

APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3279_V1

sur le procédé photovoltaïque : « MINIRAILS PAYSAGE »

ATEx de cas a

Validité du 17/06/2024 au 30/06/2027



Copyright : Sociétés Novotegra GmbH – ArcelorMittal Construction France

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. *(extrait de l'art. 24)*

À LA DEMANDE DE :

Société : Novotegra GmbH
Adresse : Eisenbahnstrasse 150
DE - 72072 TUBINGEN – Allemagne

Et

Société : ArcelorMittal Construction France
Adresse : Service technique Produits et Innovations, Morinval
FR - 55800 CONTRISSON

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2
Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – Siret 775 688 229 00027 – www.cstb.fr
Établissement public à caractère industriel et commercial – RCS Meaux 775 688 229 – TVA FR 70 775 688 229
MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3279_V1 du 17 novembre 2023

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de module photovoltaïque rigide en surimposition couverture grands éléments, de dénomination MINIRAILS PAYSAGE, défini dans le Dossier Technique.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 17/11/2023, les demandeurs ayant été entendus, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- demandeurs : Sociétés Novotegra GmbH et ArcelorMittal Construction France
- technique objet de l'expérimentation : MINIRAILS PAYSAGE *

* La dénomination du procédé « NOVOTEGRA MINIRAILS PAYSAGE » a été modifiée après comité.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3279_V1 et résumée dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE À L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au **30 juin 2027**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées au § 4.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant à la neige et au vent pour les différentes configurations du procédé présenté au Dossier Technique. La détermination du profil de plaques EKLIPS N (N39 ou N45) et des épaisseurs de plaques adaptées est issue de 4 vérifications :

- 1/ Vérification des portées sous charges ascendantes.
- 2/ Vérification de la densité de fixations à l'ossature.
- 3/ Vérification des portées sous charges descendantes.
- 4/ Vérification des effort tangentiels découlant des charges climatiques.

1.2 – Sécurité des intervenants et des usagers

Les dispositions proposées ne présentent pas de risques spécifiques par rapport aux autres procédés photovoltaïques en surimposition de grands éléments de couverture métallique, vis-à-vis de la sécurité des intervenants et des usagers.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Aucune performance de comportement au feu n'a été déterminée sur ce procédé.

1.4 – Sécurité en cas de séisme

Les applications du procédé ne sont pas limitées compte tenu de la conception et de l'utilisation du procédé en France métropolitaine. Le procédé est donc applicable pour toutes les zones et catégories de bâtiments, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

L'objectif de bon fonctionnement dans le cadre des bâtiments de catégorie d'importance IV n'est pas visé dans ce paragraphe.

1.5 – Sécurité électrique

Cette ATEX est assujettie à une vérification des modules photovoltaïques acceptés pour cette ATEX. Les modules photovoltaïques qui peuvent être associés à cette ATEX sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, accolée à la suite de la présente ATEX. La grille de vérification à utiliser doit être la version la plus récente se rapportant à cette ATEX. La grille porte alors un n° du type Gn/3279_V1 indiquant qu'il s'agit de la n^{ème} version de la grille. La version Gn la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site evaluation.cstb.fr.

Les modules photovoltaïques disposent de certificats de conformité aux normes IEC 61215 et IEC 61730 dans les plages de puissances définies dans la grille de vérification. Les modules photovoltaïques cadrés sont certifiés d'une classe II de sécurité électrique selon la norme IEC 61730, jusqu'à une tension maximum de 1 000 à 1 500 V DC (cf. grille de vérification des modules).

Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100 en vigueur, pour le dimensionnement et la pose, permet de s'assurer de la sécurité et du bon fonctionnement des conducteurs électriques. La réalisation de l'installation photovoltaïque conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur permet d'assurer la protection des biens et des personnes. La sécurité électrique semble donc avérée.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

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

Le présent document comporte 68 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3279_V1 du 17 novembre 2023

2.2 – Mise en œuvre :

La mise en œuvre du procédé ne présente pas de difficulté particulière pour une entreprise formée par la société NOVOTEGRA qui dispense systématiquement à ses clients une formation au montage du procédé MINIRAILS PAYSAGE (théorique et pratique).

La mise en œuvre des modules photovoltaïques ne présente pas de difficulté particulière pour une entreprise spécialisée dans le photovoltaïque, titulaire d'une qualification adéquate.

3°) Risques de désordres

3.1. Solidité

Dans les limites du domaine d'emploi revendiqué, et dans les conditions de pose prévues en respectant les prescriptions du Dossier technique, le procédé MINIRAILS PAYSAGE ne présente pas de risque particulier vis-à-vis de la solidité.

