

La nomenclature des contrôles internes de fabrication est indiquée dans le DTA de l'ALKORPLAN F.

## 7.3 Fabrication des profilés ALKORPLAN 81600

La fabrication des profilés ALKORPLAN 81600 s'effectue sur le site de la société RENOLIT Belgium NV à Oudenaarde (*Belgique*) et/ou par des sociétés approuvées par RENOLIT Belgium NV.

Le contrôle interne des profilés ALKORPLAN 81600 en PVC s'effectue selon un plan de contrôle défini au Tableau 4 et résumé ci-dessous.

La matière première est contrôlée avant utilisation (*contrôles identiques à ceux du revêtement d'étanchéité*) puis, chaque équipe vérifie les températures et les vitesses du banc de production. Un contrôle dimensionnel et visuel est effectué toutes les 4h00 (*toutes les 200 pièces environ*). De plus, un échantillon de 30 cm est également prélevé toutes les 4 h pour un essai en étuve à 120 °C pendant 10 min pour vérifier le retrait dimensionnel à haute température : le retrait doit être inférieur à 3,25 % de la dimension initiale.

Tous les jours, un échantillon est prélevé pour être mis en conditionnement à 23 % puis 50 % d'humidité relative pendant 24h00. Par la suite, 6 éprouvettes sont découpées dans l'échantillon *(3 dans le sens transversal et 3 dans le sens longitudinal*) pour être soumises à un essai de traction suivant l'ISO 527-2 (NF EN 12311-2) dans plusieurs directions. Un autre échantillon est également conditionné pendant 6 h à 80 °C pour contrôles dimensionnels.

Toutes les semaines, un échantillon est prélevé pour effectuer un essai d'arrachement du profilé soudé sur le revêtement d'étanchéité.

Dans le cas d'une production chez un sous-traitant, les mêmes contrôles sont effectués. La société RENOLIT procède à un contrôle dimensionnel à réception sur 1 échantillon toutes les 3 palettes (*environ une journée de production, soit1 440 pièces*). La nomenclature des contrôles internes de fabrication est indiquée au Tableau 4.

## 7.4 Fabrication des autres profilés

La fabrication des profilés, autres que les profilés ALKORPLAN 81600, s'effectue par des sociétés approuvées par RENOLIT Belgium NV.

# 8. Mise en œuvre

## 8.1 Généralités

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 plans d'exécution et de calepinage des modules photovoltaïques sont fournis par les sociétés RENOLIT et EDF ENR SOLAIRE avec le procédé.

Les modules doivent être posés en mode portrait. Ils peuvent être connectés en série, parallèle ou série/parallèle.

## 8.2 Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé se fait exclusivement au travers d'un réseau de partenaires RENOLIT / EDF ENR SOLAIRE.

La partie toiture/système de montage est prise en charge, du calepinage à l'exécution, par une entreprise de couverture/étanchéité déjà partenaire de RENOLIT. La sélection s'opère au sein d'un réseau connu et historique d'étancheur (*liste sur demande : voir le § 9*).

La partie électricité (*travaux de raccordement électrique* : *fourniture et pose des onduleurs compris*) est prise en charge du calepinage à l'exécution par EDF ENR SOLAIRE ou une entreprise sous-traitante agréée, formée et supervisée par elle. Dans ce dernier cas, l'entreprise devra être spécialisée dans le photovoltaïque (*qualification et/ou certification pour la pose de procédés photovoltaïques)* et agréée par la société EDF ENR SOLAIRE (*voir le § 9*).

## 8.3 Sécurité des intervenants

L'emploi de dispositifs de sécurité *(protections collectives harnais, ceintures, équipements, 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 ainsi que des dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules.

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 (*dénommé dans la suite du texte "guide Promotelec"*).

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.

## 8.4 Spécifications électriques

### 8.41 Généralités

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

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

Les câbles cheminant en toiture et raccordant les modules photovoltaïques doivent être dimensionnés pour une température de surface de l'étanchéité de 70 °C (*T° max sur âme en régime permanent : 90 °c et T° max admissible sur âme en régime de surcharge : 120 °C*).

Le choix des câbles doit être effectué en fonction des courants et tensions, conformément aux prescriptions des normes NF C 15-100 et du guide UTE C 32 502.

Tous les câbles doivent être sélectionnés de manière à ce que les risques de défaut à la terre ou de courts-circuits soient minimisés après installation, ceci pouvant être réalisé par renforcement de la protection du câblage de deux manières :

- Câble simple conducteur avec double isolation jusqu'à section 16 mm².
- Câble conducteur simple isolation cheminant dans un conduit spécifique (gaine annelée) au-delà.

Les câbles doivent être dimensionnés de sorte à ce que la chute de tension entre le champ photovoltaïque (*aux conditions STC*) et l'onduleur soit inférieure à 3 %.

Il y a lieu de dimensionner les câbles des chaînes en fonction du courant de défaut maximum éventuel et de la présence ou non d'une protection par fusible.

Dans tous les cas, les câbles doivent être dimensionnés en appliquant les facteurs classiques multiplicatifs de correction en courant (*coefficient de mode de pose, coefficient prenant en compte le nombre de câbles posés ensemble, coefficient tenant compte de la température ambiante et du type de câble*).

Pour un système de N chaînes connectées en parallèle, chacune d'elle étant constituée de M modules connectés en série, les liaisons principales DC seront dimensionnées de la manière suivante :

- Tension : Vco (stc) x M x 1,15.
- Courant : Icc (stc) x N x 1,25.

La liaison principale sera réalisée par 2 câbles unipolaires double isolation et de section suffisante pour limiter les chutes de tension au minimum.

### 8.42 Connexion des câbles électriques

**Liaison intermodules et modules/onduleur**

- Les câbles d'alimentation continue doivent être choisis et mis en œuvre de manière à réduire au maximum le risque de défaut à la terre ou de court-circuit. Cette condition est assurée en utilisant des câbles monoconducteurs d'isolement équivalent à la classe II de sécurité électrique. Ces câbles doivent cheminer côte à côte et le conducteur d'équipotentialité doit emprunter le même cheminement.
- Dans le cas du cheminement dans des conduits, des goulottes ou des compartiments de goulotte, les circuits continus doivent emprunter des conduits, des goulottes ou des compartiments de goulotte distincts de ceux des circuits alternatifs, sauf ponctuellement au niveau des croisements.
- Par ailleurs, il y a lieu de respecter les instructions de mise en œuvre des canalisations préconisées par le constructeur.

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

#### Câbles de liaison équipotentielle des masses

- La mise à la terre et les liaisons équipotentielles sont réalisées en conformité avec les guides pratiques UTE 15-712 en vigueur.
- La mise à la terre de chaque module est réalisée au niveau du cadre sur les rails multifonctionnels à l'aide d'un câble vert/jaune de section 6 mm², de cosses à œil en cuivre, de rondelles bimétal cuivre/aluminium et de vis autoperceuses de part et d'autre de la liaison. La connexion au profilé pourra également être réalisée grâce à un système vis-écrou au lieu des vis autoperceuses. Un emplacement est prévu pour la connexion d'une cosse sur le cadre du module. Le perçage du profilé sera réalisé sur sa partie latérale (voir la Figure 4).
- Dans le cas de profilés mis bout-à-bout, il est nécessaire de les relier entre eux pour maintenir la liaison équipotentielle des masses : ils devront être reliés par un câble vert/jaune de 6 mm² équipé de cosses à œil en cuivre et de rondelles bimétal cuivre/aluminium permettant un raccord avec une vis autoperceuse. Un système vis-écrou pourra également mis en place écrou au lieu des vis autoperceuses. La connexion s'effectue sur la partie latérale du profilé. Afin de faciliter la mise en œuvre de ces connexions, ce câblage sera effectué en amont lors de la pose des profilés.
- L'ensemble des rails est ensuite connecté à la liaison équipotentielle générale grâce à un câble de cuivre 6 mm². La connexion est assurée grâce à une cosse à œil en cuivre, une rondelle bimétal cuivre/aluminium et une vis autoperceuse sur la partie latérale du rail. Un raccord à serrage ou à sertir (type Grifequip ou cosse "C") permet de raccorder le câble à la liaison équipotentielle générale en cuivre nu de section 25 mm².
- Ce collecteur de cuivre nu de section 25 mm² chemine dans chaque chemin de câble et est raccordé par une fixation type Grifequip tous les 2 mètres à celui-ci pour en garantir l'équipotentialité.

#### Chemins de câbles

- Les câbles et connecteurs ne doivent pas reposer directement sur l'étanchéité. En conséquence, des chemins de câbles doivent être utilisés.
- La mise en œuvre des chemins de câbles devra répondre aux exigences en vigueur de la norme NF C 15-100, des guides pratiques UTE C15-712 et de la norme CEI 61 537 : "Systèmes de chemins de câbles et systèmes d'échelle à câbles pour installations électriques".
- Le calepinage général des chemins de câbles sera réalisé préalablement à la mise en œuvre sur un fond de plan et sera approuvé par la société EDF ENR SOLAIRE avant réalisation.
- Les chemins de câbles seront fixés à l'aide de support (type RCSN ou CE40) sur les profilés multifonctionnels ou directement sur des tronçons de profilés ALKORPLAN 81600 soudés précédemment à cet effet tous les 1 500 mm en dehors du champ photovoltaïque (voir la Figure 12 et la Figure 13).

#### Passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment

- La pénétration des câbles au travers de la membrane se fera par l'intermédiaire de crosses de traversée de toit conformément au Document Technique d'Application ALKORPLAN F.

## 8.5 Mise en œuvre en toiture

### 8.51 Conditions préalables à la pose

Attention, il est indispensable de vérifier le dimensionnement de l'isolant thermique non porteur en sous-face du procédé en tenant compte des efforts localisés induits par le champ photovoltaïque (cf. § 8.62).

Dans le cas de la rénovation, il convient de déposer le complexe d'étanchéité (revêtement d'étanchéité et isolant) afin de se ramener à l'élément porteur maçonnerie ou au pare-vapeur adhérent en plein conformément au DTU 43.5 et ensuite, d'effectuer une mise en œuvre identique au cas d'une mise en œuvre sur bâtiment neuf.

### 8.52 Revêtement d'étanchéité

La mise en œuvre du revêtement d'étanchéité ALKORPLAN F et de l'isolation thermique doit être réalisée conformément au Document Technique d'Application ALKORPLAN F à l'exception des points suivants qu'il est nécessaire de respecter :

- La méthode de pose de la membrane ALKORPLAN F avec fixations intermédiaires par collage sur bandes n'est pas autorisée.
- La soudure chimique n'est pas autorisée avec ce procédé, sauf aux endroits inaccessibles avec un appareil de soudure thermique.
- Pour des raisons de circulabilité fréquente pendant l'installation et la maintenance du procédé, il est nécessaire d'utiliser des panneaux isolants ayant une classe de compressibilité C minimum selon l'UEAtc et une résistance à la compression à 10% de 70 kPa.
- Attention, il est également indispensable de vérifier le dimensionnement des isolants thermiques non porteurs en sous-face du procédé en tenant compte des efforts localisés induits par le champ photovoltaïque. Ainsi, en fonction de la pression admissible sous plot donnée dans le Document Technique d'Application (DTA) de l'isolant considéré pour une application dalle sur plot, le Tableau 1 indique quelle charge de neige normale maximale peut être admise sur le procédé ALKORSOLAR en daN/m².
- De plus, il convient d'adapter la densité de fixation du revêtement d'étanchéité de la manière suivante :
  - La densité et la répartition des fixations (voir le *§ 2.22*) sont calculées à partir de leur résistance caractéristique en fonction des actions du vent, par référence :
    - aux règles NV65 modifiées, en vent extrême,
    - aux dispositions du Groupe Spécialisé N° 5 en matière de résistance au vent (Cahier *du CSTB n° 3563, juin 2006*) avec une densité minimale de 3 fixations/m².
  - De plus, cette densité de fixation doit être calculée, dans tous les cas, comme pour un bâtiment ouvert (*du fait de l'effet du vent entre les modules photovoltaïques*).
  - Pour la répartition des fixations, on distingue différentes localisations en toiture. Le nombre de fixations se calcule en fonction de la zone de toiture et de la région climatique.
  - L'effort admissible du système de référence (*Wadmsr*) est limité à 792 N par fixation en zone non équipée de modules photovoltaïques et à 635 N en zone équipée de modules photovoltaïques pour une fixation de référence dont la résistance caractéristique (*Pk*) est au moins égale à 1 320 N (valeur issue de l'ETAG006).
  - L'ensemble de ces calculs, pour définir la densité des fixations mécaniques, doit être obligatoirement vérifié par RENOLIT France.

