

ALPES CONTRÔLES

Construction & Exploitation

Bureau Alpes Contrôles

etn@alpes-contrôles.fr

Membre de FILIANCE

CTC R440 V2

RAPPORT D'ENQUETE DE TECHNIQUE NOUVELLE

<i>REFERENCE :</i>	010T1903 indice 0
<i>NOM DU PROCEDE :</i>	SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM)
<i>MODULES PHOTOVOLTAIQUES ASSOCIES :</i>	<ul style="list-style-type: none">- DUALSUN DSxxx-108M10-02 1708x1134x30 mm de 405 à 415 W- REC SOLAR RECxxxTP5 1899x1040x30 mm de 395 à 410 W- SUNPOWER MAXEON SPR-MAX3-xxx 1690x1046x40 mm de 390 à 400 W- TRINA SOLAR TSM-xxxDE09.08 1754x1096x30 mm de 390 à 405 W- VOLTEC SOLAR TARKA 126 VSMS 1835x1042x35 mm de 385 à 395 W
<i>TYPE DE PROCEDE :</i>	Procédé photovoltaïque sur couverture en tôles d'acier nervurées
<i>DESTINATION :</i>	Toitures à versants plans de bâtiments situés dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) suivants : <ul style="list-style-type: none">- Guadeloupe- Martinique- Réunion- Guyane- Mayotte
<i>DEMANDEUR :</i>	K2 SYSTEMS GMBH Industriest. 18 71272 RENNINGEN (ALLEMAGNE)
<i>PERIODE DE VALIDITE :</i>	DU 15 MAI 2023 AU 14 MAI 2026

Le présent rapport porte la référence 010T1903 indice 0 rappelée sur chacune des 21 pages. Il ne doit être utilisé que dans son intégralité.

Historique des indices :

<i>INDICE ETN</i>	<i>DATE DEBUT VALIDITE</i>	<i>OBJET</i>
<i>0</i>	<i>15 mai 2023</i>	<i>Version initiale</i>

Sommaire :

PREAMBULE	3
1. OBJET DE LA MISSION	3
2. DESCRIPTION DU PROCEDE	5
3. DOMAINE D'EMPLOI	7
4. DOCUMENT DE REFERENCE	12
5. MATERIAUX/COMPOSANTS	13
6. FABRICATION ET CONTROLE	17
7. JUSTIFICATIONS/ESSAIS	17
8. MISE EN ŒUVRE	18
9. REFERENCES	19
10. ANALYSE TECHNIQUE DE L'APTITUDE A L'EMPLOI	20
11. AVIS DE PRINCIPE DE BUREAU ALPES CONTROLES	21

PREAMBULE

Cette Enquête de Technique Nouvelle (dénommée « ETN » dans la suite du présent document) est une évaluation des aléas techniques réalisée par BUREAU ALPES CONTROLES pour le demandeur la société K2 SYSTEMS GMBH, à qui elle appartient. Cette Enquête de Technique Nouvelle ne peut faire l'objet d'aucun complément ou ajout de la part d'une tierce partie, les seules parties autorisées à réaliser des ajouts/modifications d'un commun accord étant BUREAU ALPES CONTROLES et le demandeur.

Notamment, il n'est pas permis à une tierce partie d'émettre des évaluations complémentaires à cette ETN, qui feraient référence à cette ETN sans l'accord formel de BUREAU ALPES CONTROLES et du demandeur. Toutes évaluations complémentaires à cette ETN, et les conclusions associées, sont à considérer comme nulles et non avenues, et ne sauraient engager d'une quelconque façon BUREAU ALPES CONTROLES.

1. OBJET DE LA MISSION

La société K2 SYSTEMS GMBH nous a confié une mission d'évaluation technique du Cahier des Charges relatif au procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM). Cette mission est détaillée dans notre contrat référence 010-T-2018-002V et avenant(s) éventuel(s).

La mission confiée vise à donner un Avis de Principe sur le Cahier des Charges relatif au procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM), Avis de Principe préalable à la réalisation par BUREAU ALPES CONTROLES de missions de Contrôle Technique de type « L » sur des opérations de constructions particulières. Cet Avis de Principe préalable est matérialisé dans le présent rapport.

La mission confiée à la société BUREAU ALPES CONTROLES concerne uniquement les éléments constitutifs assurant la fonction « 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 relative à la solidité des ouvrages, selon la loi du 04 janvier 1978 et la norme NFP 03-100) par BUREAU ALPES CONTROLES, à l'exclusion :

- de tout autre fonction et/ou aléas au sens de la norme NFP 03-100 (solidité des équipements dissociables, solidité des existants, stabilité des ouvrages avoisinants, sécurité des personnes en cas d'incendie, stabilité en cas de séisme, isolation thermique, étanchéité à l'air, isolation acoustique, accessibilité des personnes à mobilité réduite, transport des brancards, fonctionnement des installations, gestion technique du bâtiment, hygiène et santé, démolition, risques naturels exceptionnels et technologiques,...),
- de toute garantie de performance ou de rendement, garantie contractuelle supplémentaire à la garantie décennale,...
- ainsi que de tous labels (QUALITEL, HPE, BBC, Minergie, Effinergie, Passivhaus,...)...

Nota important :

-le contrat ci-dessus référencé n'est pas un contrat de louage d'ouvrages.

-la mission objet de ce rapport n'est pas une mission de contrôle technique au sens de la norme NF P 03-100.

L'examen des dispositions liées à la sécurité électrique du champ photovoltaïque n'est notamment pas réalisé dans le cadre de la présente mission.

La présente Enquête vise l'utilisation du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) dans son caractère non traditionnel. Les dispositions traditionnelles du procédé relèvent des documents de référence les concernant.

La présente Enquête ne vise pas les ouvrages qui ne seraient réalisés qu'avec une partie des matériaux/éléments constitutifs du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM).

La présente Enquête ne vise pas les ouvrages relevant d'une étude spécifique.

La présente Enquête ne vise pas l'outil de calculs éventuel associé au procédé.

Pour mémoire, la présente Enquête de Technique Nouvelle ne vise pas la vérification de la tenue de la structure porteuse associée au procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) ; vérification sous poids propre, charges permanentes et sollicitations climatiques ; cette étude préalable de stabilité étant à réaliser systématiquement pour chaque chantier.

2. DESCRIPTION DU PROCEDE

SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) est un procédé photovoltaïque pour toitures planes de bâtiments, avec couverture en tôles d'acier nervurée. Des goujons à double filetage (dits « vis de fixation panneaux solaires » dans la suite du présent rapport), référencés, en acier inoxydable, sont fixés aux pannes de la toiture en sommet de nervure et munis d'un système d'étanchéité, composé d'un cavalier avec bande EPDM et d'une rondelle d'étanchéité. Des rails en aluminium sont fixés aux vis de fixation panneaux solaires au moyen d'adaptateurs et d'écrous prisonniers. Les modules photovoltaïques associés au procédé sont mis en œuvre en mode portrait ou paysage, sur un lit de rails constitué d'une ou deux couches de rails selon la configuration (voir ci-dessous). Ils sont maintenus aux rails au moyen d'étriers de fixation positionnés sur leurs grands côtés.