3.2. Étanchéité

Sous réserve du respect des préconisations de pose du Dossier technique, dans les limites du domaine d'emploi revendiqué, le procédé MINIRAILS PAYSAGE ne présente pas de risque particulier vis-à-vis de l'étanchéité.

3.3. Durabilité

La durabilité propre des composants, leur compatibilité et leur fabrication permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi revendiqué.

4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- vérifier que les modules photovoltaïques associés sont listés dans la grille de vérification des modules en cours de validité, accolée à la suite de la présente ATEx n° 3279_V1,
- s'assurer de l'attestation nominative des installateurs agréés par la société Novotegra France.

Comme pour l'ensemble des procédés de ce domaine, chaque mise en œuvre requiert :

- une vérification des charges climatiques appliquées sur la toiture considérée, en tenant compte, le cas échéant, des actions locales, au regard des contraintes maximales du procédé,
- une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque.

Recommandations complémentaires :

- Comme tous les procédés comprenant des plaques métalliques, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués dans les plaques, mais dans la structure porteuse. La traversée du plan d'étanchéité à l'eau est réalisée en respectant les prescriptions de traversées ponctuelles habituellement admises dans les DTU de la série 40.3.
- Risque de condensations en sous-face des plaques nervurées :

En fonction de l'utilisation du local, de son hygrométrie et des variations thermiques et climatiques, il existe un risque de condensation en sous-face de la couverture. C'est pourquoi l'usage d'un régulateur de condensation ou d'un feutre tendu sur panne (cf. § 2.3 du Dossier Technique) en sous-face des bacs est obligatoire dans ces cas de figure.

Dans le cas du régulateur de condensation conformément au DTU 40.35, les applications du procédé en toitures froides ventilées requièrent une étude préalable, à l'instigation du maître d'œuvre afin d'étudier la faisabilité de l'installation vis-à-vis des risques de condensation. À défaut d'étude, des conditions météorologiques particulières pourraient conduire à la saturation du régulateur de condensation, amenant des condensations inévitables.

5°) Rappel

Conformément au Règlement d'ATEx, le demandeur s'engage à communiquer au CSTB toutes les applications de son système, dès qu'elles sont programmées.

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

Conclusion FAVORABLE

- La sécurité des personnes paraît normalement assurée,
- La faisabilité est probable,
- Les risques de désordres sont limités.

Sophia Antipolis, le 17 juin 2024
La Présidente du Comité d'Experts,

Coralie NGUYEN

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Novotegra GmbH
Eisenbahnstrasse 150
DE - 72072 TUBINGEN – Allemagne
Et
ArcelorMittal Construction France
Service technique Produits et Innovations, Morinval
FR - 55800 CONTRISSON

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Le procédé MINIRAILS PAYSAGE, commercialisé sous la marque Novotegra, est un procédé permettant la pose de modules photovoltaïques rigides cadrés, en surimposition de couverture en plaques métalliques nervurées spécifiques de la marque ARCELORMITTAL.

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Le procédé MINIRAILS PAYSAGE se compose des éléments suivants :

- des plaques de couverture nervurées en acier de la gamme EKLIPS N de marque ARCELORMITTAL Construction France, conformes au NF DTU 40.35 d'épaisseur minimale 75/100^{ème} :
 - o Profil EKLIPS N39,
 - o Profil EKLIPS N45,
- un système de montage fixé directement sur le sommet des nervures des plaques EKLIPS, lui-même composé de :
 - o MINIRAILS modèle C24 ou C47, en aluminium EN AW 6063 T66, associé en usine à une bande EPDM en sous-face assurant l'étanchéité du montage,
 - o d'une visserie spécifique adaptée en inox non substituable, assurant la fixation directe des MINIRAILS sur les plaques EKLIPS N,
 - o de brides centrales et brides d'extrémité en aluminium EN AW 6063 T66, destinées à fixer les modules photovoltaïques sur les MINIRAILS,
 - o d'une sécurité anti-glissement en aluminium EN AW 6063 T66, positionnée en partie basse du champ photovoltaïque,
- des modules photovoltaïques cadrés, dont les références et les puissances sont indiquées dans la grille de vérification des modules en cours de validité, accolée à la suite de la présente Appréciation Technique d'Expérimentation.

Les modules photovoltaïques peuvent couvrir partiellement ou complètement le versant. Néanmoins, les plaques EKLIPS N doivent impérativement couvrir tout le versant de couverture, même si le champ photovoltaïque ne couvre qu'une partie seulement du versant.

Les modules sont fixés sur 4 MINIRAILS, impérativement par leurs grands côtés (fixation par petit côté exclue).