### 8.53 Sous-structure

La mise en œuvre de la sous-structure, puis des autres éléments du procédé, ne débute qu'après la réception de l'étanchéité.

#### 8.531 Calepinage

Le calepinage (réalisé par les sociétés RENOLIT et EDF ENR SOLAIRE) doit impérativement respecter une distance de 100 cm minimum autour du champ photovoltaïque et la périphérie de la toiture. De la même façon, une distance de 50 cm minimum autour des pénétrations en toiture doit être laissée libre de modules. Enfin, des circulations de 50 cm minimum de largeur doivent être prévues pour atteindre les équipements techniques disposés sur le toit (*voir la Figure 14*).

#### 8.532 Profilé ALKORPLAN 81600

##### *8.5321 Positionnement*

Les profilés ALKORPLAN 81600 sont positionnés dans le sens de la pente de la toiture, le long des soudures entre lés de la membrane (*les inserts ALKORPLUS 81601 ayant été insérés au préalable*) au regard du plan de calepinage préétabli. Les profilés doivent être positionnés sur le lé de membrane passant sous la soudure et ne doivent pas être éloignés de plus de 2 cm de celle-ci (*voir la Figure 15*).

Étant donné leur positionnement (*proche des lignes de fixation du revêtement d'étanchéité*), la distance maximale entre profilés ALKORPLAN 81600 est limitée à 0,95 m (*largeur du lé de 1,05 m moins le recouvrement de 10 cm*).

##### *8.5322 Assemblage par thermosoudure*

Étant donné que les natures du matériau PVC entre la membrane ALKORPLAN F et le profilé ALKORPLAN 81600 sont identiques, la thermosoudure de ces éléments doit être réalisée avec les mêmes exigences que celles décrites dans le Document Technique d'Application ALKORPLAN F.

Les profilés ALKORPLAN 81600 sont soudés à l'air chaud sur le revêtement d'étanchéité au niveau des ailes du profilé (*des deux côtés*).

La soudure se fait à l'aide d'une machine automatique adaptée : une machine à souder LEISTER Varimat & Varimat V2 adaptée à l'aide du kit ALKORPLUS® 81078 (*deux passes de soudure sont alors nécessaires*) ou la machine automatique RENOLIT ALKORPLUS 81079 Belton (*une seule passe pour souder les deux ailes du profilé*).

L'entrepreneur doit s'assurer qu'il y a une alimentation en électricité constante et suffisante sur la toiture (*puissance de la machine à souder, fil prolongateurs etc.…*).

Avant chaque reprise de chantier, il est procédé à un essai de soudure avec contrôle destructif par pelage manuel sur échantillon, afin de déterminer les bons réglages du matériel de soudure (*température, vitesse, alimentation électrique, …*). Le critère est la rupture de la membrane (*armature visible*) et non pas la soudure qui se pèle.

##### *8.5323 Contrôle des assemblages*

Comme pour le revêtement d'étanchéité, toutes les soudures doivent soigneusement être contrôlées avec une pointe sèche métallique que l'on déplace le long de la jonction. Ceci a lieu après refroidissement de la sou-

dure thermique. Les défauts sont notés au passage pour effectuer les reprises nécessaires.

#### 8.533 Profilé insert ALKORPLUS 81601

L'insert doit être mis en place dans le noyau vide du profilé ALKORPLAN 81600 dans le sens vertical (*hauteur 25 mm : voir la Figure 11*) et ce, avant la thermosoudure du profilé ALKORPLAN 81600. La longueur minimale à utiliser est de 50 cm.

Pour obtenir une bonne répartition des efforts sur la toiture, les raccords entre les inserts dans une même ligne doivent se décaler d'au moins 50 cm par rapport aux joints des profilés ALKORPLAN 81600 (*voir la Figure 16*).

Il est conseillé de démarrer avec une longueur complète en profilé ALKORPLAN 81600 et une demi-longueur en profilé insert ALKORPLUS 81601. Le reliquat d'insert aluminium en fin de rangée est à utiliser au début de la rangée suivante, de manière à ce que la répartition des joints reste continue.

L'ensemble des inserts et des profilés ALKORPLAN 81600 d'une même ligne doivent être préparés à l'avance, puis déposés pour être soudés directement sur la membrane.

#### 8.534 Traitement des dilatations thermiques

Au-delà de 12 m de profilés ALKORPLUS 81601 dans le sens vertical (*hauteur du champ photovoltaïque*), il est nécessaire de prendre en compte leur dilatation thermique en respectant un écart de 40 mm avant de reprendre la mise en place des profilés ALKORPLAN 81600 et de ses profilés inserts ALKORPLUS 81601.

### 8.54 Structure support

#### 8.541 Profilé multifonctionnel ALKORPLUS 81631

Les profilés multifonctionnels constituent l'armature de la structure support des modules photovoltaïques (*voir la Figure 17*).

Ils sont positionnés perpendiculairement aux profilés ALKORPLAN 81600 et fixés à l'aide d'une attache ALKORPLUS 81632 de part et d'autre du profilé (*deux attaches pour une fixation*).

La distance entre profilés ALKORPLUS 81631 est de 0,7895 m : voir la Figure 18.

La fixation d'une attache sur un profilé ALKORPLAN 81600 s'effectue grâce à une vis ALKORPLUS 81602-005 dans le premier percement prévu à cet effet près du rail multifonctionnel. Le deuxième percement est à utiliser en cas d'échec du premier. Les vis traversent les profilés multifonctionnels pour se fixer dans les profilés inserts 81601.

Les rails multifonctionnels ne doivent pas être positionnés en porte-à-faux par rapport aux profilés ALKORPLAN 81600 : une distance de 10 cm par rapport au profilé PVC est toutefois possible pour permettre une tolérance de pose.

#### 8.542 Raccords profilés ALKORPLUS 81634

Les joints de dilatation ALKORPLUS 81634 sont des raccords permettant de relier deux profilés multifonctionnels entre eux. Il s'agit de manchons rectangulaires qui viennent se glisser à l'intérieur de la section des profilés. Étant donné la géométrie des profilés multifonctionnels, deux raccords sont nécessaires pour combler les deux noyaux du profilé (*voir la Figure 19*).

Dans le cas d'un raccord en point fixe, une vis courte ALKORPLUS 81602-005 est utilisée pour fixer chaque côté de chaque pièce afin de bloquer les déplacements. Dans le cas d'un joint de dilatation, les deux pièces de raccord sont uniquement fixées d'un côté.

#### 8.543 Traitement des dilatations thermiques

Dans un champ photovoltaïque, il est nécessaire de mettre en place un joint de dilatation entre deux profilés multifonctionnels environ tous les 12,50 m, en correspondance avec un multiple de la dimension des modules.

Cela signifie que les profilés éventuellement mis bout à bout avant cette dimension sont reliés en point fixe à l'aide des raccords profilés ALKORPLUS 81634.

Pour le joint de dilatation, les deux profilés reliés doivent être écartés de 40 mm et le raccord profilé ALKORPLUS 81634 ne doit être fixé que sur un des profilés.

Note : attention, un même module ne doit pas être fixé à cheval au-dessus d'un joint de dilatation ALKORPLUS 81634.

### 8.55 Pose des modules photovoltaïques

Les modules sont toujours disposés en mode portrait, maintenus par les pinces oméga sur leur plus grande dimension et donc, perpendiculaires aux profilés ALKORPLUS 81631.

Les modules sont montés sur les profilés multifonctionnels ALKORPLUS 81631 (*voir la Figure 20*) à l'aide des pinces oméga. Chaque module est maintenu par 4 pinces.

Il y a lieu de toujours garder une distance de 2 cm entre chaque module photovoltaïque : cette distance est garantie par la géométrie des attaches.

Attention, un même module ne doit pas être fixé de part et d'autre d'un joint de dilatation ALKORPLUS 81634.

Les pinces oméga doivent être utilisées sur le grand côté (mode portrait). Elles sont alors positionnées sur la longueur des modules, à une distance de chaque extrémité du bord du cadre (voir la Figure 21) d'une valeur de 0,385 m.

La fixation de ces pinces oméga sur les rails multifonctionnels est réalisée par un boulon M6 x 30 mm en acier inoxydable A2-70 avec rondelle Grower (*vis CHC + rondelle + écrou rail).*

Pour assurer un serrage suffisant de ces boulons, il est nécessaire d'appliquer un couple minimum de 1,85 N.m (*soit un cran n°2 sur une visseuse*).

En bord de champ, les pinces de rive doivent pouvoir être placées à 3 cm minimum de l'extrémité des rails multifonctionnels ou d'un chemin de câbles fixé sur ces rails.

## 9. Formation

### 9.1 Étanchéité de toiture et mise en œuvre du système de montage

La mise en œuvre du procédé ALKORSOLAR STP est assurée par des entreprises d'étanchéité qualifiées, disposant sur le chantier de soudeurs agréés par RENOLIT FRANCE.

Chaque nouveau soudeur reçoit, avant travaux, une formation théorique et pratique par l'école de pose CIFEM. Ce stage peut faire l'objet d'une convention dans le cadre de la formation professionnelle continue.

Elle est réalisée à l'école de pose située à Oudenaarde (*Belgique*) ou dans les locaux de l'entreprise si la structure le permet. Cette formation porte sur la réalisation et le contrôle des soudures, et sur les diverses techniques de pose. Elle est suivie par une formation sur chantier adaptée aux travaux proprement dits, qui dure jusqu'à parfaite assimilation.

A l'issue de cette formation et après vérification sur chantier, des certificats nominatifs, annuels, reconductibles, sont remis aux stagiaires ayant fait la preuve de leurs capacités professionnelles (*cf. § 1.2 du CPTC, Fascicule du CSTB 3502, avril 2004*).

La validation du partenaire sera effectuée après une expérience réussie, dans le cadre d'un chantier complexe, réalisé en partenariat avec EDF ENR SOLAIRE /RENOLIT.

Dans tous les cas et pour le premier chantier ALKORSOLAR STP, une assistance spécifique sera apportée par RENOLIT permettant ainsi au partenaire étancheur d'acquérir les standards de pose du procédé.

### 9.2 Pose des modules photovoltaïques et raccordements électriques

Un chargé d'affaires de la société EDF ENR SOLAIRE assure la conduite de travaux dans son intégralité du point de vue électrique, c'est-à-dire : pose des modules, des chemins de câble, du câblage, et de tout l'aval (*onduleurs, partie AC, raccordement : hors du champ de l'Avis Technique*).

C'est lui qui est en charge de la formation, spécifique au procédé, de l'entreprise de pose, si elle est extérieure. Dans ce cas, l'entreprise n'est agréée par EDF ENR SOLAIRE que si elle dispose de références satisfaisantes dans le même type d'ouvrage.

On considèrera comme référence satisfaisante un chantier :

- De taille > 50 kWc,
- Disposant d'un CONSUEL,
- Disposant d'un avis favorable d'un bureau de contrôle,
- Disposant d'un avis favorable du maître d'ouvrage.

## 10. Distribution et assistance technique

La commercialisation ainsi que la mise en œuvre du procédé se fait exclusivement au travers d'un réseau de partenaires RENOLIT / EDF ENR SOLAIRE.

