

RAPPORT D'ENQUETE DE TECHNIQUE NOUVELLE

ETN n° L.25.10015

REFERENCE : L.25.10015

NOM DU PROCEDE : **Procédé « ClickFit EVO » Bac acier :
Profilés pour fixation au bac acier.**

Avec certains modules photovoltaïques des marques :
*3SUN; AIKO SOLAR; DMEGC; DUALSUN; EURENER; JA SOLAR; JINKO; LONGI SOLAR; SOLAR AXE;
SUNPOWER; TONGWEI; TRINA SOLAR; VOLTEC.*

TYPE DE PROCEDE : **Procédé de champ photovoltaïque « ClickFit EVO »
avec profilés pour fixation au bac.**

DESTINATION : **Travaux neufs ou travaux d'adaptation dans l'existant : Couvertures en TAN
simple ou double peau.**

DEMANDEUR : **Société ENSTALL EU Holding B.V.
Londenstraat 16
7418 EE DEVENTER - HOLLANDE**

PERIODE DE VALIDITE : **Du 12 juin 2026
Au 12 juin 2029**

Le présent rapport comporte 27 pages.
Il porte la référence L.25.10015 rappelée sur chacune d'entre elles.
Il ne doit être communiqué que dans son intégralité.

AVANT PROPOS

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.

Versions du document

Date	Version	Description
12/06/26	L.25.10015	Création du document

SOMMAIRE

AVANT PROPOS.....	2
1 OBJET DU PRESENT RAPPORT	4
2 QUALIFICATION DES INSTALLATEURS	4
3 DESCRIPTION DU PROCEDE	4
3.1 Caractéristiques des modules visés par le procédé :.....	5
3.2 Description des constituants communs au procédé ClickFit EVO, quel que soit le profilé :.....	5
3.3 Description des constituants spécifiques au procédé ClickFit EVO Toit en acier – fixation au bac	6
3.4 Dénominations commerciales des bac et panneaux associés au procédé :.....	7
4 PREREQUIS POUR LA POSE DU PROCEDE.....	8
5 PREREQUIS POUR LA POSE DU PROCEDE.....	9
5.1 Conditions préalables à la pose	9
5.2 Pose de la couverture en tôle acier nervurée (TAN)	10
5.3 Montage du procédé	11
6 DOMAINE D’EMPLOI	12
7 JUSTIFICATION MECANIQUE DU SYSTEME.....	13
7.1 Généralités.....	13
7.2 Effets du vent.....	14
7.3 Effets de la neige	16
7.4 Vérification des éléments structuraux	17
8 PREREQUIS LIES AUX MODULES PHOTOVOLTAÏQUES	18
9 MONTAGE DU PROCEDE	18
10 SECURITE INCENDIE.....	19
11 SECURITE ELECTRIQUE DU CHAMP PHOTOVOLTAÏQUE.....	19
12 DURABILITE.....	19
13 CONTROLES	19
14 AVIS EMIS PAR SUD EST PREVENTION.....	20
I. Plans des pièces constitutives du système « ClickFit EVO Toit en acier» et caractéristiques	21
II. Notices d’instructions de montage– documents datés du 02 avril 2025	21
III. Résultats expérimentaux	21
IV. Evaluation des sollicitations – démarche	22
V. Caractéristiques des modules.....	24

1 OBJET DU PRESENT RAPPORT

La société Enstall Holding EU B.V. a confié à SUD EST PREVENTION une mission d'évaluation technique de son procédé ClickFit EVO 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.

2 QUALIFICATION DES INSTALLATEURS

La pose des panneaux photovoltaïques doit être effectuée par un installateur ayant une qualification QUALIPV Elec et ayant été formé sur la solution ClickFit EVO par la société Enstall Holding EU B.V..

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
- La Notice de Montage établie par le demandeur
- La présente Enquête de Technique Nouvelle

3 DESCRIPTION DU PROCEDE

La dénomination commerciale du système est « ClickFit EVO » Toit en acier, profilé pour fixation au bac.

Le système permet une mise en œuvre en toiture, des modules en surimposition du plan de couverture bac acier.
A défaut de précision, les dispositions prévues par le DTU 40.35, s'appliquent.

3.1 Caractéristiques des modules visés par le procédé :

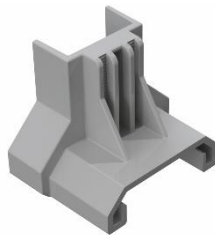
La liste des panneaux visés par le procédé ClickFit EVO est détaillé dans le paragraphe [V](#) du présent document.

3.2 Description des constituants communs au procédé ClickFit EVO, quel que soit le profilé :

- Étriers de modules de montage de références :
 - ClickFit Evo **100.8020** en version de couleur grise
 - ClickFit Evo **100.8020-B** en version de couleur noire
 - ClickFit Evo **100.8021-B** – étrier intermédiaire de 60mm en version de couleur noire
 - ClickFit Evo **100.8022-B** – étrier final de 60mm en version de couleur noire



- Embouts de rails de montage de références
 - ClickFit Evo **100.8065** en version de couleur grise
 - ClickFit Evo **100.8065-B** en version de couleur noire



- Clip MLPE pour optimiseur et micro-onduleurs – art **100.8067** et **100.8068**



3.3 Description des constituants spécifiques au procédé ClickFit EVO Toit en acier – fixation au bac

- Profilé paysage bas de référence « **100.8048** »
- Profilé portrait bas de référence « **100.8049** » et « **100.8052** »
- Profilé paysage haut de référence « **100.8050** »
- Profilé portrait haut de référence « **100.8051** » et « **100.8053** »



- Vis autoforeuse 6.0x25 mm SW10 HEX/T30 – art **100.8085**



Les profilés sont fixés sur l'onde du bac acier par le biais d'au minimum 2 vis autoforeuse 6x25mm SW10 HEX/T30

Le [Calculateur ENSTALL](#) en ligne détermine le profilé à utiliser et le nombre de vis pour le maintenir.

Pour les dimensions de vis qui sont indiquées ici, les valeurs de résistance à l'arrachement ont été déterminées dans l'axe de la vis.