Les MINIRAILS sont espacés de 1,00 m sous chaque grand côté de modules photovoltaïques.

Le procédé a des incidences sur la nature et le dimensionnement des éléments de charpente (cf. § 2.2 du Dossier technique).

La mise en œuvre de la couverture métallique présente des spécificités (cf. § 7.2 du Dossier technique).

Le risque de condensation en sous-face des plaques métalliques EKLIPS N impose des dispositions spécifiques (cf. § 2.3 du Dossier technique).

Ce procédé fait l'objet d'un partenariat spécifique entre les sociétés ARCELORMITTAL Construction France et BAYWA RE Solar Systems SAS. La fourniture s'effectue de façon dissociée.

Le procédé MINIRAILS PAYSAGE est destiné à la réalisation d'ouvrages répondant aux spécifications suivantes :

- Bâtiments agricoles et bâtiments non isolés exclusivement.
- Couverture simple peau froide ventilée exclusivement.
- Travaux neufs, ou travaux sur existants en réfection complète de la paroi formant couverture, y compris grands éléments de couverture (sans conservation d'une couverture existante).

La pose des MINIRAILS doit être réalisée dans les 6 mois maximum après la pose de la couverture métallique EKLIPS N.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3279_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

Le présent document comporte 68 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN ŒUVRE

Ce document comporte 63 pages.

Procédé MINIRAILS PAYSAGE

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts du 17/11/2023

Datée du 15 mai 2024

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3279_V1.

Dossier technique

ATEX de cas a n° 3279_V1

MINIRAILS PAYSAGE

**Modules photovoltaïques rigides en surimposition de
couverture en grands éléments en plaques métalliques
nervurées spécifiques**

Titulaires :

Novotegra GmbH
Eisenbahnstrasse 150
72072 TUBINGEN – Allemagne
www.novotegra.com
Tél. : +497071989870
www.novotegra.com

ArcelorMittal Construction France
Service technique Produits et Innovations
Morinval, 55800 Contrisson
www.construction.arcelormittal.com
Tél. : +33327239025

Distributeur :

BAYWA RE Solar Systems SAS
43 Rue d'Armagnac
33100 Bordeaux
<https://solar-distribution.baywa-re.fr>
Tél. : +33556528552

Table des matières

1.	Description.....	5
1.1.	Principe	5
1.2.	Domaine d'emploi	7
1.3.	Organisation des projets	8
1.4.	Compétences des installateurs.....	9
2.	Dispositions de conception	9
2.1.	Généralités.....	9
2.2.	Incidences du procédé sur la charpente	10
2.2.1.	Spécificité de dimensionnement de la charpente.....	10
2.2.2.	Eléments support de couverture.....	10
2.3.	Gestion de la condensation.....	10
2.4.	Spécificités de la réfection.....	10
2.5.	Principe de dimensionnement des plaques EKLIPS N.....	11
2.6.	Dimensionnement des plaques EKLIPS N selon les NV65 modifiées 2009 et N84	13
2.6.1.	Vérification des portées sous charges ascendantes	13
2.6.2.	Vérification de la densité de fixations à l'ossature	14
2.6.3.	Vérification des portées aux charges descendantes.....	14
2.6.4.	Vérification des efforts tangentiels.....	15
2.6.5.	Exemple de dimensionnement NV65 modifiées 2009 et N84	16
2.7.	Dimensionnement des plaques EKLIPS N selon les Eurocodes 1 P1-3 et P1-4.....	16
2.7.1.	Vérification des portées sous charges ascendantes	16
2.7.2.	Vérification de la densité de fixations à l'ossature	18
2.7.3.	Vérification des portées aux charges descendantes.....	18
2.7.4.	Vérification des efforts tangentiels.....	19
2.7.5.	Exemple de dimensionnement Eurocodes	20
2.8.	Calepinage photovoltaïque	20
2.9.	Sécurité des intervenants.....	21
3.	Éléments constitutifs du procédé.....	22
3.1.	Plaques de couverture EKLIPS N	22
3.1.1.	Caractéristiques générales.....	22
3.1.2.	Guides de choix en fonction des ambiances et atmosphères.....	22
3.1.3.	Régulateur de condensation.....	24
3.1.4.	Tableaux de portées/charges EKLIPS N39 selon NV65 modifiées 2009 et N84	24
3.1.5.	Tableaux de portées/charges EKLIPS N45 selon NV65 modifiées 2009 et N84	25
3.1.6.	Tableaux de portées/charges EKLIPS N39 selon les Eurocodes	26
3.1.7.	Tableaux de portées/charges EKLIPS N45 selon les Eurocodes	27
3.2.	Fixation des plaques nervurées EKLIPS N	28
3.2.1.	Fixation des plaques à la charpente	28
3.2.2.	Fixation de couture des plaques	29
3.3.	Accessoires de couverture.....	29
3.3.1.	Accessoires métalliques.....	29
3.3.2.	Passages de câbles.....	29
3.4.	Kit MINIRAILS PAYSAGE.....	29
3.4.1.	Composition du Kit MINIRAILS PAYSAGE.....	29
3.4.2.	MINIRAIL C24.....	30
3.4.3.	MINIRAIL C47.....	30
3.4.4.	Étanchéité EPDM	31
3.4.5.	Fixation des MINIRAILS.....	31
3.4.6.	Brides de fixation des modules.....	31