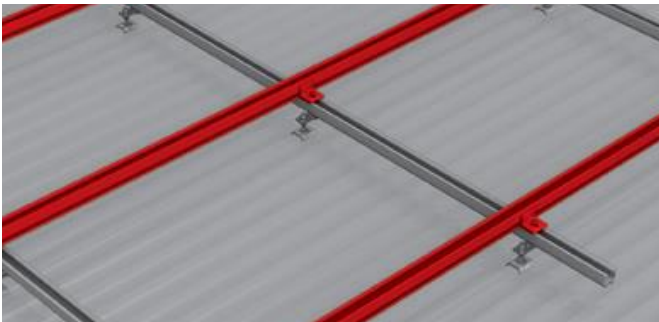


Illustration du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM)
(cas de la configuration B avec deux couches de rails)

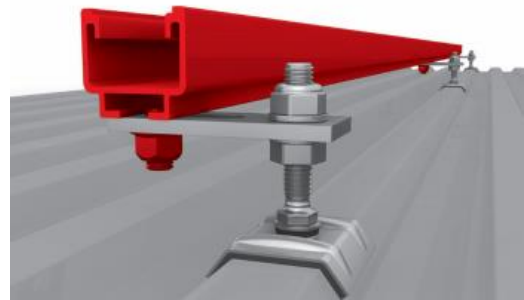
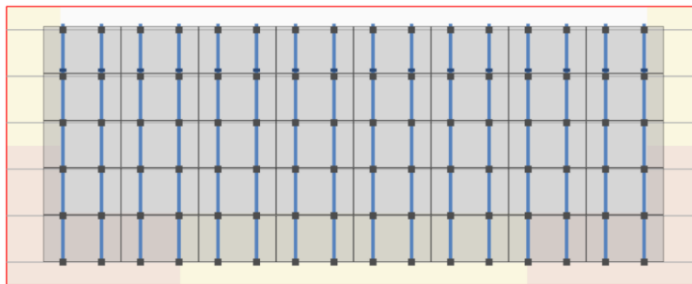


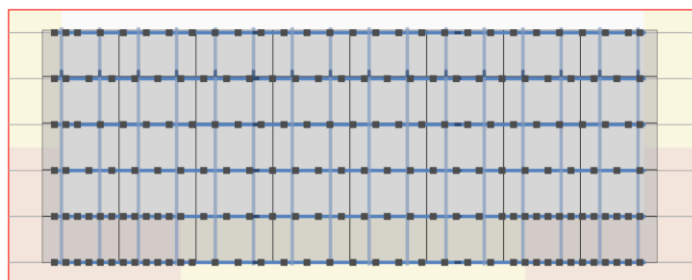
Illustration de la vis de fixation panneaux solaires, de
l'adaptateur et d'un rail

Trois configurations de mise en œuvre du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) se distinguent :

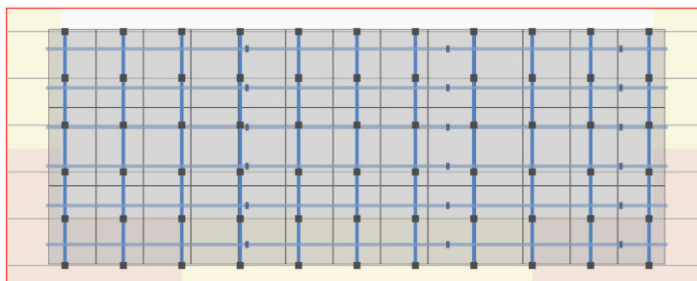
1. **Configuration A (paysage monocouche).** Seule une couche de rails est mise en œuvre. Les rails sont perpendiculaires aux pannes de la toiture. Les modules photovoltaïques sont posés en mode paysage (grands côtés parallèles aux pannes) et fixés par leurs grands côtés.



2. **Configuration B (paysage bicouche).** Deux couches de rails croisées sont mises en œuvre. Les rails de la première couche sont parallèles aux pannes de la toiture. Les rails de la seconde couche sont perpendiculaires aux rails de la première couche. Les modules photovoltaïques sont posés en mode paysage (grands côtés parallèles aux pannes) et fixés par leurs grands côtés. Cette configuration permet d'avoir une densité plus importante de vis de fixation pour panneaux solaires.

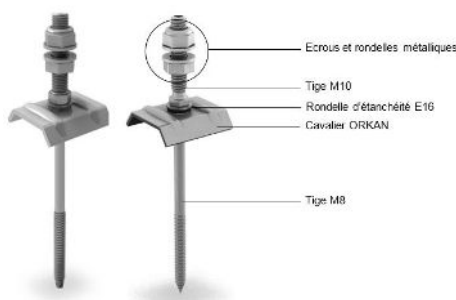


3. **Configuration C (portrait bicouche)**. Deux couches de rails croisées sont mises en œuvre. Les rails de la première couche sont perpendiculaires aux pannes de la toiture. Les rails de la seconde couche sont perpendiculaires aux rails de la première couche. Les modules photovoltaïques sont posés en mode portrait (grands côtés perpendiculaires aux pannes) et fixés par leurs grands côtés.



Le procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) se compose principalement de (liste non exhaustive) :

- Vis de fixation panneaux solaires, référencées au Chapitre 5 du présent rapport, fixées aux pannes de la toiture, en sommet de nervure de tôle d'acier nervurée. Elles sont munies d'une rondelle d'étanchéité, d'un cavalier référencé et d'écrous et rondelles métalliques ;



Vis de fixation pour panneaux solaires : (gauche) pour pannes en acier ; (droite) pour pannes en bois

- Adaptateurs, plaques support en aluminium, fixées à la vis de fixation panneaux solaires et supports des rails ;
- Rails, en aluminium, déclinés en six références détaillées au Chapitre 5 du présent rapport ;
- Connecteurs de rails et éléments de visserie associés, en aluminium, déclinés en cinq références ;
- Climbers et éléments de visserie associés, pour l'assemblage à 90° des rails de la couche supérieure aux rails de la couche inférieure. Les climbers sont déclinés en deux références ;
- Etriers et éléments de visserie associés, fixés aux rails et déclinés en deux familles ;
- Dispositifs anti-glissement, pour climbers et pour étriers finaux standards ;
- Modules photovoltaïques cadrés, référencés, certifiés conformes à la norme IEC 61215, et listés au Chapitre 5 du présent rapport, posés en mode portrait ou paysage et fixés au moyen d'étriers positionnés sur leurs grands côtés.

