

Société Renusol Europe GmbH
Piccoloministr. 2, 51063 Köln/Cologne,
Allemagne/Germany

A l'attention de Monsieur Serge Heidinger

Ecully, le 22 septembre 2022

N/réf : MT/CS/L.21.06366

Projet : Système procédé RENSOL VS+ - couvertures en petits éléments- vis à double filetage

Objet : Enquête de Technique Nouvelle visant l'insertion des modules photovoltaïques en surimposition de plan de couvertures par le biais de crochets de toit.

Monsieur,

Vous nous avez confié une mission en vue de l'établissement d'une Enquête de Technique Nouvelle pour le **procédé intégré simplifié au bâti** de couverture photovoltaïque « RENSOL VS+ » pour les couvertures constituées de **petits éléments** dans sa déclinaison avec la pose avec **vis à double filetage**.

L'objet de cette enquête technique est de donner un avis technique sur l'intégration de divers modules photovoltaïques dans le cadre d'un montage en mode portrait ou paysage en surimposition sur un plan de couverture en tuiles canal (le procédé VS+ fait déjà l'objet d'une autre enquête pour les crochets).

Les justifications fournies nous permettent de conclure favorablement sur le procédé avec l'incorporation des panneaux référencés dans le présent rapport d'enquête technique, le domaine d'emploi y étant précisé. La période de validité du rapport est de 3 ans à compter de la date d'émission du rapport d'évaluation initial, soit, jusqu'au 20 septembre 2025.

Restant à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sincères salutations.

Marc TERRANOVA

SUD EST PREVENTION
Responsable Technique
17, chemin Louis Chirpaz
69134 ECULLY Cedex
Tél. : 04 72 19 21 30 - Fax : 04 72 29 16 92
RCS LYON 432 753 911 - SIRET 432 753 911 000 44

SUD - EST ———
——— **PREVENTION**

**RAPPORT D'ENQUETE
DE TECHNIQUE NOUVELLE**
ETN n° L.21.06366

REFERENCE : L.21.06366

NOM DU PROCEDE : **Procédé « RENUSOL VS+ - petits éléments - vis double filetage avec certains modules photovoltaïques de marques AIRSOLAR, BOURGEOIS GLOBAL, DUALSUN, JA SOLAR, Q CELLS, RECOM, SOLARDAY, SUNPOWER**

TYPE DE PROCEDE : **Procédé de champ photovoltaïque en surimposition sur plan de couvertures en tuiles canal avec vis à double filetage**

DESTINATION : **Travaux neufs ou travaux d'adaptation dans l'existant : Couvertures en petits éléments**

DEMANDEUR : **Société Société Renusol Europe GmbH
Piccoloministr. 2, 51063 Köln/Cologne,
Allemagne/Germany**

PERIODE DE VALIDITE **Du 20 septembre 2022
Au 20 septembre 2025**

Le présent rapport comporte 24 pages.
Il porte la référence L.21.06366 rappelée sur chacune d'entre elles.
Il ne doit être communiqué que dans son intégralité.

SOMMAIRE

1. PREAMBULE.....	3
2. OBJET DU PRESENT RAPPORT.....	3
3. QUALIFICATION DES INSTALLATEURS.....	3
4. DESCRIPTION DU PROCEDE.....	4
4.1. DESCRIPTION DES CONSTITUANTS SPECIFIQUES AU PROCEDE.....	4
4.2. DESCRIPTION DES CONSTITUANTS COMMUNS AU PROCEDE – RAILS SUPPORTS,.....	7
4.3. DESCRIPTION DES CONSTITUANTS DU PROCEDE – BRIDES.....	9
4.4. CARACTERISTIQUES DES MODULES VISES PAR LE PROCEDE.....	9
5. PRE-REQUIS POUR LA POSE DU PROCEDE.....	11
6. DOMAINE D’EMPLOI.....	11
7. TENUE AUX SURCHARGES CLIMATIQUES.....	12
8. PRE-REQUIS LIES AUX MODULES PHOTOVOLTAÏQUES.....	14
9. MONTAGE DU PROCEDE.....	14
10. TENUE MECANIQUE DU SYSTEME.....	15
11. SECURITE INCENDIE.....	20
12. SECURITE ELECTRIQUE DU CHAMP PHOTOVOLTAÏQUE.....	20
13. DURABILITE.....	20
14. CONTRÔLES.....	20
15. CONCOMMITANCE VENT PLUIE.....	21
16. AVIS TECHNIQUE DE SUD EST PREVENTION.....	21
DOCUMENTS DU DOSSIER TECHNIQUE.....	22
I. Plans des pièces constitutives du système « RENSOL VS+ » - petits éléments - caractéristiques.....	22
II. Notice d’instruction de montage.....	22
III. Résultats expérimentaux.....	22
IV. Caractéristiques des modules – certificats.....	22
V. Fixations associées au système.....	24

1. PREAMBULE

L'Enquête de Technique Nouvelle est une évaluation technique privée

Elle complète la gamme d'offres d'évaluation technique publique constituée par l'Avis Technique, et l'Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX) afin de prendre en compte les différents stades de développement de l'innovation.

Un rapport d'enquête de technique nouvelle ne constitue en aucun cas une certification, et le demandeur ne peut se prévaloir d'une telle qualification dans sa documentation commerciale.

2. OBJET DU PRESENT RAPPORT

La société **Renusol Europe GmbH** a confié à SUD EST PREVENTION une mission d'évaluation technique de son procédé RENSOL VS+ - petits éléments donnant lieu à la rédaction d'un Rapport d'Enquête de Technique Nouvelle.

La mission confiée à SUD EST PREVENTION concerne uniquement les éléments constitutifs assurant la fonction « solidité, clos et couvert » au sens des articles 1792 et suivants du Code Civil et dans l'optique de permettre une prévention des aléas techniques relatifs à la solidité dans les constructions achevées (mission L selon la norme NFP 03-100) à l'exclusion de toute autre fonction (sécurité incendie, isolation thermique, isolation acoustique,...).

Cette enquête ne vise pas la partie électrique de l'installation, ni les onduleurs associés aux panneaux.

3. QUALIFICATION DES INSTALLATEURS

La pose des panneaux photovoltaïques et plus généralement, les interventions sur la couverture doivent être effectuées par un installateur ayant une qualification adéquate, répondant aux cahiers des charges de qualification suivants (d'une part pour la compétence requise pour intervenir sur des ouvrages de couverture, et d'autre part pour la compétence nécessaire pour être habilité dans le domaine électrique (installation de basse tension en courant continu))

- QUALIPV BAT
- QUALIBAT 318.
- Qualibat : 8111 / 8112 / 8113 / 8121 / 8122 / 8123 / 8133 et 8621 (1 des 7 premiers modules + le 8621)
- Qualifelec : 40 SPV Installations électriques E1 – E3 – E2 – EC avec la mention « Solaire photovoltaïque » ou 43 Solaire photovoltaïque avec la mention RGE
- Qualit'ENR : QualiPV BAT ou QualiPV ELEC

Les intervenants disposent d'une habilitation électrique dans le domaine de la basse tension (<1500V CC).

Tout installateur devra avoir suivi une formation spécifique de la part du demandeur et posséder sur chantier :

- Le dossier Technique dans son intégralité
- Les Notices de Montage établies par le demandeur
- La présente Enquête de Technique Nouvelle

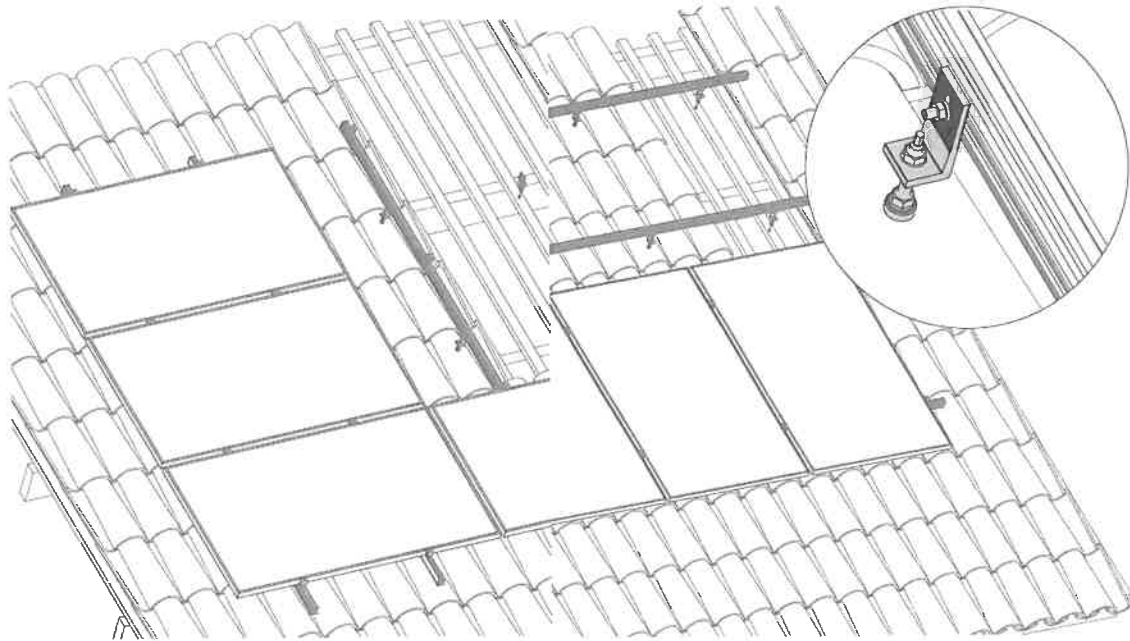
4. DESCRIPTION DU PROCEDE VS+ - Petits éléments – double filetage

La dénomination commerciale du système est « RENU SOL VS+ - petits éléments » avec vis à double filetage

Le système permet une mise en œuvre en toiture, des modules en surimposition du plan de couverture, à l'aide d'une vis à double filetage qui reporte les efforts du champ dans la sous-structure en bois.

Ce procédé permet la pose des modules en mode portrait ou paysage.