3.4.7.	Patte anti-glissement	33
3.4.8.	Mise à la terre.....	33
3.5.	Modules photovoltaïques	33
3.5.1.	Généralités	33
3.5.2.	Caractéristiques électriques	34
3.5.3.	Caractéristiques dimensionnelles	34
3.5.4.	Face arrière	34
3.5.5.	Cellules photovoltaïques.....	34
3.5.6.	Intercalaire encapsulant	34
3.5.7.	Vitrage.....	34
3.5.8.	Cadre du module photovoltaïque	34
3.5.9.	Constituants électriques	34
3.6.	Constituants électriques annexes	35
3.6.1.	Câbles de liaison équipotentielle des masses (non fournis)	35
3.6.2.	Chemins de câbles (non fournis)	35
3.6.3.	Colliers de fixation des câbles	35
3.6.4.	Onduleurs et autres matériels électriques (non fournis).....	36
3.7.	Outillage indispensable	36
4.	Fabrications et contrôles	36
4.1.	Modules photovoltaïques	36
4.2.	Système de montage MINIRAILS.....	36
4.3.	Plaques de couverture EKLIPS N	36
5.	Conditionnement, étiquetage et stockage.....	36
5.1.	Modules photovoltaïques	36
5.2.	Kit MINIRAILS PAYSAGE.....	37
5.3.	Plaques de couverture EKLIPS N	37
6.	Livraison	37
7.	Mise en œuvre.....	38
7.1.	Conditions préalables à la pose	38
7.2.	Mise en œuvre de la couverture métallique EKLIPS N.....	38
7.2.1.	Généralités	38
7.2.2.	Fixation des plaques à la structure porteuse	39
7.2.3.	Couturage des plaques.....	39
7.2.4.	Porte-à-faux des plaques.....	39
7.3.	Mise en œuvre des MINIRAILS	39
7.3.1.	Principe général	39
7.3.2.	Tolérances de pose des MINIRAILS	40
7.3.3.	Cas particulier d'un MINIRAIL au droit d'une fixation de plaque de couverture.....	41
7.3.4.	Contrôle des assemblages	41
7.4.	Mise en œuvre des modules photovoltaïques	42
7.4.1.	Principe.....	42
7.4.2.	Tolérances de pose des modules / MINIRAILS	43
7.5.	Mise en œuvre électrique	44
7.5.1.	Généralités.....	44
7.5.2.	Sécurité par rapport aux ombrages partiels	44
7.5.3.	Connexions des câbles électriques	44
8.	Utilisation, entretien et réparation.....	45
8.1.	Généralités.....	45
8.2.	Entretien du procédé photovoltaïque	46
8.3.	Remplacement d'un module photovoltaïque.....	46

9.	Traitement en fin de vie.....	47
10.	Formation	47
10.1.	Couverture métallique et mise en œuvre du système de montage	47
10.2.	Pose des modules photovoltaïques et raccordements électriques.....	47
11.	Assistance technique	47
12.	Résultats expérimentaux.....	47
13.	Références chantier.....	48
	Annexe 1 : Fiche technique EKLIPS N39 selon les règles NV65 modifiées 2009 et N84	49
	Annexe 4 : Fiche technique EKLIPS N45 selon les Eurocodes.....	52
	Annexe 5 : Exemple de dimensionnement EKLIPS N selon les règles NV65 modifiées 2009 et N84.....	53
	Annexe 6 : Exemple de dimensionnement EKLIPS N selon les Eurocodes.....	58

1. Description

1.1. Principe

Le procédé MINIRAILS PAYSAGE, commercialisé sous la marque novotegra, est un procédé permettant la pose de modules photovoltaïques rigides cadrés, en surimposition de couverture en plaques métalliques nervurées spécifiques de la marque ARCELORMITTAL.

Il est destiné à la réalisation d'installations productrices d'électricité solaire.