3. DOMAINE D'EMPLOI

Le Domaine d'Emploi du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) se trouve au Chapitre 2 du Cahier des Charges, et est précisé comme suit dans le cadre de la présente Enquête de Technique Nouvelle, l'ensemble des dispositions explicitées dans le Cahier des Charges s'appliquant par ailleurs :

- Mise en œuvre en zones géographiques situées :
 - ▶ dans les Départements et Régions d'Outre-Mer français (DROM) suivants :
 - Guadeloupe ;
 - Guyane ;
 - Martinique ;
 - Mayotte ;
 - Réunion.
 - ▶ en atmosphères extérieures rurales non polluées, industrielles ou urbaines normales ;
 - ▶ en atmosphères extérieures marines, pour le procédé hors modules photovoltaïques :
 - ouvrages situés « sous le vent » en zones cycloniques, et tout ouvrage hors zone cyclonique (Guyane) au sens des Recommandations Professionnelles PACTE de décembre 2021 « Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues en climat tropical ou équatorial humide et conditions cycloniques » :
 - ✓ à une distance supérieure ou égale à 300 m du littoral : avec vis de fixation panneaux solaires en acier inoxydable A2 protégées/ventilées ;
 - ✓ à une distance supérieure ou égale à 100 m du littoral : avec vis de fixation panneaux solaires en acier inoxydable A2 protégées/ventilées ; sur étude spécifique.
 - ouvrages situés « au vent » en zones cycloniques au sens des Recommandations Professionnelles PACTE de décembre 2021 « Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues en climat tropical ou équatorial humide et conditions cycloniques » :
 - ✓ à une distance supérieure ou égale à 1 km du littoral : avec vis de fixation panneaux solaires en acier inoxydable A2 protégées/ventilées ;
 - ✓ à une distance supérieure ou égale à 300 m du littoral : avec vis de fixation panneaux solaires en acier inoxydable A2 protégées/ventilées ; sur étude spécifique.
- Mise en œuvre en toitures de bâtiments, sur des charpentes acier ou bois :
 - ▶ en pannes répondant aux exigences suivantes :
 - pannes acier : largeur continue d'appui minimale de 40 mm et épaisseur minimale de 1,5 mm ;
 - pannes bois résineux : classe de résistance C24 minimum au sens de la norme NF EN 338, classe d'emploi 3.1 minimum au sens de la norme NF EN 335, largeur d'appui minimale de 60 mm et hauteur minimale de 80 mm.
 - ▶ entraxe de pannes de 2,25 m maximum ;
 - ▶ porte-à-faux des rails de la première couche de 0,30 m maximum ;
 - ▶ porte-à-faux des rails de la seconde couche de 0,50 m maximum.
- Mise en œuvre sur des couvertures en tôles d'acier nervurées conformes aux Recommandations Professionnelles PACTE de décembre 2021 « Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues en climat tropical ou équatorial humide et conditions cycloniques », et avec une géométrie de nervure adaptée à la géométrie du cavalier EJOT ;

- Réalisation de versants complets ou partiels de toitures, en raccordement latéral à des tôles d'acier nervurées conformes aux Recommandations Professionnelles PACTE de décembre 2021 « Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues en climat tropical ou équatorial humide et conditions cycloniques ». Le procédé doit toujours être continu du faîtage à l'égout et peut relier les rives. Les porte-à-faux ne sont pas visés ;
- Implantation sur des versants plans de pente imposée par la toiture, avec :
 - ▶ une pente minimale respectant les Recommandations Professionnelles PACTE de décembre 2021 « Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues en climat tropical ou équatorial humide et conditions cycloniques » ;
 - ▶ une pente maximale de 75° (373%).
- Utilisation pour une longueur de rampant respectant les Recommandations Professionnelles PACTE de décembre 2021 « Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues en climat tropical ou équatorial humide et conditions cycloniques ».

- Résistances de calcul du procédé hors modules photovoltaïques aux sollicitations climatiques au sens de l'Eurocode 1 :

CONFIGURATION A (PAYSAGE MONOCOUCHE)		
RESISTANCES DE CALCUL R_d AUX SOLLICITATIONS ASCENDANTES AU SENS DE L'EUROCODE 1		
R_d assemblages {adaptateur + vis de fixation panneaux solaires + panne}		
- Adaptateur ; - Vis de fixation panneaux solaires EJOT JT3-SB-8.0/M10 ou JA3-SB-8.0/M10 ; - Pannes de caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Soit pannes en acier asymétriques d'épaisseur $\in [1,5 \text{ mm} ; 2 \text{ mm} [$; • Soit pannes en bois avec une profondeur d'ancrage de 32 mm minimum. 	$R_d = 1,16 \text{ kN}$	
- Adaptateur ; - Vis de fixation panneaux solaires EJOT JT3-SB-8.0/M10 ou JA3-SB-8.0/M10 ; - Pannes de caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Soit pannes en acier symétriques d'épaisseur $\in [1,5 \text{ mm} ; 2 \text{ mm}[$; • Soit pannes en acier symétriques ou asymétriques d'épaisseur $\geq 2 \text{ mm}$; • Soit pannes en bois avec une profondeur d'ancrage de 50 mm minimum. 	$R_d = 1,66 \text{ kN}$	
R_d assemblages {rail + vis à tête marteau}		
- Rail SolidRail Light 37 ; - Vis à tête marteau M10.	$R_d = 5,76 \text{ kN}$	
- Rail SolidRail Medium 42 ; - Vis à tête marteau M10.	$R_d = 10,01 \text{ kN}$	
- Rail SolidRail Alpin 60 ; - Vis à tête marteau M10.	$R_d = 12,20 \text{ kN}$	
Caractéristiques géométriques des rails		
Rail SolidRail Light 37	$I_x = 4,36 \text{ cm}^4$ $I_y = 6,98 \text{ cm}^4$	$W_x = 2,25 \text{ cm}^3$ $W_y = 3,54 \text{ cm}^3$
Rail SolidRail Medium 42	$I_x = 7,99 \text{ cm}^4$ $I_y = 10,83 \text{ cm}^4$	$W_x = 3,65 \text{ cm}^3$ $W_y = 5,28 \text{ cm}^3$
Rail SolidRail Alpin 60	$I_x = 22,26 \text{ cm}^4$ $I_y = 15,86 \text{ cm}^4$	$W_x = 7,21 \text{ cm}^3$ $W_y = 7,74 \text{ cm}^3$
R_d assemblages {étrier + écrou prisonnier MK2 + rail}		
- Etrier final ; - Ecrou prisonnier MK2 en acier inoxydable + vis M8 ; - Rail SolidRail (Light 37 ou Medium 42 ou Alpin 60).	$R_d = 3,76 \text{ kN}$ (valeur pour 1 étrier)	
- Etrier final ; - Ecrou prisonnier MK2 en aluminium + vis M8 ; - Rail SolidRail (Light 37 ou Medium 42 ou Alpin 60).	$R_d = 3,76 \text{ kN}$ (valeur pour 1 étrier)	
- Etrier intermédiaire XS ; - Ecrou prisonnier MK2 en acier inoxydable + vis M8 ; - Rail SolidRail (Light 37 ou Medium 42 ou Alpin 60).	$R_d = 6,82 \text{ kN}$ (valeur pour 1 étrier)	
- Etrier intermédiaire XS ; - Ecrou prisonnier MK2 en aluminium + vis M8 ; - Rail SolidRail (Light 37 ou Medium 42 ou Alpin 60).	$R_d = 7,27 \text{ kN}$ (valeur pour 1 étrier)	

