

RAPPORT D'ENQUETE DE TECHNIQUE NOUVELLE

ETN n° L.25.10016

REFERENCE : **L.25.10016**

NOM DU PROCEDE : **Procédé « ClickFit EVO » Toit en acier :
Vis à double filetage.**

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 »
Support bac acier avec fixation par Vis à double filetage.**

DESTINATION : **Travaux neufs ou travaux d'adaptation dans l'existant :
Couvertures en TAN, en panneaux sandwiches
ou en tôle ondulées.**

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

PERIODE DE VALIDITE : **Du 30 octobre 2025
Au 30 octobre 2028**

Le présent rapport comporte 27 pages.
Il porte la référence L.25.10016 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
30/10/25	L.25.10016	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 :	5
3.3 Description des constituants spécifiques au procédé ClickFit EVO avec vis à double filetage.	6
3.4 Dénominations commerciales des bac et panneaux associés au procédé :.....	9
4 PREREQUIS POUR LA POSE DU PROCEDE.....	10
4.1 Avec le système de vis à double filetage destiné aux couvertures en TAN et panneaux sandwiches.....	10
4.2 Dispositions communes aux couvertures.....	10
5 DOMAINE D'EMPLOI	11
6 JUSTIFICATION MECANIQUE DU SYSTEME.....	12
6.1 Généralités.....	12
6.2 Effets du vent.....	14
6.3 Effets de la neige	16
6.4 Vérification des éléments structuraux	17
7 PREREQUIS LIES AUX MODULES PHOTOVOLTAÏQUES	19
8 MONTAGE DU PROCEDE	19
9 SECURITE INCENDIE.....	20
10 SECURITE ELECTRIQUE DU CHAMP PHOTOVOLTAÏQUE.....	20
11 DURABILITE.....	20
12 CONTROLES	20
13 AVIS EMIS PAR SUD EST PREVENTION.....	21
I. Plans des pièces constitutives du système « ClickFit EVO » et caractéristiques	22
II. Notices d'instructions de montage– documents datés du 06 avril 2025	22
III. Résultats expérimentaux.....	22
IV. Evaluation des sollicitations – démarche	23
V. Caractéristiques des modules.....	25

1 OBJET DU PRESENT RAPPORT

La société Enstall a confié à SUD EST PREVENTION une mission d'évaluation technique de son procédé « ClickFit EVO Toit en acier » 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.

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 »

Le système permet une mise en œuvre en toiture, des modules en surimposition du plan de couverture bac acier et panneaux sandwichs.

A défaut de précision, les dispositions prévues par le DTU 40.35 et/ou les règles Pro Rage et/ou règles professionnelles 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 :

- Des 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



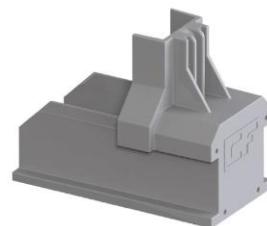
- Des rails de montage de référence « ClickFit Evo 100.800 » :



- Des raccords de rails de montage de référence « ClickFit Evo 100.8061 » :



- Des embouts de rails de montage de références
 - ClickFit Evo **100.8060** en version de couleur grise
 - ClickFit Evo **100.8060-B** en version de couleur noire



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



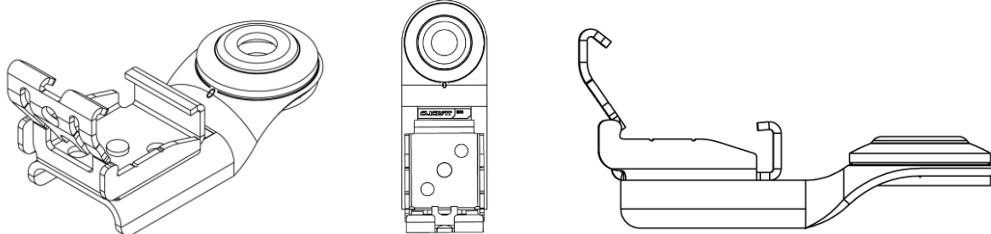
- Des vis de fixation (fixations autoforeuses pour pose en mode PAYSAGE) en inox A2 – référence article : **100-3016**

3.3 Description des constituants spécifiques au procédé ClickFit EVO avec vis à double filetage.

La dénomination commerciale du système est « ClickFit EVO - Vis à double filetage ».