Les éléments du procédé relatifs à l'étanchéité de la toiture et au système de montage sont fournis par la société RENOLIT tandis les éléments relatifs aux modules photovoltaïques sont fournis par la société EDF ENR SOLAIRE (*voir le § 2*).

Le service technique de la société RENOLIT FRANCE assure, sur demande, une assistance technique à la réalisation de l'ouvrage, tant au niveau de la conception (*choix du mode de pose, calcul des éléments de fixation*) qu'à celui de la mise en œuvre sur chantiers (*démonstration, monitorat : cf. § 1.3 du CPTC, Fascicule du CSTB 3502, avril 2004*).

Le service technique de la société EDF ENR SOLAIRE assure une assistance technique par l'intermédiaire d'un chargé d'affaires pour encadrer, vérifier, superviser et accompagner le travail de l'entreprise sous-traitante sur le chantier (*cf. § 9.2*). De plus, l'intégralité du dossier d'exécution de la partie électrique, ainsi que la constitution du Dossier des Ouvrages Exécutés est effectuée par EDF ENR SOLAIRE qui met son bureau d'études en support technique dans tous les cas.

## 11. Utilisation, entretien et réparation

### 11.1 Circulation en toiture

Il est nécessaire de prévoir des chemins de circulation adaptés avec platelage de répartition et une protection collective périphérique.

La signalisation et la protection de ces chemins de circulation peut être effectuée à l'aide de la membrane ALKORPLAN® F WW qui est placée sur l'étanchéité ALKORPLAN® F, soudée au solvant en son centre et thermosoudée en périphérie. Elle permet de réaliser, signaler et de protéger un chemin de circulation ou des zones techniques en toiture.

De plus, le calepinage du champ photovoltaïque doit impérativement respecter une distance de 100 cm minimum autour du champ photovoltaïque. De la même façon, une distance de 50 cm minimum autour des pénétrations en toiture doit être laissée libre de modules. Enfin, des circulations de 50 cm minimum de largeur doivent être prévues pour atteindre les équipements techniques disposés sur le toit.

### 11.2 Entretien de la membrane d'étanchéité

L'entretien de la membrane est réalisé en suivant les normes P 84 série 200 (*réf. DTU série 43*) et le Cahier du CSTB 3502 d'avril 2004. Ce revêtement peut être facilement réparé en cas de blessure accidentelle.

Il convient toutefois de nettoyer au moins deux fois par an (*avant le début de l'hiver et au printemps*) la membrane (*eau, souffleur…*), de sorte à éviter autant que possible l'accumulation locale de salissures (*feuilles d'arbres, humus, polluants, …*) sur la membrane et en contact avec les profilés.

En fonction de l'environnement du bâtiment et afin de limiter l'accumulation de feuilles d'arbres et d'humus sous les modules, un grillage pourra être installé en périphérie des champs photovoltaïques.

Pour des raisons de sécurité électrique, l'entretien devra se faire en coordination avec la société titulaire du contrat de maintenance du procédé photovoltaïque.

Cas d'une pose sur toitures-terrasses avec pente nulle

Dans ce cas, le grillage synthétique (cf. §3) en périphérie du champ photovoltaïque devient obligatoire. La fixation de ce grillage devra être effectuée à l'aide d'une vis autoforeuse ALKORPLUS 81602-005 et conformément à *la Figure 22*.

Les profilés ALKORSOLAR seront bouchés aux extrémités de lignes (*voir la Figure 23*) :

- soit à l'aide de pièces de membranes ALKORPLAN D ou ALKORPLAN F. La pièce (15 cm par 15 cm) sera soudée manuellement sur la membrane et sur le profilé comme toutes pièces de détail.
- soit en découpant le profilé à l'extrémité puis en le repliant et en le soudant sur lui-même à l'aide d'un appareil de soudage manuel.

De plus, une ou deux fois par an, il conviendra de déposer les modules photovoltaïques éventuellement situés au-dessus des entrées pluviales pour vérifier le bon écoulement de ces dernières. Par la même occasion, il conviendra de nettoyer les trop-pleins et grilles de protection et dégager les détritus au jet d'eau en évitant toutefois de projeter de l'eau au-dessus des relevés.

### 11.3 Entretien du procédé photovoltaïque

L'entretien du procédé photovoltaïque se fera dans le cadre d'un contrat d'exploitation et de maintenance proposé par EDF ENR SOLAIRE. Il sera effectué annuellement, et conjointement à l'entretien de la membrane : un nettoyage des modules pourra ainsi être effectué. La marche ou la circulation directe sur les modules est interdite.

Lors de la visite annuelle, l'entreprise chargée de l'entretien veillera à :

- l'examen général des faces visibles des modules ;
- l'enlèvement des boues, herbes, feuilles mortes et détritus, sur les modules et chemins de câbles ;
- l'examen des fixations (pinces, visserie), notamment aux extrémités et joints de dilatation des rails multifonctionnels ;
- l'examen des câbles, notamment dans les chemins de câbles et en périphérie du champ solaire ;
- l'examen des autres équipements électriques (onduleurs, coffrets), de leur support et fixation.

Dans le cas de modules posés sur toitures plates (*0°*), deux visites par an devront être réalisées et une attention toute particulière sera portée sur :

- le niveau d'encrassement général des modules,
- l'enlèvement des boues, herbes, feuilles mortes et détritus, sur les modules : en cas d'encrassement excessif et adhérent, notamment contre le cadre des modules, un nettoyage avec appareillage spécifique (nettoyeuse à brosses) pourra être réalisé sur modules.

Le personnel de la société retenue pour les opérations de nettoyage devra avoir reçu une formation adaptée aux risques inhérents aux procédés photovoltaïques.

### 11.4 Remplacement d'un module photovoltaïque

En cas d'endommagement d'un module photovoltaïque, il convient de le remplacer. L'intervention sera effectuée par EDF ENR SOLAIRE ou par une entreprise sous-traitante agréée par EDF ENR SOLAIRE en respectant la procédure suivante :

- Déconnecter le(s) onduleur(s) du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre le(s) onduleur(s) et le compteur de production.
- Ensuite, déconnecter le champ photovoltaïque en ouvrant l'interrupteur/sectionneur DC placé entre le champ photovoltaïque et le(s) onduleur(s).
- Si l'installation présente un risque de défaut d'isolement, des dispositions de protection des personnes devront être prises (EPI) et les intervenants devront disposer d'une habilitation BR.
- Déconnecter la mise à la terre du cadre du module endommagé.
- Le démontage est réalisé par dévissage des vis serrant les pinces oméga et par retrait de la visserie (vis, rondelles) et des pinces. Le module peut ensuite être redressé afin d'accéder aux câbles de connexion, qui sont à débrocher. Il est à noter qu'il n'est pas autorisé de circuler sur les modules photovoltaïques. En conséquence, il est nécessaire de dégager un passage en démontant les modules photovoltaïques se trouvant sur le chemin le plus court vers le module endommagé.
- Le montage du nouveau module sera réalisé conformément à la mise en œuvre décrite dans le présent Dossier Technique.
- Connecter la mise à la terre du cadre du nouveau module au collecteur de terre principal.
- Il y a lieu de vérifier le bon positionnement des modules adjacents au(x) module(s) remplacé(s), avant serrage des pinces. Lors d'une opération de maintenance, un module peut être déconnecté sans que la liaison équipotentielle des autres modules n'en soit affectée puisque les cadres sont reliés en parallèle à la liaison équipotentielle des masses.
- Après vérification du bon fonctionnement de la série de modules concernés avec mesure de sa plage de tension en circuit ouvert et vérification de l'adéquation de cette tension avec la plage d'entrée de l'onduleur, reconnecter le champ photovoltaïque en enclenchant l'interrupteur/sectionneur DC.
- Enfin, reconnecter l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

# B. Résultats expérimentaux

- Essais de caractérisation mécaniques au CSTB : tenue au pelage des soudures des profilés ALKORPLAN 81600 sur la membrane et résistance en traction des vis ALKORPLUS 81602-005 dans le profilé insert ALKORPLUS 81601.
- Le procédé avec le système de profilés multifonctionnels a été soumis à un essai de caisson au vent selon l'ETAG 006 par le CSTC.
- Un essai de chargement ascendant répété (essai de fatigue) a été réalisé au CSTB sur le procédé.
- Les modules "SPR-Eyy-xxx", "SPR-Eyy-xxx"-z, "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z ont été testés selon la norme NF EN 61215 : Qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques par le TÜV Rheinland.
- Les modules "SPR-Eyy-xxx", "SPR-Eyy-xxx"-z, "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z ont été testés selon la norme NF EN 61730 et certifiés comme étant de Classe de sécurité électrique II et appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par le laboratoire TÜV Rheinland.
- Le procédé avec ses modules photovoltaïques "SPR-E20-xxx" en mode portrait a été testé par le CEBTP selon la norme NF EN 12179 pour un essai de résistance à la pression du vent (*Rapport N°BEB1.D.4023-2/2*).

# C. Références

## C1. Données environnementales et sanitaires[1]

Le procédé ALKORSOLAR STP ne fait pas l'objet PEP (Profil Environnemental des Produits) ou d'une FDES (Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire).

Les données issues des PEP ou 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.

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

## C2. Autres références

Le système ALKORSOLAR STP est utilisé depuis août 2008 en France toutes applications confondues.

Sur éléments support béton, 4 000 m² ont été mis en œuvre, avec des modules SUNPOWER "SPR-Eyy-xxx", "SPR-Eyy-xxx"-z, "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z de puissances crêtes égales à 310 Wc, 320 Wc, 327 Wc, 335 Wc, 345 Wc ou 360 Wc

Le revêtement d'étanchéité ALKORPLAN F est utilisé depuis 1981 et ses premières applications en France remontent à 1986.

# Tableaux et figures du Dossier Technique

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

***Tableau 1 - Guide de choix pour la vérification des isolants (cf. DTA pour application dalle sur plots) utilisés en sous-face du procédé***

| ***Pression admissible sous chaque plot pour un tassement absolu de 2 mm (kPa)*** | ***Charge climatique maximale sur le procédé ALKORSOLAR (daN/m²)*** |
|---|---|
| | ***Modules "SPR-Eyy-xxx" et "SPR-Eyy-xxx"-z "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa"-z*** |
| | ***Modules installés en mode portrait*** |
| **20** | 22,0 |
| **30** | 40,8 |
| **40** | 59,5 |
| **50** | 78,3 |
| **60** | 97,0 |
| **70** | 115,8 |
| **71** | 118 |

***Tableau 2 - Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique***

| **Matériau** | **Revêtement de finition sur la face exposée** | **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* (<3 km)* | *Mixte* | |
| Aluminium | - | • | • | □ | • | • | □ | □ | □ |

*Les expositions atmosphériques sont définies dans l'annexe A de la norme XP P 34.301, NF P 24-351.*

*• : 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.*

***Tableau 3 – Nomenclature et référence des pièces constituant les deux systèmes de montage du procédé***

| **Description** | **Article** | **Qualité** | **Longueur (mm)** | **Largeur (mm)** | **Hauteur (mm)** | **Épaisseur (mm)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sous-structure** | | | | | | |
| **Profilé PVC** | **ALKORPLANS 81600** | PVC souple | 3 000 | 80 | 33 | 3 |
| **Profilé insert** | **ALKORPLUS 81601** | ALU | 3 000 | 20 | 25 | 2 |
| **Système de profilés multifonctionnels** | | | | | | |
| **Profilé multifonctionnel** | **ALKORPLUS 81631** | ALU | 6 000 | 40 | 43 | Min. 2 |
| **Attache** | **ALKORPLUS 81632** | ALU | 50 | 30 | - | Min. 2,7 |
| **Joint de dilatation** | **ALKORPLUS 81634** | ALU | 300 | 10 | 22,3 | - |
| **Description** | **Article** | **Qualité** | **Diamètre (mm)** | **Longueur (mm)** | **Taille** | |
| **Fixations pour le système de profilés multifonctionnels** | | | | | | |
| **Vis** | **ALKORPLUS 81602.005** | INOX | 6 | 25 | SW8 | |