CONFIGURATION A (PAYSAGE MONOCOUCHE)		
RESISTANCES DE CALCUL R_d AUX SOLLICITATIONS DESCENDANTES AU SENS DE L'EUROCODE 1		
R _d assemblages {rail + vis à tête marteau + écrou + adaptateur + vis de fixation panneaux solaires + panne}		
- Rail SolidRail {Light 37 ou Medium 42 ou Alpin 60} ; - Vis à tête marteau M10 + écrou cranté ; - Adaptateur ; - Vis de fixation panneaux solaires EJOT JT3-SB-8.0/M10 ou JA3-SB-8.0/M10 ; - Panne acier épaisseur ≥ 1,5 mm ou panne bois	R_d = 0,43 kN	
Caractéristiques géométriques des rails de la 1 ^{ère} couche (type « SolidRail »)		
Rail SolidRail Light 37	$I_x = 4,36 \text{ cm}^4$ $I_y = 6,98 \text{ cm}^4$	$W_x = 2,25 \text{ cm}^3$ $W_y = 3,54 \text{ cm}^3$
Rail SolidRail Medium 42	$I_x = 7,99 \text{ cm}^4$ $I_y = 10,83 \text{ cm}^4$	$W_x = 3,65 \text{ cm}^3$ $W_y = 5,28 \text{ cm}^3$
Rail SolidRail Alpin 60	$I_x = 22,26 \text{ cm}^4$ $I_y = 15,86 \text{ cm}^4$	$W_x = 7,21 \text{ cm}^3$ $W_y = 7,74 \text{ cm}^3$

CONFIGURATIONS B (PAYSAGE BICOUCHE) ET CONFIGURATION C (PORTRAIT BICOUCHE)		
RESISTANCES DE CALCUL R_d AUX SOLLICITATIONS ASCENDANTES AU SENS DE L'EUROCODE 1		
R _d assemblages {adaptateur + vis de fixation panneaux solaires + panne}		
- Adaptateur ; - Vis de fixation panneaux solaires EJOT JT3-SB-8.0/M10 ou JA3-SB-8.0/M10 ; - Pannes de caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Soit pannes en acier asymétriques d'épaisseur ∈ [1,5 mm ; 2 mm] ; • Soit pannes en bois avec une profondeur d'ancrage de 32 mm minimum. 	R_d = 1,16 kN	
- Adaptateur ; - Vis de fixation panneaux solaires EJOT JT3-SB-8.0/M10 ou JA3-SB-8.0/M10 ; - Pannes de caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Soit pannes en acier symétriques d'épaisseur ∈ [1,5 mm ; 2 mm] ; • Soit pannes en acier symétriques ou asymétriques d'épaisseur ≥ 2 mm ; • Soit pannes en bois avec une profondeur d'ancrage de 50 mm minimum. 	R_d = 1,66 kN	
R _d assemblages {rail 1 ^{ère} couche + vis à tête marteau}		
- Rail SolidRail Light 37 ; - Vis à tête marteau M10.	R_d = 5,76 kN	
- Rail SolidRail Medium 42 ; - Vis à tête marteau M10.	R_d = 10,01 kN	
- Rail SolidRail Alpin 60 ; - Vis à tête marteau M10.	R_d = 12,20 kN	
Caractéristiques géométriques des rails de la 1 ^{ère} couche (type « SolidRail »)		
Rail SolidRail Light 37	$I_x = 4,36 \text{ cm}^4$ $I_y = 6,98 \text{ cm}^4$	$W_x = 2,25 \text{ cm}^3$ $W_y = 3,54 \text{ cm}^3$
Rail SolidRail Medium 42	$I_x = 7,99 \text{ cm}^4$ $I_y = 10,83 \text{ cm}^4$	$W_x = 3,65 \text{ cm}^3$ $W_y = 5,28 \text{ cm}^3$
Rail SolidRail Alpin 60	$I_x = 22,26 \text{ cm}^4$ $I_y = 15,86 \text{ cm}^4$	$W_x = 7,21 \text{ cm}^3$ $W_y = 7,74 \text{ cm}^3$

R _d assemblages {rail 2 ^{ème} couche + climber + vis + écrou prisonnier MK2 + rail 1 ^{ère} couche}		
- Rail SingleRail {36 ou 50 ou 63} ; - Climber 36/50 ; - Vis M8 + écrou prisonnier MK2 en acier inoxydable ; - Rail SolidRail Light 37.	R_d = 3,44 kN	
- Rail SingleRail {36 ou 50 ou 63} ; - Climber 36/50 ; - Vis M8 + écrou prisonnier MK2 en acier inoxydable ; - Rail SolidRail {Medium 42 ou Alpin 60}.	R_d = 3,79 kN	
Caractéristiques géométriques des rails de la 2 ^{ème} couche (type « SingleRail »)		
Rail SingleRail 36	I _x = 4,02 cm ⁴ I _y = 6,37 cm ⁴	W _x = 2,14 cm ³ W _y = 3,09 cm ³
Rail SingleRail 50	I _x = 10,47 cm ⁴ I _y = 8,46 cm ⁴	W _x = 3,98 cm ³ W _y = 4,23 cm ³
Rail SingleRail 63	I _x = 26,03 cm ⁴ I _y = 14,60 cm ⁴	W _x = 7,63 cm ³ W _y = 5,62 cm ³
R _d assemblages {étrier + écrou prisonnier MK2 + rail 2 ^{ème} couche (type « SingleRail »)}		
- Etrier final ; - Ecrou prisonnier MK2 en acier inoxydable + vis M8 ; - Rail SingleRail (36 ou 50 ou 63).	R_d = 3,76 kN (valeur pour 1 étrier)	
- Etrier final ; - Ecrou prisonnier MK2 en aluminium + vis M8 ; - Rail SingleRail (36 ou 50 ou 63).	R_d = 3,76 kN (valeur pour 1 étrier)	
- Etrier XS ; - Ecrou prisonnier MK2 en acier inoxydable + vis M8 ; - Rail SingleRail (36 ou 50 ou 63).	R_d = 6,82 kN (valeur pour 1 étrier)	
- Etrier XS ; - Ecrou prisonnier MK2 en aluminium + vis M8 ; - Rail SingleRail (36 ou 50 ou 63).	R_d = 7,27 kN (valeur pour 1 étrier)	

