

Avis Technique 21 / 12-24*01 Add

Additif à l'Avis Technique 21 / 12-24 version du 12 juillet 2013

Module photovoltaïque verre/polymère mis en œuvre en toiture

*Procédé photovoltaïque
Photovoltaic system
Photovoltaiksystem*

ALKORSOLAR STP

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/>

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

(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Vu pour enregistrement le 4 septembre 2013



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

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application a examiné, le 22 juillet 2013, le procédé photovoltaïque "ALKORSOLAR STP", présenté par la société RENOLIT et EDF ENR SOLAIRE. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.

Le présent additif vise l'introduction des modules "SPR-E20-xxx" (anciennes dénominations commerciales SPR-xxx NE –WHT-D et SPR-xxx NE –BLK-D) de la société SUNPOWER.

L'Avis Technique 21/12-24 est ainsi complété comme suit.

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 5/08-2025,
- un (ou des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise égale à 327 Wc ou 333 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre 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 § 8.41 du Dossier Technique).

1.2 Identification des produits

Les marques commerciales et les références des modules sont inscrites à l'arrière du module cadré reprenant les informations suivantes : le nom du module, son numéro de série, ses principales caractéristiques électriques ainsi que le nom du fabricant.

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 proposé au § 1.2 du Dossier Technique, restreint aux dispositions énoncées dans le § 2.232 "Stabilité" du présent Avis.

De façon identique au Document Technique d'Application (DTA) 5/08-2025 du revêtement d'étanchéité ALKORPLAN F, l'Avis est cependant réservé dans le cas d'emploi en pente nulle.

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 Données environnementales et sanitaires

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

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

2.23 Aptitude à l'emploi

2.231 Fonction Génie Électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

Le respect des prescriptions définies dans la norme NF 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 110 °C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1 000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

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

Les connecteurs MULTI-CONTACT de type MC4 (PV-KST4/6II et PV-KBT4/6II) et YUKITA-ELECTRIC de type YS-254 et YS-255 utilisés, ayant un indice de protection IP 67, sont des connecteurs débouchables au moyen d'un outil permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

L'utilisation de rallonges électriques (pour les connexions éventuelles entre modules, entre séries de modules et vers l'onduleur, ...) équipées de connecteurs de même fabricant, même type et même marque, permet d'assurer la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.

La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément au guide pratique UTE C 15-712-1 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 modules "SPR-E20-xxx" (anciennes dénominations commerciales SPR-xxx NE –WHT-D et SPR-xxx NE –BLK-D) ont des puissances crêtes égales à 327 Wc ou 333 Wc.

2.232 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 fixation du système de référence :
 - Résistance à l'arrachement de l'attelage Pksr = 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 :

- sous vent normal (selon les règles NV65 modifiées) :
 - 1 183 Pa pour des modules photovoltaïques en mode portrait.
- sous neige normale (selon les règles NV65 modifiées) :
 - 1 183 Pa pour des modules photovoltaïques en mode portrait.

Sécurité en cas de séisme

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

Étanchéité à l'eau

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

Accessibilité de la toiture

Ce revêtement convient :

- aux toitures-terrasses inaccessibles,
- aux toitures-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 5/08-2025 et les instructions de calepinage au § 8.531 du Dossier Technique).

Sécurité au feu

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

Sécurité des usagers

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

Sécurité des intervenants

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

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.

2.24 Durabilité - Entretien

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

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis, en respectant le guide de choix des matériaux (voir le Tableau 2) et moyennant un entretien conforme aux indications portées dans le Dossier Technique, la durabilité de la toiture peut être estimée comme satisfaisante.

2.25 Fabrication et contrôle

Les contrôles internes de fabrication systématiquement effectués dans les usines de fabrication permettent de préjuger favorablement de la constance de qualité de la fabrication du procédé photovoltaïque.

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 celles des profilés ALKORPLAN 81600 ne comporte pas de risque particulier touchant à la constance de qualité.

2.26 Mise en œuvre

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

2.3 Cahier des 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.

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, guide pratique UTE C 15-712-1, guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec et « Guide pratique à l'usage des bureaux d'étude et installateurs pour l'installation de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau » édité par l'ADEME et le SER.

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

En présence d'un rayonnement lumineux, les modules photovoltaïques produisent du courant continu et ceci sans possibilité d'arrêt. La tension en sortie d'une chaîne de modules reliés en série peut rapidement devenir dangereuse ; il est donc important de prendre en compte cette spécificité et de porter une attention particulière à la mise en sécurité électrique de toute intervention menée sur de tels procédés.

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Livraison

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

2.322 Installation électrique

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

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 § 8.531).

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 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 le § 2.232 "Stabilité").

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au Document Technique d'Application 5/08-2025 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 circulation 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.

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 11806 mm (*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.

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.

L'Avis est cependant réservé dans le cas d'emploi en pente nulle sur maçonnerie (*Cf. remarques complémentaires du Groupe Spécialisé ci-dessous, à l'image de celles émises au § 3, puce b, dans l'Avis du DTA 5/08-2025*).

Validité

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président
George CHAMBE

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

Le Groupe Spécialisé souhaite attirer l'attention sur la nécessité de mettre en œuvre le revêtement d'étanchéité conformément au Document Technique d'Application 5/08-2025 en tenant compte des exceptions liées au procédé photovoltaïque ALKORSOLAR STP définies dans le Dossier Technique du demandeur.

Par ailleurs, en référence à la jurisprudence du Groupe Spécialisé n°5, qui ne permet pas de formuler actuellement un Avis favorable à l'emploi des revêtements monocouches en pente nulle, quelle que soit leur nature, l'Avis Technique est réservé pour cette application. Toutefois, il n'est pas exclu qu'un Maître d'ouvrage puisse, pour un ouvrage déterminé, reconsidérer cette position au cas par cas, moyennant obligatoirement l'ensemble des dispositions suivantes :

- strict respect par l'applicateur du document "Plan d'Action Qualité ALKOR SOLAR STP" de Janvier 2000,
- autocontrôle de l'applicateur conformément à ce plan,
- vérification significative de cet autocontrôle par une tierce partie.

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, 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 du guide UTE C 15-712-1 en vigueur, nécessitent d'évoluer parallèlement aux éventuelles mises à jour de ce guide.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21
Coralie NGUYEN

Dossier Technique

établi par le demandeur

Le présent additif vise l'introduction des modules "SPR-E20-xxx" (anciennes dénominations commerciales SPR-xxx NE –WHT-D et SPR-xxx NE –BLK-D) de la société SUNPOWER.

L'Avis Technique 21/12-24 est ainsi complété comme suit.

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 5/08-2025,
- un (ou des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise égale à 327 Wc ou 333 Wc, muni(s) d'un cadre en profils d'aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre 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 § 8.41).

1.2 Domaine d'emploi

- Réalisations d'ouvrages de toitures neuves sur bâtiments neufs ou existants 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 5/08-2025.
 - sont limitées aux toitures-terrasses plates ou inclinées, inaccessibles, techniques ou à zones techniques :
 - avec éléments porteurs et support 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), ou en dalles armées de béton cellulaire autoclavé. La pente nulle est admise,
 - 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 :
 - Les toitures d'implantation doivent être soumises à des charges climatiques normales, selon les règles NV 65 modifiées, n'excédant pas :
 - sous vent normal (selon les règles NV65 modifiées) :
 - ✓ 1 183 Pa.
 - sous neige normale (selon les règles NV65 modifiées) :
 - ✓ 1 183 Pa pour des modules photovoltaïques.
 - 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.

- La mise en œuvre doit être effectuée sur des toiture-terrasse 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 § 8.531).
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés en mode portrait.

2. Éléments constitutifs

Le procédé ALKORSOLAR STP est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture-terrasse.

2.1 Module photovoltaïque

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

Le module photovoltaïque, dont la dénomination commerciale est "SPR-E20-xxx", est fabriqué par la société SUNPOWER. Cette dénomination commerciale dépend de la puissance crête du module : "xxx" pouvant être égal à 327 ou 333 Wc.

2.1.1 Film polymère

Deux types de films polymère à base de PET (Polyéthylène téréphthalate) entre deux couches de PVF (Polyfluorure de vinyle ou Tedlar) peuvent être utilisés.

Type 1:

- Épaisseur : $0,242 \pm 0,42$ mm.
- Tension diélectrique maximum admissible : 1000 V.

Type 2

- Épaisseur : $0,275 \mu\text{m} \pm 0,42$.
- Tension diélectrique maximum admissible : 1000 V.

2.1.2 Cellules photovoltaïques

Les cellules de silicium utilisées sont fabriquées par SunPower.

Dénomination commerciale	C60	C65
Technologie des cellules	monocristalline	monocristalline
Épaisseur (μm)	165 ± 40	175 ± 40
Dimensions (mm)	$125 \pm 0,2 \times 125 \pm 0,2$	$125 \pm 0,2 \times 125 \pm 0,2$

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 : $(1,8 \pm 0,5)$ mm,
- distance minimale aux bords latéraux : $(16 \pm 1,5)$ mm,
- distance minimale aux bords supérieur et inférieur : $(16,1 \pm 1,5)$ mm.

2.1.3 Collecteurs entre cellules

Les collecteurs entre cellules photovoltaïques sont en cuivre étamé argent/étain.

2.1.4 Intercalaire encapsulant

Deux résines à base d'EVA (Ethyl Vinyl Acétate) peuvent être utilisées. Cette couche d'intercalaire de 0,48 mm ou 0,46 mm d'épaisseur permet d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.1.5 Vitrage

Trois 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 : $(3,2 \pm 0,3)$ mm.
- Dimensions : 1040×1552 mm ($\pm 0,5$ mm).