***Tableau 4 – Nature et fréquence des contrôles effectués sur le profilé ALKORPLAN 81600***

| **Profilé ALKORPLAN 81600** | | |
|---|---|---|
| **Propriétés** | **Exigence UEAtc** | **Fréquence appliquée** |
| Épaisseur (*sur les différents côtés du profilé*) | X | 1 x jour |
| Poids | X | 1 x 200 m |
| Largeur | X | 1 x jour |
| Stabilité dimensionnelle 10 min. 120 °C | X | 1 x 200 m |
| Stabilité dimensionnelle 6 h 80 °C | X | 1 x jour |
| Résistance à la rupture | X | 1 x jour |
| Allongement à la rupture | X | 1 x jour |
| Résistance au pelage des joints | X | 1 x jour |

***Tableau 5 : Composition du système de revêtement en fonction de l'élément support***

<table>
<tr><th colspan="4">REVÊTEMENTS APPARENTS</th></tr>
<tr><th>Elément porteur</th><th>Pente</th><th>Support direct ③</th><th>Complexe</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Maçonnerie A, B, C*<br>(conforme au DTU 20.12)<br>Béton cellulaire</td><td rowspan="3">PENTE MINIMALE<br>0 %<br>(maçonnerie)<br>ou<br>≥ 1 % (béton cellulaire) ①❶<br><br>PENTE MAXIMALE<br>20%</td><td>Maçonnerie<br>Béton cellulaire</td><td>Ecran de séparation mécanique ⑧<br>AlkorPlan® F</td></tr>
<tr><td>Perlite expansée (fibrée)<br>Polyuréthanne parementé</td><td>Ecran pare-vapeur ④❶<br>Isolant thermique<br>AlkorPlan® F</td></tr>
<tr><td>Perlite expansée (fibrée) surfacée bitume<br>Polystyrène expansé</td><td>Ecran pare-vapeur ④❶<br>Isolant thermique<br>Ecran de séparation chimique⑥<br>AlkorPlan® F</td></tr>
<tr><td colspan="4">①❶ La pente minimale est celle de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1), soit ≥ 0 %, ou des "Conditions générales d'emploi des dalles de toitures en béton cellulaire auto clavé armée" soit ≥ 1 %.<br>② Dans le cas d'un support en maçonnerie à pente nulle, les soudures seront confirmées obligatoirement au PVC liquide AlkorPlan® 81038.<br>③ Dans le cas d'un isolant thermique en support direct, l'isolant est fixé provisoirement avant la pose de la feuille<br>④❶ Pare-vapeur suivant la définition des normes NF P 84-204 (DTU 43.1), les "Conditions générales d'emploi des dalles de toitures en béton cellulaire auto clavé armée", un AlkorPlus® 81010/81012 ou un polyéthylène ≥ 0,30mm (cf. Tableau 2).<br>⑧ Géotextile de 300 g/m2 minimum.<br>* Avec dalle de compression.</td></tr>
</table>

## SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 – Schéma électrique des modules "SPR-Eyy-xxx", "SPR-Eyy-xxx-z", "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa-z" ..... 17
Figure 2 – Plans des pinces oméga pour fixation des modules photovoltaïques ..... 17
Figure 3 – Machine automatique à souder pour les profilés ALKORPLAN 81600 ..... 18
Figure 4 – Schéma de principe de la liaison équipotentielle des masses du procédé ..... 18
Figure 5 – Vue en coupe du profilé ALKORPLAN 81600 et de son insert ..... 18
Figure 6 – Vue en coupe du profilé multifonctionnel ALKORPLUS 81631 ..... 19
Figure 7 – Schéma des attaches ALKORPLUS 81632 ..... 19
Figure 8 – Schéma des raccords profilés ALKORPLUS 81634 ..... 20
Figure 9 – Dispositions relatives à la soudure des lés ..... 20
Figure 10 – Principe et détail d'une jonction de l'ALKORPLAN F avec sa fixation mécanique ..... 20
Figure 11 – Illustration de l'assemblage entre profilé ALKORPLAN 81600 et son insert ..... 21
Figure 12 – Illustration de la fixation des chemins de câbles par des supports type RSCN ..... 21
Figure 13 – Illustration de la fixation des chemins de câbles par des supports type CE 40 ..... 22
Figure 14 – Illustration des distances minimales à respecter pour le calepinage du champ photovoltaïque ..... 23
Figure 15 – Positionnement du profilé ALKORPLAN 81600 par rapport à la fixation mécanique du revêtement d'étanchéité ..... 23
Figure 16 – Illustration des emplacements entre le profilé ALKORPLAN 81600 et son insert ..... 24
Figure 17 – Schémas de principe de la mise en œuvre des profilés multifonctionnels ALKORPLUS 81631 ..... 24
Figure 18 – Positionnement des profilés multifonctionnels ALKORPLUS 81631 pour une pose des modules photovoltaïques ..... 24
Figure 19 – Mise en place des raccords profilés ALKORPLUS 81634 ..... 25
Figure 20 – Fixation des modules photovoltaïques avec le système de profilés multifonctionnels ..... 25
Figure 21 – Principe de mise en œuvre des modules photovoltaïques avec le système de profilés multifonctionnels ..... 25
Figure 22 – Illustration du mode de fixation du grillage en périphérie du champ photovoltaïque ..... 26
Figure 23 – Photos du mode de fermeture des profilés PVC dans le cas d'une pente nulle ..... 26

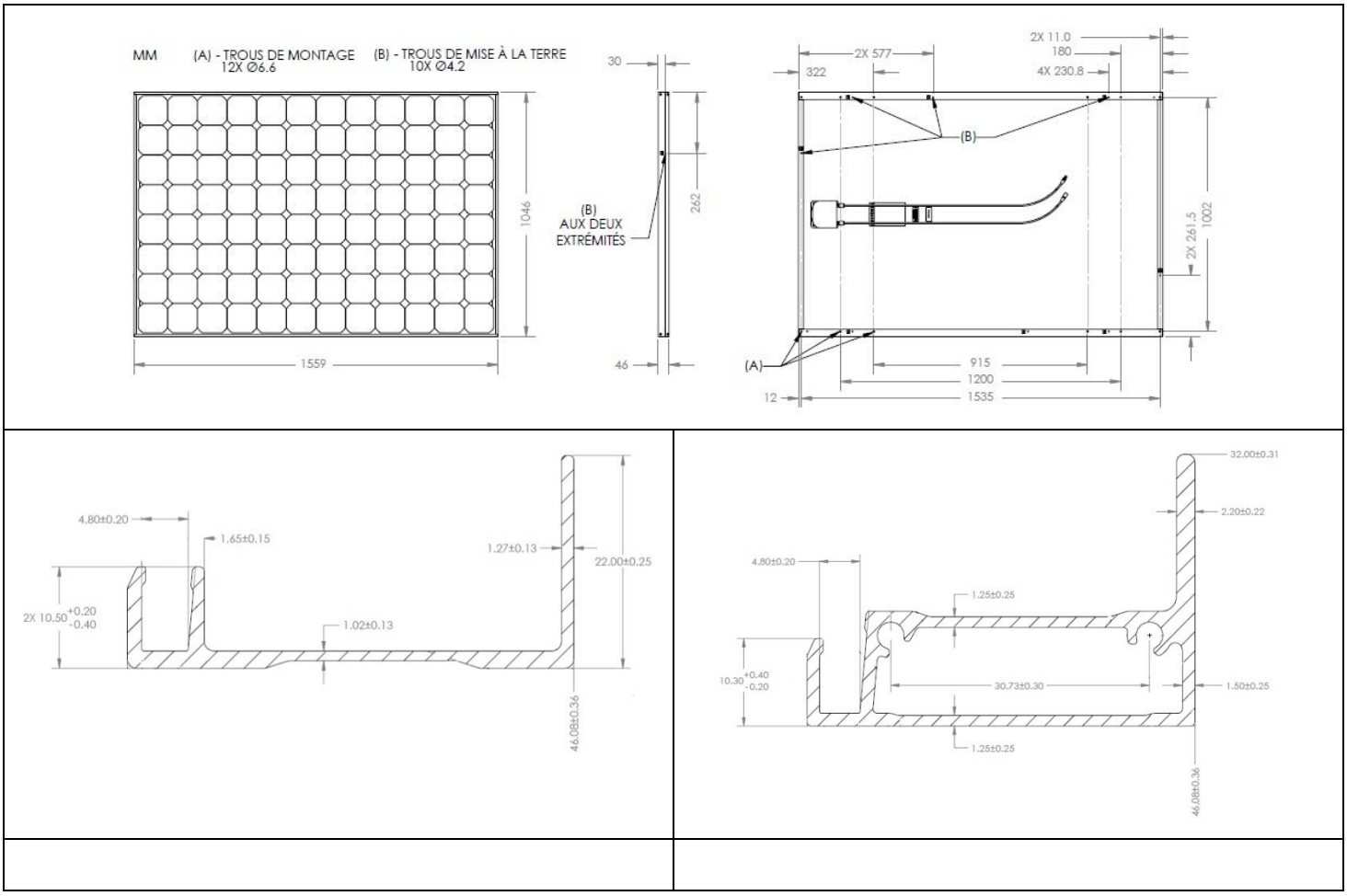
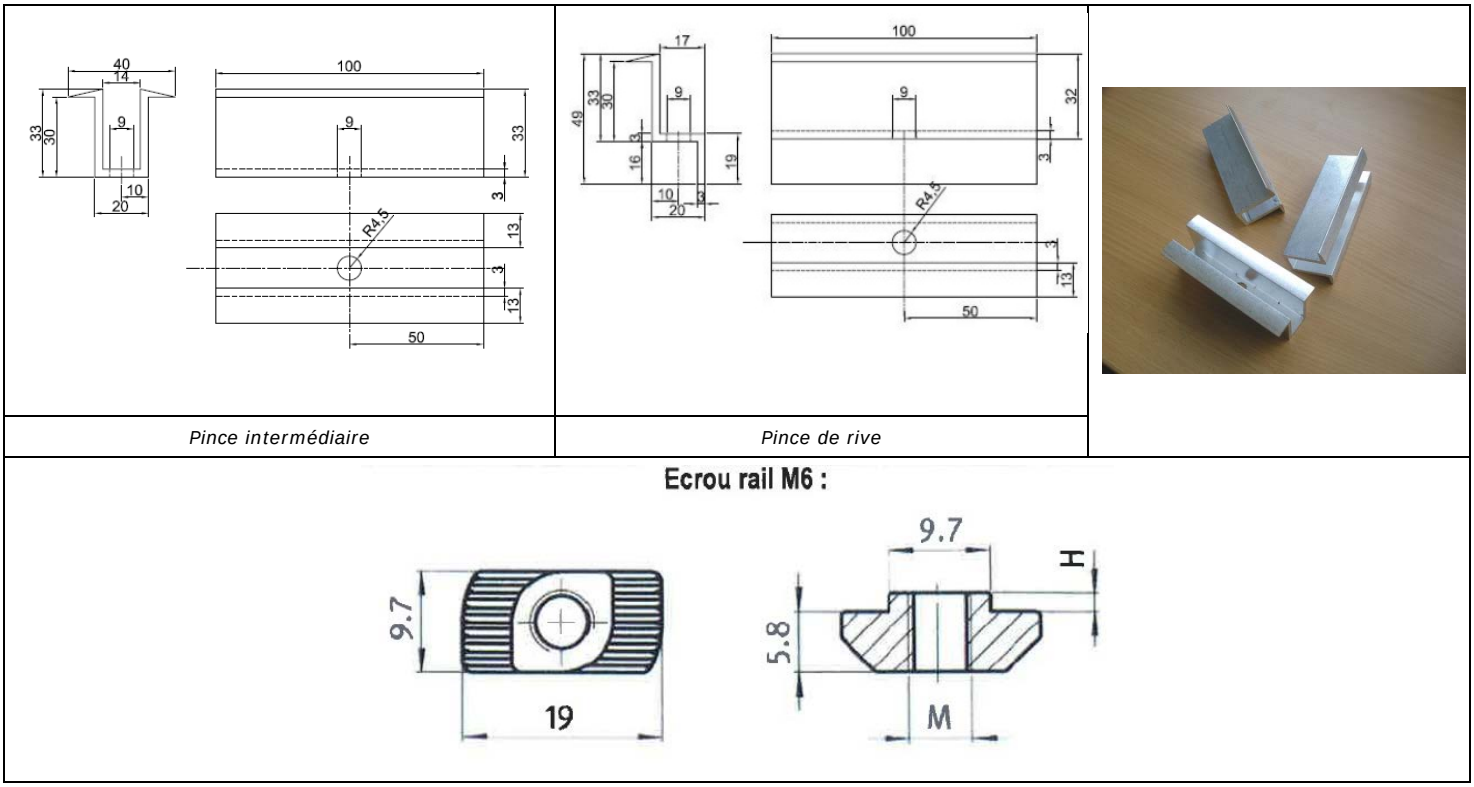