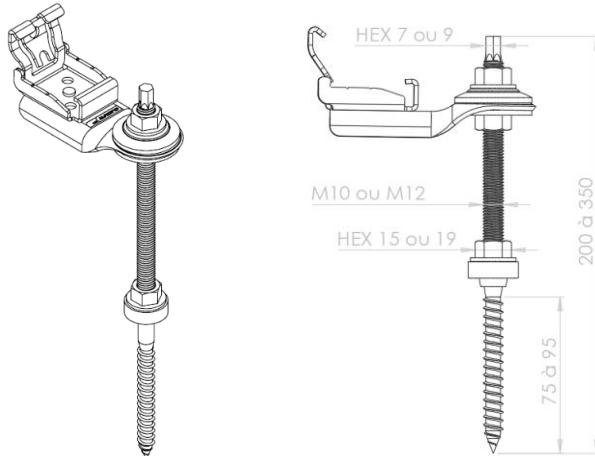
Le système permet une mise en œuvre en toiture, des modules en surimposition du plan de couverture bac acier ou panneaux sandwiches, avec sous-structure bois adaptée au diamètre des vis – ou sous-structure acier adaptée aux vis à double filetage.

- Adaptateur et Clicker, compatible M10 et M12 : ref 1008010



- Adaptateur et Clicker, associés à la vis à double filetage prémontée ETASOL type A - STSM comprenant : 1 vis inox A2 type A double filet métrique / bois + 3 écrous Din6923 inox A2 + 1 rondelle joint EPDM.

- M10x200mm (ref 1008011)
- M10x250mm (ref 1008012)
- M12x250mm (ref 1008013)
- M12x300mm (ref 1008014)
- M12x350mm (ref 1008015)



a) **Pour ce cas de figure, seul est visé le cas des charpentes en structure en bois :**

La vis comprend :

- 1 Vis à double filetage, acier inox A2 (ancrage filetage bois / patte de fixation métrique M10 ou M12)
- Ecrous et rondelles suivant l'étude technique associée (ETA ou agrément technique)
- 1 joint d'étanchéité caoutchouc, EPDM
- Compatible Magnelis M10 ou M12



Les vis à double filetage sont disponibles en différentes longueurs et différents diamètres. Elles sont adaptées pour les structures posées sur une ossature porteuse en bois.

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

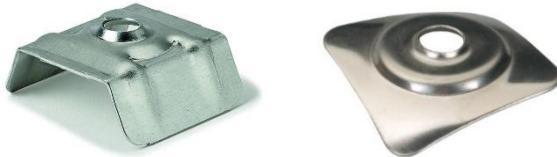
Cette vis à double filetage est visée par 3 rapports d'essais du DIBt

- Daté du 14 janvier 2014 (n°Z14.4.602)
- Daté 20 décembre 2017 (n°Z14.4.555)
- Daté du 11 avril 2019 (n°Z14.4.602)

Il est également possible de fixer l'adaptateur et Clicker sur la structure correspondante en utilisant les références **Reisser**, **Etanco** ou **Schaefer + Peters** ci-dessous :

Structure	Bac acier	
	Bois massif C24	Acier épaisseur > 2mm
	Solar Fastner Type RSB-A ETASOL A FC/ A2 ETASOL A STSM/ A2 9082 A2 SW7 ou SW9 assemblé	Solar Fastner Type RSB-Z ETASOL B Acier/ A2 ETASOL B Bac/ A2 9182 A2 SW7 ou SW9 assemblé

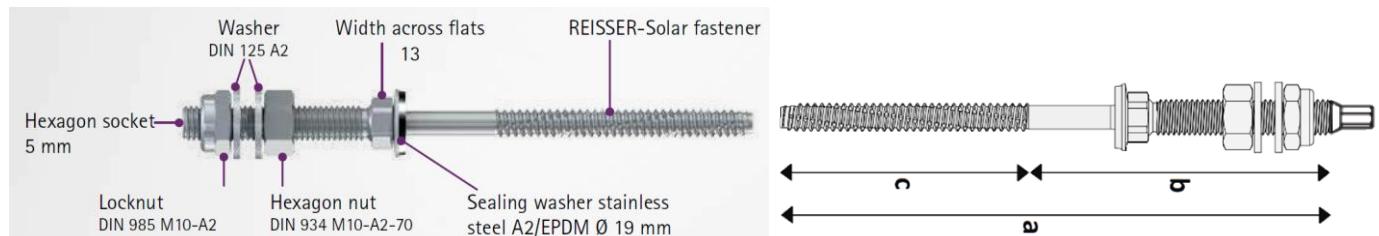
La mise en œuvre des cavaliers suivants est nécessaire pour assurer l'étanchéité au voisinage de la vis :