2.16 Constituants électriques

2.161 Boîte de connexion

Les boîtes de connexion peuvent être de deux sortes :

Boîte de connexion Solarlock

Boîte de connexion de dénomination " Solarlock " (0-1971490-1) fabriquée par la société TE CONNECTIVITY (anciennement TYCO ELECTRONICS) est collée avec du silicone en sous-face du module.

Elle présente les dimensions hors-tout suivantes : 115 × 110 × 22,5 mm.

Cette boîte de connexion permet le raccordement aux câbles qui relient les modules.

Elle est de Classe II de sécurité électrique, certifiée par le TÜV et possède les caractéristiques suivantes :

- 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.

Boîte de connexion "YJB-16-I-II"

Boîte de connexion de dénomination "YJB-16-I-II" fabriquée par la société YUKITA ELECTRIC est collée avec du silicone en sous-face du module.

Elle présente les dimensions hors tout suivantes : 110 × 87,5 × 24 mm.

Cette boîte de connexion permet le raccordement aux câbles qui relient les modules.

Elle est de Classe II de sécurité électrique, certifiée par le TÜV et possède les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection : IP 65.
- Courant maximum admissible : 12 A.
- Plage de température ambiante : -40 à + 85 °C.
- Tension de système maximum : 1 000 V DC.

2.162 Diodes bypass

Trois diodes bypass sont implantées sur les modules photovoltaïques, permettant de basculer le courant sur la série de 36, 24 ou 36 cellules suivantes en cas d'ombrage d'une ou de plusieurs séries de cellules (et donc d'échauffement des cellules concernées) : ceci permet d'éviter le phénomène de "point chaud".

2.163 Câbles électriques

Deux types de câbles électriques peuvent être utilisés :

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, certifiés par le TÜV, ont notamment les spécifications suivantes :

- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à 85 °C.
- Courant maximum admissible de 15 A.
- Tension assignée : 1000 V.

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, (le guide pratique UTE C15-712-1, et les spécifications des onduleurs (longueur et section de câble adaptées au projet).

Les câbles soumis directement au rayonnement solaire répondent à la condition d'influence externe AN3 (résistant aux rayons ultraviolets). Toutefois, la résistance à la condition d'influence externe AN3 pourra être réalisée par installation (interposition d'écran,...).

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.

2.164 Connecteurs électriques

Les connecteurs électriques utilisés peuvent être de deux natures.

Des deux câbles sortant du module, celui dont la polarité est positive est muni d'un connecteur femelle tandis que celui dont la polarité est négative est muni d'un connecteur mâle.

Connecteurs MULTI-CONTACT de type MC4 (PV-KST4/6II et PV-KBT4/6II)

Ce sont des connecteurs débrochables avec un outil qui possèdent un système de contact à lamelles et de verrouillage.

Ces connecteurs, certifiés par le TÜV, ont :

- un indice de protection IP 67 (1m; 30 min), IP 65,
- une classe II de sécurité électrique,
- une tension assignée de 1000 V,
- un courant maximum admissible de 30 A,
- une plage de température de - 40 °C à + 90 °C,
- et une résistance de contact < 0,5 mΩ.

Connecteurs YUKITA-ELECTRIC de type YS-254 et YS-255

Ce sont des connecteurs débrochables avec un outil qui possèdent un système de contact à lamelles et de verrouillage.

Ces connecteurs, certifiés par le TÜV, ont :

- un indice de protection IP 67,
- une classe II de sécurité électrique,
- une tension assignée de 1000 V,
- un courant maximum admissible de 30 A,
- une plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
- et une résistance de contact < 5 mΩ.

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.

2.17 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 cm³,
- I/v vertical = 2165 cm³.

Pour les petits cotés

- I/v horizontal = 158 cm³,
- I/v vertical = 1536 cm³.

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 06 et d'un Document Technique d'Application 5/08-2025.

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 soit que la fourniture de ce revêtement va de paire avec les éléments et accessoires nécessaires à sa mise en œuvre, tel que décrit dans le Document Technique d'Application 5/08-2025.

2.22 Fixations mécaniques du revêtement

Les éléments de fixations 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.

Les attelages de fixations 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

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

2.232 Profilé insert ALKORPLUS 81601

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

2.24 Structure support

2.241 Profilé multifonctionnel ALKORPLUS 81631

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

2.242 Attaches ALKORPLUS 81632

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

2.243 Raccords profilés ALKORPLUS 81634

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

2.244 Fixations ALKORPLUS 81602-001

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

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 Pincés oméga pour fixation des modules au système de montage

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

Ces pincés 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 :

- Pincés intermédiaires : 40 mm × 33 mm × 100 mm.
Elles maintiennent le cadre des modules par pincement sur 10 mm
- Pincés de rives Schletter ref 130001-046 : 49 mm × 28 mm × 100 mm.
Elles maintiennent le cadre des modules par pincement sur 10 mm.

Ces pincés oméga sont utilisés sur le grand côté.

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

2.32 Câbles de liaison équipotentielle des masses

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

2.33 Chemins de câbles

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

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 × 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. 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.

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

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

4.3 La sous-structure

4.31 Profilé ALKORPLAN 81600

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

4.32 Profilé insert ALKORPLUS 81601

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

4.4 La structure support

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques "SPR-E20-xxx"	
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-E20-xxx" (anciennes dénominations commerciales SPR-xxx NE -WHT-D et SPR-xxx NE -BLK-D) ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

Les modules "SPR-E20-xxx" (anciennes dénominations commerciales SPR-xxx NE -WHT-D et SPR-xxx NE -BLK-D) 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-E20-xxx"		
xxx = P _{mpp} (W)	327	333
U _{co} (V)	64,9	65,3
U _{mpp} (V)	54,7	
I _{cc} (A)	6,46	
I _{mpp} (A)	5,98	6,09
αT (P _{mpp}) [% / °C]	-0,38	
αT (U _{co}) [% / °C]	-0,27	- 0,27
αT (I _{cc}) [% / °C]	-0,05	
Courant inverse maximum (A)	27	

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.
- $\alpha T (P_{mpp})$: Coefficient de température pour la puissance maximum.
- $\alpha T (U_{co})$: Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.
- $\alpha T (I_{cc})$: 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 Porcellette (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

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

7.3 Fabrication des profilés ALKORPLAN 81600

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

7.4 Fabrication des autres profilés

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

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 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

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.3 Sécurité des intervenants

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.4 Spécifications électriques

8.4.1 Généralités

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.4.2 Connexion des câbles électriques

- **Liaison intermodules et modules/onduleur**
Identique à l'Avis Technique 21/12-24.
- **Câbles de liaison équipotentielle des masses**
Identique à l'Avis Technique 21/12-24.
- **Chemins de câbles (voir la Figure 12 et la Figure 13)**
Identique à l'Avis Technique 21/12-24.
- **Passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment**
Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.5 Mise en œuvre en toiture

8.5.1 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. § 8.5.2).

8.5.2 Revêtement d'étanchéité

La mise en œuvre du revêtement d'étanchéité ALKORPLAN F doit être réalisée conformément au Document Technique d'Application 5/08-2025 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 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 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.
 - L'ensemble de ces calculs, pour définir la densité des fixations mécaniques, doit être obligatoirement vérifié par RENOLIT France.

8.5.3 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.

8.5.3.1 Calepinage

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.5.3.2 Profilé ALKORPLAN 81600

8.5.321 Positionnement

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.5.322 Assemblage par thermosoudure

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

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.

8.5.323 Contrôle des assemblages

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.5.3.3 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

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.5411 Pose des modules (voir la Figure 18)

La distance entre profilés ALKORPLUS 81631 est de 0,7895 m. Le module est disposé exclusivement en mode portrait, sa plus grande dimension étant perpendiculaire aux profilés ALKORPLUS 81631.

8.542 Raccords profilés ALKORPLUS 81634

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.543 Traitement des dilatations thermiques

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

8.55 Pose des modules photovoltaïques

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 omégas sont utilisées sur le grand côté. Celles-ci sont alors positionnées sur la largeur des modules, à environ 0,385 m de chaque extrémité du bord du cadre (voir la Figure 21).

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

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

10. Distribution et assistance technique

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

11. Utilisation, entretien et réparation

11.1 Circulation en toiture

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

11.2 Entretien de la membrane d'étanchéité

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

11.3 Entretien du procédé photovoltaïque

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

11.4 Remplacement d'un module photovoltaïque

Identique à l'Avis Technique 21/12-24.

B. Résultats expérimentaux

Les modules "SPR-E20-xxx" (*anciennes dénominations commerciales SPR-xxx NE -WHT-D et SPR-xxx NE -BLK-D*) 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-E20-xxx" (*anciennes dénominations commerciales SPR-xxx NE -WHT-D et SPR-xxx NE -BLK-D*) 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.

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 81602-001 dans le profilé insert ALKORPLUS 81601.

Le procédé avec ses modules photovoltaïques 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

12. Données environnementales et sanitaires¹

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

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

13. Autres références

Le système ALKORSOLAR-STP est utilisé depuis août 2008 en France : toutes applications confondues, 150 000 m² de modules photovoltaïques ont ainsi déjà été mis en œuvre, soit 40 sites et 11 MWc.