Charge admissible des vis auto-taraudeuses (selon agrément technique européen n° ETA-10/200 du 13 Juin 2013 et du 12 Mars 2015) - valeurs de résistance

Couple de serrage maximal :

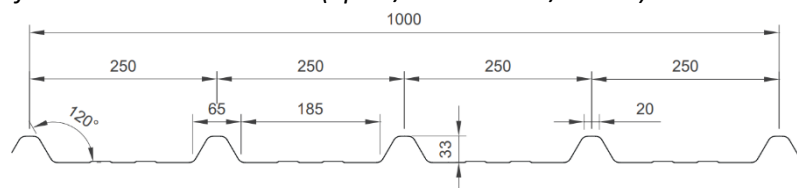
- Pour les bacs (cas des TAN) 63/100^{ème} : 2 N.m
- Pour les bacs (cas des TAN) 75/100^{ème} : 3 N.m

Valeurs tirées de l'ETA-10/200 :

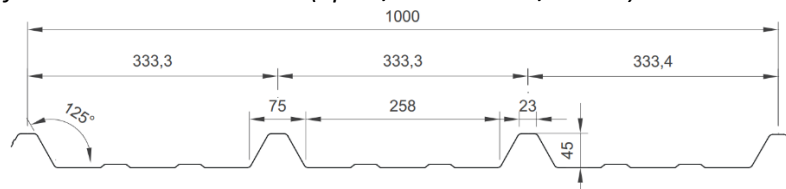
t _{N,II} [mm]	0,40	0,50	0,55	0,63	0,75	0,88	1,00
M _{t,nom}	—						
V _{R,k} [kN] for t _{N,I} =	0,40	0,96 —	0,96 —	0,96 —	0,96 —	0,96 —	0,96 —
	0,50	0,96 —	1,56 —	1,56 —	1,56 —	1,56 —	1,56 —
	0,55	0,96 —	1,56 —	1,76 —	1,76 —	1,76 —	1,76 —
	0,63	0,96 —	1,56 —	1,76 —	2,09 —	2,09 —	2,09 —
	0,75	0,96 —	1,56 —	1,76 —	2,09 —	2,57 —	2,57 —
	0,88	0,96 —	1,56 —	1,76 —	2,09 —	2,57 —	3,11 —
	1,00	0,96 —	1,56 —	1,76 —	2,09 —	2,57 —	3,11 —
	1,13	—	—	—	—	—	—
	1,25	—	—	—	—	—	—
N _{R,k} [kN] for t _{N,I} =	0,40	0,60 —	0,82 —	0,94 —	1,14 —	1,44 —	1,46 —
	0,50	0,60 —	0,82 —	0,94 —	1,14 —	1,44 —	1,76 —
	0,55	0,60 —	0,82 —	0,94 —	1,14 —	1,44 —	1,80 —
	0,63	0,60 —	0,82 —	0,94 —	1,14 —	1,44 —	1,80 —
	0,75	0,60 —	0,82 —	0,94 —	1,14 —	1,44 —	1,80 —
	0,88	0,60 —	0,82 —	0,94 —	1,14 —	1,44 —	1,80 —
	1,00	0,60 —	0,82 —	0,94 —	1,14 —	1,44 —	1,80 —
	1,13	—	—	—	—	—	—
	1,25	—	—	—	—	—	—

3.4 Dénominations commerciales des bac et panneaux associés au procédé :

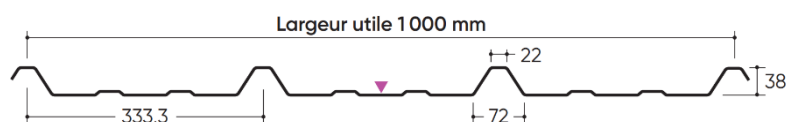
- Bacs de couverture référence **REX 33.250.1000** (ép 63/100^{ème} et 75/100^{ème}) de REX PANELS



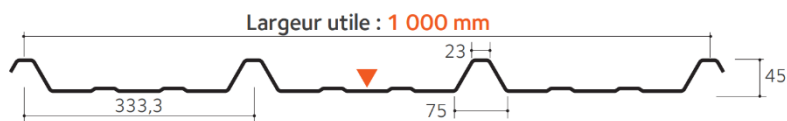
- Bacs de couverture référence **REX 45.333.1000** (ép 63/100^{ème} et 75/100^{ème}) de REX PANELS



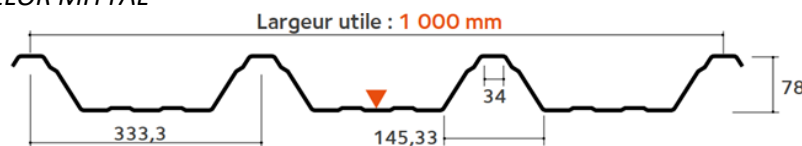
- Bacs de couverture référence **Trapéza 3.333.39 T** (ép 63/100^{ème} 75/100^{ème} et 100/100^{ème}) de ARCELOR MITTAL



- Bacs de couverture référence **Trapéza 3.45.1000 TS** (ép. 63/100^{ème}, 75/100^{ème} et 100/100^{ème}) de ARCELOR MITTAL



- Bacs de couverture référence **Trapéza 3.333.79T** (ép. 63/100^{ème}, 75/100^{ème}, 88/100^{ème} 100/100^{ème} et 120/100^{ème}) de ARCELOR MITTAL



Concernant les éventuels autres profils de couverture que ne seraient pas référencés spécifiquement ci-avant, la société ENSTALL peut donner son accord au cas par cas à d'autres profils de couverture, pour autant qu'ils satisfassent aux contraintes suivantes qui constituent un prérequis indispensable :

- Entraxe entre ondes consécutives : 200mm, 250mm, 333mm ou 367mm
- Epaisseur d'acier nominale minimale : 63/100^{ème}
- Qualité de l'acier S320GD : Profils en Tôles acier Nervurée
- Laquage adapté à l'environnement aussi bien intérieur qu'extérieur au bâti
- Hauteur d'onde de 35mm minimum
- Dimension du haut de l'onde de 20mm minimum
- Dimension de la base de l'onde comprise entre 62 et 80mm

Dans le cas de bâtiments existants, il appartient à l'installateur de s'assurer de l'état du support (TAN ou panneaux), des caractéristiques énoncées ci-avant, et de sa compatibilité avec les contraintes dimensionnelles neige et vent du lieu d'implantation. L'évaluation permettra de déterminer si un renouvellement s'impose avant intégration d'un générateur photovoltaïque.

Quel que soit le cas, **un coefficient de 0,75 doit être appliqué** sur les portées d'utilisation fournies par le fabricant de TAN.

Pour les travées jouxtant le champ photovoltaïque, l'installateur devra faire les vérifications nécessaires.

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.

4 CONDENSATION, VENTILATION ET ÉMERGENCES

Le système ClickFit EVO pour toit en acier est développé pour des toitures froides ou chaudes, et n'engendre pas de condensation supplémentaire par rapport aux couvertures traditionnelles en plaques nervurées acier.

L'installateur devra respecter les normes de référence (DTU 40.35).

La conception de la toiture froide doit prendre en compte le phénomène de condensation et respecter les dispositions décrites dans le DTU 40.35 (notamment installation d'un pare-vapeur, ou d'un régulateur de condensation).

Les indications s'y rapportant figurent dans la notice de montage dans le §9.

5 PREREQUIS POUR LA POSE DU PROCEDE

Le procédé de pose en surimposition 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 fixant les profilés, dans la zone couverte par les modules.

La dernière version des instructions de montage du système [ClickFit EVO Toit en acier](#) devra être respectée.

Par ailleurs, l'installateur devra respecter les notices d'installation et de mise en œuvre propres à chacun des modules PV (zones d'accroche des modules cadrés).

5.1 Conditions préalables à la pose

La structure porteuse doit répondre aux critères suivants :

- La charpente doit être calculée en prenant en compte le poids propre de la structure et des panneaux photovoltaïques.
- Elle doit prendre en référence les codes de calcul retenus, DTU et règles professionnelles en vigueur.
- La structure porteuse est calculée selon les règles Eurocodes.