CONFIGURATIONS B (PAYSAGE BICOUCHE) ET CONFIGURATION C (PORTRAIT BICOUCHE)		
RESISTANCES DE CALCUL R_d AUX SOLLICITATIONS DESCENDANTES AU SENS DE L'EUROCODE 1		
R_d assemblages {rail 1 ^{ère} couche (type « SolidRail ») + vis à tête marteau + écrou + adaptateur + vis de fixation panneaux solaires + panne}		
<ul style="list-style-type: none"> - Rail {SolidRail Light 37 ou SolidRail Medium 42 ou SolidRail Alpin 60} ; - Vis à tête marteau M10 + écrou cranté ; - Adaptateur ; - Vis de fixation panneaux solaires EJOT JT3-SB-8.0/M10 ou JA3-SB-8.0/M10 ; - Panne acier épaisseur $\geq 1,5$ mm ou panne bois 	$R_d = 0,43$ kN	
Caractéristiques géométriques des rails de la 1 ^{ère} couche (type « SolidRail »)		
Rail SolidRail Light 37	$I_x = 4,36 \text{ cm}^4$ $I_y = 6,98 \text{ cm}^4$	$W_x = 2,25 \text{ cm}^3$ $W_y = 3,54 \text{ cm}^3$
Rail SolidRail Medium 42	$I_x = 7,99 \text{ cm}^4$ $I_y = 10,83 \text{ cm}^4$	$W_x = 3,65 \text{ cm}^3$ $W_y = 5,28 \text{ cm}^3$
Rail SolidRail Alpin 60	$I_x = 22,26 \text{ cm}^4$ $I_y = 15,86 \text{ cm}^4$	$W_x = 7,21 \text{ cm}^3$ $W_y = 7,74 \text{ cm}^3$
Caractéristiques géométriques des rails de la 2 ^{ème} couche (type « SingleRail »)		
Rail SingleRail 36	$I_x = 4,02 \text{ cm}^4$ $I_y = 6,37 \text{ cm}^4$	$W_x = 2,14 \text{ cm}^3$ $W_y = 3,09 \text{ cm}^3$
Rail SingleRail 50	$I_x = 10,47 \text{ cm}^4$ $I_y = 8,46 \text{ cm}^4$	$W_x = 3,98 \text{ cm}^3$ $W_y = 4,23 \text{ cm}^3$
Rail SingleRail 63	$I_x = 26,03 \text{ cm}^4$ $I_y = 14,60 \text{ cm}^4$	$W_x = 7,63 \text{ cm}^3$ $W_y = 5,62 \text{ cm}^3$

4. DOCUMENT DE REFERENCE

La société K2 SYSTEMS GMBH a rédigé un Cahier des Charges intitulé « Procédé SolidRail SolarFastener (DROM) », version 01 du 03/05/2023, et comportant 122 pages.

Ce document a été examiné par BUREAU ALPES CONTROLES dans le cadre de la présente Enquête.

5. MATERIAUX/COMPOSANTS

Les matériaux/composants du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) sont définis au Chapitre 3 du Cahier des Charges.

Le procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) est constitué principalement de (liste non exhaustive) :

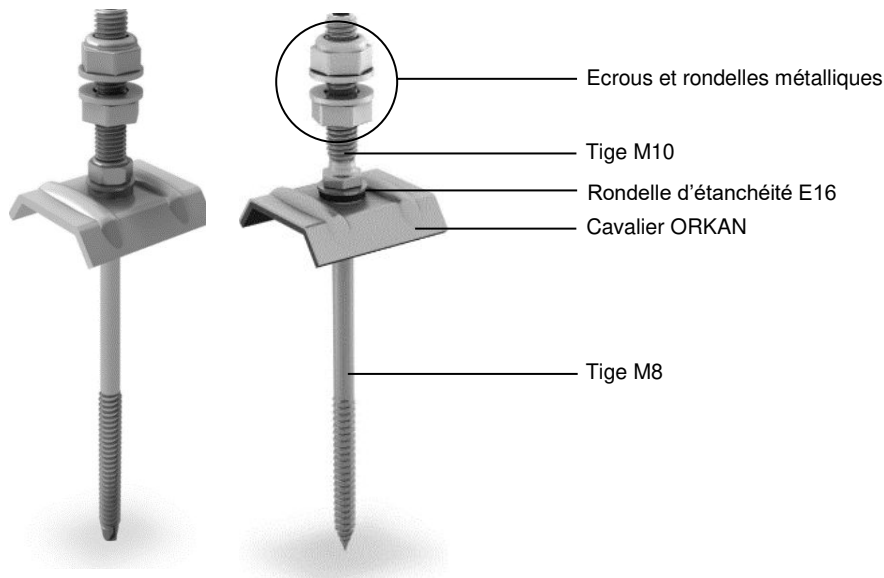
- Vis de fixation panneaux solaires, fixées aux pannes de la toiture, en sommet de nervure de tôle d'acier nervurée. Les constituants des vis de fixation panneaux solaires sont les suivants :

- une vis à double filetage en acier inoxydable A2 ;
- un écrou de fixation M10 DIN 985 en acier inoxydable A2 ;
- un écrou support M10 DIN 985 en acier inoxydable A2 ;
- deux rondelles support en acier inoxydable A2 ;
- une rondelle d'étanchéité en acier inoxydable A2 et EPDM ;
- un cavalier EJOT ORKAN en aluminium et EPDM de géométrie adaptée à la géométrie de la nervure de la tôle d'acier nervurée. Ce cavalier a fait l'objet de l'évaluation Zulassung n°Z-14.4-814 auprès du DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik).

Les vis de fixation panneaux solaires référencées sont les suivantes :

- Pour les pannes en acier : EJOT JT3-SB-8.0xL/M10x50, cavalier E16, visée par l'évaluation Zulassung Z-14.4-532 du DIBt ;
- Pour les pannes en bois : EJOT JA3-SB-8.0xL/M10x50, cavalier E16, visée par l'évaluation Zulassung Z-14.4-532 du DIBt.

L correspond à la longueur de la tige inférieure, adaptée à la configuration visée. Pour les pannes acier, la vis de fixation panneaux solaires doit dépasser de 25 mm à 67 mm de la panne. Pour les pannes bois, l'ancrage dans la panne doit être de 32 mm environ.