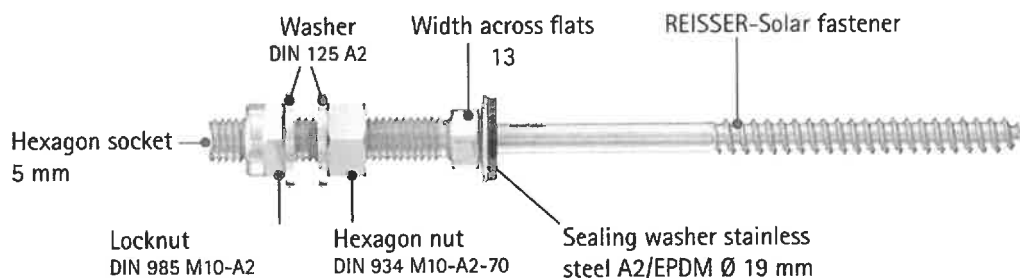
L'implantation de ces pièces fait l'objet d'une étude au cas par cas, à l'aide du « Configurateur 3.0 »



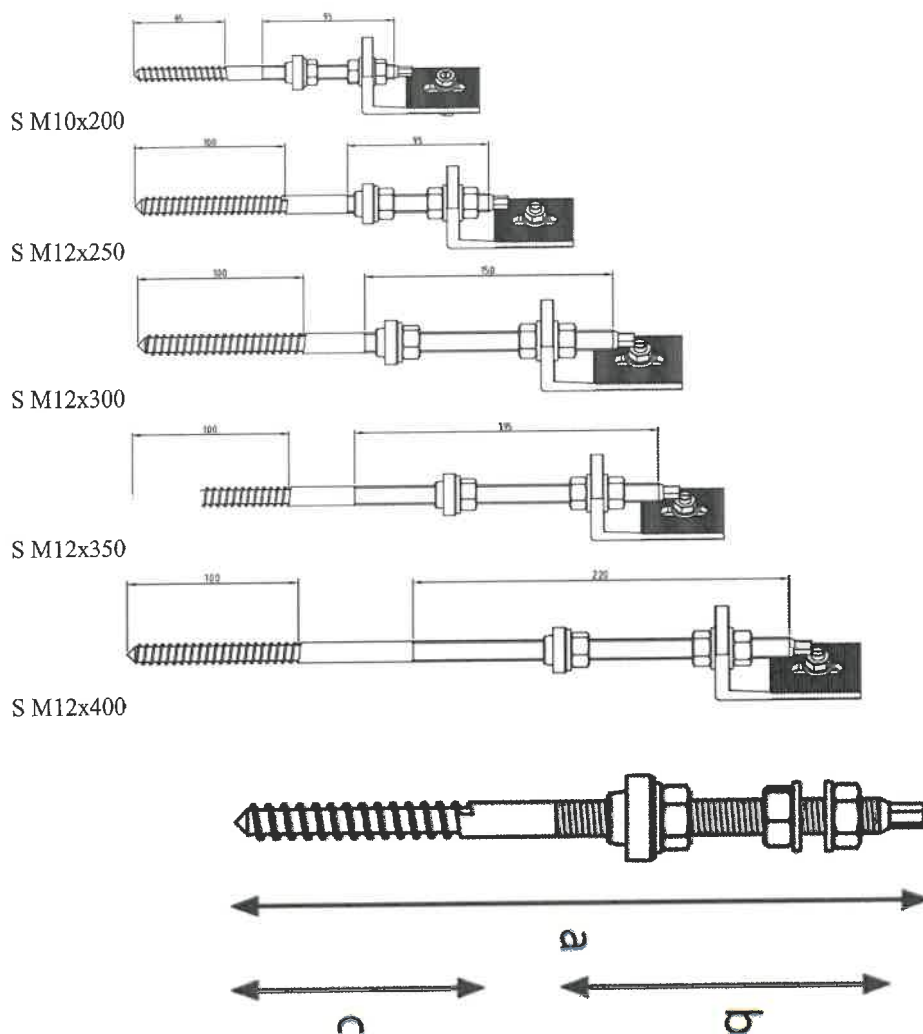
4.1. DESCRIPTION DES CONSTITUANTS SPECIFIQUES AU PROCEDE - PIECES dédiées aux COUVERTURES en petits éléments avec vis à double filetage (diamètre 10mm ou 12mm).

Seul est visé le cas des charpentes en structure en bois :

La vis comprend : 1 Vis à double filetage REISSER (type A), acier inox A2 → 3 Ecrou à embase avec cran d'arrêt, acier inox A2 → 1 patte de liaison → 1 joint d'étanchéité caoutchouc, EPDM → 1 rondelle, acier inox A2 → 1 plaque d'adaptation avec trou oblong 11x39 mm, acier inox A2



Les vis à double filetage sont disponibles en différentes longueurs et différents diamètres. Elles sont adaptées aussi bien pour les toitures en fibrociment à profil ondulé, que pour les couvertures en tôles d'acier nervuré, posées sur une ossature porteuse en bois.



Pour mémoire, la vis à double filetage ne peut se mettre en œuvre que sur des éléments en bois massif de classe C24 minimum

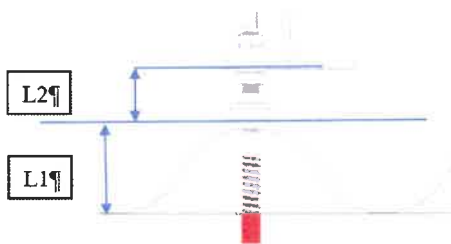
Référence commerciale vis à double filetage type A	Valeurs a - b - c (en mm)	Description de la vis pré-montée, pour couverture fibrociment ou TAN	Support	Zone de fixation
920187	136 - 50- 80	Vis à double filetage REISSER type A - M10x136,	BOIS (C24)	0 à 40mm
920188	156 - 50- 100	Vis à double filetage REISSER type A M10x156,	BOIS (C24)	20 à 60mm
920189	186 - 50- 130	Vis à double filetage REISSER type A M10x186,	BOIS (C24)	55 à 90mm
920190	206 - 50- 150	Vis à double filetage REISSER type A M10x206,	BOIS (C24)	75 à 110mm
920191	236 - 50- 180	Vis à double filetage REISSER type A M10x236,	BOIS (C24)	105 à 140mm
920192	256 - 50- 200	Vis à double filetage REISSER type A M10x256,	BOIS (C24)	125 à 160mm
Référence commerciale vis à double filetage type A	Valeurs a - b - c (en mm)	Description de la vis pré-montée, pour couverture fibrociment ou TAN	Support	spécification
920159	160 - 71- 65	Vis à double filetage REISSER type A M10x160,	BOIS (C24)	Raccordement décalé
860020	180 - 81- 65	Vis à double filetage REISSER type A M10x180,	BOIS (C24)	
920008	200 - 81- 65	Vis à double filetage REISSER type A M10x200,	BOIS (C24)	Raccordement décalé
860006	200 - 81- 65	Vis à double filetage REISSER type A M10x200,	BOIS (C24)	
860022	250 - 81- 65	Vis à double filetage REISSER type A M10x250,	BOIS (C24)	Raccordement décalé

860021	250 – 81- 65	Vis à double filetage REISSER type A M12x250,	BOIS (C24)	
920002	250 – 91- 100	Vis à double filetage REISSER type A M12x250,	BOIS (C24)	Raccordement décalé
860007	250 – 91- 100	Vis à double filetage REISSER type A M12x250	BOIS (C24)	
860017	300 – 141- 100	Vis à double filetage REISSER type A M12x300	BOIS (C24)	
920136	350 – 191- 100	Vis à double filetage REISSER type A M12x350	BOIS (C24)	
920137	400 – 211- 100	Vis à double filetage REISSER type A M12x400	BOIS (C24)	

Cette vis à double filet est visée par 2 rapports d'essais du DIBt

- L'un daté du 14 janvier 2014 (n°Z14.4.602)
- L'autre daté 20 décembre 2017 (n°Z14.4.555)

Le rapport Z14.4.555 spécifie la capacité résistante de cette vis comme suit (selon le diamètre et la profondeur de vissage) :



Le rapport Z14.4.602 spécifie la capacité résistante de cette vis comme suit :

K _{mod} = 0,7	Vis à bois <u>M10xL</u>									
Profondeur de vissage réelle (l _{ef}) en mm	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70
N _{R,k} (KN)	1,71	1,92	2,12	2,32	2,52	2,72	2,92	3,12	3,33	3,53

K _{mod} = 0,7	Vis à bois <u>M12xL</u>									
Profondeur de vissage réelle (l _{ef}) en mm	48	54	60	65	71	77	83	89	95	100
N _{R,k} (KN)	3,46	3,89	4,32	4,68	5,11	5,55	5,98	6,41	6,84	7,20

$$V_{R,k} = \min \left\{ V'_{R,k} * \frac{L_1}{L_1 + L_2}; 1,2 * \frac{M_{y,R,k}}{L_2} \right\}$$

Avec

- V'_{R,k} = 0,74 kN
- M_{y,R,k} (kN.cm) = 4,20 kN.cm

Le rapport Z14.4.602 spécifie la capacité résistante de cette vis comme suit :

$$V_{R,k} = \min \{ 0,84 \cdot F_{b,R,k}; 1,2 \cdot M_{y,R,k} / L_2 \}$$

Vis à double filetage BOIS	M _{y,R,k} (kN.cm)	F _{b,R,k} (kN)
VIS diamètre M10	5,80	0,31
VIS diamètre M12	10,50	0,36

Quelle que soit la vis retenue, en cohérence avec la sous-structure (bois, ou acier), le logiciel « Configurateur 3.0 » de la société Renusol permet de renseigner les paramètres en fonction du projet (sur la base des valeurs de résistance stipulées ci-avant), et de déterminer la vis adaptée au projet.