Dans le cas de la couverture partielle, l'installation est toujours mise en œuvre du faîtage à l'égout en raccordement latéral avec une toiture en plaques nervurées (conformes aux normes de références en vigueur, notamment NF DTU 40.35 et cahier du CSTB 3297).

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

Il conviendra en outre de vérifier la stabilité de la structure porteuse sous l'effet des charges horizontales et le cas échéant d'apporter les corrections nécessaires à la structure des bâtiments existants et de la prévoir dans les bâtiments neufs. La déformation du plan de couverture est limitée à 1/500^{ème} sur le plan global.

Un relevé des dimensions est établi par l'installateur pour que l'étude puisse être réalisée : celle-ci consiste à positionner le champ photovoltaïque sur la toiture en fonction de l'emplacement des pannes.

Le dimensionnement du projet sur le Calculateur Enstall permettra de déterminer la capacité de résistance limite du procédé vis-à-vis des surcharges climatiques en fonction de la pente de la couverture et de la zone géographique : s'assurer que les conditions sont satisfaites – au besoin, solliciter le fabricant pour confirmation.

La mise à la terre devra répondre aux exigences du guide UTE C15-712-1.

5.2 **Pose de la couverture en tôle acier nervurée (TAN)**

A défaut de précision, elle est conforme aux dispositions du DTU40.35, **excepté les mesures complémentaires suivantes** (quelle que soit la zone climatique et la situation du projet) :

- **Recouvrement transversal**

Le recouvrement transversal sera toujours réalisé au droit d'un appui.

Le bac supérieur recouvrira obligatoirement le bac inférieur sur une longueur minimum de 300 mm

La pose d'un complément d'étanchéité (selon NF P 30-305) est requise au niveau de chaque recouvrement transversal des plaques nervurées, dès lors que la pente de toiture est inférieure ou égale à 15%

- **Recouvrement longitudinal**

Le recouvrement longitudinal de deux bacs de couverture se fait par le recouvrement de leurs nervures de rives.

Ce recouvrement doit être effectué dans le sens opposé des vents de pluie dominants du site.

Dès lors que la pente de toiture est inférieure ou égale à 15% :

- *Les plaques nervurées sont couturées tous les 50 cm au niveau de leurs recouvrements longitudinaux à l'aide de vis de couture 6,3x22 mm*
- *Si la longueur du rampant dépasse 20,00m, la pose d'un complément d'étanchéité (selon NF P 30-305) est requise au niveau de chaque recouvrement longitudinal des plaques nervurées.*

En partie courante de toiture, l'installation est obligatoirement mise en œuvre de l'égout au faitage de la toiture. Elle peut également être raccordée aux rives.

Les longueurs et pentes de la couverture en tôle acier nervurée respectent les tableaux du DTU 40.35, dans la limite des indications (limitations), figurant dans le domaine d'emploi.

a) Fixation des TAN :

Pour les tôles de rive inférieure à 1m de largeur, il est nécessaire de fixer toutes les ondes en sommets de nervures.

Toutes les ondes devront également être fixées en sommet de nervures en haut et en bas de versant.

Ces fixations sont réalisées avec des cavaliers courants (et pontets si nécessaire) munis d'une rondelle cheminée ou avec les cavaliers supports de rails spécifiques munis d'une rondelle cheminée et de patins EPDM

Fixer les plaques acier nervurées toujours en sommet d'onde avec les cavaliers et rondelles étanches. Les vis seront axées sur les pannes.

Les vis de fixation utilisées dépendent de la nature de la charpente : en cas de dépose d'une vis, puis de repose dans le même perçage il est impératif d'utiliser une vis de diamètre supérieur afin de conserver les propriétés mécaniques.

Cas particulier d'un conflit entre une fixation du profilé ClickFit EVO Toit en acier et un cavalier (+vis):

Dans un tel cas, le pontet est déposé et le profilé vient en lieu et place de celui-ci.

Par ailleurs, la vis de fixation du bac (qui reprenait originellement le cavalier) est repositionnée pour assurer la tenue du bac.

Il est alors autorisé de percer le profilé à l'endroit nécessaire (qui correspond à l'emplacement de la vis de fixation du bac).

L'installateur doit faire en sorte que la couche EPDM du profilé ne soit percée qu'au droit de la vis, de façon à empêcher un contact électrolytique entre le profilé et le bac.

5.3 Montage du procédé

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

La pose se fait en mode PORTRAIT ou PAYSAGE, à l'exclusion de toute autre orientation.

L'espace entre modules est toujours de 12 mm **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 étriers universels.

Le couple de serrage pour fixation des profilés :

- Pour les bacs (cas des TAN) 63/100ème : 2 N.m
- Pour les bacs (cas des TAN) 75/100ème : 3 N.m

Les profilés sont fixés avec les vis auto-perceuses telles que définies dans la notice d'instruction de montage au §3.3.

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

La première ligne de modules et la première colonne doit être posée au cordeau, au laser, ou à la règle pour assurer un bon alignement, ce qui est indispensable pour que les zones d'accrochage des modules coïncident bien avec les emplacements des profilés (aussi bien dans la version paysage que dans la version portrait).

Dès lors que les modules photovoltaïques sont positionnés selon le calepinage, le serrage des étriers se fait par le haut avec un couple de serrage de 4,5 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.

Cette liaison équipotentielle est assurée notamment par les étriers et les profilés.

Le procédé se décline suivant le type de couverture : seules sont visées les couvertures dont la référence au DTU (ou DTA) est spécifiée ci-après, avec les conditions préalables suivantes, **sachant que leur vérification incombe à l'installateur.**

b) Avec les profilés ClickFit EVO bac acier - paysage

La pente de toiture est limitée à 60° (173%) maximum et doit respecter les règles de mise en œuvre des couvertures bac acier.

Pour les pentes de toits admissibles avec ce montage, il convient de se reporter aux tableaux des DTU suivants :

- **NF DTU 40.35** : Travaux de bâtiment - Couvertures en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues.
- Le document technique d'application, le cas échéant.

Le support bac acier doit avoir une épaisseur de 0,63mm minimum et conforme au DTU40.35.

Dans le cas des toitures froides, ce dernier doit être muni en usine d'un régulateur de condensation.

Pour la pose en paysage, le sommet de l'onde du bac trapézoïdal doit avoir une largeur de 20mm minimum.

c) Avec les profilés ClickFit EVO bac acier - portrait

La pente de toiture est limitée à 60° (173%) maximum et doit respecter les règles de mise en œuvre des couvertures bac acier.

Pour les pentes de toits admissibles avec ce montage, il convient de se reporter aux tableaux des DTU suivants :

- **NF DTU 40.35** : Travaux de bâtiment - Couvertures en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues.
- Le document technique d'application, le cas échéant.

Le support bac acier doit avoir une épaisseur de 0,63mm minimum et conforme au DTU40.35.

Dans le cas des toitures froides, ce dernier doit être muni en usine d'un régulateur de condensation.