b) Pour ce cas de figure, seul est visé le cas des charpentes en structure en acier :

La vis comprend :

- 1 Vis à double filetage, acier inox A2 (ancrage filetage acier / patte de fixation métrique M10 ou M12)
- Ecrous et rondelles suivant l'étude technique associée (ETA ou agrément technique)
- 1 joint d'étanchéité caoutchouc, EPDM
- Compatible Magnelis M10 ou M12



Les vis à double filetage sont disponibles en différentes longueurs et différents diamètres. Elles sont adaptées pour les structures posées sur une ossature porteuse en acier (pré perçage nécessaire).

Pour mémoire, la vis à double filetage ne peut se mettre en œuvre que sur des éléments en acier d'épaisseur 2mm minimum

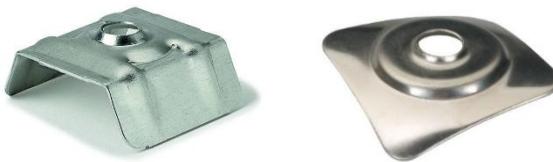
Ces vis à double filet sont visées par 3 rapports d'essais du DIBt

- Daté du 14 janvier 2014 (n°Z14.4.602)
- Daté 20 décembre 2017 (n°Z14.4.555)
- Daté du 11 avril 2019 (n°Z14.4.602)

Il est également possible de fixer l'adaptateur et Clicker sur la structure correspondante en utilisant les références **Reisser**, **Etanco** ou **Schaefer + Peters** ci-dessous :

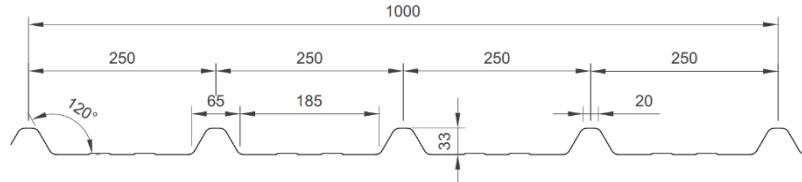
		Bac acier
Structure	Bois massif C24	Solar Fastner Type RSB-A ETASOL A FC/ A2 ETASOL A STSM/ A2 9082 A2 SW7 ou SW9 assemblé
	Acier épaisseur > 2mm	Solar Fastner Type RSB-Z ETASOL B Acier/ A2 ETASOL B Bac/ A2 9182 A2 SW7 ou SW9 assemblé

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

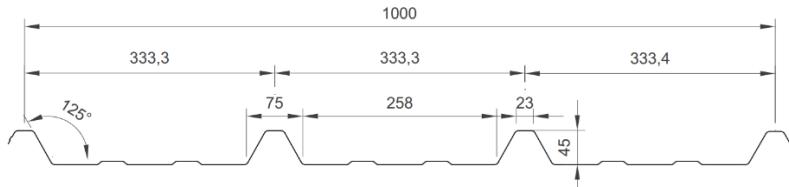


3.4 Dénominations commerciales des bac et panneaux associés au procédé :

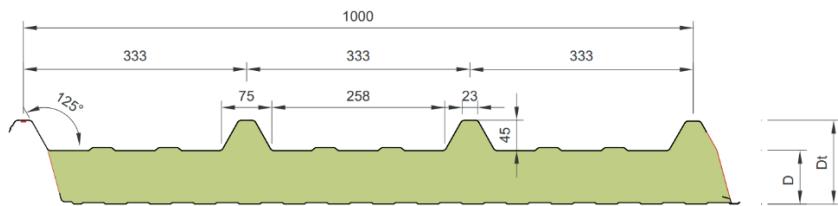
- *Bacs de couverture référence REX 33.250.1000 (ép 63/100^{ème} et 75/100^{ème}) de REX PANELS*