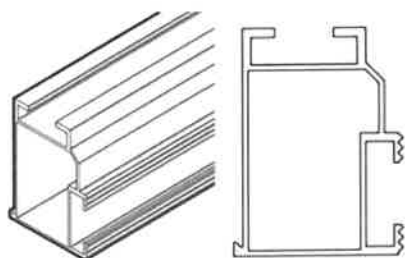
Concernant l'interface entre le plan de couverture et la vis à double filetage, les accessoires suivants sont à utiliser :

La mise en œuvre des cavaliers suivants est nécessaire pour assurer l'étanchéité au voisinage de la vis :



4.2. DESCRIPTION DES CONSTITUANTS SPECIFIQUES AU PROCEDE – RAILS SUPPORTS.

- Des rails de montage en aluminium EN AW 6063T66 de référence (désignation commerciale «4005xx – 4005xx-B») – longueurs disponibles : de 2.25m à 6.20m

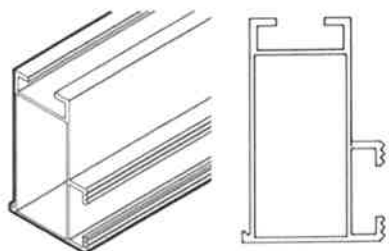


Largeur 37mm – Hauteur 50mm

Caractéristiques :

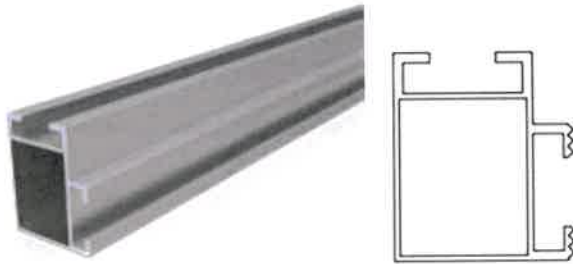
- $I_x \text{ (mm}^4\text{)} = 85025.226$
- $I_y \text{ (mm}^4\text{)} = 41424.391$
- $W_x \text{ (mm}^3\text{)} = 3247.813$
- $W_y \text{ (mm}^3\text{)} = 2238.986$

- Des rails de montage en aluminium EN AW 6063T66 de référence (désignation commerciale «400535») – longueurs disponibles : de 3.30m



Largeur 38mm – Hauteur 60mm

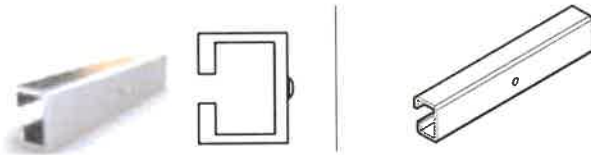
- **Des rails de montage en aluminium EN AW 6063T66 de référence (désignation commerciale «4005xx – 4005xx-B ») – longueurs disponibles : de 2.25m à 6.20m**



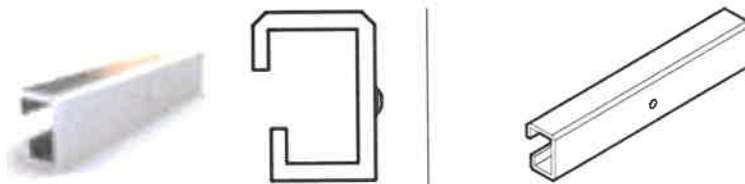
Largeur 35mm – Hauteur 41mm

Caractéristiques :

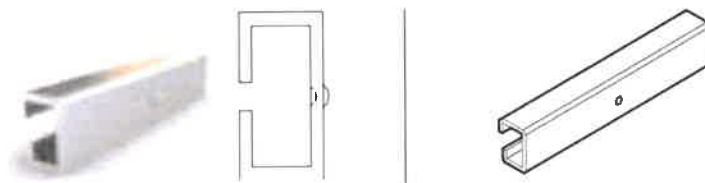
- I_x (mm⁴) = 46301
 - I_y (mm⁴) = 32756
 - W_x (mm³) = 2205.5
 - W_y (mm³) = 1820.4
- **Des éclisses de rails (raccords de rails) en aluminium EN AW 6063T66 - 41mm x 35mm - de référence (désignation commerciale «400531») – de longueur L=195 mm**
Ces connecteurs correspondent au rail 41x 35



- **Des éclisses de rails (raccords de rails) en aluminium EN AW 6063T66 – 50mm x 37mm - de référence (désignation commerciale «400532») – ces connecteurs diffèrent selon le rail**
Ces connecteurs correspondent au rail 50x 37



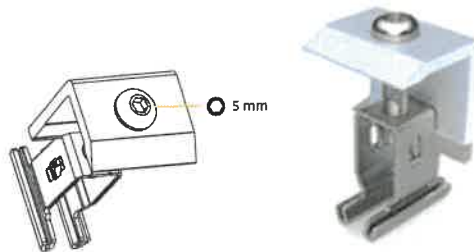
- I_x (mm⁴) = 75949,5
 - I_y (mm⁴) = 31836.4
 - W_x (mm³) = 3802.1
 - W_y (mm³) = 1908.7
- **Des éclisses de rails (raccords de rails) en aluminium EN AW 6063T66 – 60mm x 38mm - de référence (désignation commerciale «400533») – ces connecteurs diffèrent selon le rail**
Ces connecteurs correspondent au rail 50x 37



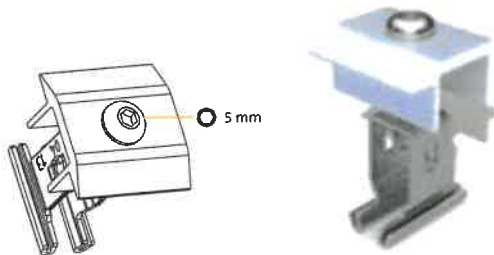
4.3. DESCRIPTION DES CONSTITUANTS DU PROCEDE - BRIDES

Les brides suivantes sont utilisées :

- Les brides d'extrémité → il s'agit de *clamps (ou brides)* qui sont fixés en rive de champ, sur les rails - *Matériau : Acier avec un « enrobage » de Zinc/Nickel - référence commerciale 420081 –420081-BE*



- Les brides centrales → il s'agit de *clamps (ou brides)* qui sont fixés dans l'emprise du champ, entre deux modules, sur les rails sur les rails - *Matériau : Acier avec un « enrobage » de Zinc/Nickel - référence commerciale 420082 –420082-BE*



- Les brides universelles RS1 → il s'agit de *clamps (ou brides)* qui sont fixés dans l'emprise ou en rive du champ, sur les rails sur les rails - *Matériau : Acier avec un « enrobage » de Zinc/Nickel – référence commerciale 420080 - 420080-BE*

Cette bride s'adapte à toutes les hauteurs de modules cadrés de 30 à 50 mm et toutes les fonctions (serrage central et d'extrémité avec rotation de la tête à 90°). Disponible en noir et argent. Le pied à clipser est compatible avec tous les rails Renusol.

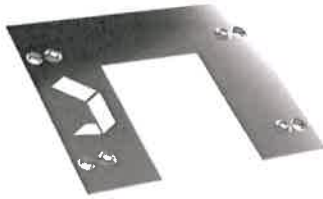


L'implantation de ces pièces fait l'objet d'une étude au cas par cas, à l'aide du logiciel « Configurateur 3.0 » de la société Renusol

L'installateur doit faire en sorte que l'espacement entre les modules voisins soit au minimum

- De 24mm entre les longs côtés adjacents
- De 24mm entre les côtés courts adjacents

- **Des dispositifs de mise à la terre des modules (réalisation des liaisons équipotentielles des cadres) de référence « P-CLIP »**



- **Des dispositifs de mise à la terre des modules (réalisation des liaisons équipotentielles des cadres) de référence (KIT de connecteur de terre 18mm) – option**



4.4. CARACTERISTIQUES DES MODULES VISES PAR LE PROCEDE :

Fabricant AIRSOLAR (AIRWELL)

- Modules AIRWELL – Demi-cellules Silicium Monocristallines – full black « PVMW-xxxM-FB- xxx → 375 Watts » de dimensions 1038mm x 1755mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Fiche produit Europe -22-AW-Modules-FR-0322 - février 2022) – référence AMSO Solar : AS375S7B-120
- Modules AIRWELL – Demi-cellules Silicium Monocristallines – full black « PVMW-xxxM-FB- xxx → 500 Watts » de dimensions 1134mm x 2100mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Fiche produit Europe -22-AW-Modules-FR-0322 - février 2022) référence AMSO Solar : AS500S8B-132

Fabricant BOURGEOIS GLOBAL

- Modules Monocristallins – 120 demi-cellules « BGPV (BK)-xxx -MCSI - xxx → 375 Watts » de dimensions de dimensions 1038mm x 1755mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (réf SOLIPAC : BGPV60-xxxBW (xxx de 350 à 375 Watts))
- Modules Monocristallins - Black –demi-cellule « BGPV (BK)-xxx-MCSI – BGPV72-xxxBW → 440 Watts » de dimensions de dimensions 1052mm x 2115mm x 40mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (réf SOLIPAC : BGPV72-XXX, - xxx=415 à 450Watts)

Fabricant DUALSUN

- Modules PV monocristallins – 108 demi-cellules « Dualsun Flash DSxxx-108M10-02- xxx → 395, 400, 405, 410, 415 Watts » de dimensions de dimensions 1134mm x 1708mm x 30mm avec 30mm retour petit côté et 30mm retour grand côté (Version v1.1 - Novembre 2021)

Fabricant JA SOLAR

- Modules Mono MBB - Half Cell - Black « JAM 60S21-xxx/MR - xxx → 355, 360, 365, 370, 375 Watts de dimensions 1052mm x 1776mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Version No. : Global_EN_20200727A)
- Modules Mono MBB - Half Cell -Full Black « JAM 60S21-xxx/MR FB - xxx → 355, 360, 365, 370, 375 Watts de dimensions 1052mm x 1769mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Version No. : Global_EN_20210326A)
- Modules Mono MBB - Half Cell « JAM 60S20-xxx/MR - xxx → 365, 370, 375, 380, 385, 390 Watts de dimensions 1052mm x 1769mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Version No. : Global_EN_20201118A)

Fabricant QCELLS

- Modules monocristallins (Half Cell) « Q.PEAK DUO ML-G9 - xxx → 375, 380, 385, 390, 395 Watts » de dimensions 1030mm x 1840mm x 32mm avec 22mm retour petit côté et 32,8mm retour grand côté (Q.PEAK DUO ML-G9_375-395_2020-08_Rev01_FR)

Fabricant RECOM

- Modules monocristallins – demi-cellules - série « Panther » « RCM-xxx-6ME - xxx → 350, 355, 360, 365, 370, 375, 380 Watts de dimensions 1038mm x 1755mm x 35mm avec 30mm retour petit côté et 30mm retour grand côté (RCM-xxx-6ME (xxx=350-380)-9-M6-35-BB-015-2021-09-v1.1-FR)

Fabricant SOLARDAY

- Modules monocristallins demi-cellules - série « MPS HC 120 » « MPS HC 120 – xxx W - xxx → 360, 365, 370, 375, 380 Watts de dimensions 1038mm x 1755mm x 35mm avec 30mm retour petit côté et 30mm retour grand côté (Solarday_MPS HC 120_360-380_24/01/2022_REV.0_FR)

Fabricant SUNPOWER MAXEON

- Série Performance 3 BLK - modules Monocristallins « SPR- P3-xxx-BLK - xxx → 370, 375, 380, 385, 390 Watts » de dimensions 1160mm x 1690mm x 35mm avec retour petit côté 24mm et retour grand côté 32mm (538233REV C/ A4_FR – mars 2021)

5. PRE REQUIS CONCERNANT LES COUVERTURES POUR LA POSE DU PROCÉDÉ AVEC LES SYSTÈMES DE FIXATIONS DOUBLE-FILET DESTINÉS AUX COUVERTURES EN TUILES CANAL

Le procédé de pose en intégration simplifiée au bâti est prévu pour une mise en œuvre sur bâtiments neufs ou en rénovation, fermés ou ouverts et ne présentant pas de pénétration autre que les vis à double filetage dans la zone couverte par les modules.