Le procédé MINIRAILS PAYSAGE se compose des éléments suivants (cf. figure 1) :

- des plaques de couverture nervurées en acier de la gamme EKLIPS N de marque ARCELORMITTAL Construction France, conformes au NF DTU 40.35 d'épaisseur minimale 75/100^{ème} :
 - Profil EKLIPS N39,
 - Profil EKLIPS N45,
- un système de montage fixé directement sur le sommet des nervures des plaques EKLIPS, lui-même composé de :
 - MINIRAILS modèle C24 ou C47, en aluminium EN AW 6063 T66, associé en usine à une bande EPDM en sous-face assurant l'étanchéité du montage,
 - d'une visserie spécifique adaptée en inox non substituable, assurant la fixation directe des MINIRAILS sur les plaques EKLIPS N,
 - de brides centrales et brides d'extrémité en aluminium EN AW 6063 T66, destinées à fixer les modules photovoltaïques sur les MINIRAILS,
 - d'une sécurité anti-glisserment en aluminium EN AW 6063 T66, positionnée en partie basse du champ photovoltaïque,
- de modules photovoltaïques cadrés, dont les puissances et les références sont indiquées dans la « Grille de vérification des modules » en cours de validité, accolée à la suite de la présente Appréciation Technique d'Expérimentation.

Les modules photovoltaïques peuvent couvrir partiellement ou complètement le versant.

Néanmoins, les plaques EKLIPS N doivent impérativement couvrir tout le versant de couverture, même si le champ photovoltaïque ne couvre qu'une partie seulement du versant.

Les modules sont fixés sur 4 MINIRAILS, impérativement par leurs grands côtés (fixation par petit côté exclue).

Les MINIRAILS sont espacés de 1,00 m sous chaque grand côté de modules photovoltaïques.

Le procédé a des incidences sur la nature et le dimensionnement des éléments de charpente (cf. § 2.2).

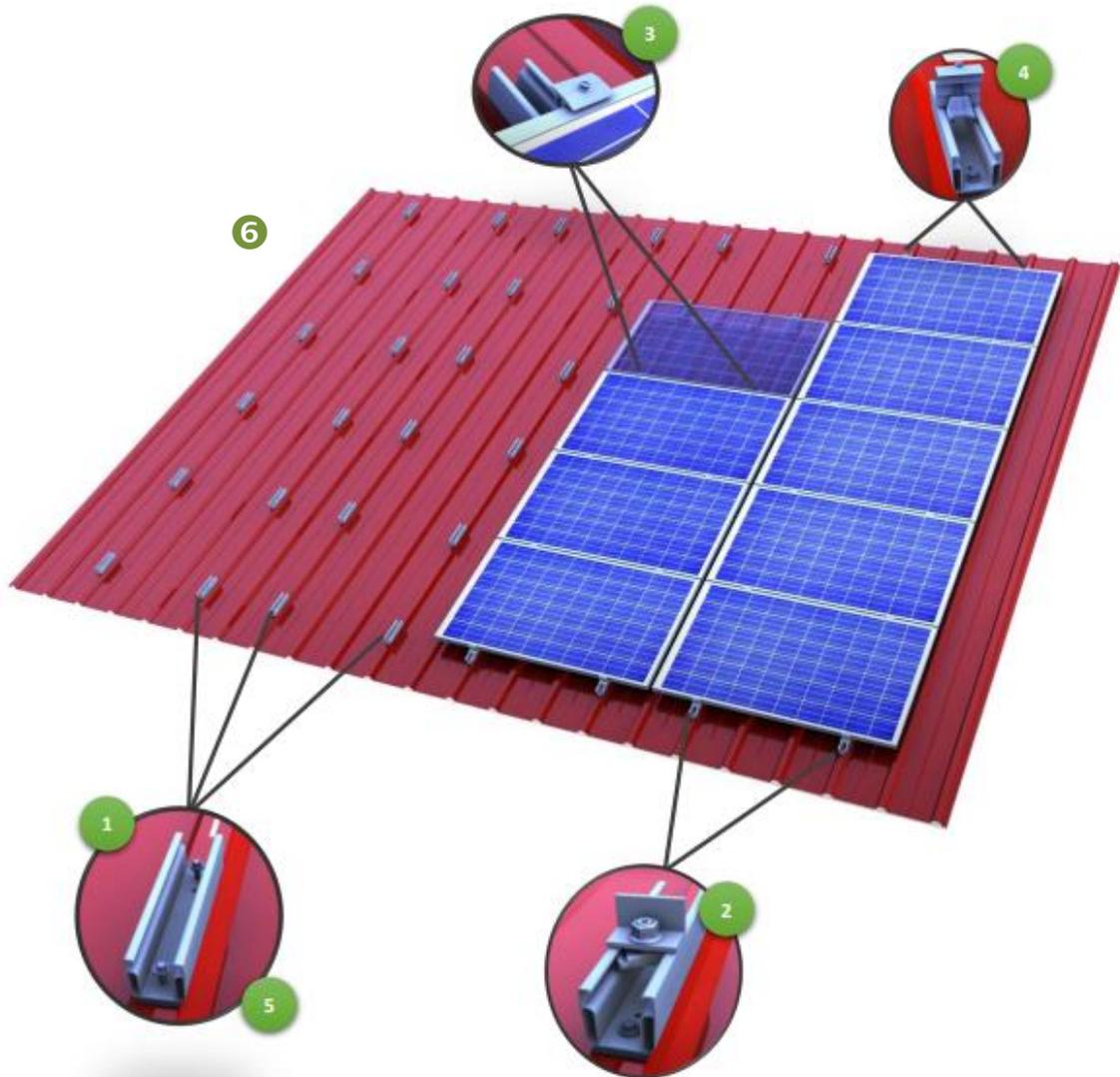
La mise en œuvre de la couverture métallique présente des spécificités (cf. § 7.2).