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

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

Tableaux et figures du Dossier Technique

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)
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							Spéciale
		Rurale non pollué	Industrielle ou ur- baine		Marine				
			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 81602.001	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

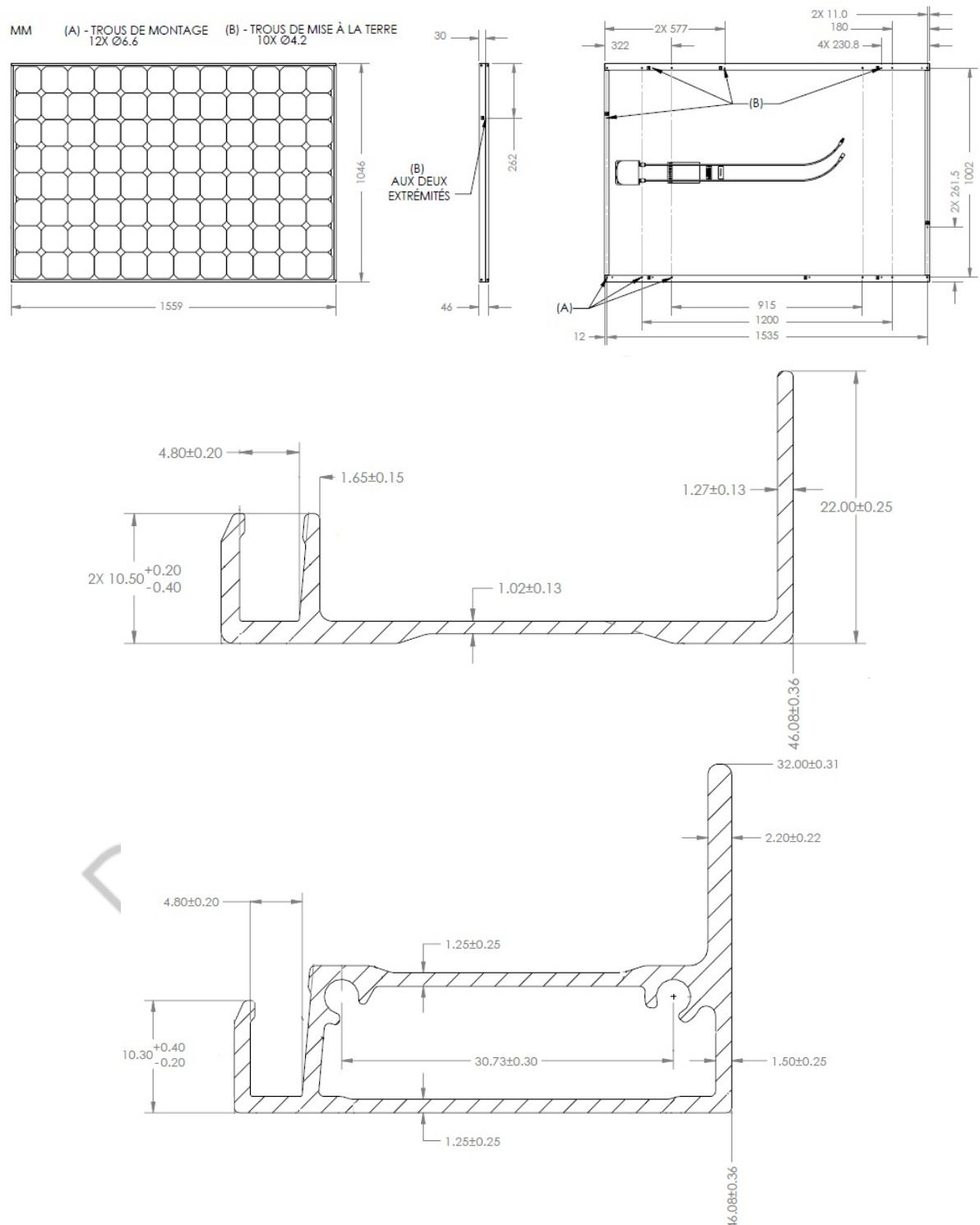


Figure 1 – Schéma électrique des modules "SPR-E20-xxx" (anciennes dénominations commerciales SPR-xxx NE –WHT-D et SPR-xxx NE –BLK-D)