Le procédé se décline suivant le type de couverture : **seules sont visées les couvertures dont la référence au DTU est spécifiée ci-après :**

La pente de toiture est limitée à 30° (60%) maximum et doit respecter les règles de mise en œuvre de couvertures en tuiles. En complément des dispositions du DTU40.22, **l'ensemble des tuiles devra être fixé, même en deçà d'une pente de 30%**

Pour les pentes de toits admissibles avec ce montage, il convient de se reporter au tableau 1 du §3.1 du DTU 40.22, en rajoutant un **minimum de 6%** en fonction du cas visé dans le DTU correspondant, à savoir, ceux des DTU (ou DTA) suivants :

- DTU 40.22 (NF P31-201-1) : Couverture en tuiles canal de terre cuite - (Indice de classement : P31-201-1)
- Le document technique d'application, le cas échéant.

La longueur maximale du rampant autorisée est de 12m (conformément aux dispositions des DTU et DTA applicables).

Avant de débiter l'assemblage du système, l'installateur devra s'assurer de la conformité de la structure porteuse et en particulier de son empannage.

Dans le cas de la **réalisation d'un champ PV sur un bâtiment existant**, le maître d'œuvre devra s'assurer de l'adéquation de la structure existante avec les nouveaux cas de chargement appliqués au bâtiment, et prévoir les renforcements de structure si nécessaire, ces ouvrages étant totalement indépendants du champ PV.

Avant la mise en œuvre du procédé, l'installateur devra vérifier notamment l'équerrage, et la planéité de la charpente ou de la couverture (s'il intervient sur l'existant), et toute anomalie qui pourrait porter préjudice à l'installation du champ PV lui-même.

6. DOMAINE D'EMPLOI

Le domaine d'emploi du procédé est précisé dans la notice de montage « VS+ double filetage PE|V1 | 20220620 » et précisé comme suit dans la présente Enquête de Technique Nouvelle.

Mise en œuvre en France métropolitaine :

- Procédé réservé aux couvertures visées par les DTU
- Utilisation pour les types de bâtiments suivants : bâtiments d'habitation (collectifs ou individuels), bâtiments industriels, tertiaire ou agricoles
- Pose en mode portrait ou en mode paysage avec le montage spécifique (voir § mise en œuvre)
- Mise en œuvre en toitures neuves de bâtiments neufs ou existants exclusivement sur charpentes bois.
- Atmosphère extérieure rurale non polluée, industrielle normale, sévère ou marine
- Sur bâtiments isolés ou non, en toiture froide exclusivement
- Hors climat de montagne caractérisé.
- Zone de vent maximum : 4
- Uniquement dans les locaux à faible et moyenne hygrométrie, en ambiance saine.
- Zone sismique (jusqu'à zone 4 pour bâtiments de catégorie d'importance III)
- Réalisation de versants complets ou partiels

- Implantation sur des versants de pente, imposée par la toiture, avec une pente minimale visée dans le DTU visant les **couvertures tuiles** concernées (cf. §5 ci-avant), augmenté systématiquement de 6% et **pente limitée à 50°** quelle que soit l'exposition du site
- La longueur du rampant de la couverture ne peut excéder 12 m (toitures en petits éléments).
- La limite supérieure du champ PV ne doit dépasser le faîtage (la partie supérieure du panneau doit se trouver sous la tuile de faîtage).
- L'espace entre la rive de couverture et le bord du champ doit être tel qu'il n'y ait aucune fixation dans le chevron de rive (et le champ ne devant par ailleurs, pas dépasser le profil de rive)
- Possibilité de mise en œuvre sur des bâtiments type ERP (sous réserve de la prise en compte des dispositions évoquées dans les articles EL de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié, et des dispositions validées par la commission centrale de sécurité)
- Le système peut être mis en œuvre sur des charpentes traditionnelles (avec voligeage intégral ou non) ainsi que sur des charpentes bois industrialisées type fermettes (conformément au DTU31.1) avec les restrictions dues à la tenue de la charpente et à la bonne mise en œuvre des vis et crochets sur celles-ci.
- Pour les pannes bois seront de type résineux la masse volumique sera au moins égale à 450kg/m³ - largeur d'appui de minimum 60 mm et hauteur minimale des pannes : 80mm – **vissage tel que la distance au bord par rapport aux vis utilisées à double filetage, soit supérieure à (3d) 3 fois le diamètre de celles-ci**
- L'installation PV ne pourra pas dépasser 25m au faîtage par rapport au niveau du sol environnant le plus bas.

Exclusions :

- Le système n'est pas compatible avec les couvertures cintrées
- Le procédé ne peut être mis en œuvre dans des cas où les éléments du champ PV seraient disposés sur une toiture isolée au sens de l'EN1991 §7

Il est précisé que dans les cas où la couverture existe déjà : il reviendra à l'installateur de juger de l'état des éléments de couverture, pour déterminer si le remplacement des tuiles ou des ardoises est requis.

7. TENUE AUX SURCHARGES CLIMATIQUES

L'ouvrage de couverture photovoltaïque ne participe pas à la stabilité du bâtiment.

La stabilité du procédé ne sera assurée que pour des structures porteuses sous-jacentes dimensionnées conformément aux Eurocodes (actions locales et globales) selon les hypothèses retenues ci-après :

RESISTANCE AUX SOLLICITATIONS EXTRÊMES SELON REGLES NV65 modifiées (valeur en Pa)		
	Surface module (S _{module}) < 1,64m ²	Surface module (S _{module}) < 2 m ²
Résistance sous sollicitations extrêmes ascendantes	1400	1150
Résistance sous sollicitations extrêmes descendantes	1860	1520
Ces valeurs sont issues des essais de résistance mécanique sur la base de 4 vis à double filetage –		
<ul style="list-style-type: none"> • Entraxe perpendiculaire à la pente 495mm • 2 rails (hauteur 41mm – largeur 35mm – longueur 3200mm – porte-à-faux 280mm – entraxe 1160mm • 2 modules avec grands côtés parallèles à la pente 		
Pour mémoire, ces limitations en pression et en dépression sont identiques à celles découlant des essais effectués avec les crochets (système VS+ avec crochets), du fait que le mode de rupture est identique.		

- **Le zonage est conforme à celui indiqué dans les Eurocode (EN 1990 et EN1991 ainsi qu'aux annexes nationales correspondantes) ou dans le modificatif n°4 des règles NV65**
- **S'agissant des effets de la neige - limitations d'emploi du système :**
 - Le système ne peut être mis en œuvre que pour des projets localisés en plaine, pour des altitudes inférieures à 900 m.
 - Mise en œuvre possible pour toutes les régions de Neige (A1, A2, B1, B2, C, D et E en référence aux Tableaux A1 et A2 de la NF EN 1991-1-3 AN).
 - Le bâtiment n'est pas abrité du vent par une construction voisine pouvant empêcher la redistribution de la neige ($C_e = 1.00$ en référence au §5.2 de la NF EN 1991-1-3)
 - Il n'existe pas d'effet thermique accélérant la fonte de la neige ($C_t = 1.00$ en référence au §5.2 de la NF EN 1991-1-3)
 - Il n'existe pas d'effets d'accumulation de neige particuliers sur le générateur PV engendrés par la géométrie de la toiture et de celles environnantes, ou engendrés par des équipements de toiture particuliers.
 - $C_e = 1$ (site normal) et $C_t = 1$
 - Il n'y a pas d'accumulation de neige en bord de toiture.
 - $\mu_1 = 0.8$ (μ_2 est à utiliser pour des toitures à versant multiples) et altitude inférieure à 900m
- **S'agissant des effets du vent - limitations d'emploi du système :**
 - Mise en œuvre possible dans les zones de vent 1 à 4 (en référence à la figure 4.3(NA), et aux Tableaux 4.3(NA) et 4.4(NA) de la NF EN 1991-1-4 NA)
 - Mise en œuvre possible pour les bâtiments localisés en catégorie de terrain II, IIIa, IIIb et IV (voir Tableau 4.1(NA) et figures 4.6(NA) à 4.14(NA) de la NF EN 1991-1-4 NA).
 - La mise en œuvre en catégorie de terrain 0 n'est pas visée.
 - Mise en œuvre possible pour des projets non soumis à des augmentations de vitesses de vent liées à l'orographie du terrain (telle que définie au §4.3.3 de la NF EN 1991-1-4 et dans les clauses 4.3.3(1) et (2) de la NF EN 1991-1-4 AN)
 - Mise en œuvre possible pour des projets non soumis à des augmentations de vitesses de vent liées à la présence de constructions avoisinantes de grandes dimensions (telle que définie au §4.3.4 de la NF EN 1991-1-4 et dans la clause 4.3.4(1) de la NF EN 1991-1-4 AN)
 - $c_{dir} = 1$ et $c_{season} = 1$ (valeurs recommandées dans l'annexe nationale)
 - $V_b = V_{b,0}$
 - Les vérifications sont menées dans le cas d'une hauteur de 10m
 - $c_s c_d = 1$
 - Cf. coefficient de force = 1
- La flèche limite des chevrons et supports associés doivent être conformes aux règles de calculs en vigueur
- Les pannes de charpente (pannes ou chevrons) supportant les crochets devront respecter les préconisations suivantes :
 - Dimensionnement conforme aux dispositions de l'EN1995 (et de son annexe nationale)
 - Pannes bois de type résineux et de masse volumique minimum égale à 450kg/m³
 - Tout autre bois non résineux d'une résistance au mois égale à celle d'un bois de classe C24
- Pour chacun des modules, des conditions particulières liées aux zones de fixations des profilés cadrés sont données par le fabricant (instructions de montage propres à chacun des modules) : ces contraintes sont à prendre en considération par l'installateur pour la mise en œuvre des fixations.
- La toiture du bâtiment doit être de type à un ou deux versants (les toitures en sheds sont admises et assimilées aux toitures à un versant), tels que définis aux §7.2.4 et §7.2.5 de la NF EN 1991-1-4.