***Figure 1 – Schéma électrique des modules "SPR-Eyy-xxx", "SPR-Eyy-xxx-z", "SPR-Xvv-aaa" et "SPR-Xvv-aaa-z"***




*Pince intermédiaire*

*Pince de rive*

***Figure 2 – Plans des pinces oméga pour fixation des modules photovoltaïques***

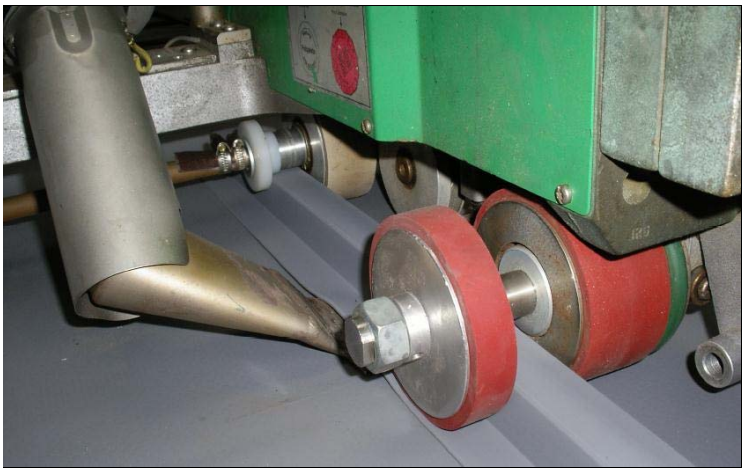


***Figure 3 – Machine automatique à souder pour les profilés ALKORPLAN 81600***

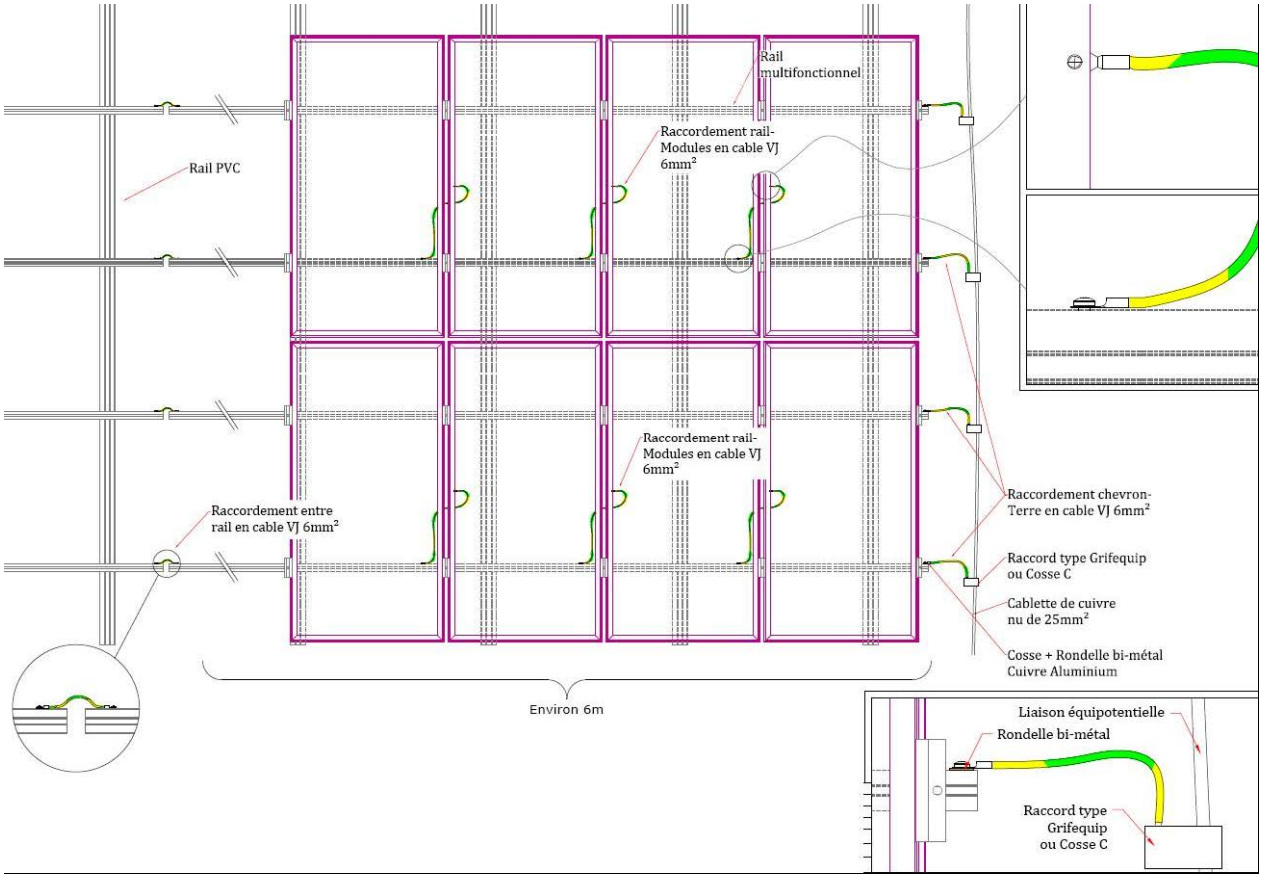
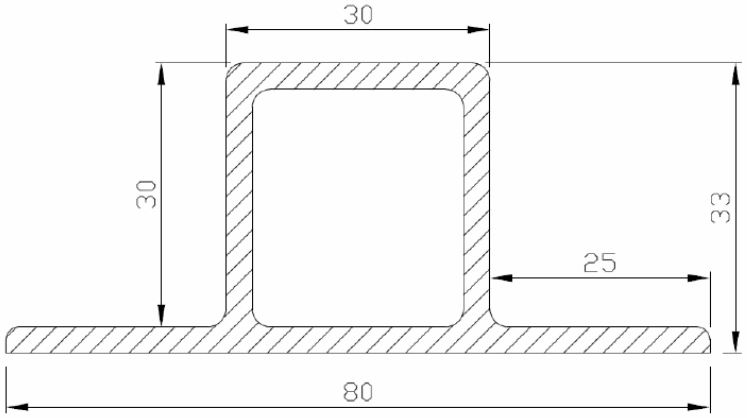
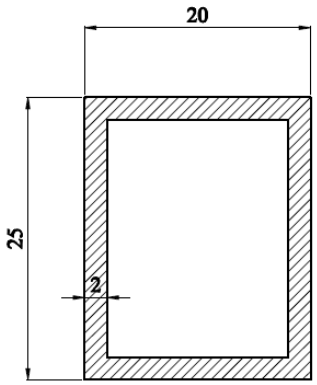