Le risque de condensation en sous-face des plaques métalliques EKLIPS N impose des dispositions spécifiques (cf. § 2.3).

Ce procédé fait l'objet d'un partenariat spécifique entre les sociétés ARCELORMITTAL Construction France et NOVOTEGRA GmbH.

La fourniture s'effectue de façon dissociée.

Figure 1 : Vue générale du procédé MINIRAILS PAYSAGE (plaques de couverture EKLIPS N)



- ❶ MINIRAILS C24 ou C47
- ❷ Sécurité anti-glissement
- ❸ Brides centrales de fixation des modules

- ❹ Brides d'extrémité de fixation des modules
- ❺ Visserie spécifique de fixation du MINIRAIL en inox, non substituable
- ❻ Plaques EKLIPS N39 ou EKLIPS N45

1.2. Domaine d'emploi

Le procédé MINIRAILS PAYSAGE est destiné à la réalisation d'ouvrages répondant aux spécifications suivantes :

- Bâtiments agricoles (stockage matériel agricole ou foin, hors stabulations) et bâtiments non isolés exclusivement.
- Couverture simple peau froide ventilée exclusivement.
- Travaux neufs, ou travaux sur existants en réfection complète de la paroi formant couverture, y compris grands éléments de couverture (sans conservation d'une couverture existante).

En cas de rénovation, une vérification structurelle de la charpente s'impose pour s'assurer de sa compatibilité avec le procédé MINIRAILS PAYSAGE (à la charge du maître d'ouvrage).

- France métropolitaine.
- Climat de plaine (altitudes ≤ 900 m).
- Locaux à faible et moyenne hygrométrie uniquement au sens de l'annexe D du NF DTU 40.35 (forte et très forte hygrométries exclues).
- Versants plans uniquement.
- Pente minimale conforme aux prescriptions du NF DTU 40.35.
- Pente maximale de 80 %.
- Longueur de rampant maximale de 40 m.
- Entraxe des pannes compris entre 1,30 m et 2,00 m.
- Charpentes métalliques ou charpentes bois exclusivement.

La couverture réalisée à l'aide des plaques EKLIPS N39 ou EKLIPS N45 doit être conforme aux prescriptions du DTU 40.35, en tenant compte des spécificités induites par le procédé MINIRAILS PAYSAGE :

- **Nature et dimensionnement spécifiques des éléments de charpente** (cf. § 2.2).
- Épaisseur minimale des plaques EKLIPS 75/100^{ème}.
- **Dimensionnement spécifique des plaques EKLIPS N** (cf. § 2.5), soit selon les Règles NV65 modifiées 2009 et N84 (cf. § 2.6), soit selon les Eurocodes (cf. § 2.7).
- **Dispositions spécifiques de gestion du risque de condensation** en sous-face des plaques EKLIPS N (cf. § 2.3).
- **Fixation à chaque panne des nervures** des plaques EKLIPS N où sont fixés les MINIRAILS, par sommet de nervure avec cavalier adapté exclusivement (cf. § 7.2).
- **Couturage** des plaques EKLIPS N tous les 66 cm maximum (cf. § 7.2.3).