En pratique, le calcul est établi à l'aide du logiciel de calcul interne à la société : il s'agit du logiciel « Configrateur 3.0 »

Cet outil de calcul permet d'éditer une analyse statique pour le dimensionnement du système selon les paramètres définis dans les Eurocodes avec les éléments correspondant au projet, de déterminer les rails et les crochets adéquats et leur nombre en fonction de l'environnement (localisation, altitude, rugosité, orographie,...etc).

Ce logiciel de calcul n'a pour seul objet que le dimensionnement des crochets de fixation à la structure, et qu'il précise également :

- Le positionnement des vis à double filetage
- La nature des vis à double filetage sur la charpente

Ce logiciel ne permet pas la vérification statique de la prise au vent dans le cas des structures « ouvertes ».

Toute modification de cas de chargement pour les projets en réhabilitation devra faire l'objet d'une étude par un bureau d'études spécialisé, et ce au regard des règles de calculs actuelles.

En tout état de cause un diagnostic de la solidité des structures existantes devra être effectué par un organisme de contrôle agréé ou par un bureau d'études spécialisé.

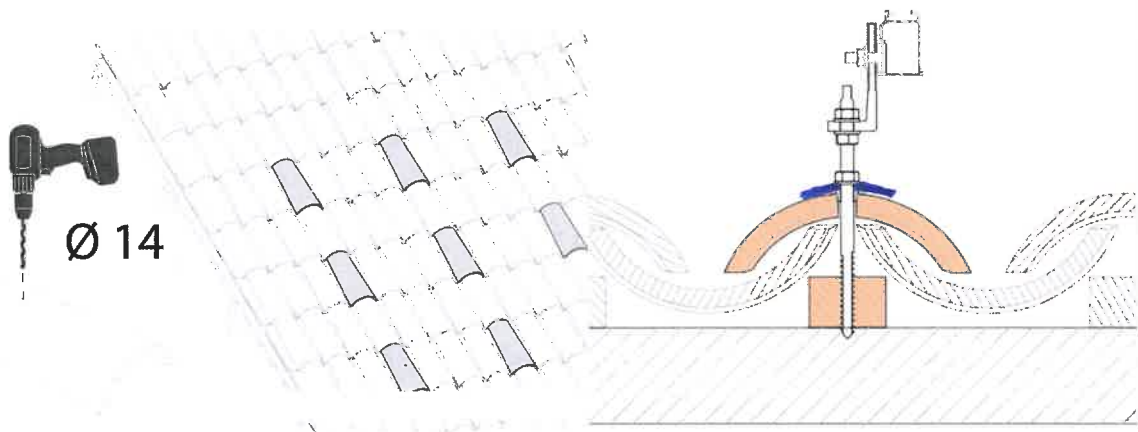
8. PRE-REQUIS LIES AUX MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les charges admissibles pour chacun des modules sont celles visées dans les certificats IEC 61 730, minorées d'un coefficient de 1,5, sous réserve du respect des zones de serrage autorisées sur les modules cadrés (l'installateur devra respecter les zones d'accrochage définies dans les prescriptions de montage propres aux modules eux-mêmes).

9. MONTAGE DU PROCEDE RENUSOL VS+ - Petits éléments

Le montage suppose que la couverture soit intégralement fixée sur la structure et que la fonction clos/couvert soit déjà assurée.

La pose se fait en mode PORTRAIT ou PAYSAGE, à l'exclusion de toute autre orientation, conformément à la notice de montage « VS+ double filetage PE|V1 | 20220620 »



Diamètre de pré-perçage		
	Vis double filetage M10	Vis double filetage M12
Perçage tuile	14mm	16mm
Perçage panne ou chevron	7mm	8,5mm

L'espace entre modules est toujours de 10mm minimum **entre les côtés courts (petits côtés)** - cet espacement doit être bien respecté.

L'espace entre modules est toujours de 12mm **entre les côtés longs (grands côtés)** - cet espacement est nécessairement respecté par construction, puisqu'il correspond à la largeur des brides de serrage.

Dès lors que les rails sont posés et fixés, les modules photovoltaïques sont mis en place, fixés et raccordés.

Dès lors que les modules photovoltaïques sont positionnés selon le calepinage, le serrage de la bride se fait par le haut.

Le couple de serrage des attaches centrales (brides centrales) ou des attaches d'extrémité (brides de rives) est de 12 N.m

Raccorder électriquement les panneaux entre eux selon le plan de calepinage au fur et à mesure de la pose.
Cette intervention est conjointe avec la pose des panneaux de façon que la mise à la terre soit simultanée avec la pose des panneaux.

Raccorder électriquement les panneaux entre eux selon le plan de calepinage au fur et à mesure de la pose.
Cette intervention est conjointe avec la pose des panneaux de façon que la mise à la terre soit simultanée avec la pose des panneaux.

Cette liaison équipotentielle est assurée avec visserie par l'électricien

10. TENUE MECANIQUE DU SYSTEME

L'ouvrage de couverture photovoltaïque ne participe pas à la stabilité du bâtiment.

La stabilité du procédé ne sera assurée que pour des structures porteuses sous-jacentes dimensionnées conformément aux Eurocode (actions locales et globales).

L'ensemble des éléments structuraux sont vérifiés selon les règles de calculs européennes dénommées « Eurocodes », assorties des prescriptions normatives édictées par les annexes nationales françaises.

Certaines résistances caractéristiques ont été définies sur la base :

- Des agréments techniques délivrés par l'Institut allemand de technique du bâtiment DIBt à Berlin,
- des campagnes de tests réalisées en interne dans les locaux de la société RENU SOL à Cologne, ou par le laboratoire KIT (Karlsruher Institut für Technologie)
- des vérifications établies par le cabinet d'ingénieurs conseil *Peil, Ummenhofer mbH*
- *Rapport n°RC 1881/1114 du cabinet d'ingénieurs conseil Ruscheweyh Consult GmbH : détermination des coefficients cpe*
- *Rapport n°000 du diBt n° Z14.4.627 concernant la résistance caractéristique des clamps (valeur de Nr.k)*

	Valeur caractéristique $N_{r,k}$ des clamps (KN)
Clamp de rive	1,86
Clamp intermédiaire	3,40

Par ailleurs, la méthode de calcul a fait l'objet d'une analyse par le laboratoire TÜV Rheinland concernant le respect des dispositions des règles eurocodes (EN 1991-1-3 et EN 1991-4-4 notamment)

L'objet de la justification de la tenue mécanique du système vise à vérifier que les valeurs limites de résistances découlant des campagnes d'essais, ne sont pas dépassées.

La justification mécanique s'établit sur la base des vérifications suivantes (cf §8.1, §8.2 et §8.3 suivants) :

10.1. Vérification du système : l'accroche des rails courts aux éléments de couverture – utilisation du logiciel

Après entrée des données de base du projet, le Configurateur 3.0 calcule les forces de pression et d'aspiration à prendre en compte pour les différentes zones de toiture afin de déterminer quels seront les zones soumises aux contraintes les plus importantes

Le logiciel liste toutes les combinaisons, et retient les plus défavorables
De ces combinaisons de sollicitations découle la justification des brides intermédiaires, des brides simples et des rails

Brides intermédiaires :

Le Configurateur calcule l'effort sollicitant sur les brides intermédiaires.

Leurs valeurs de résistances maximales (découlant des essais expérimentaux) sont comparées aux différentes contraintes issues des combinaisons d'actions.

Brides simples :

Le même calcul est ensuite effectué pour les brides simples (aussi appelées brides terminales).

Rail de fixation :

Le principe de calcul précédent est appliqué au rail de fixation afin de déterminer son pourcentage de sollicitation au regard de sa capacité.

Remarque : les sollicitations de traction combinées ainsi que les sollicitations transversales (cisaillement) combinées sont déterminantes dans le calcul de résistance du système.

Les sollicitations correspondant aux charges descendantes (pressions verticales) sont transmises directement au support par pression de contact, et ne sont généralement pas déterminantes pour le calcul.

L'objet de la justification de la tenue mécanique du système vise à vérifier que les valeurs limites de résistances découlant des campagnes d'essais, ne sont pas dépassées.

La justification mécanique s'établit sur la base **des dispositions suivantes**

Les combinaisons à l'Etat Limite Ultime de Résistance (ELUR) permettent de vérifier les brides en combinaison avec les rails en aluminium et ainsi la fixation des crochets.

Les combinaisons à l'Etat Limite Accidentel (ELA) sous charge de neige accidentelle ne sont pas dimensionnantes pour la résistance du système RENU SOL VS+, compte tenu du fait que les actions sont transmises directement du panneau photovoltaïque aux rails, et aux crochets (puis à la charpente).

Les combinaisons à l'Etat Limite de Service (ELS) ne sont pas dimensionnantes non plus, du fait que le niveau de charge en cas d'ELS est inférieur aux charges ELUR.

Charges :

- G_{sup} = charges permanentes dont l'action est défavorable
- G_{inf} = charges permanentes dont l'action est favorable
- S = charge de neige
- W_p = charges de vent (pression)
- W_s = charges de vent (dépression)

Combinaisons ELUR prises en compte dans la vérification :

- $k_{FI} \cdot (1,35 \cdot G_{sup} + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,6 \cdot W_p)$
- $k_{FI} \cdot (1,35 \cdot G_{sup} + 1,5 \cdot W_p + 1,5 \cdot 0,6 \cdot S)$
- $k_{FI} \cdot (1,00 \cdot G_{inf} + 1,5 \cdot W_s)$

Avec classe de conséquences CC1 (tableau B.2)

On retient que $k_{FI} = 0,9$

Effets du vent

Les effets du vent sont déterminés en conformité avec la NF EN 1991-1-4 et la NF EN 1991-1-4 NA (Annexe Nationale).

La valeur de pression retenue dans les calculs est appelée pression dynamique de pointe $q_p(z)$ à la cote z .