Vis de fixation pour panneaux solaires : (gauche) pour pannes en acier ; (droite) pour pannes en bois

- Adaptateurs, plaques support en aluminium EN AW 6063 T66, fixés à la vis de fixation panneaux solaires et supports des rails. Les adaptateurs sont de dimensions 90 x 40 x 5 mm.



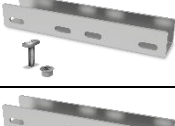
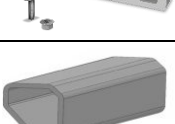
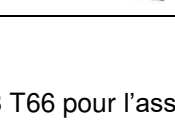


- Rails, en aluminium EN AW 6063 T66, déclinés en six références de rails décrites ci-dessous. La couche inférieure de rails est assemblée aux adaptateurs au moyen d'une vis à tête marteau M10x30 en acier inoxydable A2 et d'un écrou à embase avec cran d'arrêt M10 en acier inoxydable A2. La couche supérieure de rails est assemblée à la couche inférieure de rails au moyen de climbers (voir description ci-après).

Référence	Mise en œuvre		Illustration	Section largeur x hauteur Longueur maximale	Moments et modules d'inertie	
	Couche inférieure	Couche supérieure*			I_x	W_x
SolidRail Light 37	X			Section : 39,5 x 37 mm Longueur maximale : 5,5 m	$I_x = 4,36 \text{ cm}^4$ $I_y = 6,98 \text{ cm}^4$	$W_x = 2,25 \text{ cm}^3$ $W_y = 3,54 \text{ cm}^3$
SolidRail Medium 42	X			Section : 41 x 42 mm Longueur maximale : 5,5 m	$I_x = 7,99 \text{ cm}^4$ $I_y = 10,83 \text{ cm}^4$	$W_x = 3,65 \text{ cm}^3$ $W_y = 5,28 \text{ cm}^3$
SolidRail Alpin 60	X			Section : 41 x 60 mm Longueur maximale : 5,5 m	$I_x = 22,26 \text{ cm}^4$ $I_y = 15,86 \text{ cm}^4$	$W_x = 7,21 \text{ cm}^3$ $W_y = 7,74 \text{ cm}^3$
SingleRail 36		X		Section : 39 x 36 mm Longueur maximale : 5,5 m	$I_x = 4,02 \text{ cm}^4$ $I_y = 6,37 \text{ cm}^4$	$W_x = 2,14 \text{ cm}^3$ $W_y = 3,09 \text{ cm}^3$
SingleRail 50		X		Section : 39 x 50 mm Longueur maximale : 5,5 m	$I_x = 10,47 \text{ cm}^4$ $I_y = 8,46 \text{ cm}^4$	$W_x = 3,98 \text{ cm}^3$ $W_y = 4,23 \text{ cm}^3$
SingleRail 63		X		Section : 47 x 63 mm Longueur maximale : 6,1 m	$I_x = 26,03 \text{ cm}^4$ $I_y = 14,60 \text{ cm}^4$	$W_x = 7,63 \text{ cm}^3$ $W_y = 5,62 \text{ cm}^3$

* Pour les configurations B et C uniquement

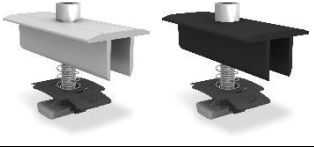
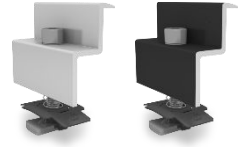
- Connecteurs de rails, en aluminium, déclinés en cinq références, associés à des éléments de visserie en acier inoxydable A2 décrits ci-dessous :

Référence	Rails associés	Illustration	Nature de matériau	Dimensions <i>largeur x hauteur x longueur x épaisseur</i>	Visserie associée
Connecteur SolidRail Light	SolidRail Light 37		EN AW 6063 T66 ou EN AW 5754 H22	46 x 33 x 200 mm épaisseur 3 mm	2 vis à tête marteau M10x30 mm + 2 écrous M10 à embase avec cran d'arrêt
Connecteur SolidRail Medium et Alpin	SolidRail Medium 42 SolidRail Alpin 60		EN AW 6063 T66 ou EN AW 5754 H22	47 x 40 x 200 mm épaisseur 3 mm	
Connecteur SingleRail 36	SingleRail 36		EN AW 6063 T66	49 x 50 x 250 mm épaisseur 4 mm	4 vis à tête marteau M8x20 mm + 4 écrous M8 à embase avec cran d'arrêt
Connecteur SingleRail 50	SingleRail 50		EN AW 6063 T66	48 x 38 x 250 mm épaisseur 4 mm	
Connecteur SingleRail 63	SingleRail 63		EN AW 6063 T66	37 x 35 x 300 mm épaisseur 3 mm	2 vis autotaraudeuses à tête hexagonale 5,5x25 mm

- Climbers, en aluminium EN AW 6063 T66 pour l'assemblage à 90° des rails de la couche supérieure aux rails de la couche inférieure. Les climbers sont déclinés en deux références et sont associés à des éléments de visserie décrits ci-dessous :

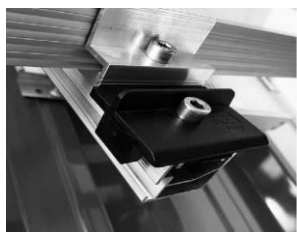
Référence	Rails associés, fixés par le climber	Illustration	Dimensions <i>largeur x hauteur x longueur</i>	Visserie associée
Climber 36/50	Rail 1 ^{ère} couche : SolidRail {Light 37 ou Medium 42 ou Alpin 60} Rail 2 ^{nde} couche : SingleRail {36 ou 50}		50 x 24 x 60 mm	1 vis avec rondelle intégrée M8x20 en acier inoxydable A2 + 1 écrou prisonnier MK2 en acier inoxydable A2 et en polyamide
Climber 63	Rail 1 ^{ère} couche : SolidRail {Light 37 ou Medium 42 ou Alpin 60} Rail 2 ^{nde} couche : SingleRail 63		45 x 27 x 42 mm	1 vis avec rondelle intégrée M8x30 en acier inoxydable A2 + 1 écrou prisonnier MK2 en acier inoxydable A2 et en polyamide

- Etriers, en aluminium EN AW 6063 T66, fixés aux rails et déclinés en deux familles. Ils sont associés à des éléments de visserie décrits ci-dessous :