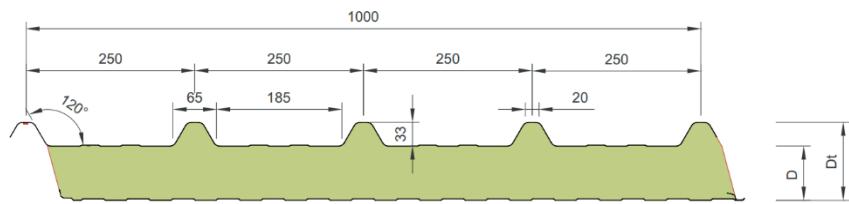
- *Bacs de couverture référence REX 45.333.1000 (ép 63/100^{ème} et 75/100^{ème}) de REX PANELS*



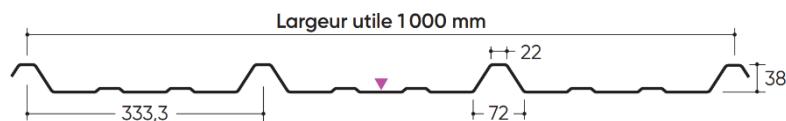
- *Bacs de couverture référence REX SDW Toiture 3 (ép 63/100^{ème} et 75/100^{ème}) de REX PANELS*



- *Bacs de couverture référence REX SDW Toiture 4 (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*



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 :

- Epaisseur d'acier nominale minimale de la face supérieure : 60/100ème
- Qualité de l'acier S320GD pour le parement extérieur : Profils en Tôles acier Nervurée
- Qualité de l'acier S280GD pour le parement extérieur : Panneaux sandwichés
- Laquage adapté à l'environnement aussi bien intérieur qu'extérieur au bâti
- Dans le cas de panneaux sandwichés :
 - o Remplissage PIR avec densité minimale de 40 (± 5) kg/m³
 - o Remplissage en laine de roche avec densité minimale de 100 (± 10) kg/m³

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.

4 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 à double filetage dans la zone couverte par les modules.

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

4.1 Avec le système de vis à double filetage destiné aux couvertures en TAN et panneaux sandwiches

La pente de toiture est limitée à 60° (173%) maximum.

Pour les pentes de toits admissibles avec ce montage, il convient de se reporter aux tableaux des DTU 40.35, aux règles professionnelles (règles PRO RAGE) ou aux DTA éventuels correspondant aux procédés.

Il est à noter que les panneaux sandwiches sont considérés comme relevant d'une technique traditionnelle (depuis 2017).

La longueur de rampant maximale correspondante est celle visée dans le DTU40.35 (fonction de la zone, de la hauteur des nervures...etc), avec un maximum de 35m.

L'épaisseur de panneau sandwich :

- Doit être inférieur à 100mm pour une pose sur pannes acier
- Peut être supérieur à 100mm pour une pose sur pannes bois à condition d'utiliser la vis à double filetage M12.

L'épaisseur de la tôle supérieure du panneau sandwich ne peut pas être inférieure à 60/100^{ème}

La sous-structure devra être en acier (ép. >2mm) ou en bois de classe C24, avec des sections compatibles avec la mise en œuvre des vis à double filetage utilisées.

4.2 Dispositions communes aux couvertures

Dans le cas des longueurs de bâtiments dépassant 40,00m, les dispositions relatives à la dilatation devront être prises en compte.

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.

Avant de débuter l'assemblage du système, 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.

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

Avant la mise en œuvre du procédé, l'installateur devra vérifier notamment l'équerrage, et la planéité de la charpente ou de la couverture (s'il intervient sur l'existant), et toute anomalie qui pourrait porter préjudice à l'installation du champ PV lui-même. Il devra notamment confirmer (ayant jugé sur place de l'état de conservation des éléments) la non-nécessité du remplacement des éléments de couvertures.

La couverture devra être dans un état suffisamment satisfaisant pour qu'il ne soit pas nécessaire de la remplacer dans un délai trop court : l'appréciation de ce délai revient à l'installateur.

Dans la pratique, si les éléments constitutifs de la couverture montrent des signes de détérioration (quels qu'ils soient), l'installateur doit proposer le remplacement de la couverture.