Pour la pose en portrait, l'entraxe entre les ondes du bac trapézoïdal doit être de 200mm, 250mm, 333mm ou 367mm.

Le sommet de l'onde du bac trapézoïdal doit avoir une largeur de 20mm minimum

6 DOMAINE D'EMPLOI

Le domaine d'emploi du procédé est précisé dans le cahier des charges du demandeur et précisé comme suit dans la présente Enquête de Technique Nouvelle.

Mise en œuvre en France Européenne :

- Procédé réservé aux couvertures visées par les DTU
- Utilisation pour les types de bâtiments suivants : bâtiments d'habitation (collectifs ou individuels), ERP, bâtiments industriels, tertiaires ou agricoles
- Pose en mode portrait ou en mode paysage avec le montage spécifique (voir § [MONTAGE DU PROCEDE](#))
- Atmosphère extérieure rurale non polluée, industrielle normale, sévère ou marine (y compris bord de mer <3km).
- Sur bâtiments isolés ou non, en toiture froide.
- Hors climat de montagne caractérisé (<900m d'altitude).
- Zone de vent maximum : 4
- Uniquement dans les locaux à faible ou moyenne hygrométrie.
- Zone sismique (jusqu'à zone 4 pour bâtiments de catégorie d'importance III)
- Réalisation de versants complets ou partiels
- Mise en œuvre sur charpente bois ou métal conforme aux spécifications minimales des NF DTU correspondant, soit :
 - Profils acier épaisseur minimale 1,5 mm ; largeur d'appui 40 mm
 - Pannes bois avec largeur d'appui de minimum 60 mm et hauteur minimale 80mm
- Dans le cas des couvertures à grands éléments, la longueur du rampant de la couverture ne peut excéder 40m
- La limite supérieure du champ PV ne doit dépasser le faîtage (la partie supérieure du panneau doit se trouver à plus de 30cm sous la ligne de faîtage).
- La mise en œuvre sur des toitures de pente minimale conforme au tableau n°1 du NF DTU 40.35 :
- 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)
- 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 système n'est pas compatible avec les couvertures en alliage d'aluminium relevant du DTU 40.36
- Le système n'est pas compatible avec les plaques éclairantes en polyester armé de fibres de verre (§6.3 du DTU 40.35)
- Le système n'est pas compatible avec les couvertures double peau à trames parallèle (§6.4 du DTU 40.35)
- Le système n'est pas compatible avec les couvertures en Panneaux sandwiches
- Le système n'est pas compatible avec les couvertures en plaques ondulées en fibreciment relevant du DTU 40.37
- Tout autre système de couverture différent d'un parement en T.A.N (DTU 40.35)

Dans les cas où la couverture est existante, il reviendra à l'installateur de juger de l'état des éléments de couverture, pour déterminer si le remplacement des éléments de couverture est requis.

7 JUSTIFICATION MECANIQUE DU SYSTEME

7.1 Généralités

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 :

- **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.
 - $\mu = 0.8$ (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 0, 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).
 - 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 en acier supportant les TAN devront respecter les préconisations suivantes :
 - Dimensionnement conforme aux dispositions de l'EN1993 (et de son annexe nationale)
 - Pannes acier d'une épaisseur minimale de 1,5mm
- Les pannes de charpente en bois massif ou lamellé collé (pannes ou chevrons) supportant les TAN 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 de classe C24 non résineux

- 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 « CALCULATEUR - ENSTALL »

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 profilés adéquats et leur nombre en fonction de l'environnement (localisation, altitude, rugosité, orographie...etc.).

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

Le logiciel explicite le type de profilé requis et le nombre de vis selon le cas de figure rencontré.

Ce logiciel de calcul n'a pour seul objet que le dimensionnement du nombre de profilés et vis à installer sur le bac, et précise également :

- Le calepinage du champ PV sur la toiture
- Le positionnement des profilés
- Le nombre de vis nécessaires

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 profilés en aluminium.

Charges :

- Gsup = charges permanentes dont l'action est défavorable
- Gint = charges permanentes dont l'action est favorable
- S = charge de neige
- Wp = charges de vent (pression)
- Ws = charges de vent (dépression)

Combinaisons ELUR prises en compte dans la vérification :

- $kFI \cdot (1,35 \cdot Gsup + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Wp)$
- $kFI \cdot (1,35 \cdot Gsup + 1,5 \cdot Wp + 1,5 \cdot 0,6 \cdot S)$
- $kFI \cdot (1,00 \cdot Ginf + 1,5 \cdot Ws)$

Avec classe de conséquences CC1 (tableau B.2)

On retient que $kFI = 0,9$

7.2 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 $qp(z)$ à la cote z .

La pression sollicitant de calcul est donnée par :

- $qw = qp \cdot Cpe$

Cpe 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 $qp(z)$

Valeur de base de la vitesse de référence $vb,0$

Carte de la valeur de base de la vitesse de référence $Vb,0$ ($z = 10 \text{ m}$ / 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 Cr**
Le coefficient de rugosité est déterminé selon NF EN 1991-1-4/NA, Equation (4.4) :

- $Cr(z) = kr \cdot \ln(z/z_0)$

avec Equation (4.5) :

- $kr = 0,19 (z_0/z_0,II) \times 0,07$

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 z_{min} 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 v_b**

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 v_m**

Vitesse moyenne NF EN 1991-1-4 Equation (4.3) :

- $v_m = c_0(z) \cdot cr(z) \cdot v_b$

- **Coefficient orographique :**

- $c_0(z) = 1,0$

- **Pression dynamique de point $q_p(z)$**

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):

- $I_v(z) = (kl / (C_0(z) \cdot \ln(z/z_0)) \dots \dots \text{si } z_{min} < z < z_{max}$

- $I_v(z) = I_v(z_{min}) \dots \dots \text{Si } z < z_{min}$

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

kl = coefficient de turbulence

$c_0(z)$ = coefficient orographique

z = hauteur de référence du projet à laquelle la turbulence est déterminée, ici le faîtière du bâtiment dans notre cas. z_0 = longueur de rugosité comme fonction de la catégorie de terrain, voir tableau 4.1(NA)

- **Détermination de c_{pe}**

La pression réelle sur les modules PV est calculée via des facteurs C_p qui représentent les forces de pression agissant perpendiculairement à la surface

Les facteurs C_p varient en fonction des zones de toit définies.

La valeur de c_{pe} (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 C_{pe} **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 $A > 10 \text{ m}^2$

Les sollicitations de soulèvement sont évaluées comme suit sur les modules :

Conformément aux sections 5.2 et 5.3 de l'EN 1991-1-4, les forces du vent peuvent être calculées à l'aide des équations suivantes

- $W_e = q_p(z_e) C_{pe}$
- $F_w = C_s C_d W_e A_{ref}$

7.3 **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 :**

$$s = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$$

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'annexe nationale, calculée 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.

- **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 « Calculateur – Enstall »

Le cas exceptionnel ou des configurations donnant lieu à des accumulations de neige (lié à des géométries particulières) n'est pas pris en compte. Dans un tel cas, on peut 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 Enstall.