La pression sollicitant de calcul est donnée par :

- $q_w = q_p \cdot C_{pe}$

C_{pe} étant le coefficient de pression extérieur agissant sur la demi-surface du panneau photovoltaïque sélectionné.

Valeur habituelle $\rightarrow 1,66 \text{ m}^2 / 2 = 0,83 \text{ m}^2$ par exemple.

Pression dynamique de point $q_p(z)$

Valeur de base de la vitesse de référence $v_{b,0}$

Carte de la valeur de base de la vitesse de référence $V_{b,0}$ ($z = 10 \text{ m}$ / Catégories de rugosité = II / $t = 10 \text{ min}$) en France selon NF EN 1991-1-4/NA, Figure 4.3(NA), dépendant de la région.

- **Coefficient de rugosité C_r**

Le coefficient de rugosité est déterminé selon NF EN 1991-1-4/NA, Equation (4.4) :

- $C_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0)$

avec Equation (4.5) :

- $k_r = 0,19 (z_0/z_0,II)^{0,07}$

z_0,II selon Tableau 4.1(NA) dépendant de la Catégorie de terrain (I, II, IIa, IIb ou IV)

- **Catégories de terrain**
Pour les catégories et paramètres de terrain, voir Tableau 4.1(NA) et figures 4.6(NA) – 4.14(NA)
z hauteur du bâtiment Clause 4.3.2 (1) avec considération de zmin de tableau 4.1(NA)
- **Coefficient de direction**
Coefficient de direction selon NF EN 1991-1-4/NA Clause 4.2(2) P Note 2 :
 - $C_{dir} = 1,0$
- **Coefficient de saison**
Coefficient de saison, voir Figure 4.5(NA) :
 - $C_{season} = 1,0$
- **Coefficient de probabilité**
Coefficient de probabilité selon Tableau 4.5(NA) pour une période de retour de 50 années
 - $c_{prob} = 1,0$
- **Vitesse de référence vb**
NF EN 1991-1-4 Equation (4.1) :
 - $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$Résultat pour la vitesse de référence:
 - $v_b = v_{b,0}$
- **Vitesse moyenne vm**
Vitesse moyenne NF EN 1991-1-4 Equation (4.3) :
 - $v_m = c_0(z) \cdot c_r(z) \cdot v_b$
- **Coefficient orographique :**
 - $c_0(z) = 1,0$
- **Pression dynamique de point qp(z)**
Equation (4.8):
 - $q_p(z) = [1+7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2$Equation (4.7):
 - $I_v(z) = (k_l / (C_0(z) \cdot \ln(z/z_0)) \dots \dots \dots$ si $z_{min} < z < z_{max}$
 - $I_v(z) = I_v(z_{min}) \dots \dots \dots$ Si $z < z_{min}$

ρ = masse volumique de l'air, selon NA Clause 4.5 (1) NOTE 2: 1,225 kg/m³
 $I_v(z)$ = intensité des turbulences
 $v_m(z)$ = vitesse moyenne du vent
 k_l = coefficient de turbulence
 $c_0(z)$ = coefficient orographique
z = hauteur de référence du projet à laquelle la turbulence est déterminée, ici le faitage du bâtiment dans notre cas. z_0
= longueur de rugosité comme fonction de la catégorie de terrain, voir tableau 4.1(NA)

Détermination de cpe

La valeur de cpe (coefficient aérodynamique) diffère selon les paramètres suivants

- type de toiture
- zone de toiture concernée
- angle d'inclinaison
- direction du vent
- **Toiture à un seul versant:**
voir § 7.2.4 de la NF EN 1991-1-4, avec prise en compte des zones courantes, des rives et de l'angle.
- **Toiture à deux versants:**
voir § 7.2.5 de la NF EN 1991-1-4, avec prise en compte des zones courantes, des rives et de l'angle.
- **Toiture plate (inclinaison < 5°) :**
voir § 7.2.4 de la NF EN 1991-1-4

La valeur aérodynamique Cpe dépend de la charge sur la surface A qui agit que sur une seule fixation.

Dans notre cas cette surface « A » représente la moitié de la surface d'un panneau photovoltaïque.

La valeur C_{pe} pour la superficie A est extrapolée de manière logarithmique, conformément à la norme NF EN 1991-1-4 Figure 7.2 :

- $C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \cdot \log_{10}(A)$ si $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$
- $C_{pe} = C_{pe,1}$ si $A < 1 \text{ m}^2$
- $C_{pe} = C_{pe,10}$ si $A > 10 \text{ m}^2$

Par ailleurs, il se produit une dépression au droit de la partie inférieure des panneaux photovoltaïques (dans l'interstice situé entre le plan de la couverture et l'intrados des panneaux) C_{pi} , qui correspond à une compensation partielle de la pression subie par le champ.

Compte tenu du fait qu'aucune valeur n'est spécifiée dans l'eurocode (ni dans les règles générales, ni dans l'Annexes nationale) pour la situation d'un champ générateur monté dans un plan parallèle à celui du toit, le bureau d'étude de la société RENU SOL a retenu la Clause 1.5 de NF EN 1991-1-4/NA et a fait réaliser des simulations en soufflerie.

Il en résulte des coefficients de diminution f_{dim} pour considérer les effets de compensation de pression :

- $C_{pe,cal} = c_{pe} \cdot f_{dim}$

Ces coefficients minorateurs sont utilisés dans le logiciel

Effets de la neige

Les effets de la neige sur le système sont déterminés conformément à la NF EN 1991-1-3 et la NF EN 1991-1-3 NA.

La clause 1.1(3) de la NF EN 1991-1-3 NA définit les conditions d'application des chutes normales ou exceptionnelles, ainsi que les conditions d'accumulation

Les charges de neige sont exprimées en projection horizontale de toiture et sont redistribuées selon le rampant pour les vérifications.

- **Charges de neige normale Equation (5.1) NF EN 1991-1-3 :**

- $s = \mu_1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$

μ_1 [-] = Coefficient de forme exprimé au §5.3 de la NF EN 1991-1-3 en fonction du type de toiture à un versant, 2 versants

μ_2 [-] = Coefficient de forme exprimé au §5.3 de la NF EN 1991-1-3 avec l'accumulation exceptionnelle de neige

c_e [-] = Coefficient d'exposition selon Clause 5.2(7) Tableau 5.1 NF EN 1991-1-3/NA

c_t [-] = 1, Coefficient thermique selon Clause 5.2(8) NF EN 1991-1-3/NA

s_k [kN/m²] = Valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol donnée par l'AN, calculé selon NF EN 1991-1-3/NA Figure AN.2 « Carte des valeurs des charges de neige ».

Il est possible de choisir le coefficient de forme μ_2 (NF EN 1991-1-3 tableau 5.2) pour considérer l'accumulation exceptionnelle de neige.

Il est possible de choisir le coefficient d'exposition avec l'outil informatique « Configurateur 3.0 »

- **Les charges de neige en débord de toiture :**

On peut calculer soi-même et introduire ces valeurs de charges de neige [kN/m²] avec l'outil informatique

La chute exceptionnelle n'est pas prise en compte, mais il est possible de calculer soi-même ces éventuelles charges et introduire dans les paramètres d'entrée, ces valeurs de charges de neige [kN/m²] exceptionnelles avec l'outil informatique « Configurateur 3.0 »

Vérification des éléments structuraux

- **Calculs de charges**

Pour la vérification des éléments structuraux, il est considéré que les charges appliquées sur les panneaux photovoltaïques sur rails sont réparties sur les crochets.

- Chaque panneau est fixé sur 4 appuis (les vis à double filet).
- Deux panneaux adjacents reposent sur le même appui (le même rail).
- Par conséquent, chaque profil supporte la charge d'un demi-panneau

Les charges permanentes G du système se décomposent de la manière suivante :

- G = poids propre des panneaux + système de montage
- L'utilisateur du logiciel doit choisir un panneau ou entrer lui-même les chiffres dans la base de données (cf fiche technique du module) du panneau dans l'outil informatique « Configurateur 3.0 »

- L Longueur [mm]
- B Largeur [mm]
- m Poids [kg]

Pour la prise en compte du poids propre du système de montage, l'outil informatique calcule systématiquement avec $g_{SM} = 0,01$ [kN/m²]

Le poids propre qui agit sur chaque appui est calculé ainsi:

$$G \text{ [kN]} = \frac{1}{2} \cdot (m \text{ [kg]} \cdot 0,01 \text{ [kN/kg]}) + g_{SM} \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot L \text{ [m]} \cdot B \text{ [m]}$$

Les charges de la neige et les charges du vent sont calculées comme suit:

$$S \text{ [kN]} = \frac{1}{2} \cdot L \text{ [m]} \cdot B \text{ [m]} \cdot s \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$V \text{ [kN]} = \frac{1}{2} \cdot L \text{ [m]} \cdot B \text{ [m]} \cdot q_p \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot C_{pe,cal}$$

Les charges de vent agissent de manière perpendiculaire au plan de la toiture, les charges sont décomposées comme suit :

La composante x agit en parallèle au plan toiture :

- $F_x \text{ [kN]} = (G \text{ [kN]} + S \text{ [kN]}) \cdot \sin \alpha \text{ [rad]}$

La composante z (perpendiculairement au plan toiture):

α = inclination du panneau, c'est identique à l'inclination de la toiture)

- $F_z \text{ [kN]} = (G \text{ [kN]} + S \text{ [kN]}) \cdot \cos \alpha \text{ [rad]} + V \text{ [kN]}$

Les charges caractéristiques sont pondérées avec les facteurs de sécurité et avec les facteurs de combinaison pour obtenir les valeurs au niveau ELA:

- F_{xd}
- F_{zd}

Pour la vérification des vis et des brides on ne considère que les valeurs F_{zd} en dépression (et non pas en surpression).

Vérification du bridage

La charge admissible des brides est déterminée par l'agrément technique délivré par l'Institut allemand de technique du bâtiment DIBt No. Z-14.4-735 du 12 Mars 2015.