5 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 métropolitaine :

- Procédé réservé aux couvertures visées par les DTU
- Utilisation pour les types de bâtiments suivants : bâtiments d'habitation (collectifs ou individuels), bâtiments industriels, tertiaire ou agricoles
- Pose en mode portrait ou en mode paysage avec le montage spécifique (voir § [MONTAGE DU PROCEDE](#))
- Mise en œuvre en toitures neuves de bâtiments neufs ou existants sur charpentes bois (bois de classe minimale C24), ou charpentes métalliques (acier de nuance mini S235) - Les dimensions des pannes de charpente doivent respecter les préconisations du §4.4.4.2 du DTU 40.35, et a minima, les préconisations suivantes :
 - Pannes en profilé d'acier standard de section minimum IPE 80 ou HEA 100, et de classe de résistance minimum S235, ou profilés minces (pannes C, pannes Z, profilés Omégas...) d'épaisseur minimale 2mm ; largeur d'appui minimale de 40 mm
 - Pannes bois de type résineux et de masse volumique minimum égale à 450kg/m³ - largeur d'appui de minimum 60 mm et hauteur minimale des pannes : 80mm – **vissage tel que la distance au bord par rapport aux vis utilisées, soit supérieure à (3d) 3 fois le diamètre de celles-ci**
- Atmosphère extérieure rurale non polluée, industrielle normale, sévère ou marine (y compris bord de mer <3km).
- Sur bâtiments isolés ou non, en toiture froide ou chaude
- Hors climat de montagne caractérisé.
- Zone de vent maximum : 4
- Uniquement dans les locaux à faible et moyenne hygrométrie, en ambiance saine.
- Zone sismique (jusqu'à zone 4 pour bâtiments de catégorie d'importance III)
- Réalisation de versants complets ou partiels
- Implantation sur des versants de pente, imposée par la toiture ; pente minimale (ou maximale) visée dans le DTU des couvertures en bac acier (DTU 40.35), en cohérence avec le tableau n°1 du DTU (cf art 4.4.2)
- Il est interdit de fixer la première ligne de vis à double filetage dans la pente faîtière dans le cas où celle-ci est unique.
- Dans le cas d'une pente faîtière positionnée en haut de chaque versant (couverture à 2 pans), celle-ci est considérée comme une toiture monopente, et la vis à double filetage peut y être fixée.
- Quoiqu'il en soit, la limite supérieure du champ PV ne doit jamais dépasser la ligne de faîtiage.
- 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 40m au faîtiage par rapport au niveau du sol environnant le plus bas.

Exclusions :

- Le système n'est pas compatible avec les couvertures cintrées
- Les couvertures formées de plaques éclairantes en polyester armé de fibres de verre (§6.3 du DTU 40.35) – dits translucides
- Les couvertures en alliage d'aluminium relevant du DTU 40.36
- Les panneaux sandwiches dont l'épaisseur de la face supérieure est inférieure à 60/100ème
- Le procédé ne peut être mis en œuvre dans des cas où les éléments du champ PV seraient disposés sur une toiture isolée au sens de l'EN1991 §7

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 tuiles ou des ardoises est requis.

6 JUSTIFICATION MECANIQUE DU SYSTEME

6.1 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 (Ce =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 (Ct = 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.
 - Ce=1 (site normal) et Ct=1
 - Il n'y a pas d'accumulation de neige en bord de toiture.
 - $\mu_1 = 0.8$ (μ_2 est à utiliser pour des toitures à versant multiples) et altitude inférieure à 900m
- **S'agissant des effets du vent - limitations d'emploi du système :**
 - Mise en œuvre possible dans les zones de vent 1 à 4 (en référence à la figure 4.3(NA), et aux Tableaux 4.3(NA) et 4.4(NA) de la NF EN 1991-1-4 NA)
 - Mise en œuvre possible pour les bâtiments localisés en catégorie de terrain 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)
 - cdir=1 et cseason=1 (valeurs recommandées dans l'annexe nationale)
 - Vb=Vb, 0
 - Les vérifications sont menées dans le cas d'une hauteur de 10m
 - c s c d =1
 - Cf. coefficient de force =1

- La flèche limite des chevrons et supports associés doivent être conformes aux règles de calculs en vigueur
- Les pannes de charpente (pannes ou chevrons) supportant les vis 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 ou tout autre bois de classe C24
 - Pannes métalliques d'une de 2mm minimum
- 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 « ON LINE CALCULATOR - 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 rails et les vis ainsi que 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 ».