***Figure 4 – Schéma de principe de la liaison équipotentielle des masses du procédé***




*Profilé ALKORPLAN 81600*




*Profilé insert ALKORPLUS 81601*

***Figure 5 – Vue en coupe du profilé ALKORPLAN 81600 et de son insert***

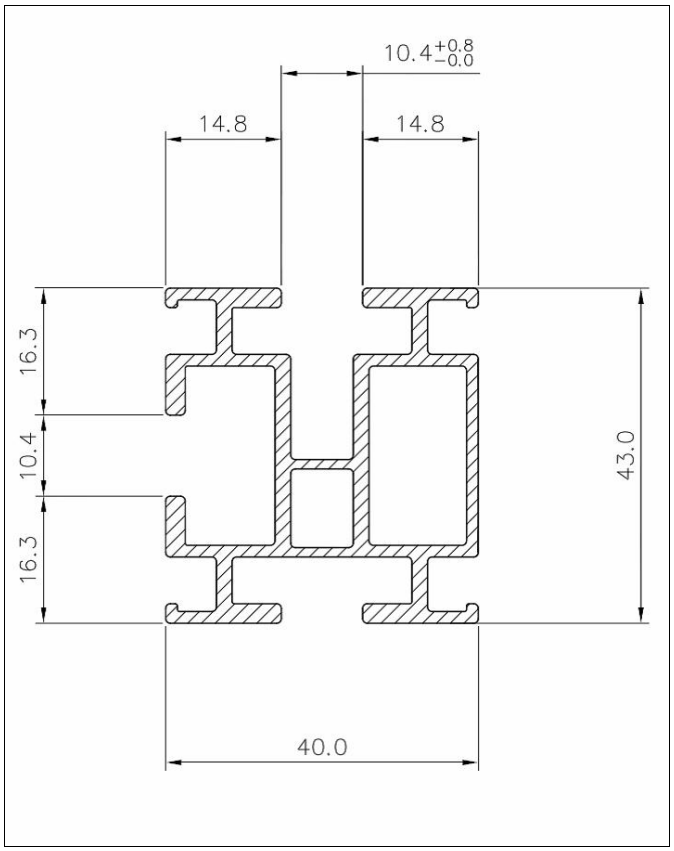



***Figure 6 – Vue en coupe du profilé multifonctionnel ALKORPLUS 81631***

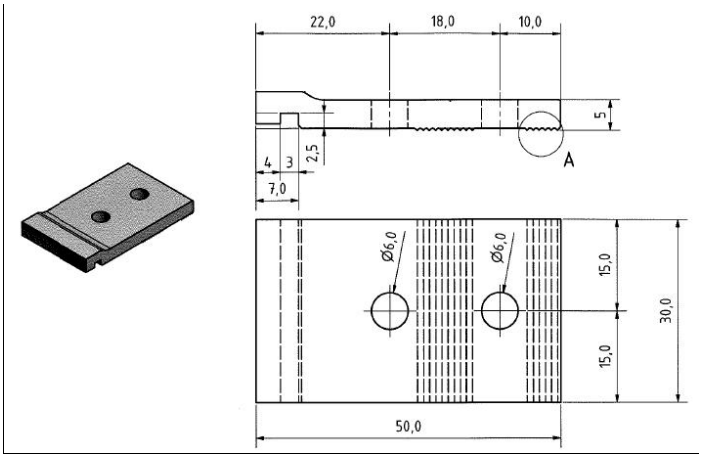



***Figure 7 – Schéma des attaches ALKORPLUS 81632***

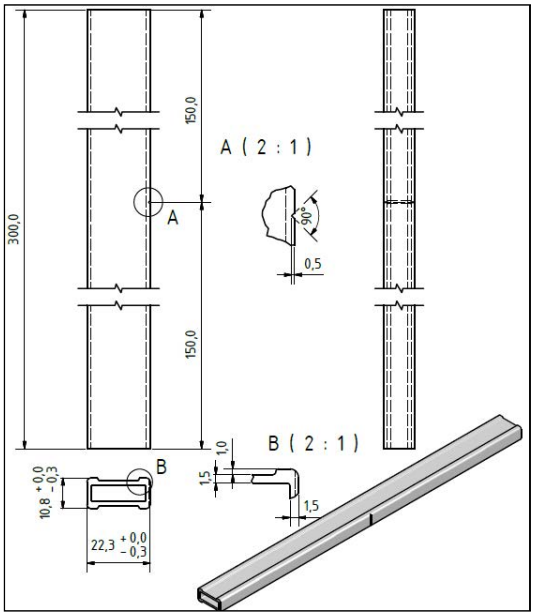



***Figure 8 – Schéma des raccords profilés ALKORPLUS 81634***

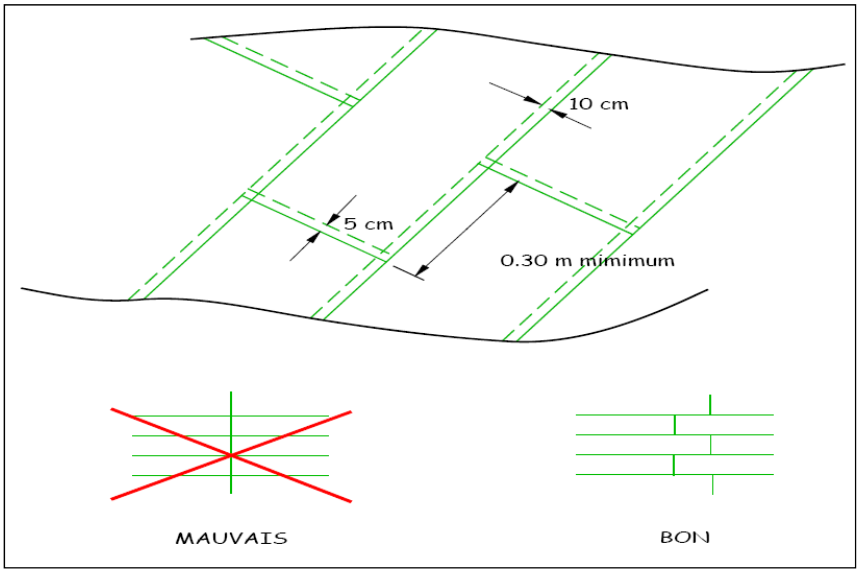



***Figure 9 – Dispositions relatives à la soudure des lés***

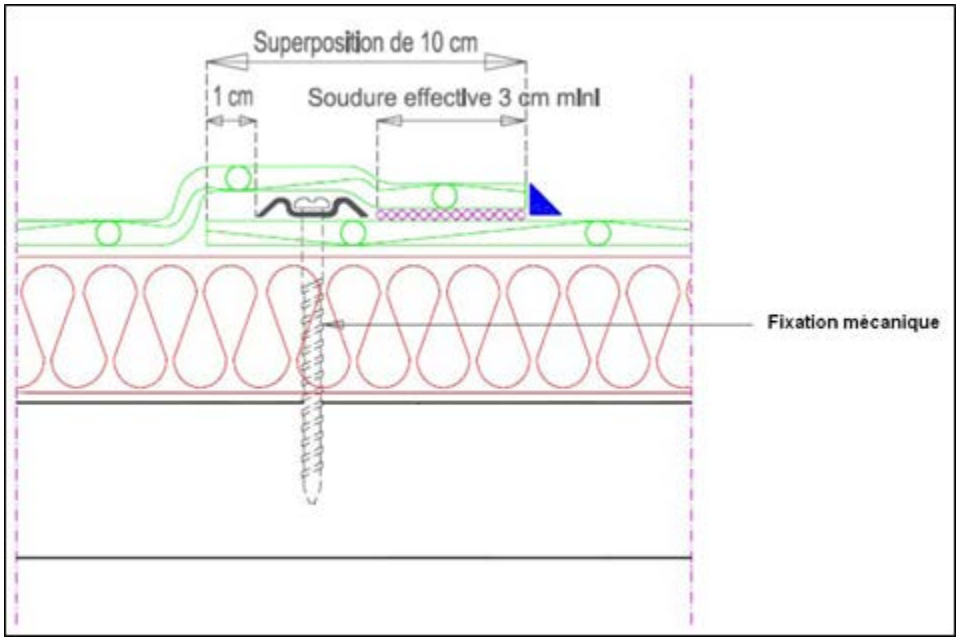



***Figure 10 – Principe et détail d'une jonction de l'ALKORPLAN F avec sa fixation mécanique***

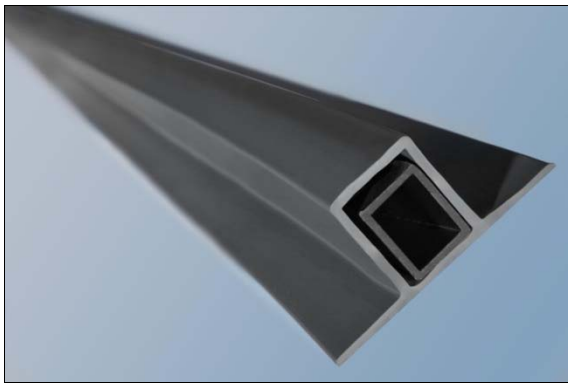
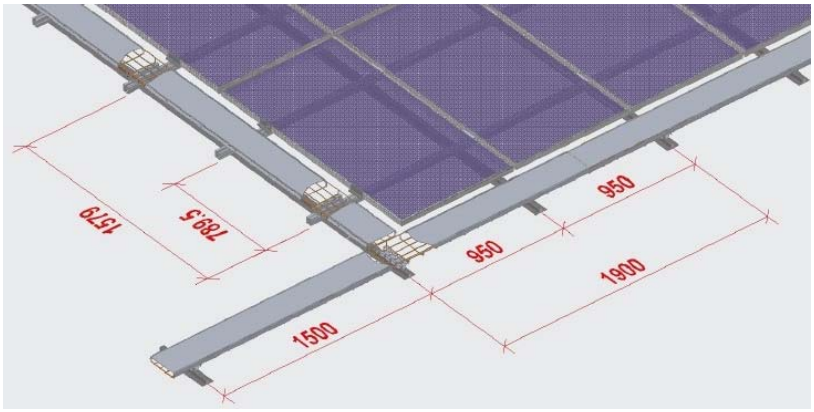


***Figure 11 – Illustration de l'assemblage entre profilé ALKORPLAN 81600 et son insert***




***Mise en œuvre du chemin de câbles***

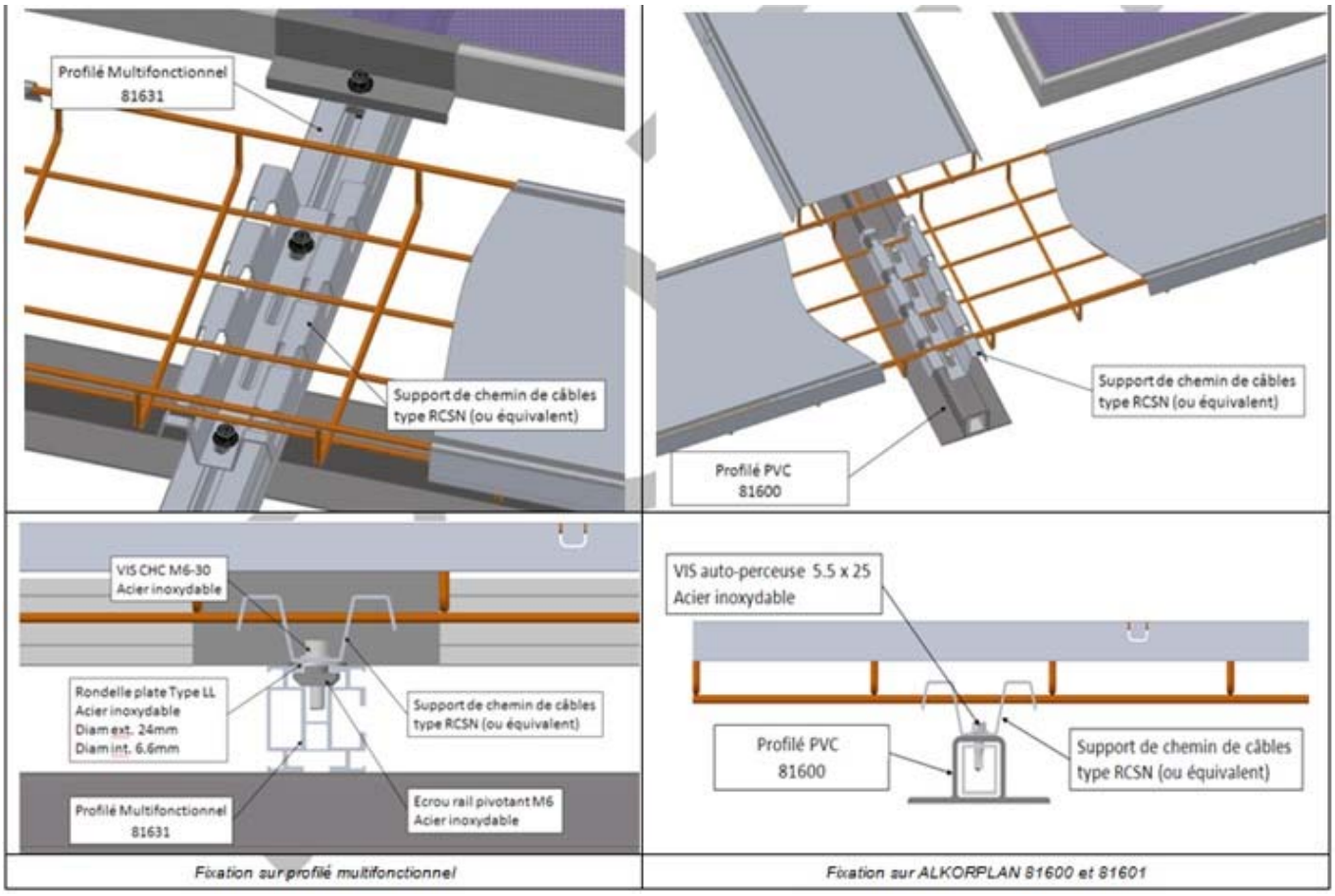
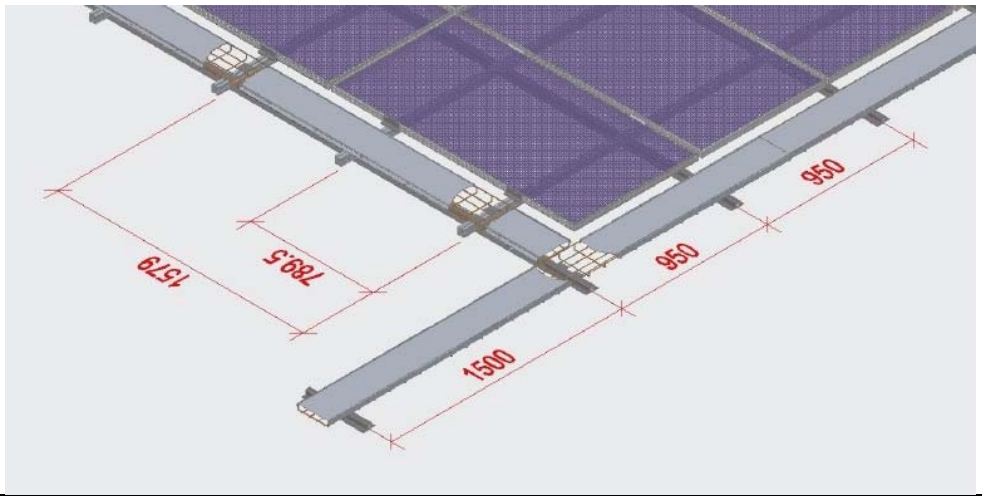