Le procédé MINIRAILS PAYSAGE est utilisable avec l'ensemble des modules photovoltaïques indiqués dans la Grille de vérification en cours de validité (accollée à la suite de la présente Appréciation Technique d'Expérimentation) sur des couvertures soumises à des charges climatiques n'excédant pas :

- **selon les Règles NV65 modifiées 2009 et Règles N84 :**
 - **125 daN/m² sous charge de neige normale et 144 daN/m² sous charge de neige accidentelle,**
 - **125 daN/m² sous charge de vent normal.**
- **selon les Eurocodes 1 Parties 1-3 et 1-4 complétés par leur annexe nationale :**
 - **125 daN/m² sous charge de neige caractéristique et 144 daN/m² sous charge de neige accidentelle,**
 - **150 daN/m² sous charge de vent caractéristique (ELS).**

Les principes de calcul n'étant pas les mêmes, il est impératif d'utiliser un unique référentiel de calcul lors du dimensionnement du procédé (Règles NV65 modifiées 2009 et N84 ou Eurocodes).

Les documents de passation du marché (DPM) définissent le référentiel à adopter. A défaut, l'entreprise de pose choisira l'une des deux méthodes.

Les charges admissibles maximales en fonction des entraxes de pannes sont données dans les tableaux de portées/charges :

- § 3.1.4 : EKLIPS N39 selon les Règles NV,
- § 3.1.5 : EKLIPS N45 selon les Règles NV,
- § 3.1.6 : EKLIPS N39 selon les Eurocodes,
- § 3.1.7 : EKLIPS N45 selon les Eurocodes.

Le principe de dimensionnement des plaques EKLIPS N est défini aux § 2.5 (principe général), § 2.6 (selon NV65 modifiées 2009 et N84) et § 2.7 (selon Eurocodes).

Les plaques EKLIPS N doivent couvrir la totalité du versant, quelle que soit la surface couverte par les modules photovoltaïques.

La pose des MINIRAILS doit être réalisée dans les 6 mois maximum après la pose de la couverture métallique EKLIPS N.

Le tableau 1 précise les atmosphères extérieures compatibles avec le procédé MINIRAILS PAYSAGE, sachant que les revêtements des plaques EKLIPS N présentent également des restrictions en fonction de l'ambiance intérieure ou de l'atmosphère extérieure (cf. § 3.1.2).

Tableau 1 : Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique extérieure

Eléments du procédé concerné	Matériau	Atmosphères extérieures								
		Industrielle ou Urbaine				Marine		Spéciale		
		Revêtement de finition sur la face exposée	Rurale non polluée	Normale	Sévère	20km à 10km	10km à 3 km	Bord de mer inf 3km*	Mixte	
cadre	alu EN AW-6063 T5 ou T6	anodisé	*	*	□	*	*	□	□	□
anti glissement	alu EN AW 6063 T66	anodisé	*	*	□	*	*	□	□	□
minirail C24	alu EN AW 6063 T66	anodisé	*	*	□	*	*	□	□	□
minirail C47	alu EN AW 6063 T66	anodisé	*	*	□	*	*	□	□	□
vis autoperceuse	inox A2		*	*	□	*	*	□	□	□
attache extrémité	alu EN AW 6063 T66	anodisé	*	*	□	*	*	□	□	□
attache intermodule	alu EN AW 6063 T66	anodisé	*	*	□	*	*	□	□	□
Les expositions atmosphériques sont définies dans les annexes des normes NF P 24-351, DTU 40.36, NF EN ISO 9223										
	*	matériau adapté à l'exposition								
	□	matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulière doivent être arrêtés après accord des titulaires de l'ATEX								
	-	matériau non adapté à l'exposition								
	*	à l'exception du front de mer								

Sécurité en cas de séisme :

Les applications du procédé ne sont pas limitées compte tenu de la conception et de l'utilisation du procédé en France métropolitaine. Le procédé est donc applicable pour toutes les zones et catégories de bâtiments, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

L'objectif de bon fonctionnement dans le cadre des bâtiments de catégorie d'importance IV n'est pas visé dans ce paragraphe.

1.3. Organisation des projets

Le procédé MINIRAILS PAYSAGE est issu d'un partenariat entre les sociétés Novotegra Gmbh et ARCELORMITTAL Construction France.

Il est distribué en France par la société BAYWA RE Solar Systems SAS (fournisseur des entreprises).

ARCELORMITTAL Construction France est fournisseur des plaques de couverture EKLIPS N. Son service technique assure les dimensionnements des plaques pour les cas non prévus dans les tableaux de portées/charges des plaques.

Novotegra France assure la formation des entreprises et l'assistance technique concernant le procédé (par délégation de la société BAYWA RE Solar Systems SAS).