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

- Le calepinage du champ PV sur la toiture
- Le positionnement des vis à double filetage
- Le nombre de vis sur la charpente

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

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

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

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 :

- $k_{FI} \cdot (1,35 \cdot Gsup + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Wp)$
- $k_{FI} \cdot (1,35 \cdot Gsup + 1,5 \cdot Wp + 1,5 \cdot 0,6 \cdot S)$
- $k_{FI} \cdot (1,00 \cdot Ginf + 1,5 \cdot Ws)$

Avec classe de conséquences CC1 (tableau B.2)

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

6.2 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-superficie 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 :

- $Cdir = 1,0$

- Coefficient de saison

Coefficient de saison, voir Figure 4.5(NA) :

- $Cseason = 1,0$

- Coefficient de probabilité

Coefficient de probabilité selon Tableau 4.5(NA) pour une période de retour de 50 années

- $cprob = 1,0$

- Vitesse de référence vb

NF EN 1991-1-4 Equation (4.1) :

- $vb = cdir \cdot cseason \cdot vb,0$

Résultat pour la vitesse de référence:

- $vb = vb,0$

- Vitesse moyenne vm

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

- $vm = c0(z) \cdot cr(z) \cdot vb$

- Coefficient orographique :

- $c0(z) = 1,0$

- Pression dynamique de point $qp(z)$

Equation (4.8):

- $qp(z) = [1 + 7 \cdot lv(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot vm^2$

Equation (4.7):

- $lv(z) = (kI / (C0(z) \cdot \ln(z/z_0)) \dots \text{si } z_{min} < z < z_{max}$

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

ρ = masse volumique de l'air, selon NA Clause 4.5 (1) NOTE 2: $1,225 \text{ kg/m}^3$

$lv(z)$ = intensité des turbulences

$vm(z)$ = vitesse moyenne du vent

kI = coefficient de turbulence

$c0(z)$ = coefficient orographique

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

- **Détermination de cpe**

La pression réelle sur les modules PV est calculée via des facteurs Cp qui représentent les forces de pression agissant perpendiculairement à la surface
Les facteurs Cp varient en fonction des zones de toit définies.

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

- type de toiture
- zone de toiture concernée
- angle d'inclinaison
- direction du vent

- **Toiture à un seul versant:**

voir § 7.2.4 de la NF EN 1991-1-4, avec prise en compte des zones courantes, des rives et de l'angle.

- **Toiture à deux versants:**

voir §7.2.5 de la NF EN 1991-1-4, avec prise en compte des zones courantes, des rives et de l'angle.

- **Toiture plate (inclinaison < 5°) :**

voir § 7.2.4 de la NF EN 1991-1-4

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

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

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

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

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

6.3 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 :**

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

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

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

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

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

s_k [kN/m²] = Valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol donnée par l'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 « on line Calculator – ENSTALL »

Le cas exceptionnel n'est pas pris en compte, mais 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

6.4 Vérification des éléments structuraux

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

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

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

- $G = \text{poids propre des panneaux} + \text{système de montage}$
- L'usager 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 $g_{SM} = 0,01 \text{ [kN/m}^2]$

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

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

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

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

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'inclinaison 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 Rd.

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

En outre, dans le cas présent, la vérification des vis à double se base sur les limites suivantes à ne pas dépasser :

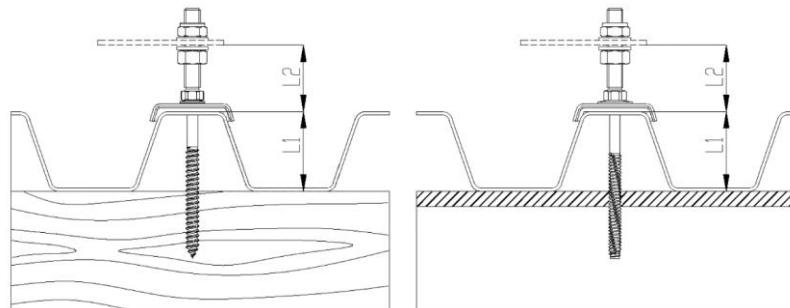
a) Cas de l'existant

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.