Référence	Illustration	Dimensions <i>largeur x hauteur x longueur profondeur d'attache</i>	Visserie associée
Etrier intermédiaire XS (brut ou noir anodisé)		Dimensions : 28 x 17 x 65 mm Profondeur d'attache : 8 mm	1 vis avec rondelle intégrée M8xL en acier inoxydable A2 <i>L selon hauteur de cadre du module PV</i> +
Etrier final standard (brut ou noir anodisé)		Dimensions : 28 x H x 65 mm <i>H selon hauteur du cadre du module PV</i> Profondeur d'attache : 8 mm	1 écrou prisonnier MK2 en acier inoxydable A2 et en polyamide

- Dispositifs anti-glisement :

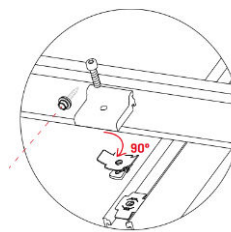
- Dispositif anti-glisement pour étrier final standard : AddON, écrou prisonnier MK2 en acier inoxydable A2 et en polyamide et vis M8x20 mm à tête cylindrique en acier inoxydable A2 ;
- Dispositif anti-glisement pour climber 36/50 : vis à tête marteau M8x20 mm et écrou à embase crantée M8 ;
- Dispositif anti-glisement pour climber 63 : vis Ø6x25 mm.



Dispositif anti-glisement pour étrier final standard



Dispositif anti-glisement pour climber 36/50



Dispositif anti-glisement pour climber 63

- Modules photovoltaïques cadrés, de marques et de types référencés ci-après, posés en mode portrait ou paysage et fixés au moyen d'étriers positionnés sur leurs grands côtés :

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES DC RÉFÉRENCÉS					
DÉTENTEUR CERTIFICAT OU ATTESTATION IEC 61215	MARQUE COMMERCIALE	DÉSIGNATION	DIMENSIONS [MM]	PLAGE DE PUISSANCE [W]	RÉFÉRENCE DU CERTIFICAT OU ATTESTATION IEC 61215
DUALSUN		DSxxx-108M10-02	1708x1134x30	405-415	TÜV SÜD Z2 103216 0008 Rev. 00 du 24/12/2021
REC SOLAR		RECxxxTP5	1899x1040x30	395-410	VDE 40046983 du 11/11/2022
MAXEON	SUNPOWER	SPR-MAX3-xxx	1690x1046x40	390-400	TÜV RHEINLAND PV 60152450 du 27/10/2020
TRINA SOLAR		TSM-xxxDE09.08	1754x1096x30	390-405	TÜV RHEINLAND PV 50397214 du 30/12/2020
VOLTEC SOLAR		TARKA 126 VSMD	1835x1042x35	385-395	ELIOSYS ELIOCERT ID 20210708 du 02/09/2021

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES AC RÉFÉRENCÉS				
FABRICANT / MARQUE COMMERCIALE	DÉSIGNATION	DIMENSIONS [MM]	PLAGE DE PUISSANCE [W]	DOCUMENT DE RÉFÉRENCE
/	/	/	/	/

6. FABRICATION ET CONTROLE

La fabrication des matériaux/composants du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) est assurée par diverses sociétés sous-traitantes de la société K2 SYSTEMS GMBH.

Toutes les pièces constituant le procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) sont contrôlées régulièrement par le service qualité interne de la société K2 SYSTEMS GMBH. Sur chaque livraison, un certain nombre de pièces sont contrôlées. Les fréquences de contrôle dépendent de chaque pièce et sont réparties en niveaux, comme indiquée dans le tableau suivant :

Pièce	Niveau de contrôle
Vis de fixation panneaux solaires	2
Adaptateurs	2
Rails	1
Climbers	2
Vis à tête marteau	3
Ecrou cranté	3
Ecrous prisonniers	2
Etriers	2
Vis à tête cylindrique	2
Connecteurs	3

7. JUSTIFICATIONS/ESSAIS

Pour la mise au point et la justification du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM), des essais mécaniques et des notes de calcul ont été réalisés.

Ces justifications sont référencées dans le Cahier des Charges au Chapitre 7.

8. MISE EN ŒUVRE

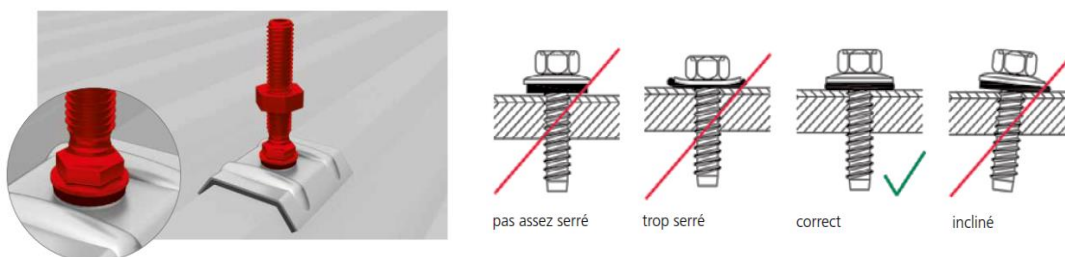
La mise en œuvre du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) est décrite dans le Cahier des Charges au Chapitre 4.

Les principales étapes de mise en œuvre sont les suivantes :

- Pré-perçage de la tôle d'acier nervurée et de la panne sous-jacente selon le tableau ci-dessous :

Type de panne	Acier					Bois
Epaisseur e de la panne acier ou ancrage a dans la panne bois [mm]	$1,5 \leq e < 3$ mm	$3 \leq e < 5$ mm	$5 \leq e < 7,5$ mm	$7,5 \leq e < 10$ mm	$e \geq 10$ mm	$a \geq 32$ mm
Diamètre de pré-perçage [mm]	6,8 mm	6,8 mm	7,0 mm	7,2 mm	7,4 mm	5,5 mm

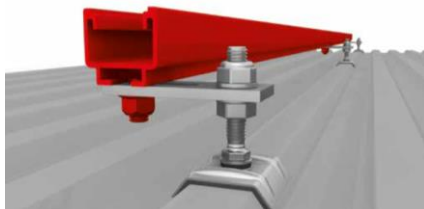
- Mise en œuvre du cavalier EJOT ORKAN en sommet de nervure de la tôle d'acier nervurée au niveau du trou de pré-perçage ;
- Mise en œuvre de la vis de fixation panneaux solaires dans le trou de pré-perçage à travers le cavalier. Le vissage doit être effectué bien perpendiculairement à la nervure de la tôle d'acier nervurée et de manière à ce que la rondelle d'étanchéité soit comprimée d'environ 25% (couple de serrage de 1 à 5 N.m à appliquer).