***Figure 12 – Illustration de la fixation des chemins de câbles par des supports type RSCN***




***Mise en œuvre du chemin de câbles***

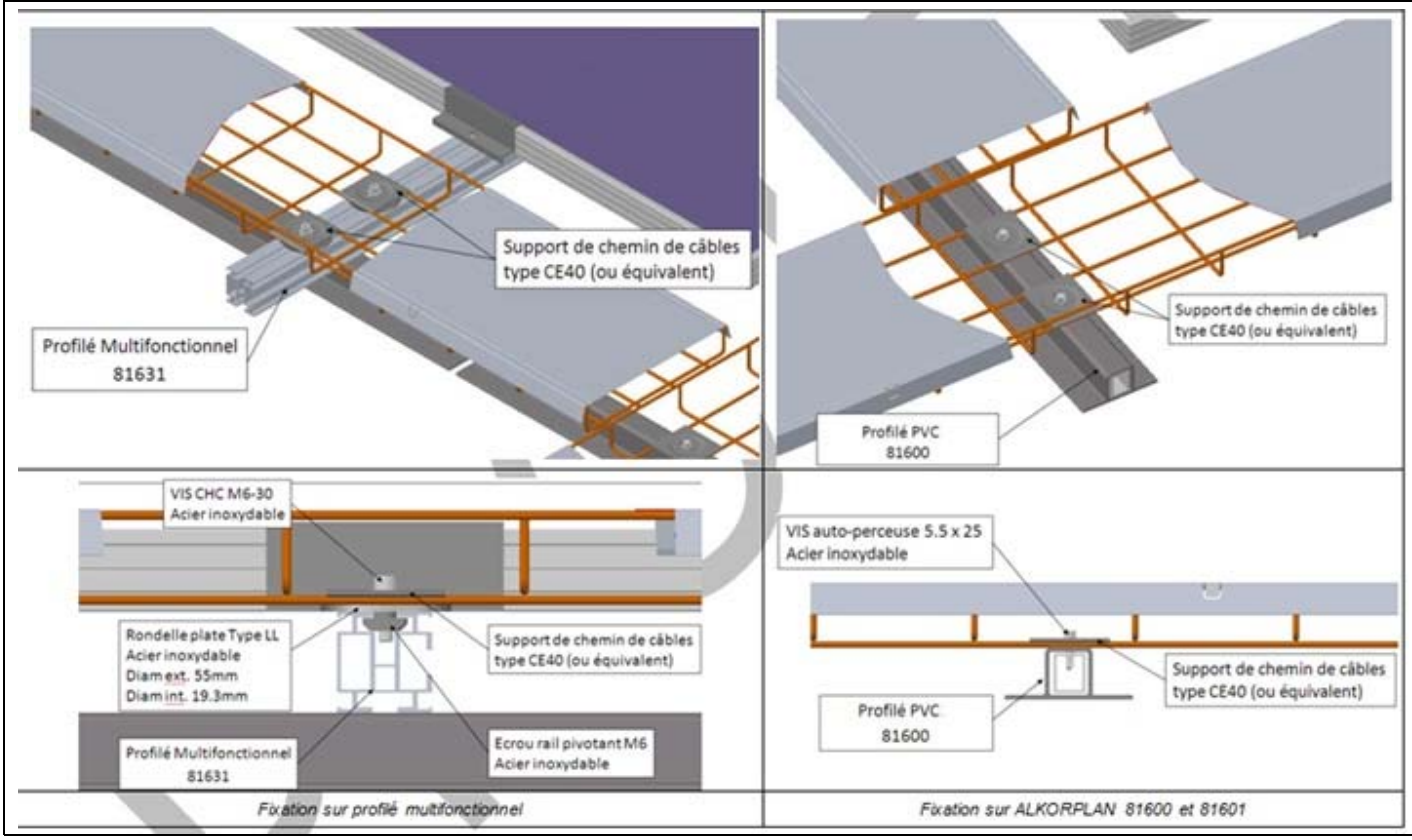



***Figure 13 – Illustration de la fixation des chemins de câbles par des supports type CE 40***

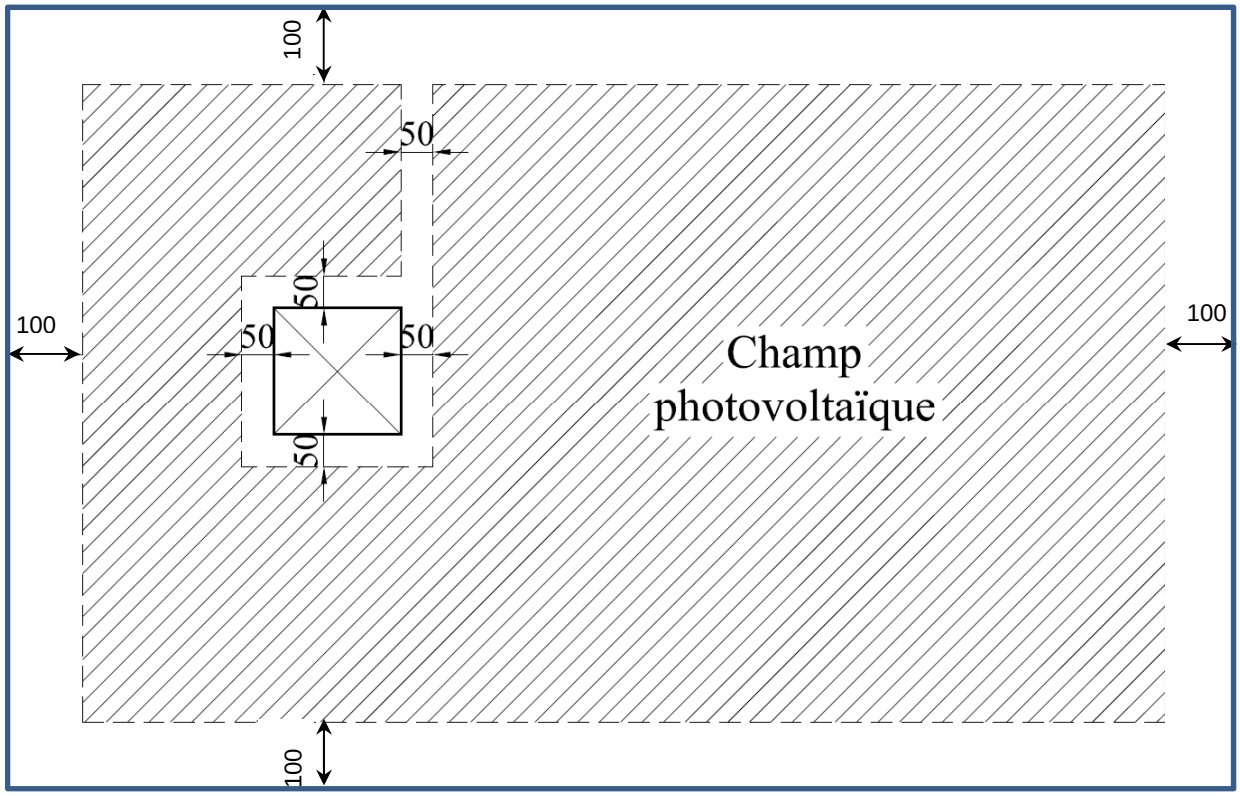



*Figure 14 – Illustration des distances minimales à respecter pour le calepinage du champ photovoltaïque*

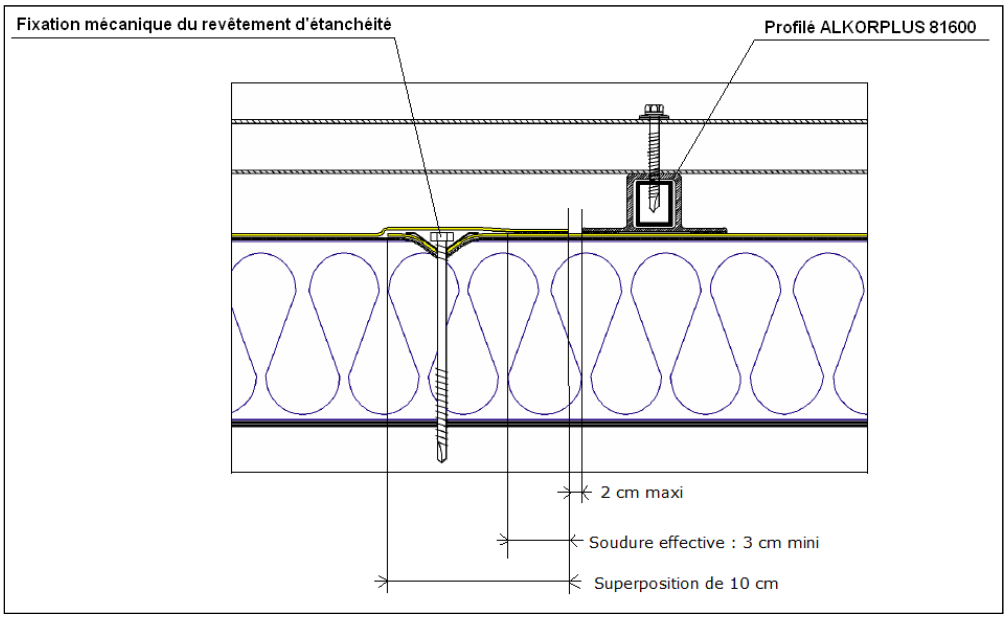



*Figure 15 – Positionnement du profilé ALKORPLAN 81600 par rapport à la fixation mécanique du revêtement d'étanchéité*

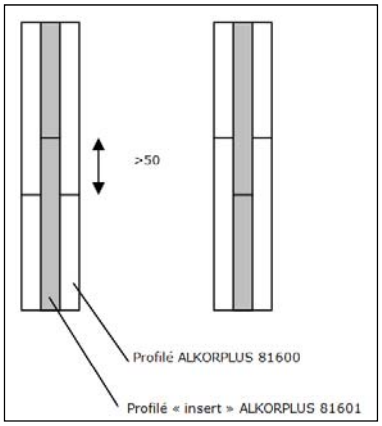



***Figure 16 – Illustration des emplacements entre le profilé ALKORPLAN 81600 et son insert***

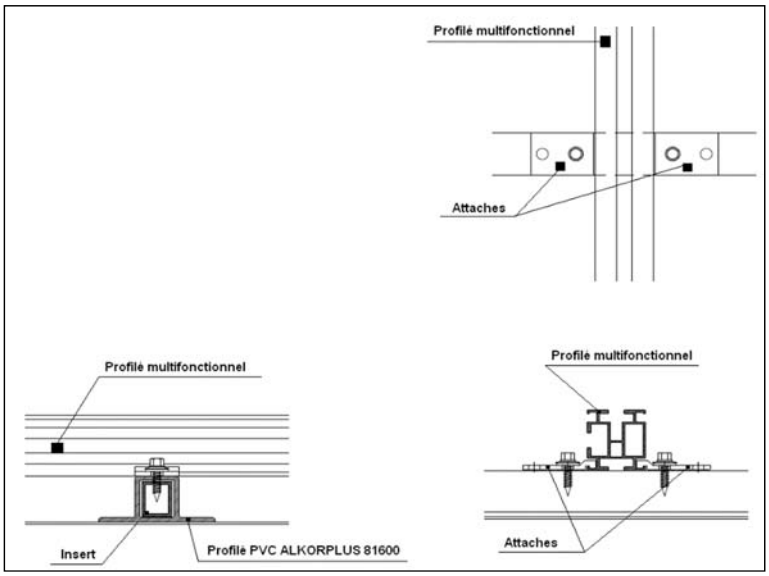



***Figure 17 – Schémas de principe de la mise en œuvre des profilés multifonctionnels ALKORPLUS 81631***

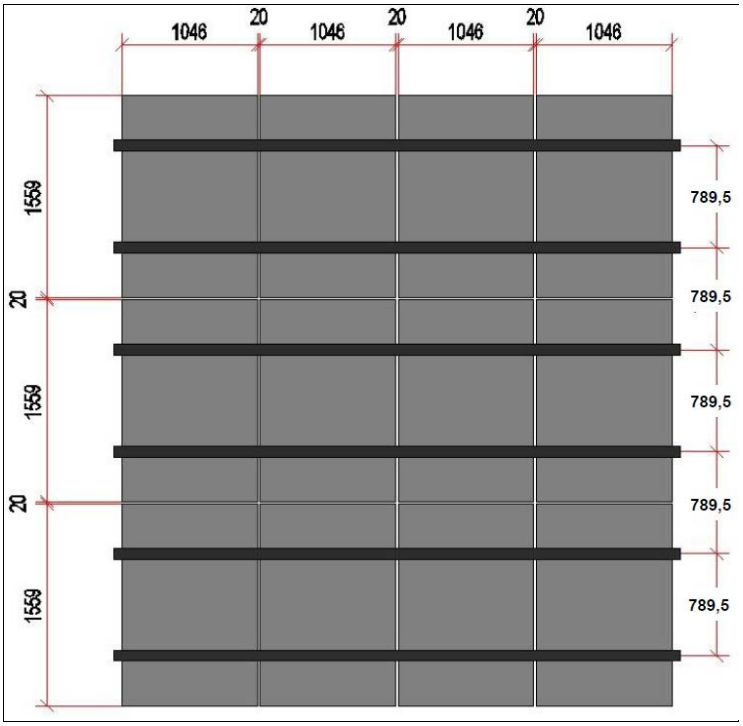



***Figure 18 – Positionnement des profilés multifonctionnels ALKORPLUS 81631 pour une pose des modules photovoltaïques***