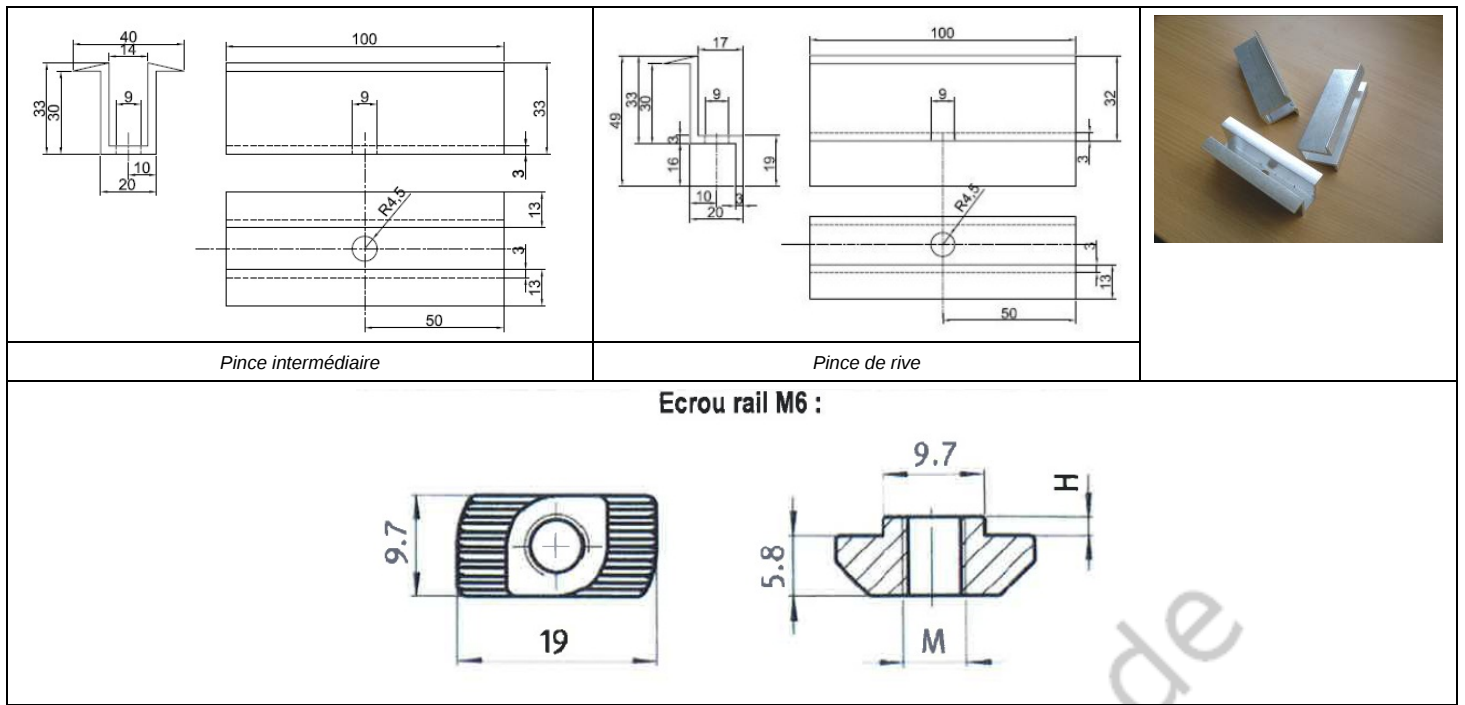


Figure 2 – Plans des pinces oméga pour fixation des modules photovoltaïques

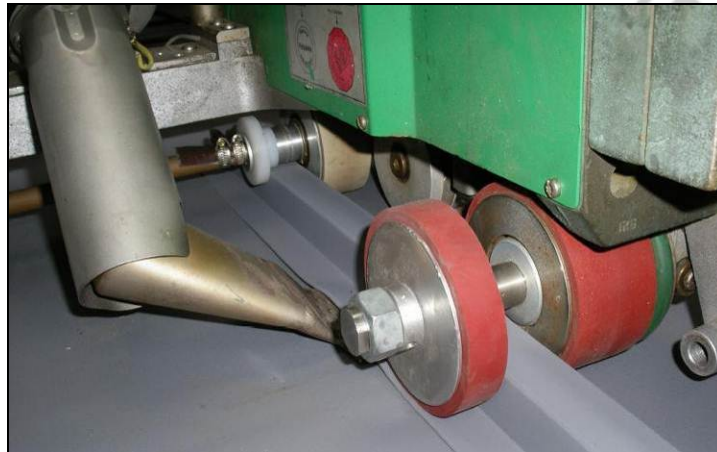
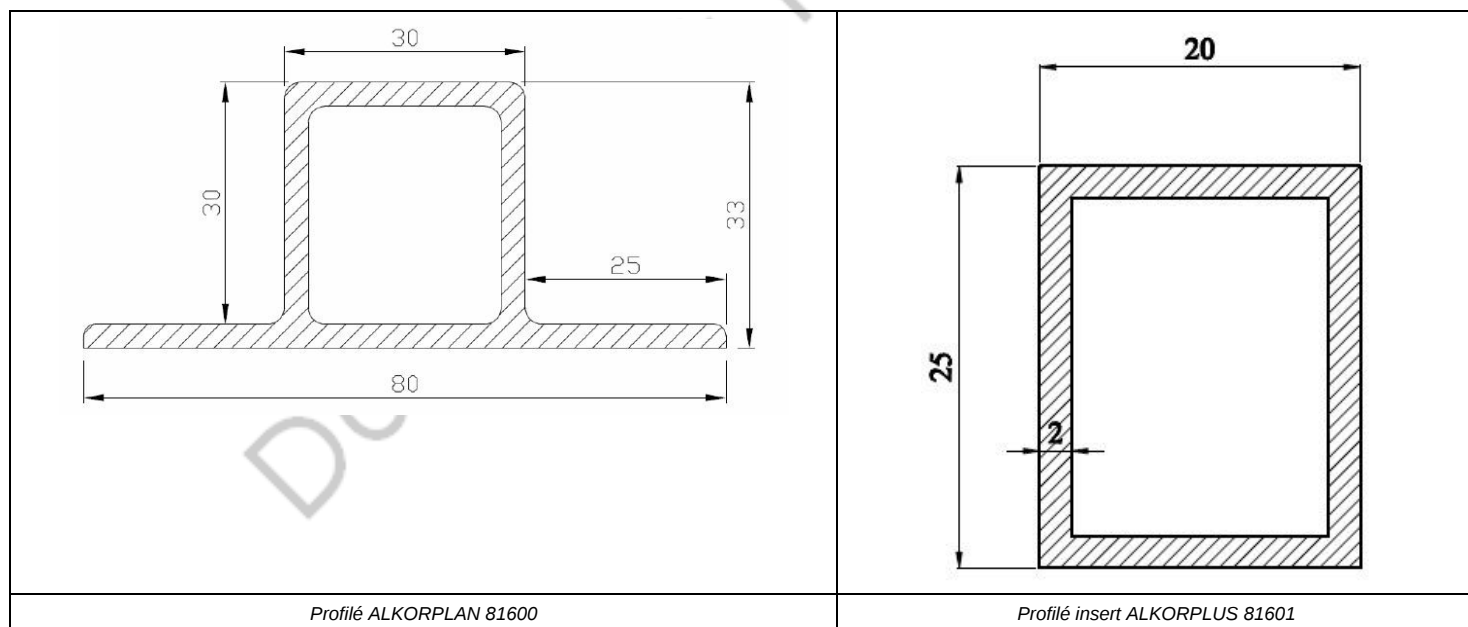
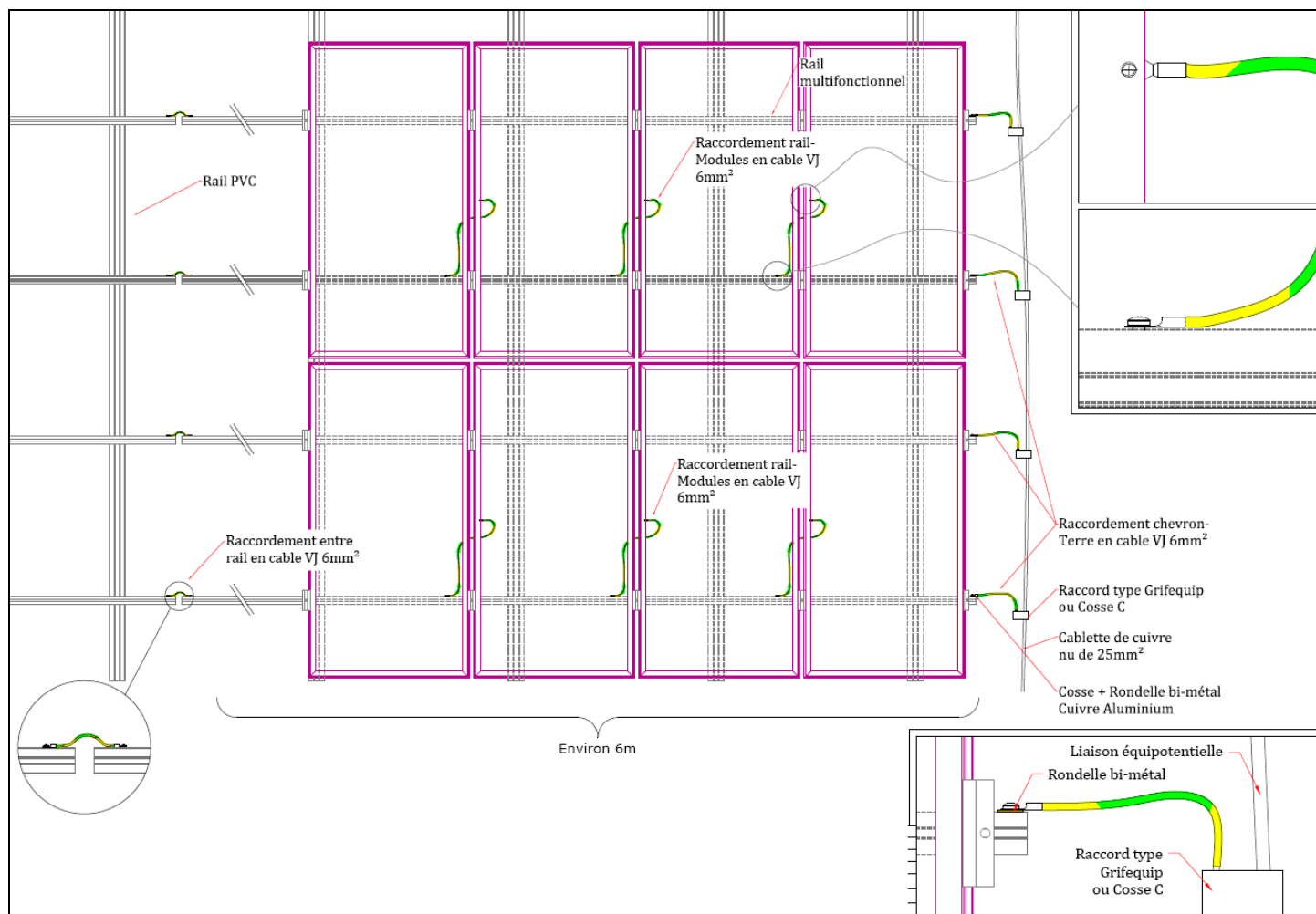