7.4 Vérification des éléments structuraux

Pour la vérification des éléments structuraux, il est considéré que les charges appliquées sur les panneaux photovoltaïques sur profilés sont réparties sur le support bac acier.

- Chaque panneau est fixé sur 4 appuis (les profilés).
- Deux panneaux adjacents reposent sur le même appui (le même profilé).
- Chaque profilé 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 :
 - 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 de R_d .

Pour la vérification des vis, on considère les valeurs en dépression et en surpression.

En outre, dans le cas présent, compte tenu du mode de rupture, la vérification des profilés se base sur les limites suivantes à ne pas dépasser :

a) Cas des sollicitations en pression et dépression

Epaisseur du bac (mm)	Valeur limite de calcul (valeur ELS) : R_k en daN	Valeur limite de calcul (valeur ELS) : R_d en daN - Par vis
0,63	100	49,5
0,75	120	65
1	240	116,5
1,5	400	182,4

8 PREREQUIS 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).

Les notices de montage qui sont spécifiques aux différents types de profilés « ClickFit EVO toit en acier » spécifient :

- Les zones de serrage en fonction de l'orientation des panneaux
- Les valeurs de résistance propres aux panneaux (tirées des limites fixées dans les certificats IEC, et des notices d'instructions de montages propres aux fabricants (dans leur application, un coefficient de sécurité de 1,5 doit être appliqué)

L'installateur devra respecter les zones d'accrochage définies dans les prescriptions de montage propres aux modules eux-mêmes

9 MONTAGE DU PROCEDE

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 aux notices de montage :

- Notice : « mode d'emploi : [Système de montage ClickFit Evo Toit en acier](#) (Rev. 02.04.25)

L'espace entre modules est toujours de 12mm 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 profilés 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 dessus.

- Le Couple de serrage des attaches centrales (brides centrales) est au moins de 4.5 N.m et au maximum 8 N.m
- Le Couple de serrage des attaches d'extrémité (brides de rives) est au moins de 4.5 N.m et au maximum 8 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.

La liaison équipotentielle entre les châssis des modules et les rails EVO est assurée par l'étrier universel EVO. Pour établir la mise à la terre fonctionnelle finale, un câble de liaison indépendant doit être correctement monté sur les profilés EVO avec une liaison équipotentielle appropriée.

Cette équipotentialité par l'étrier est approuvée par le laboratoire VDE (attestation disponible sur le [site internet Esdec](#)).

Cette liaison équipotentielle est assurée avec visserie par l'électricien.

10 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)

11 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 1500 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 6mm² cuivre minimum, selon les normes en vigueur.

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 vert/jaune de section 6 mm² et de longueur adaptée aux dimensions des modules ou aux distances inter-rangées.

Par ailleurs, une liaison équipotentielle doit être disposée entre les profilés voisins de façon à assurer la mise à la terre du champ.

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.

12 DURABILITE

Les éléments constitutifs du procédé ont fait l'objet d'évaluations, et d'essais de chargement, dont la liste figure en annexe.

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

13 CONTROLES

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

Les usines de montage du groupe sont certifiées ISO 9001 :2015

14 AVIS EMIS PAR SUD EST PREVENTION

Compte tenu de l'ensemble des éléments présentés ci avant, SUD EST PREVENTION émet un **AVIS FAVORABLE** sur le procédé « **CLICK FIT EVO – Toit en acier** », proposés par la société ENSTALL et faisant l'objet de la présente Enquête de Technique Nouvelle, moyennant le respect des prescriptions des notices de montage suivantes :

- Notice : « mode d'emploi : [Système de montage ClickFit Evo Toit en acier](#) (Rev. 02.04.25)

En cas d'utilisation de bacs visés 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 des notices 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 **12 juin 2029**.

Cet avis deviendrait caduc si :

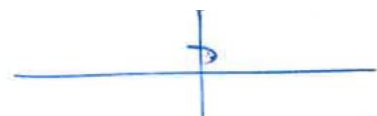
- a) un Avis Technique du CSTB était obtenu dans cet intervalle de temps
- b) une modification non validée par nos soins était apportée au procédé
- c) des évolutions réglementaires ayant une conséquence sur le procédé intervenaient
- d) des désordres suffisamment graves étaient portés à la connaissance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

La société ENSTALL 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 12 juin 2026

Le responsable technique
Marc TERRANOVA



SUD EST PREVENTION
17, chemin Louis Chirpaz
69134 ECULLY cedex
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 « ClickFit EVO Toit en acier » et caractéristiques

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

II. Notices d'instructions de montage– documents datés du 02 avril 2025

- Notice : « mode d'emploi : [Système de montage ClickFit Evo Toit en acier](#) (Rev. 02.04.25)

III. Résultats expérimentaux

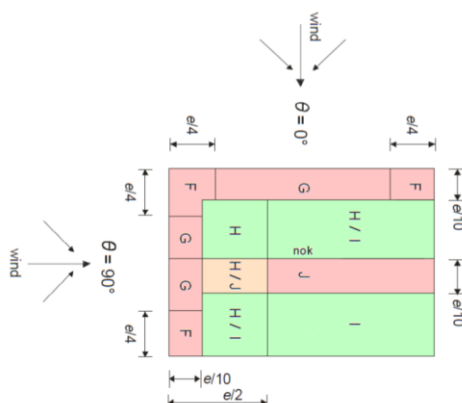
Montage avec ClickFit EVO pour toit en acier

- *Rapport d'agrément BDA® n° 25L0339/1 daté du 01/08/2025 délivré par l'organisme KIWA concernant le procédé CLICK FIT EVO Toit en acier Portrait*
- *Rapport d'agrément BDA® n° 25L0339/3 daté du 01/08/2025 délivré par l'organisme KIWA concernant le procédé CLICK FIT EVO Toit en acier Paysage*
- *Rapport d'agrément BDA® n° 25L0339/4 daté du 01/08/2025 délivré par l'organisme KIWA concernant l'étanchéité des procédés CLICK FIT EVO Toit en acier Portrait, paysage et vis à double filetage.*
- *Rapport d'essai TR21055 - Revision # 2.0 daté du 19 novembre 2025 de Enstall - concernant Test d'arrachement des vis autotaraudeuses sur couvertures en bac acier selon le référentiel NEN7250*
- *Cheminement de calcul conformément aux dispositions de la norme eurocode NF EN 1991-1-4 et L'annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA*
- *Rapport n°TRPVS 2021 – 40571 daté du 17 janvier 2025 du laboratoire VDE concernant l'essai de vieillissement sous chaleur humide avec système ClickFit EVO*
- *Rapport tests Fatigue - Étanchéité N° BMA6-P-4034-01/1 , daté du 26 mai 2026 du LEEMS conformément au cahier 3817 du CSTB.*

IV. Evaluation des sollicitations – démarche

a) Définition de la zone de vent de la zone du toit

La surface de toit disponible est divisée en zones de vent selon les dispositions de la NF EN 1991-1-4.