b) Cas des sollicitations avec vis à double filetage

Le rapport Z14.4.555 qui vise les vis à double filetage utilisées spécifie la capacité résistante de ces vis comme suit (selon le diamètre et la profondeur de vissage) :



Les rapports Z14.4.555 et Z14.4.602 spécifient la capacité résistante de cette vis comme suit :

Kmod = 0,7	Vis pour acier M10xL				
Profondeur de vissage réelle (l_{ef}) en mm	1,50	2,00	2,50	3,00	≥ 4,00
N_{R,k} (KN)	2,61	4,26	5,79	7,32	10,25

Kmod = 0,7	Vis à bois M10xL									
Profondeur de vissage réelle (l_{ef}) en mm	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70
N_{R,k} (KN)	1,71	1,92	2,12	2,32	2,52	2,72	2,92	3,12	3,33	3,53

Kmod = 0,7	Vis à bois M12xL									
Profondeur de vissage réelle (l_{ef}) en mm	48	54	60	65	71	77	83	89	95	100
N_{R,k} (KN)	3,46	3,89	4,32	4,68	5,11	5,55	5,98	6,41	6,84	7,20

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

Avec

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

Les rapports Z14.4.555 et Z14.4.602 spécifient la capacité résistante de cette vis comme suit :

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

Vis à double filetage ACIER	M_{y,R,k} (kN.cm)	F_{b,R,k} (kN)
VIS diamètre M10	5,80	0,31

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

La vérification de l'aptitude à l'usage de ces vis (qui dépend notamment de la sous-structure) revient à l'installateur, sur la base des valeurs limites ci-avant.

7 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 crochets (TrussHook et Universal Hook) ou des variante Corrugated ou avec Vis à double filetage, 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

8 MONTAGE DU PROCEDE

Le montage suppose que la couverture soit intégralement fixée sur la structure et que la fonction clos/ouvert 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 avec vis à double filetage](#) (Rev. 06.04.25)

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

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

9 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).

10 SECURITE ELECTRIQUE DU CHAMP PHOTOVOLTAIQUE

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 cadres métalliques voisins de façon à assurer la mise à la terre du champ.

Les câbles ou câblettes 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.

11 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.

12 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

13 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** », avec la version « **VIS à DOUBLE FILETAGE** » 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 avec vis à double filetage](#) (Rev. 06.04.25)

En cas d'utilisation d'éléments de couverture 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 **30 octobre 2028**

Cet avis deviendrait caduc si :

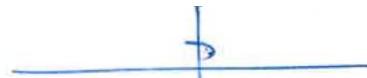
- un Avis Technique du CSTB était obtenu dans cet intervalle de temps
- une modification non validée par nos soins était apportée au procédé
- des évolutions réglementaires ayant une conséquence sur le procédé intervenaient
- des désordres suffisamment graves étaient portés à la connaissance de SUD EST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

La société Enstall devra obligatoirement signaler à SUD EST PREVENTION :

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

Fait à LYON, le 30 octobre 2025

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 » et caractéristiques

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

II. Notices d'instructions de montage– documents datés du 06 avril 2025

- Notice : « mode d'emploi : [Système de montage ClickFit Evo avec vis à double filetage](#) (Rev. 06.04.25)

III. Résultats expérimentaux

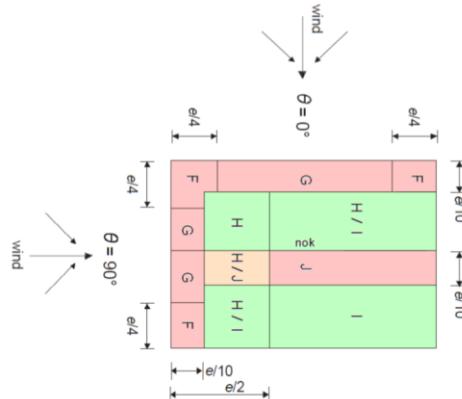
a) Montage avec ClickFit EVO vis à double filetage

- *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 2024 de Enstall - concernant Test d'arrachement des vis autotaraudeuses sur couvertures en bac acier selon le référentiel NEN7250*
- *Rapport d'essai TR24158 - daté du 31 janvier 2025 de Enstall – concernant les tests de chargements cycliques sur la vis à double filetage selon le référentiel abZ Z-14.4-602.*
- *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*

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

La sollicitation sur le module PV transmet les sollicitations sur les supports de montage.