Figure 3 – Machine automatique à souder pour les profilés ALKORPLAN 81600



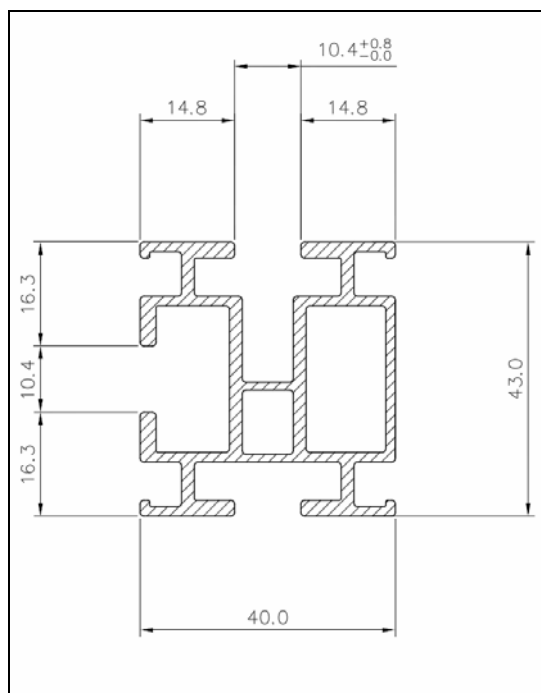


Figure 6 – Vue en coupe du profilé multifonctionnel ALKORPLUS 81631

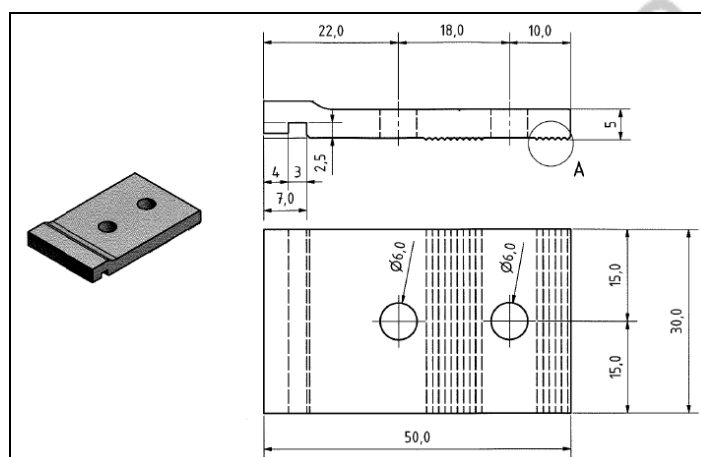


Figure 7 – Schéma des attaches ALKORPLUS 81632

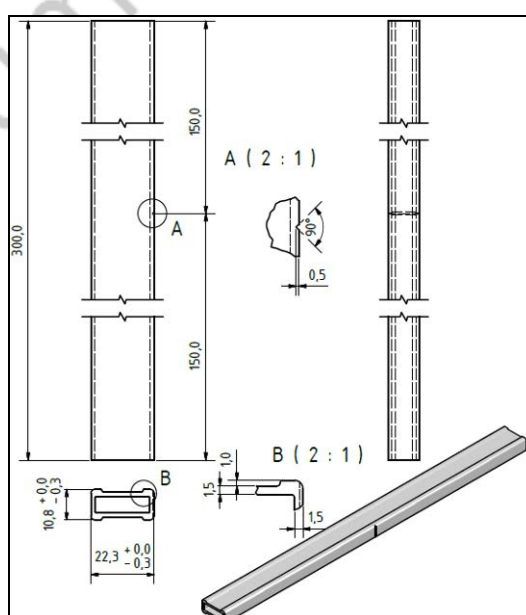


Figure 8 – Schéma des raccords profilés ALKORPLUS 81634

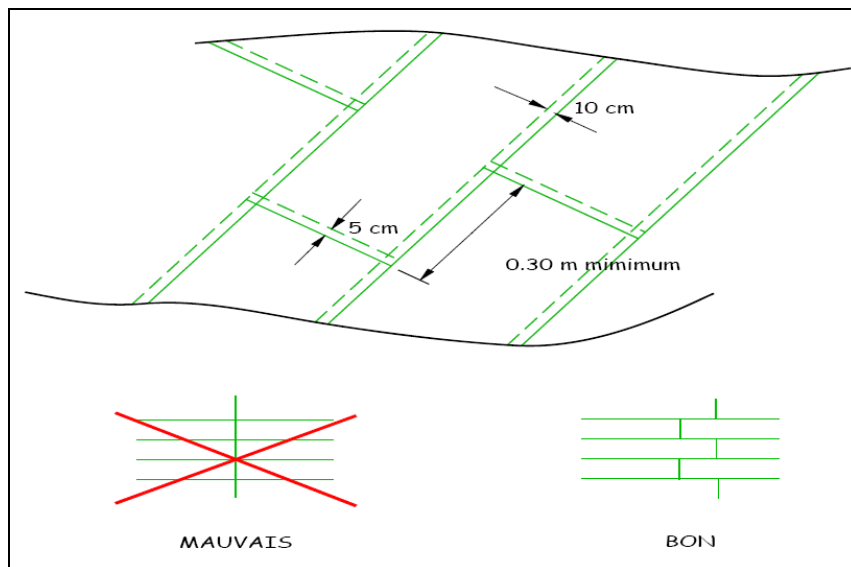


Figure 9 – Dispositions relatives à la soudure des lés

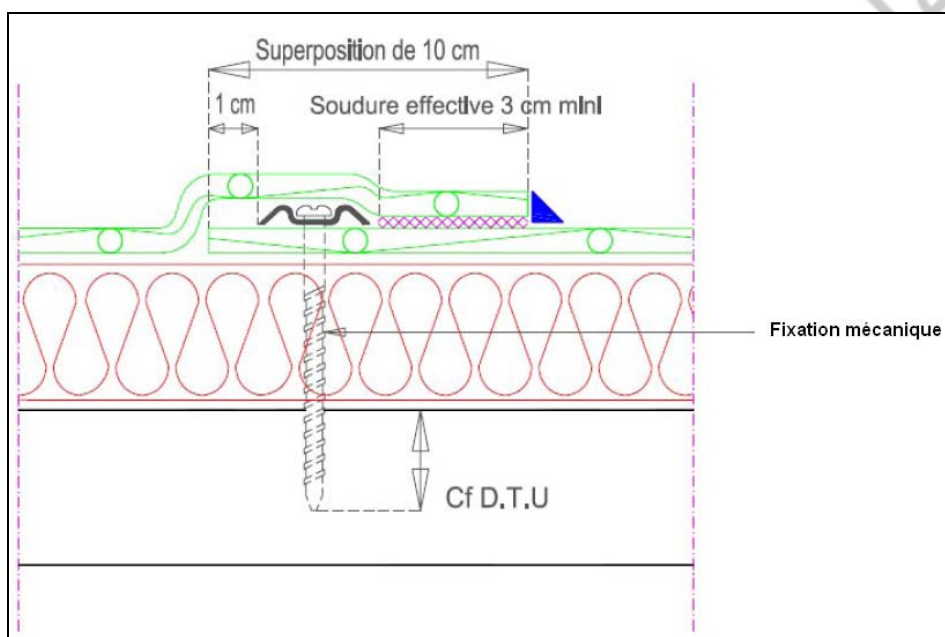


Figure 10 – Principe et détail d'une jonction de l'ALKORPLAN F avec sa fixation mécanique

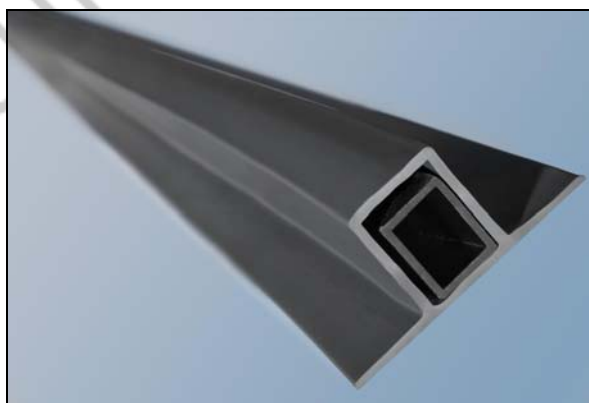


Figure 11 – Illustration de l'assemblage entre profilé ALKORPLAN 81600 et son insert

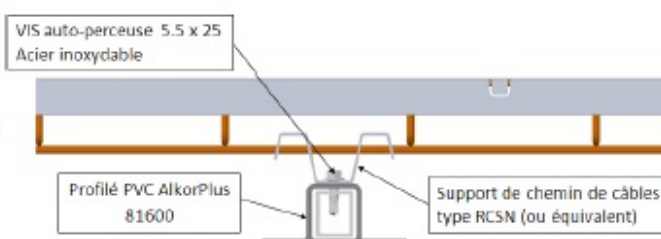
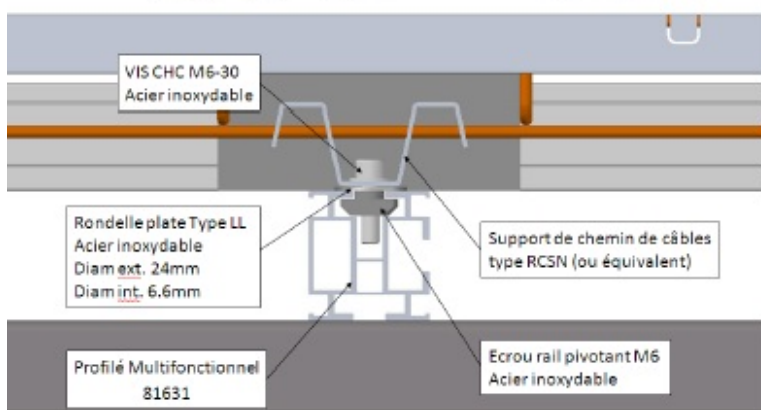
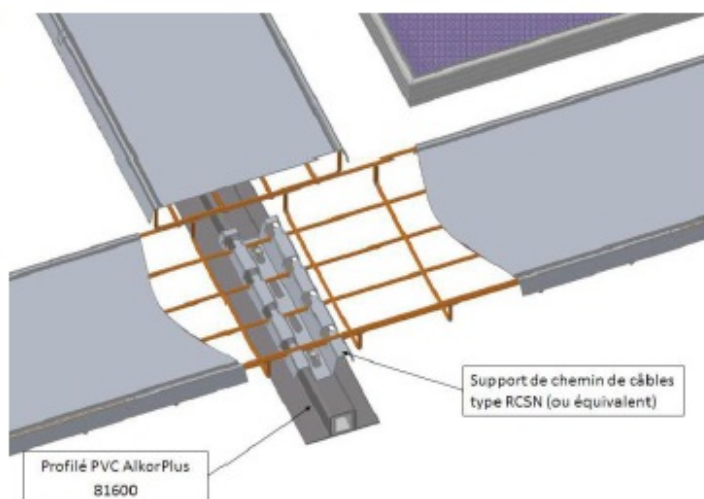
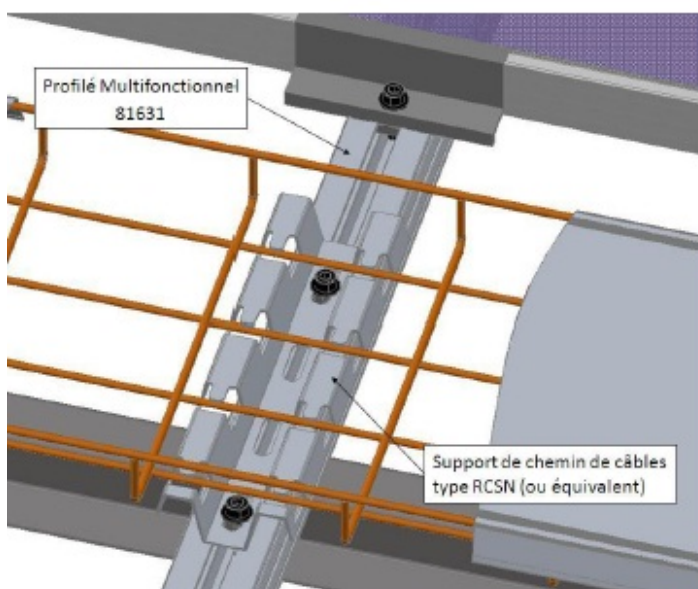
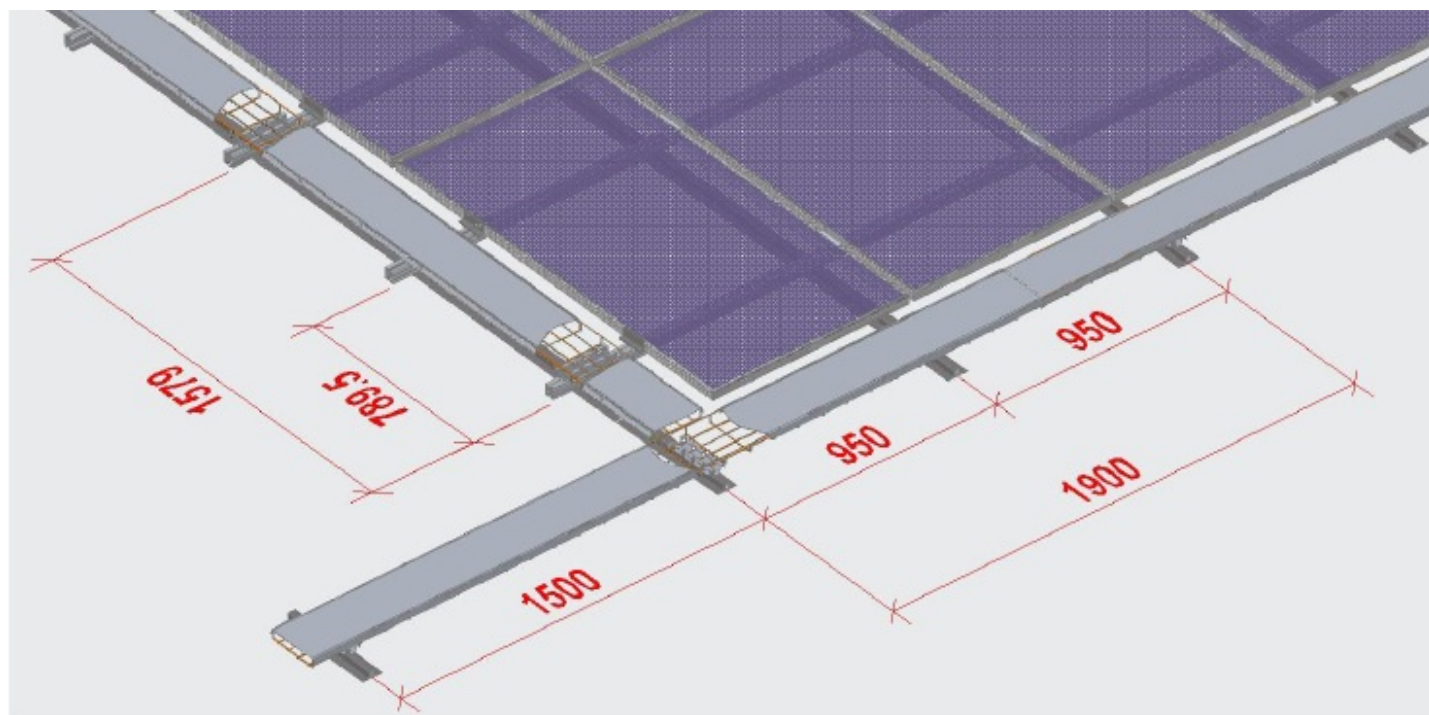