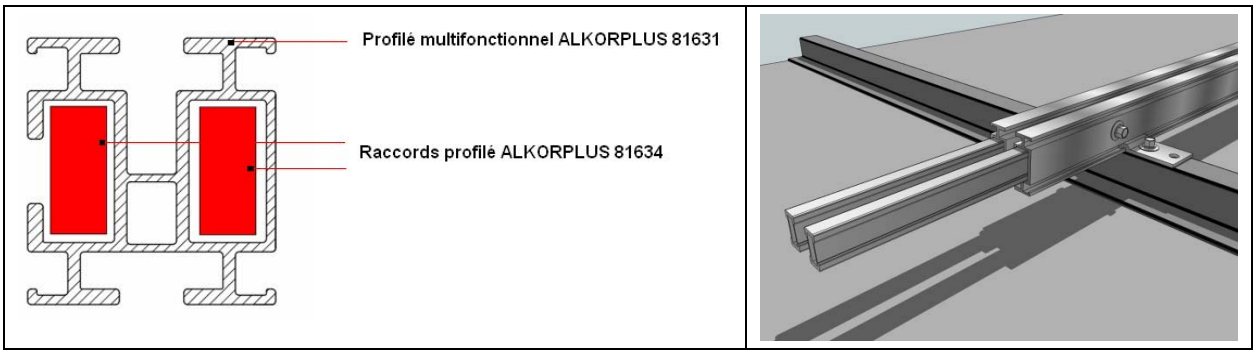



*Figure 19 – Mise en place des raccords profilés ALKORPLUS 81634*

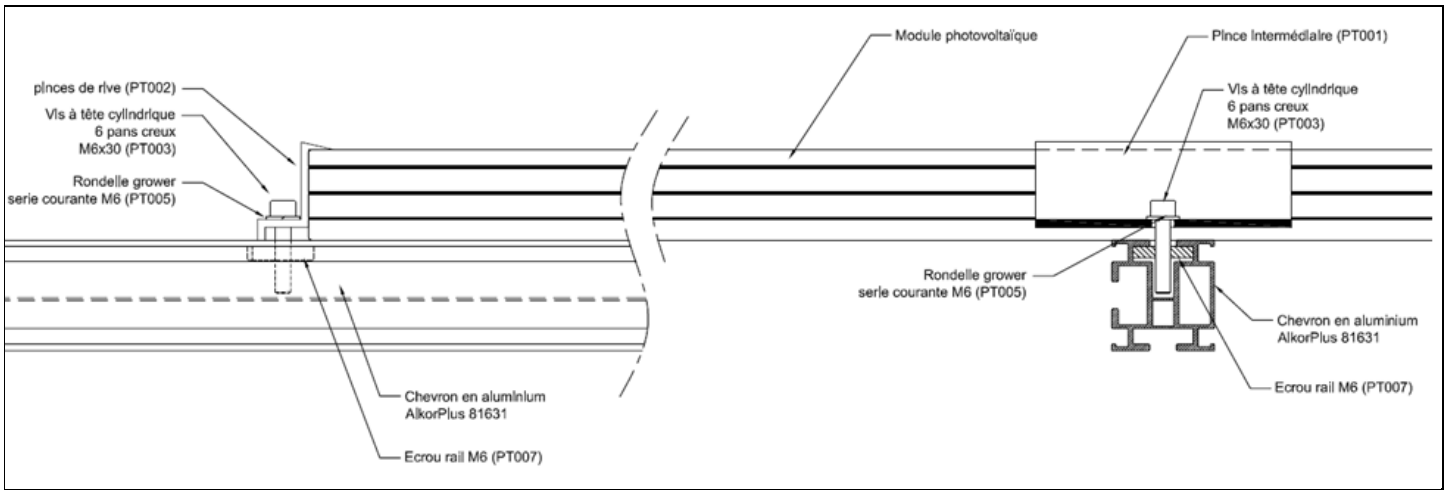



*Figure 20 – Fixation des modules photovoltaïques avec le système de profilés multifonctionnels*

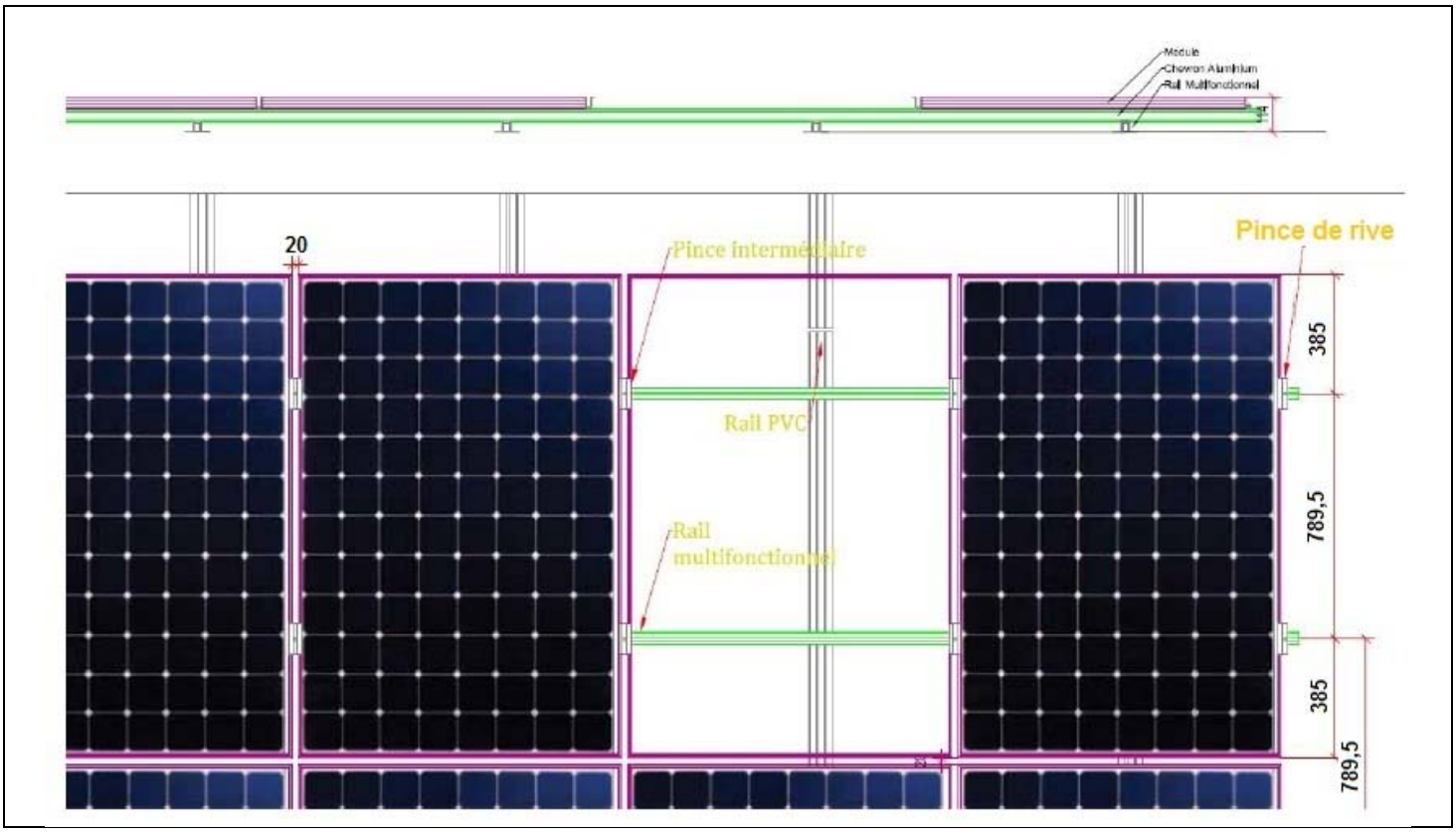



*Figure 21 – Principe de mise en œuvre des modules photovoltaïques avec le système de profilés multifonctionnels*

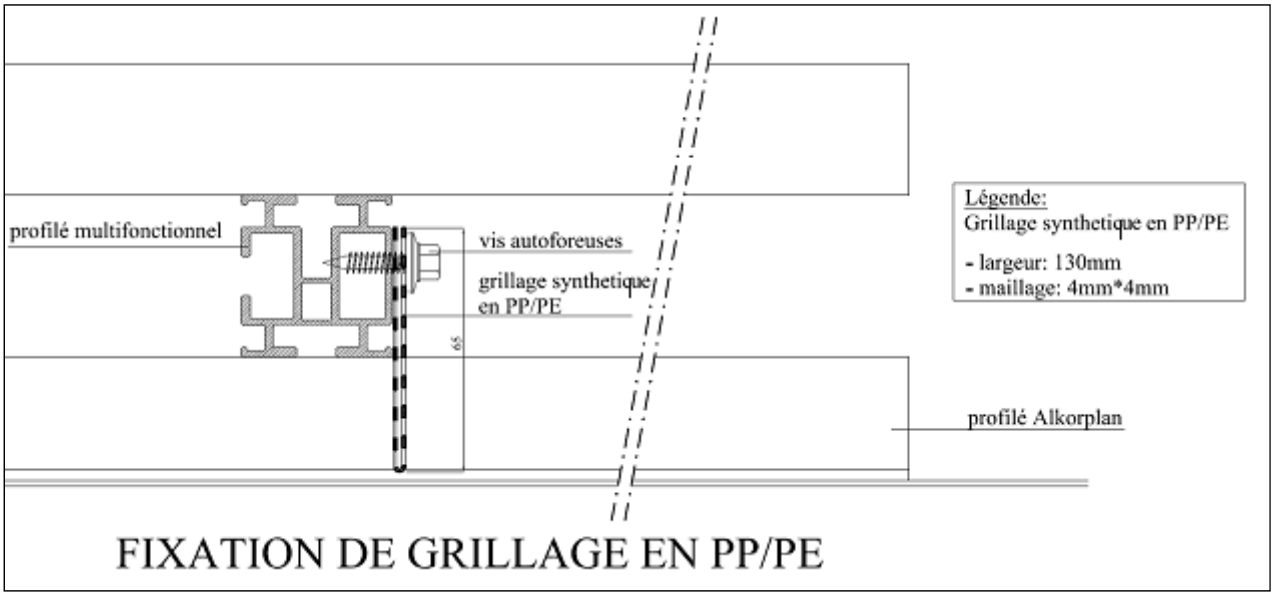



***Figure 22 – Illustration du mode de fixation du grillage en périphérie du champ photovoltaïque***

***Figure 23 – Photos du mode de fermeture des profilés PVC dans le cas d'une pente nulle***