On considère un champ de modules 6x6, avec un entraxe de pannes de 1325 mm (72 supports de montage).

36 supports correspondent à 2 supports de montage par module PV pour le champ central (zone de toit H + I).

Les modules PV dans les zones périphériques sont installés sur des segments séparés.

Avec au maximum une ligne de modules PV dans la zone périphérique, chaque module PV est soutenu par 4 supports de montage.

Dans ces zones de bord, un troisième rail en option peut être installé, fournissant au maximum 6 supports de montage par module. Avec plusieurs lignes de modules PV dans la zone périphérique, cela se réduit à 4,5 supports de montage par module PV.

Un seul module est supporté par un minimum de 4 supports de montage.

Il en découle les valeurs suivantes.

Standard layout			3th rail edge zone (4,5x)			3th rail edge zone (6x)		
Zone	Lift force	Down force	Zone	Lift force	Down force	Zone	Lift force	Down force
	F_d [N]	F_d [N]		F_d [N]	F_d [N]		F_d [N]	F_d [N]
F	893	514	F	794	457	F	595	343
G	893	514	G	794	457	G	595	343
H	417	813	H	417	586	H	417	586
I	417	813	I	417	586	I	417	586
J	893	514	J	794	457	J	595	343

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

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

$$\rightarrow Fd, \text{perpendiculaire} = 1023N$$

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 :

$$Fd, \text{perpendiculaire, bracket} = 1023/2$$

$$= 512N$$

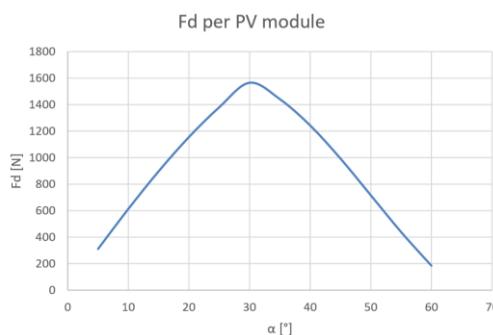
d) **FORCES DE CHARGE DE NEIGE SUR LES MODULES PV - PARALLÈLE**

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 :

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

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 :

$$Fd, \text{parallel, bracket} =$$

$$1565/3$$

$$= 52$$

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 - 470	1762 x 1134 x 30	15	30	EN DS-G12RT-B48HSW/HBW/HBB/HBT/HST-20250627
	DMxxxG12RT-G48HSW/HBW/HBB	435 - 470	1762 x 1134 x 30	15	30	EN DS-G12RT-G48HBW/HSW/HBB-20250627
	DMxxxG12RT-48HSW/HBW/HBB/HSW-V/HSW-V/HBB-V	435 - 470	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 - 470	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
	DMxxxM10T-B32HBT	250 - 265	1542 x 766 x 30	15	30	EN DS-M10T-B32HBT-20250711
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
	DSTIxxx-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

	Modèle	Puissances (Wc)	Dimensions (mm)	Retour arrière (mm)		Référence
				Petit côté	Grand côté	
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 Bif_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
LONGI SOLAR	LR7-60HVD	535 - 560	1990 x 1134 x 30	15	30	LR7-60HVD 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
	LR7-60HVL	535 - 560	1990 x 1134 x 30	15	30	Hi-MO LR7_60HVL_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
SUNPOWER	SPR-P7-xxx-COM S	530 - 550	2156 x 1134 x 35	16	30	550245 REV A
	SPR-P7-xxx-BLK	430 - 450	1790 x 1134 x 30	32	32	552404 REV 0.2
	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

Modèle	Puissances (Wc)	Dimensions (mm)	Retour arrière (mm)		Référence	
			Petit côté	Grand côté		
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
	Tarka 126 VSBD-XXX (Bifacial)	380 - 390	1835 x 1042 x 35	14,5	25	fiche_technique_tarka_126_vsbd_fr_v2
VOLTEC	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
	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