Pour les brides centrales (entre deux panneaux - attaches centrale),

- $ZR_d = 5,4$ [kN] charge admissible en dépression (perpendiculairement au plan du toit)
- $HR_d = 1,85$ [kN] charge admissible (parallèlement au plan du toit)

Il faut conduire les deux vérifications:

- $F_{zd} \text{ [kN]} / ZR_d \text{ [kN]} < 1$
- $F_{xd} \text{ [kN]} / HR_d \text{ [kN]} < 1$

La vérification du bridage intègre également la capacité en traction de la fixation de la bride à la rainure du rail

Vérification des vis

Charge admissible en tension (perpendiculairement au plan du toit)

- $NR_d \text{ [kN]} = NR_k \text{ [kN]} / \gamma_M$

Charge admissible (parallèlement au plan du toit)

- $VR_d \text{ [kN]} = VR_k \text{ [kN]} / \gamma_M$

Les charges admissibles dépendent de la propriété du matériau

Facteur de sécurité du matériau:

- $\gamma_M = 1,33$ selon les agréments

Le nombre requis de vis est déduit du coefficient η résultant de la formule suivante :

- $\eta = F_{xd} \text{ [kN]} / VR_d \text{ [kN]} + F_{zd} \text{ [kN]} / NR_d \text{ [kN]}$

Ces vérifications sont menées avec le logiciel qui permet la détermination du nombre de vis.

Pour les projets de réhabilitation et/ou sur des ouvrages existants, l'installation d'un champ générateur implique des modifications de cas de chargements : **l'installateur devra impérativement missionner un bureau d'études spécialisé pour mener toutes les vérifications nécessaires.**

Dans les ouvrages existants, quel que soit le cas de figure, un diagnostic de la solidité des structures existantes devra être effectué par un organisme agréé ou par un bureau d'études spécialisé.

11.SECURITE INCENDIE

Le classement au feu du procédé est visé selon les termes de l'arrêté du 21 novembre 2002 (classement de réaction au feu) et de l'arrêté du 14 février 2003 (méthode d'essai n° 3 de la norme ENV 1187 - norme NF P92-800-5, NF EN 13501 - partie 5 - comportement au feu de toiture soumise à un incendie extérieur)

Les éléments constitutifs du procédé sont tous en matériaux incombustibles exceptés les modules cadrés, qui compte tenu du verre frontal (ép. 3,2mm) sont au moins classés M2 (ou C s1 d0)

12.SECURITE ELECTRIQUE DU CHAMP PHOTOVOLTAÏQUE

Les éléments communiqués pour les différents modules permettent de confirmer que ces derniers sont conformes aux normes EN61 215 et EN 61 730 (garantie des performances électriques et thermiques : classe A selon NF EN 61 730 jusqu'à 1000 V DC.)

Les modules photovoltaïques sont équipés de connecteurs débrochables, classés IP65 et de classe A.

Câbles de liaison équipotentielle des masses entre le champ photovoltaïque et la prise de terre
Ils se composent d'un câble jaune/vert de section 16mm²

Câbles de liaison entre les rangées des modules et Câbles de liaison entre les modules et l'onduleur

Câbles de liaison équipotentielle des masses entre les modules photovoltaïques.

Ils se composent d'un câble jaune/vert de section 6 mm² et de longueur adaptée aux dimensions des modules ou aux distances inter-rangées.

Par ailleurs, les TERRAGRIF doubles reliant les modules PV permettent d'assurer (du fait de la section qu'elles présentent, et du contact bride/cadres), une liaison équipotentielle entre les cadres métalliques voisins.

Les câbles ou câbles de mise à la terre étant mis en œuvre avant la pose des panneaux, cela suppose une intervention conjointe de l'électricien et de l'installateur de la structure du champ.

13.DURABILITE

Les éléments constitutifs du procédé ont fait l'objet d'évaluations de vieillissement par le DiBt, et d'essais de chargement.

Ces investigations ont permis la définition du domaine d'emploi, permettant de considérer pour ce procédé, une durabilité satisfaisante.

14.CONTROLES

Les éléments remis par la société Renusol Europe GmbH liés au marquage des éléments et aux procédures de suivi qualité sont bien décrits.

Les usines de montage du groupe Renusol Europe GmbH sont certifiées ISO 9001 :2008

15.CONCOMMITANCE VENT - PLUIE

Le mode de fixation de la tige à double filet n'a pas d'incidence sur le recouvrement des tuiles utilisés.

La gestion de l'étanchéité à l'eau se réalise à la traversée des tuiles par les vis, avec un cavalier adapté :



Un mastic-colle vient assurer la cohésion entre la partie supérieure de la tuile et la partie inférieure du cavalier.

Par conséquent, l'essai de concomitance vent-pluie n'est pas nécessaire pour ce procédé : l'application du tableaux 1 du §3.1 du DTU 40.22 suffit à prévenir l'aléa lié au défaut d'étanchéité du fait de la nature de l'interface entre les tuiles et les vis.

16.AVIS TECHNIQUE DE SUD EST PREVENTION

Compte tenu de l'ensemble des éléments présentés ci avant, SUD EST PREVENTION émet un **AVIS FAVORABLE** sur le procédé « **Renusol VS+ - Petits éléments** » proposé par la société Renusol Europe GmbH et faisant l'objet de la présente Enquête de Technique Nouvelle, moyennant le respect des prescriptions de la notice de montage « VS+ double filetage PE|V1 | 20220620 »

En cas d'utilisation de tuiles visées par un DTA, l'avis favorable est également conditionné à la validité du DTA visé.

Le présent rapport d'Enquête Technique constitue un ensemble indissociable du Dossier Technique et de la notice de montage précités.

Notre avis est accordé pour une période de trois ans à compter de la date d'émission du rapport initial d'évaluation, soit jusqu'au 20 septembre 2025

Cet avis deviendrait caduque si :

- a) un Avis Technique du CSTB était obtenu dans cet intervalle de temps
- b) une modification non validée par nos soins était apportée au procédé
- c) des évolutions réglementaires ayant une conséquence sur le procédé intervenaient
- d) des désordres suffisamment graves étaient portés à la connaissance de SUD EST PREVENTION.

La société Renusol Europe GmbH devra obligatoirement signaler à SUD EST PREVENTION :

- a) toute modification apportée dans le Dossier Technique et/ou la notice de montage examinée,
- b) tout problème technique rencontré
- c) toute mise en cause relative à ce procédé dont elle ferait l'objet.

Fait à LYON, le 20 septembre 2022

Marc TERRANOVA

SUD EST PREVENTION

17, chemin Louis Chirpaz
69134 ECULLY cédex

Tél. 04 72 19 21 30 - lyon@sudestprevention.com
RCS LYON 432 753 911 - SIRET 432 753 911 000 44

Documents du dossier technique

I. Plans des pièces constitutives du système « Renusol VS+ Petits éléments - caractéristiques »

- *Vues en plans et en élévation et coupes détaillées des profilés*

II. Notice d'instruction de montage « VS+ double filetage PE|V1 | 20220620 – document daté de juin 2022 »

III. Résultats expérimentaux

- Notes de calculs
- Compte-rendus d'essais de chargement statique
- Documentation complète des vis des fixations
- Rapport d'essais du DIBt du 14 janvier 2014 (n°Z14.4.602)
- Rapport d'essais du DIBt du 20 décembre 2017 (n°Z14.4.555)

- *Essai à l'arrachement de la vis serreur*

Certaines résistances caractéristiques ont été définies sur la base :

- Des agréments techniques délivrés par l'Institut allemand de technique du bâtiment DIBt à Berlin,
- des campagnes de tests réalisées en interne dans les locaux de la société RENU SOL à Cologne, ou par le laboratoire KIT (Karlsruher Institut für Technologie)
- des vérifications établies par le cabinet d'ingénieurs conseil *Peil, Ummenhofer mbH*
- *Rapport n°000 du diBt n° Z14.4.627 concernant la résistance caractéristique des clamps (valeur de Nr.k)*

	Valeur caractéristique Nr,k des clamps (KN)
Clamp de rive	1,86
Clamp intermédiaire	3,40

Par ailleurs, la méthode de calcul a fait l'objet d'une analyse par le laboratoire TÜV Rheinland concernant le respect des dispositions des règles eurocodes (EN 1991-1-3 et EN 1991-4-4 notamment)

L'objet de la justification de la tenue mécanique du système vise à vérifier que les valeurs limites de résistances découlant des campagnes d'essais, ne sont pas dépassées.

IV. Caractéristiques des modules - certificats

Fabricant AIRSOLAR (AIRWELL)

- Modules AIRWELL – Demi-cellules Silicium Monocristallines – full black « PWM-xxxM-FB- xxx → 375 Watts » de dimensions 1038mm x 1755mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Fiche produit Europe -22-AW -Modules-FR-0322 - février 2022) – référence AMSO Solar : AS375S7B-120
- Modules AIRWELL – Demi-cellules Silicium Monocristallines – full black « PWM-xxxM-FB- xxx → 500 Watts » de dimensions 1134mm x 2100mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Fiche produit Europe -22-AW -Modules-FR-0322 - février 2022) référence AMSO Solar : AS500S8B-132

Fabricant BOURGEOIS GLOBAL

Notices techniques des Modules :

- Modules Monocristallins – 120 demi-cellules « BGPV (BK)-xxx -MCSI - xxx □ 375 Watts » de dimensions de dimensions 1038mm x 1755mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (réf SOLIPAC : BGPV60-xxxBW (xxx de 350 à 375 Watts))
- Modules Monocristallins - Black -demi-cellule « BGPV (BK)-xxx-MCSI – BGPV72-xxxBW □ 440 Watts » de dimensions de dimensions 1052mm x 2115mm x 40mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (réf SOLIPAC : BGPV72-XXX, - xxx=415 à 450Watts)
 - Bourgeois Global Photovoltaic - Modules Installation Manual ref 202008B0 (13 pages)
 - Certificat de conformité n° Z2 102656 0002 Rev.00 (selon rapport n°701262012201-00) délivrée par l'organisme TÜV SUD aux tests IEC – validité des tests IEC 61215-1 :2016 - IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61.730-1 :2016 et IEC 61 730-2 : 2016 concerne notamment les modules suivants :

Fabricant DUALSUN

- Modules PV monocristallins – 108 demi-cellules « Dualsun Flash DSxxx-108M10-02- xxx → 395, 400, 405, 410, 415 Watts » de dimensions de dimensions 1134mm x 1708mm x 30mm avec 30mm retour petit côté et 30mm retour grand côté (Version v1.1 - Novembre 2021)

Fabricant JA SOLAR

Notices techniques des Modules :