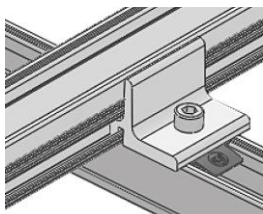
- Mise en œuvre de l'adaptateur, fixé à la vis de fixation panneaux solaires par les deux écrous et les deux rondelles associés, en respectant les dispositions suivantes :
 - ▶ L'adaptateur est orienté perpendiculairement par rapport aux nervures de la tôle d'acier nervurée.
 - ▶ Une distance d'au moins 28 mm entre le haut de la nervure de la tôle d'acier nervurée et le bas de l'écrou de serrage doit être laissée.
 - ▶ La tige de la vis de fixation panneaux solaires doit dépasser d'au moins 5 mm par rapport à l'écrou supérieur.
 - ▶ Le couple de serrage à appliquer est de 16 N.m.



- Mise en œuvre de la couche inférieure de rails au moyen de la vis à tête marteau M10x30 et de l'écrou M10 associé (couple de serrage 32 N.m à appliquer). Une distance d'au moins 50 mm doit être respectée entre l'extrémité du rail et la vis à tête marteau. Dans les cas concernés, mise en œuvre des connecteurs de rails.



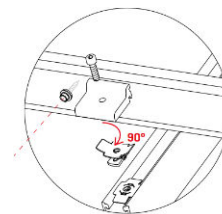
- *Pour les configurations B et C uniquement* : Mise en œuvre de la couche supérieure de rails perpendiculairement aux rails de la première couche au moyen des climbers (couple de serrage de 16 N.m à appliquer). Dans les cas concernés, mise en œuvre des connecteurs de rails. En bas de pente, mise en œuvre des dispositifs anti-glissement au niveau des climbers.



Mise en œuvre du climber

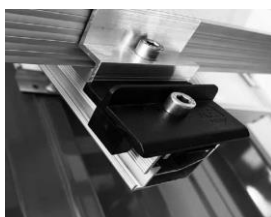


Dispositif anti-glissement pour le climber 36/50



Dispositif anti-glissement pour le climber 63

- Mise en œuvre des modules photovoltaïques au moyen des étriers, vis et écrous prisonniers associés (couple de serrage de 14 N.m à appliquer). Les modules photovoltaïques sont posés en mode paysage pour les configurations A et B, et en mode portrait pour la configuration C. Les étriers sont positionnés sur les grands côtés des modules photovoltaïques. Une distance d'au moins 50 mm doit être respectée entre l'extrémité du rail et le cadre du module photovoltaïque situé en extrémité du champ.
- Mise en œuvre du dispositif anti-glissement constitué d'un AddON, d'un écrou prisonnier MK2 et d'une vis M8 au niveau de chaque étrier final standard situé en bas de pente (couple de serrage de 16 N.m à appliquer).



La mise en œuvre du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) doit être assurée par des entreprises au fait des particularités de mise en œuvre du procédé.

La fiche d'auto-contrôle (exemple en Annexe du Cahier des Charges) doit être complétée pour chaque chantier.

9. REFERENCES

D'après les informations fournies par la société K2 SYSTEMS GMBH, environ 45 350 m² du procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) ont été mis en œuvre en France dans les DROM depuis 2018.

10. ANALYSE TECHNIQUE DE L'APTITUDE A L'EMPLOI

a. Tenue aux charges climatiques

La tenue aux sollicitations climatiques dans le Domaine d'Emploi du procédé peut être considérée comme convenablement assurée compte tenu des justifications apportées.

b. Etanchéité à l'eau

L'étanchéité à l'eau peut être considérée comme assurée de façon satisfaisante, compte tenu de la mise en œuvre des vis de fixation panneaux solaires à double filetage spécifiquement référencées, ayant été testées pour cette application et équipées d'une rondelle d'étanchéité et d'un cavalier.

c. Condensation

Le procédé n'apporte pas de modification particulière sur les questions de condensation.

d. Résistance à la corrosion

Les protections anti-corrosion retenues pour les différents constituants du système, en fonction des atmosphères extérieures permises, permettent d'escompter une durabilité satisfaisante du procédé en termes de résistance à la corrosion, dans le cadre du Domaine d'Emploi.

e. Maintien des caractéristiques initiales

L'ensemble des contrôles internes et externes réalisés par les fournisseurs et sous-traitants de la société K2 SYSTEMS GMBH, ainsi que les contrôles de réception réalisés par cette société elle-même, permettent d'escompter une constance de qualité des éléments du procédé, et donc un maintien satisfaisant des caractéristiques initiales du procédé.

11. AVIS DE PRINCIPE DE BUREAU ALPES CONTROLES

Compte tenu de l'ensemble des éléments présentés ci-avant, BUREAU ALPES CONTROLES émet un **AVIS FAVORABLE** de Principe sur le Cahier des Charges relatif au procédé SOLIDRAIL SOLARFASTENER (DROM) faisant l'objet de la présente Enquête, dans les limites énoncées au Chapitre « 1-Objet du rapport » du présent rapport, moyennant le respect de l'ensemble des prescriptions prévues dans le Cahier des Charges référencé, et sous réserve de l'existence d'un contrat d'assurance valide en Responsabilité Civile fabricant couvrant le procédé.

Le présent Rapport d'Enquête constitue un ensemble indissociable du Cahier des Charges référencé au Chapitre 4 du présent rapport.

Cet Avis de Principe est accordé pour une période de **trois ans** à compter de la date du rapport indice 0, soit jusqu'au **14 MAI 2026**.

Cet Avis de Principe deviendrait caduc si :

- une modification non validée par nos soins était apportée au procédé ;
- des évolutions réglementaires ayant une conséquence sur le procédé intervenaient ;
- des désordres étaient portés à la connaissance de BUREAU ALPES CONTROLES.

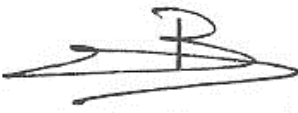
D'autre part, cet Avis de Principe ne vise pas les ouvrages réalisés :

- avec une partie seulement des matériaux/composants référencés ;
- avec des matériaux/composants non référencés ;
- en dehors du Domaine d'Emploi visé.

La société K2 SYSTEMS GMBH devra obligatoirement signaler à BUREAU ALPES CONTROLES :

- toute modification dans le Cahier des Charges référencé ;
- tout problème technique rencontré ;
- toute mise en cause relative à ce procédé dont elle ferait l'objet.

FAIT A SAINT-DENIS-LES-BOURG, LE 15 MAI 2023,

L'Ingénieur Evaluation,	Le Responsable Activité,
	VINCENT NANCHE <small>Signé numériquement par VINCENT NANCHE DN : C=FR, O=BUREAU ALPES CONTROLES, OU=0002, OU=ESBIB, CN=VINCENT NANCHE, SN=NANCHE, QU=VINCEN, SERIALNUMBER=509846c7d817467498650a711ca00008850, OID.2.5.4.971=1474FR.201812288</small>
Marie BONNET	Vincent NANCHE

FIN DU RAPPORT