Figure 12 – Illustration de la fixation des chemins de câbles par des supports type RCSN

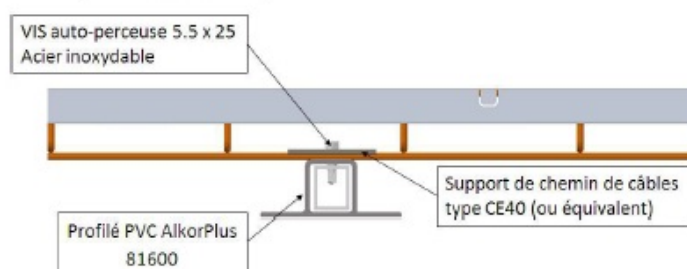
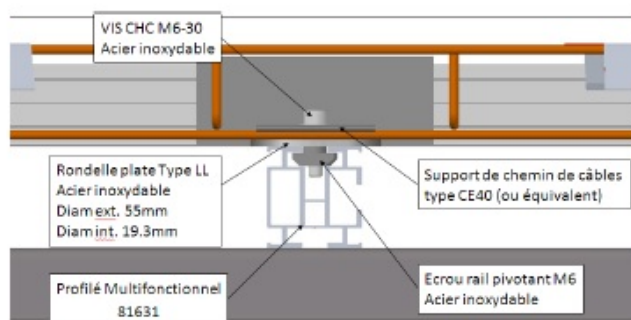
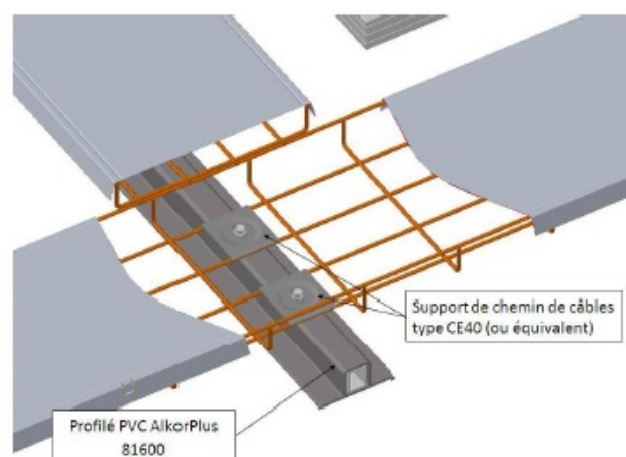
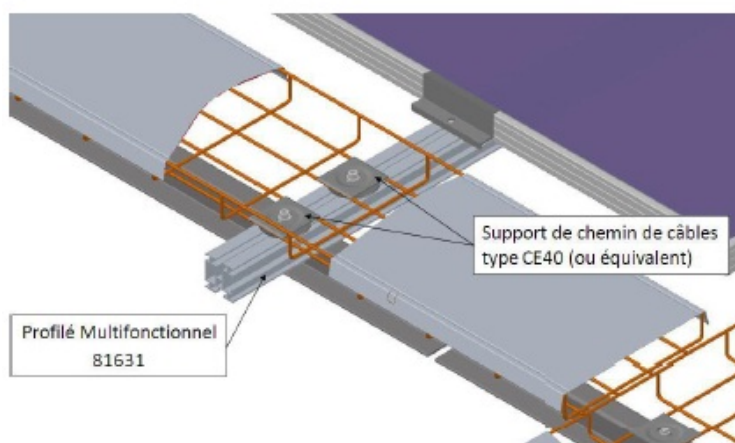
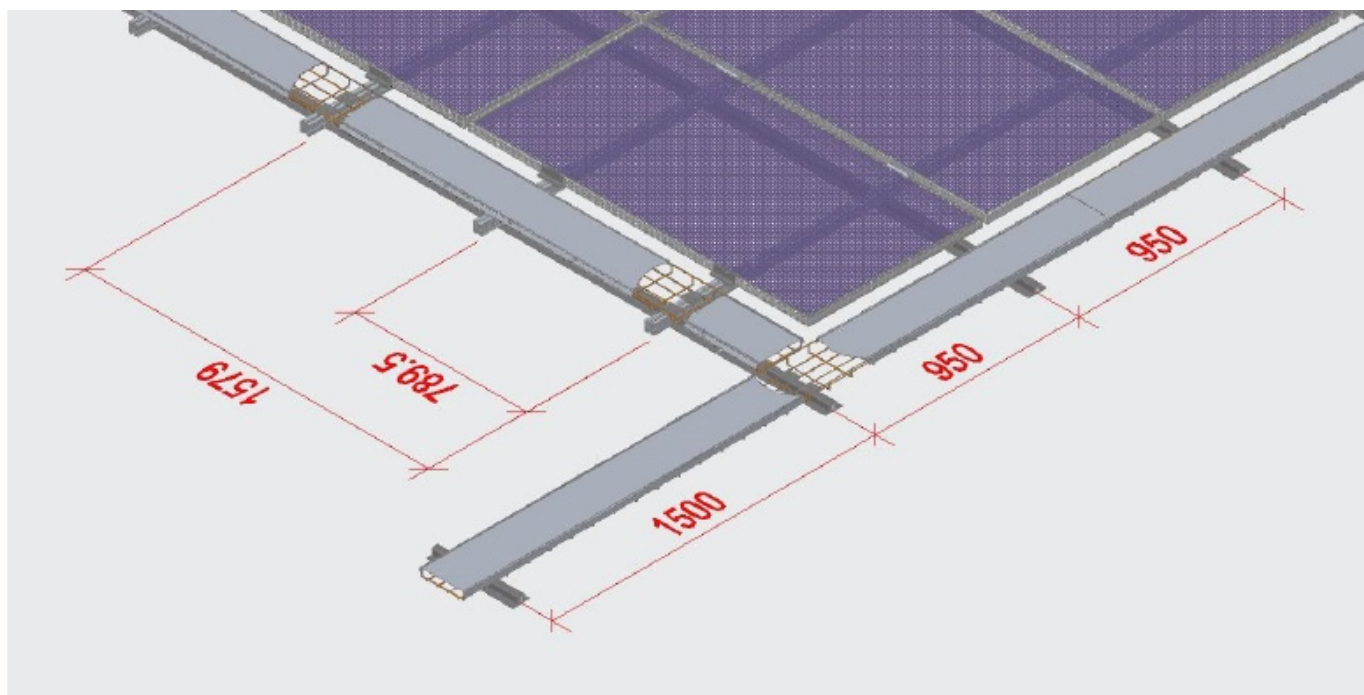


Figure 13 – Illustration de la fixation des chemins de câbles par des supports type CE 40