La largeur des zones de bord F et G est définie comme : $e / 4 = 5\text{m}$

La profondeur des zones de bord F et G et de la zone de faîte J est définie comme suit : $e / 10 = 2\text{m}$

b) DÉFINITION DE LA PRESSION DU VENT SUR LES MODULES PV

La pression effective sur les modules PV est calculée à l'aide de coefficients $C_{p,net}$, représentant les forces de pression agissant perpendiculairement à la surface.

Les facteurs $C_{p,net}$ varient en fonction des zones de toiture définies.

Ces coefficients sont calculés à partir des coefficients C_p , e et $C_{p,eq}$ et sont donnés à l'article 6.2.3.1 (Méthode de montage 2 - Coefficients de pression Netto pour toit en pente, montage parallèle) :

Roof zone	$C_{p,net}$ lift	$C_{p,net}$ down
F	-2,0	+1,0
G	-2,0	+1,0
H	-0,5	+0,7
I	-0,5	+0,7
J	-2,0	+1,0

c) FORCES DE CHARGE DE NEIGE SUR LES MODULES PV - PERPENDICULAIRE

$$F_{d,perpendiculaire} = 0,90 \times 1,1 \times (200 + 20) \times \cos \alpha + 0,9 \times 1,35 \times C_e \times \mu_1 \times (700 \cdot 1) \times 1,65 \times \cos \alpha \times \cos \alpha$$

$$\rightarrow F_{d,perpendicular} = 1023\text{N}$$

Comme expliqué précédemment, au centre d'un champ de module PV, chaque module PV est supporté par 2 supports de montage. Par conséquent, la force résultante sur un support de montage unique est :

$$F_{d,perpendicular, bracket} = 1023/2$$

$$= 512\text{N}$$

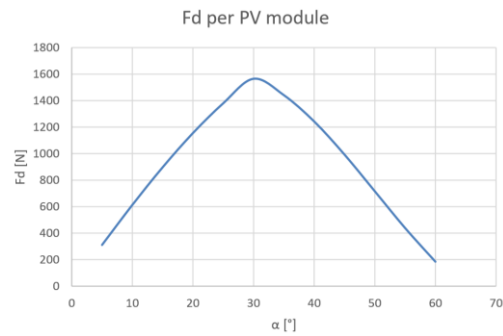
d) FORCES DE CHARGE DE NEIGE SUR LES MODULES PV - PARALLÈLE

La force de cisaillement doit être déterminée à partir des calculs de charge de neige suivants.

Puisque nous nous intéressons à la force de cisaillement pour ce test, il suffit de calculer uniquement l'équation parallèle énoncée précédemment.

La pente du toit de l'exemple de la section 3.1 est choisie comme scénario le plus défavorable à 30 °.

Le graphique suivant illustre la force parallèle en fonction de la pente du toit.



La pente vers le bas du graphique aux inclinaisons de toit supérieures à 30 ° est due à la valeur changeante de μ_1 , qui est définie comme $0,8 (60-\alpha) / 30$ pour les inclinaisons de toit $30^\circ < \alpha < 60^\circ$. Avec une accumulation de neige de 2 m au niveau des panneaux supérieurs, la force parallèle est calculée comme suit :

$$Fd, parallel = 0,90 \cdot 1,1 \cdot (200 + 20) \sin \alpha + 0,9 \cdot 1,35 \cdot Ce \cdot \mu_1 \cdot (700 \cdot 2 + 700 \cdot 1) \cdot 1,65 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \quad Fd, parallel = \mathbf{1565N}$$

Comme expliqué précédemment, sur les bords d'un champ de module PV, chaque module PV est supporté par 3 supports de montage. Par conséquent, la force résultante sur un support de montage unique devrait être :

$$\begin{aligned} Fd, parallel, bracket &= \\ 1565 & \cdot 3 \\ &= \mathbf{52} \end{aligned}$$

V. Caractéristiques des modules

	Modèle	Puissances (Wc)	Dimensions (mm)	Retour arrière (mm)		Référence
				Petit côté	Grand côté	
3SUN	B60 - 3SHBGH - ## - XXX	550 - 595	2172 x 1303 x 35	25	35	3SHBGH-AD-560-595_rev1.0 / 3SHBGH-AD-600-640_rev1.5
	B48 - 3SHBGA - ## - XXX	455 - 510	1754 x 1303 x 30	15	30	3SUN_B48_3SHBGA-AF-475-485_revision_1.1_09072025
AIKO SOLAR	Neostar 2P Series AIKO-Axxx-MAH60Mw	505 - 525	1954 x 1134 x 30	15	30	AIKO-Axxx-MAH60Mw_DS_EN_2405_V1.1
	Neostar 2S+ Series AIKO-Axxx-MAH60Db	490 - 515	1954 x 1134 x 30	15	30	AIKO-Axxx-MAH60Db_DS_EN_2405_V1.1
	Neostar 2P+ Series AIKO-Axxx-MAH60Dw	490 - 525	1954 x 1134 x 30	15	30	AIKO-Axxx-MAH60Dw_DS_EN_2405_V1.1
	Comet 2N Series AIKO-Axxx-MAH72Mw	605 - 630	2278 x 1134 x 30	15	28,5	AIKO-Axxx-MAH72Mw_DS_EN_2405_V1.5
	Comet 1N+ Series AIKO-Axxx-MAH72Dw	610 - 630	2278 x 1134 x 30	15	30	AIKO-Axxx-MAH72Dw_DS_EN_2405_V1.5
	Nebular Series 1P AIKO-A-MAH54Tm	430 - 450	1762 x 1134 x 30	30	30	AIKO-Axxx-MAH54tm_DS_EN_2405_V1.4
	Neostar 3P54 _AIKO-A-MCE54Mw	470 - 500	1762 x 1134 x 30	15	30	V2.1_202502_DsDr_EN
	Neostar 3S54 _AIKO-A-MCE54Mb	460 - 490	1762 x 1134 x 30	15	30	V2.1_202502_DsDr_EN
	Neostar 3P+54 _AIKO-A-MCE54Dw	465 - 495	1762 x 1134 x 30	11,6	28,5	V2.1_202502_DsDr_EN
	Neostar 3S+54 _AIKO-A-MCE54Db	460 - 490	1762 x 1134 x 30	11,6	28,5	V2.1_202502_DsDr_EN
DMEGC	DMxxxG12RT-B48HST/HBT/HSW/HBW/HBB	435 - 485	1762 x 1134 x 30	30	30	EN DS-G12RT-B48HSW/HBW/HBB/HBT/HST-20250627
	DMxxxG12RT-G48HSW/HBW/HBB	435 - 485	1762 x 1134 x 30	15	30	EN DS-G12RT-G48HBW/HSW/HBB-20250627
	DMxxxG12RT-48HSW/HBW/HBB/HSW-V/HBW-V/HBB-V	435 - 485	1762 x 1134 x 30	30	30	EN DS-G12RT-48HSW/HBW/HBB-20250703
	DMxxxM10RT-54HSW-L/HBW-L/HBB-L/HSW-LV/HBW-LV/HBB-LV	445 - 465	1762 x 1134 x 30	15	30	EN DS-M10RT-54HSW/HBW/HBB-L-20250908
	DMxxxG12RT-B48HBT	435 - 485	1762 x 1134 x 30	30	30	EN DS-G12RT-B48HBT-Extreme-20250702.
	DMxxxG12RT-B54HST/HBT/HSW/HBW/HBB	485 - 530	1977 x 1134 x 30	15	30	EN DS-G12RT-B54HSW/HBW/HBB/HBT/HST Plus-20250725
	DMxxxG12RT-B54HST/HBT/HSW/HBW/HBB	485 - 530	1961 x 1134 x 30	15	30	EN DS-G12RT-B54HSW/HBW/HBB/HBT/HST-20250627
	DMxxxG12RT-G54HSW/HBW/HBB	485 - 530	1977 x 1134 x 30	15	30	EN DS-G12RT-G54HSW/HBW/HBB Plus-20250725
	DMxxxG12RT-G54HSW/HBW/HBB	485 - 530	1961 x 1134 x 30	15	30	EN DS-G12RT-G54HSW/HBW/HBB-20250627
	DMxxxG12RT-B48HBW (3,2mm+2mm)	450 - 475	1762 x 1134 x 30	15	30	FR DS-G12RT-B48HBW-Extrême-20251105
DUALSUN	FLASH DSxxx-108M10T-03	425	1722 x 1134 x 30	15	30	DualSun - FR - Fiche Technique Flash DSxxx-108M10T-03 - v1.0
	DSTFxxx-108M10TB-03	420 - 425	1722 x 1134 x 30	15	30	DSTN-I-F-XXX108M10TB V1.0.5
	DSTlxxx-108M10TB-03	420 - 425	1722 x 1134 x 30	15	30	DSTN-I-F-XXX108M10TB V1.0.5
	DSTNxxx-108M10TB-03	420 - 425	1722 x 1134 x 30	15	30	DSTN-I-F-XXX108M10TB V1.0.5
	DS500-120M10TB-03	500	1950 x 1134 x 30	15	30	DS500-120M10TB-03 V1.0
	DSxxx-108M10RTB-03	440 - 450	1762 x 1134 x 30	15	30	V1.1- April 2024 _FLA202404AHXX_DSXXX-108M10RTB-03
	DSxxx-120M10TB-03	500	1950 x 1134 x 30	15	30	V1.0 November 2024 _DS500-120M10TB-03
	DSxxx-144M10T-03	600	2278 x 1134 x 30	18	33	FLASH 600 Half-Cut Black TOPCon - Dualsun_test version_V1.1
	DSxxx-96M10RTB-07	450 - 460	1762 x 1134 x 30	33	33	Fiche technique FLASH 450-455 Glass-Glass TOPCon - Dualsun_V1.0
	DSxxx-108M10RTB-07	500 - 515	1960 x 1134 x 30	33	33	Fiche technique FLASH 500-515 Glass-Glass TOPCon 2.0 - Dualsun_V1.0
	DSxxx-120M10T-02	500	1935 x 1143 x 35	30	30	Fiche technique - AZUR 500 TOPCon Black_1.3