- Modules Mono MBB - Half Cell - Black « JAM 60S21-xxx/MR - xxx → 355, 360, 365, 370, 375 Watts de dimensions 1052mm x 1776mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Version No. : Global_EN_20200727A)
- Modules Mono MBB - Half Cell -Full Black « JAM 60S21-xxx/MR FB - xxx → 355, 360, 365, 370, 375 Watts de dimensions 1052mm x 1769mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Version No. : Global_EN_20210326A)
- Modules Mono MBB - Half Cell « JAM 60S20-xxx/MR - xxx → 365, 370, 375, 380, 385, 390 Watts de dimensions 1052mm x 1769mm x 35mm avec 35mm retour petit côté et 35mm retour grand côté (Version No. : Global_EN_20201118A)
 - Manuel d'installation des modules JA SOLAR Version A11 - (13 pages)
 - Certificat n°Z2 72092 295 Rev.37 du laboratoire TÜV SUD (selon rapport n°704061604115-52)- concernant la validité des tests IEC IEC 61215-1 :2016 - IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61.730-1 :2016 et IEC 61 730-2 : 2016 pour les modules monocristallins JAM 60S20-xxx/MR –(xxx de 355 à 390 W) et JAM 60S21-xxx/MR (xxx de 355 à 390 W)
 - Certificat n°Z2 72092 295 Rev.29 du laboratoire TÜV SUD (selon rapport n°704061604115-44)- concernant la validité des tests IEC 61215-1 :2016 - IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61.730-1 :2016 et IEC 61 730-2 : 2016 pour les modules monocristallins JAM 60S20-xxx/MR –(xxx de 355 à 390 W)
 - Certificats de conformité IEC 60068 Dust & Sand
 - Certificats de conformité IEC 61701 Salt Mist Class 6
 - Certificats de conformité IEC 62176 Ammonia
 - Certificats de conformité IEC 62804 PID
 - Certificats de conformité IEC 62941
 - Certificats MCS

Fabricant QCELLS

Notices techniques des Modules :

- Modules monocristallins (Half Cell) « Q.PEAK DUO ML-G9 - xxx → 375, 380, 385, 390, 395 Watts » de dimensions 1030mm x 1840mm x 32mm avec 22mm retour petit côté et 32,8mm retour grand côté (Q.PEAK DUO ML-G9_375-395_2020-08_Rev01_FR)
 - Manuel d'installation et d'exploitation (operation manual) des modules PV Q CELLS correspondant à la gamme Q.PEAK DUO-G9.X (Manuel d'installation modules solaire solar modules DUO-G9.X-September 1st 2020 for Q.PEAK DUO-G9, Q.PEAK DUO-G9+, Q.PEAK DUO BLK-G9 and Q.PEAK DUO BLK-G9+)
 - Manuel d'installation et d'utilisation des modules PV Q CELLS correspondant à la gamme Q.PEAK DUO ML-G9.X (Manuel d'installation modules solaire solar modules DUO-G9.X- 1er octobre 2020 pour les modules photovoltaïques Q.PEAK DUO ML-G9, Q.PEAK DUO ML-G9+, Q.PEAK DUO BLK ML-G9 et Q.PEAK DUO BLK ML-G9+)
 - Certificat n°PV60149904 031 (selon rapport n°0001-21290540 027) du laboratoire TÜV Rheinland - concernant la validité des tests IEC 61215-1 :2016 - IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61730-1 :2016 et IEC 61 730-2 : 2016 notamment pour les modules Q.PEAK DUO BLK -G9 et Q.PEAK DUO BLK -G9 (xxx 330 à 360 W)
 - Certificat n°40048195 délivré par la société de certification VDE INSTITUT confirmant que les modules répertoriés dans le rapport de l'organisme de certification – fabriqués par la société Hanwha Q CELLS GmbH –Sonnenallee 17-21 06766 – Bitterfeld-Wolfen, respectent les dispositions des tests IEC 61215-1&1-1 :2016 et des tests IEC 61730-1 et 2 :2016 (cf. Data sheet)
 - Certificat de conformité n°Z2 076570 075 Rev.04 (selon rapport n°704061702509-04) délivrée par l'organisme TÜV SUD aux tests IEC- validité des tests IEC 61215-1 (Ed1) ; IEC 61215-1-1 (Ed1) ; IEC 61215-2 (Ed1) ; IEC 61730-1 et 2 (Ed2)
 - Certificat n°40048195 délivré par la société de certification VDE INSTITUT confirmant que les modules répertoriés dans le rapport de l'organisme de certification – fabriqués par la société Hanwha Q CELLS GmbH –Sonnenallee 17-21 06766 – Bitterfeld-Wolfen, respectent les dispositions des tests IEC 61215-1&1-1 :2016 et des tests IEC 61730-1 et 2 :2016

Fabricant RECOM

Notices techniques des Modules :

- Modules monocristallins – demi-cellules - série « Panther » « RCM-xxx-6ME - xxx → 350, 355, 360, 365, 370, 375, 380 Watts de dimensions 1038mm x 1755mm x 35mm avec 30mm retour petit côté et 30mm retour grand côté (RCM-xxx-6ME (xxx=350-380)-9-M6-35-BB-015-2021-09-v1.1-FR)
 - Manuel d'installation des modules RECOM (document : Installation guide-Rev.09-2021_V.18-FR)
 - Notice d'installation et d'exploitation des modules PV RECOM SILLIA – ref RECOM-SILLIA-[100]-Rev.01-2020_V.1
 - Certificat de conformité n°44 799 20 406749-081 (selon rapport n°4492011511.001) délivrée par l'organisme TÜV NORD - concernant la validité des tests EN IEC 61730-1&2 :2018 - EN IEC 61730-1&2 :2018/AC :2018-06
 - Certificat de conformité n°44 799 20 406749-083 (selon rapport n°4492011517.001) délivrée par l'organisme TÜV NORD - concernant la validité des tests EN IEC 61730-1&2 :2018 - EN IEC 61730-1&2 :2018/AC :2018-06
 - Certificat de conformité selon rapport n°492011511.001) délivrée par l'organisme TÜV NORD - concernant la validité des tests EN IEC 61215-1 :2016 – EN IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61730-1 : 2016 et IEC 61 730-2 : 2016
 - Certificat de conformité selon rapport n°492011517.001) délivrée par l'organisme TÜV NORD - concernant la validité des tests EN IEC 61215-1 :2016 – EN IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61730-1 : 2016 et IEC 61 730-2 : 2016
 - Certificat d'enregistrement n° 44 780 20 406749-180 (selon rapport n°492011517 001) du laboratoire TÜV NORD - concernant la validité des tests concernant la validité des tests IEC 61215-1&1-1 :2016, IEC 61215-2 :2016 et des tests IEC 61730-1 et 2 :2016 notamment pour les modules RCM-xxx-6ME
 - Certificat d'enregistrement n° 44 780 20 406749-176 (selon rapport n°492011511 001) du laboratoire TÜV NORD - concernant la validité des tests concernant la validité des tests IEC 61215-1&1-1 :2016, IEC 61215-2 :2016 et des tests IEC 61730-1 et 2 :2016 notamment pour les modules RCM-xxx-SMB et RCM-xxx-SMK

Fabricant SOLARDAY

- Modules monocristallins demi-cellules - série « MPS HC 120 » « MPS HC 120 – xxx W - xxx → 360, 365, 370, 375, 380 Watts de dimensions 1038mm x 1755mm x 35mm avec 30mm retour petit côté et 30mm retour grand côté (Solarday_MPS HC 120_360-380_24/01/2022_REV.0_FR)

Fabricant SUNPOWER

Notices techniques des Modules :

- Série Performance 3 - modules Monocristallins « SPR- P3-xxx-BLK - xxx → 370, 375, 380, 385, 390 Watts » de dimensions 1160mm x 1690mm x 35mm avec retour petit côté 24mm et retour grand côté 32mm (538233REV C/ A4_FR – mars 2021)
 - Notice d'instructions de montage des Modules (document n°001-15497 Rev U - P/N 100657 - P/N 520728)
 - Certificat n°PV60152450 0009 (selon rapport n°0001-21290615 003) du laboratoire TÜV Rheinland - concernant la validité des tests IEC 61215-1 :2016 - IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61730-1 :2016 et IEC 61 730-2 : 2016 notamment pour les modules SPR- P3-xxx-BLK (xxx 370 à 390 W)
 - Certificat d'enregistrement n°PV 60131540 0004 (selon rapport n°0001-21290615 001) du laboratoire TÜV Rheinland - concernant la validité des tests IEC 61215-1 :2016 - IEC 61215-1-1 :2016 et IEC 61730-1 et 2 :2016 et EN 61730-2 :2016 (et d'inspection d'unités de production) notamment pour les modules SPR-MAX3-BLK (xxx 340 à 400 W)
 - Certificat d'enregistrement n°PV 60131540 du laboratoire TÜV Rheinland - concernant la validité des tests IEC 61215-1&1-1 :2016 et IEC61730-1&2 :2016 (et d'inspection d'unités de production)
 - Certificat d'enregistrement n°PV 60145777 du laboratoire TÜV Rheinland - concernant la validité des tests IEC 61215-1&1-1 :2016 et IEC61730-1&2 :2016 (et d'inspection d'unités de production)
 - Certificat n°PV60152450 (selon rapport n°0001-21290615 002) du laboratoire TÜV Rheinland - concernant la validité des tests IEC 61215-1 :2016 - IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61730-1 :2016 et IEC 61 730-2 : 2016 notamment pour les modules SPR- MAX3-xxx-E3
 - Certificat n°PV60146577 (selon rapport n°0001-21275922 029) du laboratoire TÜV Rheinland - concernant la validité des tests IEC 61215-1 :2016 - IEC 61215-1-1 :2016 – IEC61215-2 : 2016 et IEC 61730-1 :2016 et IEC 61 730-2 : 2016 notamment pour les modules SPR- P3-xxx-COM et SPR- P3-xxx-COM-1500

V. Caractéristiques des fixations associées au système.

- Notes de calculs
- Compte-rendus d'essais de chargement statique
- Documentation complète des vis des fixations
- Documentation complète des crochets, et des accessoires associés au procédé.
- Feuilles de données (incluant les data sheet, les certificats concernant les IEC 61 625 et 61 730, ainsi que les certificats de suivi de contrôle qualité des unités de fabrication conformément au référentiel EN ISO 9001 : 2008)
- Rapport d'essais du DIBt du 14 janvier 2014 (n°Z14.4.602)
- Rapport d'essais du DIBt du 20 décembre 2017 (n°Z14.4.555)