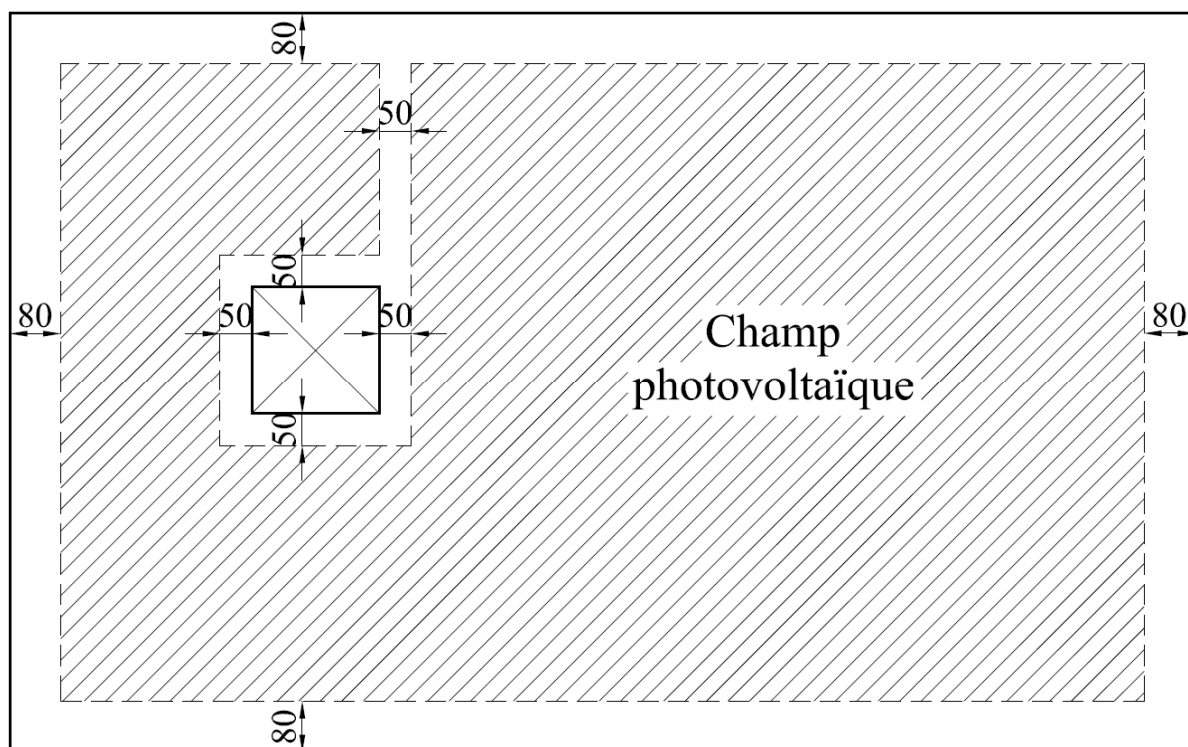


Figure 14 – Illustration des distances minimales à respecter pour le calepinage du champ photovoltaïque

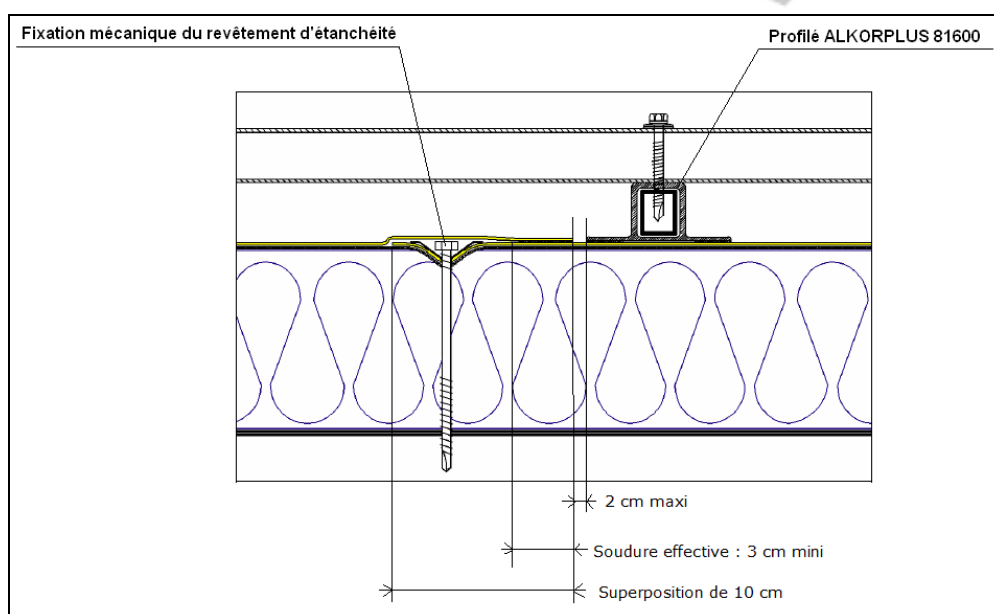


Figure 15 – Positionnement du profilé ALKORPLAN 81600 par rapport à la fixation mécanique du revêtement d'étanchéité

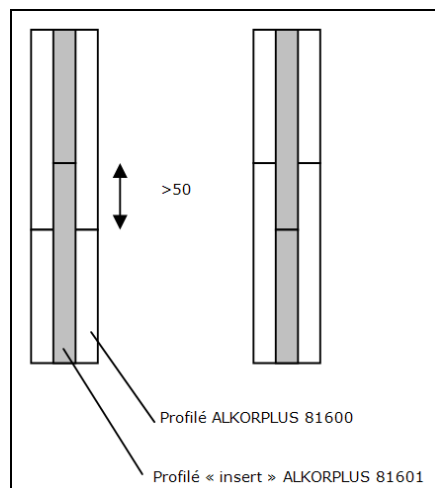


Figure 16 – Illustration des emplacements entre le profilé ALKORPLAN 81600 et son insert

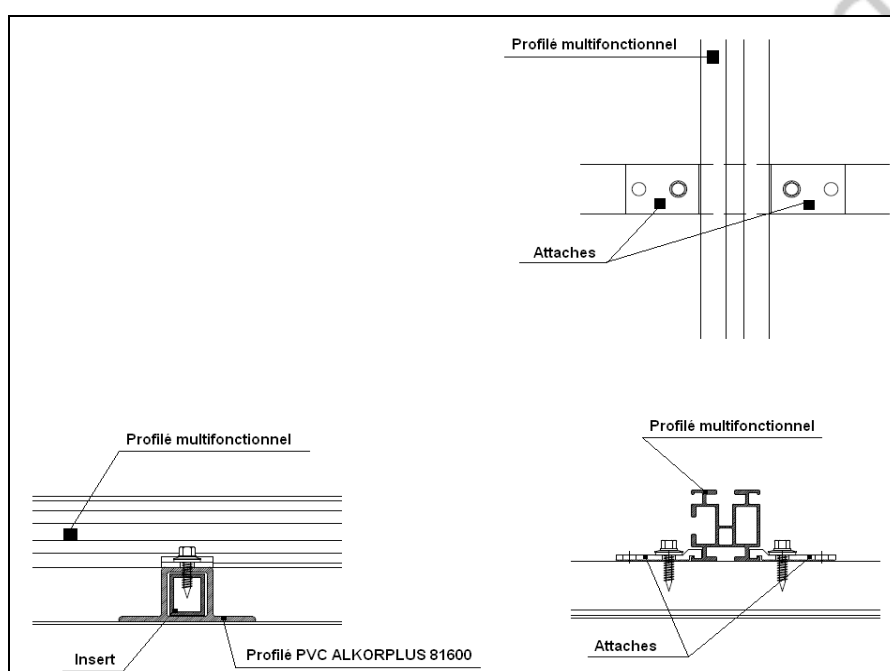


Figure 17 – Schémas de principe de la mise en œuvre des profilés multifonctionnels ALKORPLUS 81631