	Modèle	Puissances (Wc)	Dimensions (mm)	Retour arrière (mm)		Référence
				Petit côté	Grand côté	
	DSTlxxx-96G12RTB-03	455	1762 x 1134 x 30	30	15	Fiche technique - SPRING4 455 TOPCon Isolé_1.2
	DSTNxxx-96G12RTB-03	455	1762 x 1134 x 30	30	15	Fiche technique - SPRING4 455 TOPCon Non-isolé_1.2
	DSTFxxx-96G12RTB-03	455	1762 x 1134 x 30	30	15	Fiche technique - SPRING4 455 TOPCon à ailettes_1.2
EURENER	Halfcut-9 BB MEPV 330	330	1684 x 1002 x 35	30	30	MEPVHALF CUT 330W
	FULL BLACK MEPV 126 ULTRA - xxx	375	1772 x 1016 x 35	35	35	Eurener_MEPV 126_ULTRA_375Wp_FR_OCT2021
	MEPV 375-380W HC 120 MBB	375 - 380	1755 x 1038 x 35	35	35	Eurener_MEPV 120_HALF-CUT_375-380Wp_EN-JAN2023
	MEPV 500W HC 132 MBB	500	2094 x 1134 x 30/35	30	30	Eurener_MEPV 132_HC ICON PLUS_500Wp_EN-JAN2023
	MEPV 400-420W HC ICON 108 MBB	400 - 420	1724 x 1134 x 30	30	30	Eurener_MEPV-108_HALF-CUT-ICON_400-420Wp_2023EN
	MEPV_Nexa DG Bif_420-450W	420 - 450	1724 x 1134 x 30	30	30	Eurener MEPV_Nexa DG Bif_420-450W_enbace
	MEPV_Nexa DG Bif_480-500W	480 - 500	1909 x 1134 x 30	30	30	Eurener MEPV_Nexa DG Bif_480-500W_enafce
	MEPV Nexa DG Bif 460-475W	460 - 475	1762 x 1134 x 30	30	30	Eurener MEPV_Nexa DG Bif_460-475W_enaccf
	MEPV Ultra DG 440-450W	440 - 450	1895 x 1039 x 30	30	30	Eurener MEPV_Ultra DG Bif_440-450W_enaccf
	MEPV Terracotta 360-375W	360 - 375	1722 x 1134 x 30	30	30	Eurener MEPV_Terracotta_360-375W_enaccf
JA SOLAR	JAM54D40/LB - 2x1,6mm	430 - 455	1762 x 1134 x 30	12	28	Global-EN-20241105A
	JAM60D41 XXX/LB	485 - 510	1953 x 1134 x 30	15	33	Global-EN-20240722A
	JAM54D40/LB - 2x2mm	430 - 475	1762 x 1134 x 30	12	28	Global-EN-20250929C
	JAM54S40/LR	430 - 455	1762 x 1134 x 30	17	33	EN_20240604A
	JAM60D42/LB	505 - 530	2063 x 1134 x 30	15	33	EN_20240611A
	JAM60S42/LR	505 - 530	2063 x 1134 x 30	17	33	EN-20240515A
	JAM60D40/LB	485 - 510	1953 x 1134 x 30	12	33/28	Global-EN-20250422A
	JAM60D41/LB	485 - 510	1953 x 1134 x 30	12	33/28	Global-EN-20250422A
	JAM54D40/LB 2,8 +2,0	435 - 460	1762 x 1134 x 30	12	28	Global-EN-20250427A
	JAM54D40/LB 2,8 +2,0	440 - 465	1762 x 1134 x 30	12	28	Global-EN-20250430A
	JAM54D40/LR	445 - 470	1762 x 1134 x 30	12	28	Global-EN-20250623C
JINKO	JKMxxxN-48QL6-DV	460 - 485	1762 x 1134 x 30	11	28	JKM460-485N-48QL6-DV-F1-EU
	JKMxxxN-48QL6-DB	460 - 485	1762 x 1134 x 30	11	28	JKM460-485N-48QL6-DB-F1-EU
	JKMxxxN-51QL6-BDV	495 - 520	1906 x 1134 x 30	11	28	JKM495-520N-51QL6-BDV-F1-EU
	JKMxxxN-48QL6-BDV	460 - 485	1762 x 1134 x 30	11	28	JKM460-485N-48QL6-BDV-F1-EU
LONGI SOLAR	LR7-60HVH	535 - 560	1990 x 1134 x 30	15	30	LR7-60HVH 535-560M_ (30_30)_FR
	LR7-60HVD	530 - 555	1990 x 1134 x 30	15	30	Hi-MO LR7_60HVD_Transparent_525_550M (15_30)_FR
	LR7-60HVHL	535 - 560	1990 x 1134 x 30	15	30	Hi-MO LR7_60HVHL_535_560M (15 30) Guardian_Lite_Design_FR
	LR8-66HVD	640 - 665	2382 x 1134 x 30	15	30	LR8-66HVD 640-665M (30-30&15Frame) - Scientist-BGV01 20250806- EN
SOLAR AXE	Solar Axe CMER-108BDE	490 - 510	1960 x 1133 x 30	15	30	Datasheet Solar AXE CMER-108BDE_480W-500W_Ver25.4.1