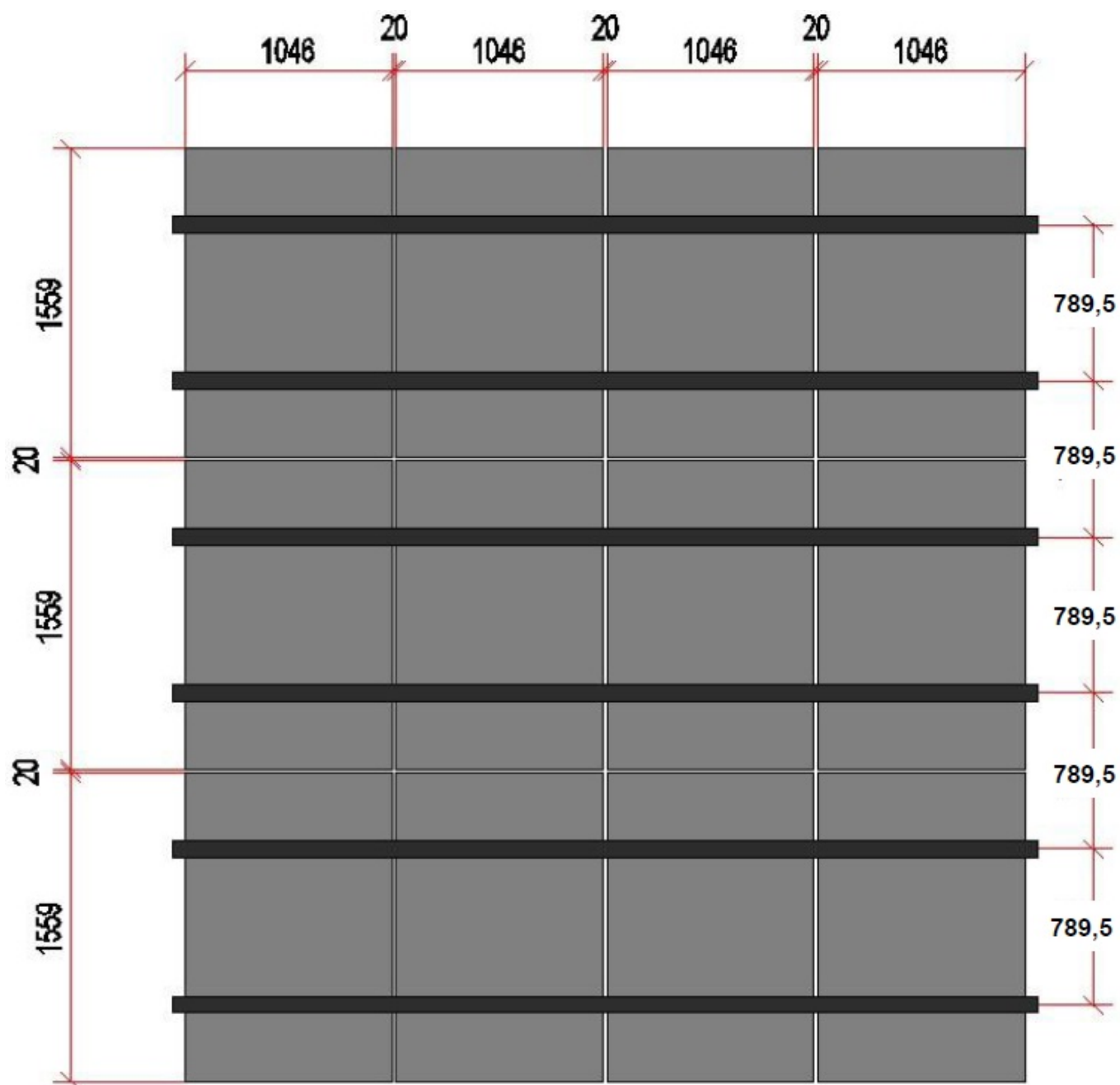


Figure 18 – Positionnement des profilés multifonctionnels ALKORPLUS 81631 pour une pose des modules en mode portrait

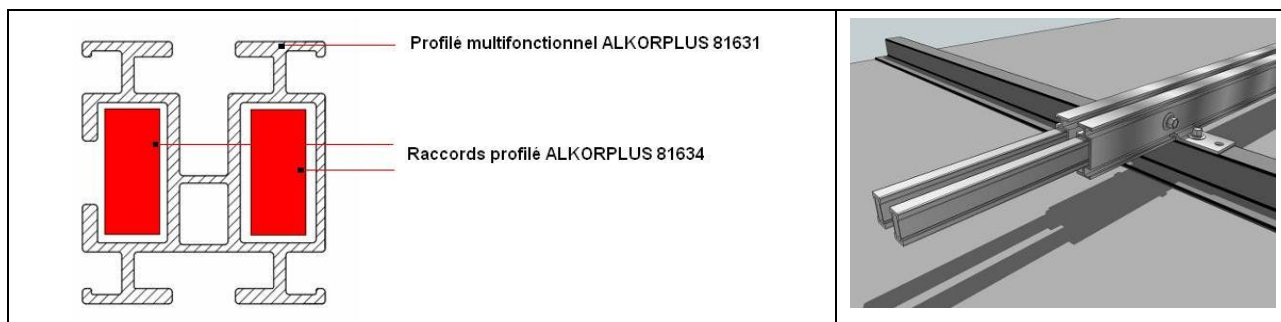


Figure 19 – Mise en place des raccords profilés ALKORPLUS 81634

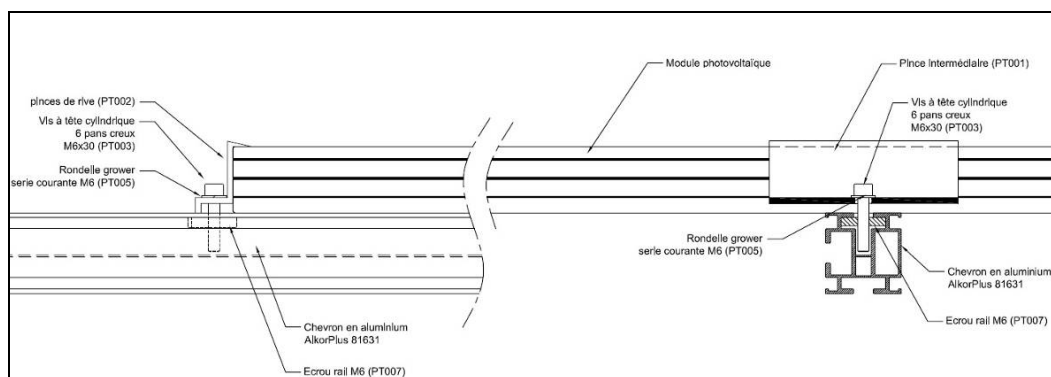


Figure 20 – Fixation des modules photovoltaïques avec le système de profilés multifonctionnels

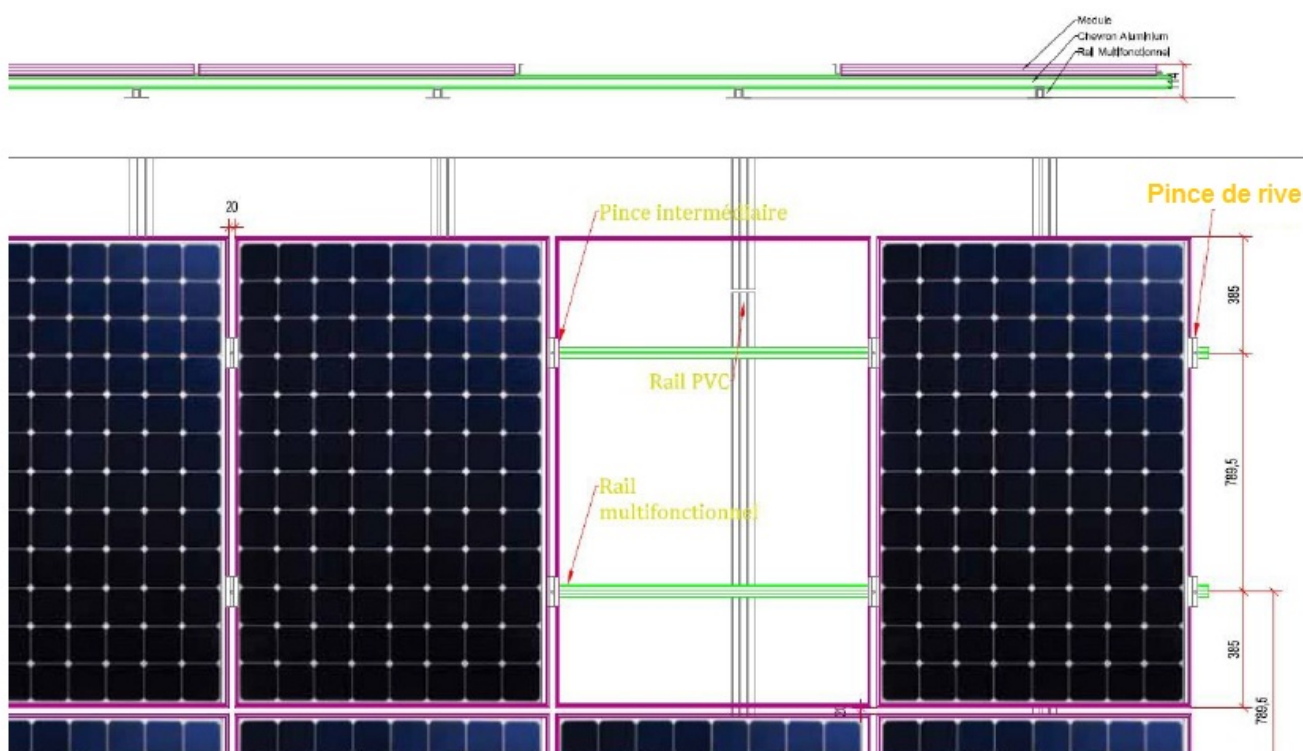


Figure 21 – Principe de mise en œuvre des modules photovoltaïques avec le système de profilés multifonctionnels

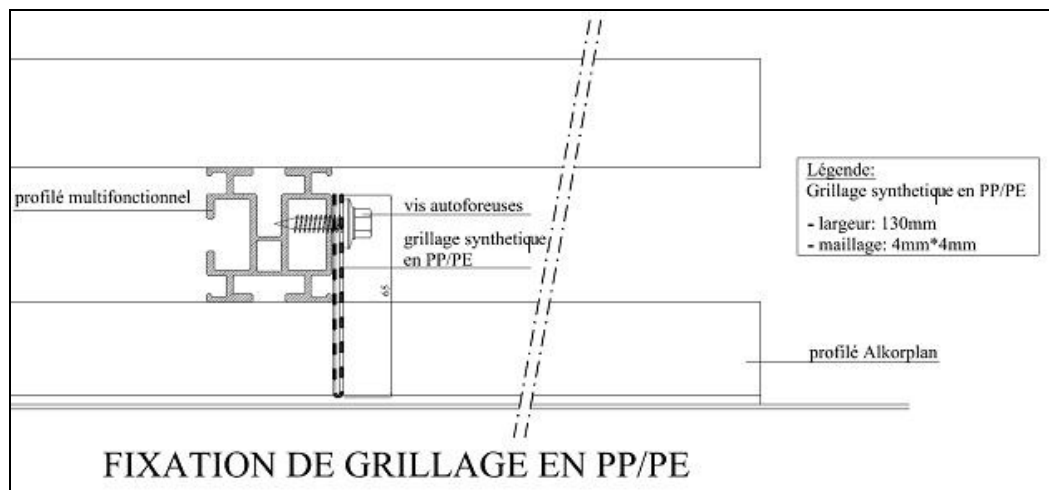


Figure 22 – Illustration du mode de fixation du grillage en périphérie du champ photovoltaïque



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