	Modèle	Puissances (Wc)	Dimensions (mm)	Retour arrière (mm)		Référence
				Petit côté	Grand côté	
SUNPOWER	SPR-P7-xxx-COM S	530 - 560	2156 x 1134 x 35	16	30	550245 REV E / A4_EN Feb 26
	SPR-P7-xxx-BLK	430 - 460	1790 x 1134 x 30	32	32	A4_EN Feb 26
	SPR-P7-xxx-BLK	428	1790 x 1134 x 30	32	32	552333 REV A
	SPR-P7-xxx-BLK-P	495 - 510	1996 x 1134 x 30	32	32	553635 REV A / A4_EN Aug 24
	SPR-MAX7-xxx	465 - 475	1913 x 1035 x 35	32	32	552672 REV A / A4_EN Oct 24
	SPR-MAX7-xxx-BLK	445 - 465	1913 x 1035 x 35	32	32	552673 REV A / A4_EN Oct24
	SPR-MAX7-xxx	475 - 500	2047 x 1043 x 35	32	32	553249 REV A / A4_EN oct 24
TONGWEI	TWMND-60HS	470 - 490	1908 x 1134 x 35	14,5	35	20240220
	TWMNH-48HD	435 - 455	1762 x 1134 x 30	12	28	20231106
	TWMNH-48HC	430 - 450	1762 x 1134 x 30	12	28	20231106
	TWMND-54HS	420 - 440	1722 x 1134 x 30	15	33	20231026_A1
	TWMND-54HB	415 - 435	1722 x 1134 x 30	15	33	20231026_A1
	TWMNH-66HD	580 - 655	2382 x 1134 x 30	11,6	28,5	TWMNH-66HD_Preview-20250514
	TWMNH-54HD	475 - 535	1961 x 1134 x 30	12	28	TWMNH-54HD_TP Glass - Preview-20250427
	TWMNH-48HD	420 - 475	1762 x 1134 x 30	11,5	28	TWMNH-48HD_TP Glass - Preview-20250410
	TWMNH-48HW	420 - 475	1762 x 1134 x 30	11,5	28	TWMNH-48HW_Preview-20250410
	TWMNH-48HE	420 - 470	1762 x 1134 x 30	11,5	28	TWMNH-48HE_Preview-20250410
TRINA SOLAR	TSM.xxx-DE18M.08 (II)- xxx	485 - 510	2187 x 1102 x 35	24,5	35	TSM_FR_2021_A
	TSM-DEG18MC.20(II)	490 - 505	2187 x 1102 x 35	24,5	35	TSM_EN_2022_A
	TSM-NEG9.28	400 - 425	1770 x 1096 x 30	15	33	TSM_EN_2022_PA3
	TSM-DE09R.08	415 - 435	1762 x 1134 x 30	15,4	33	TSM_EN_2022_A
	TSM-DE09R.05	405 - 425	1762 x 1134 x 30	15,4	33	TSM_EN_2022_A
	TSM-NEG9RC.27	415 - 460	1762 x 1134 x 30	11,6	28,5	TSM_EN_2023_B
	TSM-NEG9R.28	430 - 460	1762 x 1134 x 30	11,6	28,5	TSM_EN_2024_C
	TSM-NEG18RC.27	485 - 510	1961 x 1134 x 30	18	28,5	TSM_EN_2024_PA1
	TSM-NEG18R.28	485 - 510	1961 x 1134 x 30	18	28,5	TSM_EN_2024_B
	NEG18R.25	485 - 510	1961 x 1134 x 30	18	28,5	TSM_EN_2024_PA2_S1
VOLTEC	Tarka 126 VSBD-XXX (Bifacial)	380 - 390	1835 x 1042 x 35	14,5	25	fiche_technique_tarka_126_vsbd_fr_v2
	Tarka 126 VSMS 375	375 - 385	1835 x 1042 x 35	25	25	Fiche Technique TARKA 126 VSMS 375-400W 2024_v1
	Tarka 126 VSMS XXX	380 - 390	1835 x 1042 x 35	25	25	Fiche Technique TARKA 126 VSMS 375-400W 2024_v1
	Tarka 126 VSMS 400	400	1835 x 1042 x 35	25	25	Fiche Technique TARKA 126 VSMS 375-400W 2024_v1
	Tarka 126 VSMS XXX Rubis	350 - 375	1835 x 1042 x 35	25	25	Fiche_Technique_TARKA_126_VSMS_355W_RUBIS_2024_V1
	TARKA 110 VSMP	435 - 460	1868 x 1070 x 35	30	30	Fiche Technique TARKA 110 VSMP 435-460W_v1
	TARKA 110 VSBP	425 - 450	1868 x 1070 x 35	30	30	Fiche Technique TARKA 110 VSBP 435-460W_v1
	TARKA 120 VSMP	475 - 500	1868 x 1170 x 35	30	30	Fiche Technique TARKA 120 VSMP 475-500W_v1

Modèle	Puissances (Wc)	Dimensions (mm)	Retour arrière (mm)		Référence
			Petit côté	Grand côté	
TARKA 120 VSBP	475 - 500	1868 x 1170 x 35	30	30	Fiche Technique TARKA 120 VSBP 475-500W_v1
TARKA 110 VSMP	425 - 450	1868 x 1070 x 35	30	30	Fiche Technique TARKA 110 VSMP 425-450W_v1
Tarka S 100R VSMP xxxWc	455 - 485	1868 x 1115 x 35	30	30	Fiche Technique TARKA S 100R VSMP 455-485Wc_v1
Tarka L 110R VSMP xxxWc	500 - 530	1868 x 1220 x 35	30	30	Fiche Technique TARKA L 110R VSMP 500-530Wc_v1
Tarka L 110R VSMP xxxWc coloré	485 - 515	1868 x 1220 x 35	30	30	Fiche Technique TARKA L 110R VSMP 485-515Wc coloré_v1