Novotegra France : 43 rue d' Armagnac – 33100 Bordeaux
+33556237819 – mail : frsy.novotegra@baywa-re.com

La validation de la compatibilité du procédé MINIRAILS PAYSAGE et le dimensionnement du procédé (entraxe des pièces, densité de fixation...) est intégralement effectué par le service technique Novotegra France avant chaque projet grâce aux informations fournies par l'installateur (nature de panne, entraxe de panne, zone climatique du projet, géométrie de la couverture, positionnement du champ photovoltaïque...).

Suite à cette étude, des plans d'exécution de calepinage et de mise en œuvre du projet sont fournis par Novotegra France à l'entreprise de couverture qui doit s'y conformer strictement.

Le procédé est livré sur chantier avec une notice de pose téléchargeable via QR code



En amont du projet, le charpentier doit être informé de la réalisation de l'installation photovoltaïque afin qu'il puisse intégrer les spécificités du procédé.

1.4. Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé MINIRAIL PAYSAGE se fait exclusivement au travers d'un réseau de partenaires de novotegra France : installateurs qualifiés et habilités au travail en hauteur, et ayant été agréés par novotegra France.

La partie couverture et fixation des MINIRAILS est assurée par une entreprise de couverture métallique qualifiée (cf. § 10.1).

La partie électricité (travaux de raccordement électrique, fourniture et pose des onduleurs comprises) est assurée par une entreprise d'électricité spécialisée dument qualifiée (cf. § 10.2). Elle devra être spécialisée dans le photovoltaïque et disposer de compétences électriques complétées par une qualification et une habilitation pour la réalisation d'installations photovoltaïques :

- Habilitation électrique selon la norme NF C 18-510, habilitation "BP" pour le raccordement des modules.
- Habilitation "BR" requises pour le raccordement des modules et le branchement aux onduleurs.

Les entreprises de mise en œuvre doivent bénéficier d'une qualification ou certification professionnelle délivrée par un organisme accrédité par le Cofrac ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. Cette qualification ou certification professionnelle doit correspondre aux types de travaux effectués, à la puissance de l'installation et, pour des projets relevant de l'obligation d'achat, respecter les critères fixés par l'arrêté tarifaire correspondant.

2. Dispositions de conception

2.1. Généralités

La mise en œuvre du procédé MINIRAILS PAYSAGE ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au § 1.2.

Chaque projet requiert une étude spécifique pour valider la compatibilité du procédé MINIRAILS PAYSAGE et des modules photovoltaïques, notamment vis-à-vis des charges climatiques s'exerçant sur l'ouvrage (cf. § 1.3).

Dans les zones de toiture avec accumulation de neige au sens des NV 65 modifiées 2009, équipées de modules photovoltaïques, il faut être attentif à ce que la charge de neige ne dépasse pas la charge admissible du procédé MINIRAILS PAYSAGE.

Remarque : Pour les zones non équipées de modules photovoltaïques, les performances des profils Trapéza 39 (correspondant à l'EKLIPS N39) et Trapéza 45 (correspondant à l'EKLIPS N45) peuvent être considérées.

Les plaques EKLIPS N doivent couvrir la totalité du versant, quelle que soit la surface couverte par les modules photovoltaïques.

Les modules photovoltaïques doivent être installés de façon à ne pas subir d'ombrages portés afin de limiter les risques d'échauffement pouvant entraîner des pertes de puissance et une détérioration prématurée des modules.

Comme pour tous les procédés comprenant des plaques métalliques utilisées en couverture, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués dans les tôles d'acier nervurées, mais dans la structure porteuse, tout en reconstituant le plan d'étanchéité à l'eau selon les Règles de l'Art.

Deux méthodes et référentiels de dimensionnement sont proposés : NV65 modifiées 2009 et N84 ou Eurocodes Partie 1-3 et Partie 1-4.

Les DPM définissent le référentiel à adopter. A défaut, l'entreprise de pose choisira l'une des deux méthodes.

Il n'est pas permis :

- de dimensionner les profils de la gamme EKLIPS N et les MINIRAILS selon un référentiel différent,
- de dimensionner le système MINIRAILS selon un référentiel différent en charges ascendantes et en charges descendantes.

2.2. Incidences du procédé sur la charpente

2.2.1. Spécificité de dimensionnement de la charpente

La charpente de l'ouvrage doit être calculée (cas d'un bâtiment neuf) ou vérifiée (cas d'un bâtiment existant) en prenant en considération :

- Le **poids propre du procédé** (plaque nervurée en acier EKLIPS N, MINIRAILS, visserie, modules photovoltaïques et fixations), soit environ **22 kg/m²**.
- Les **entraxes** déterminés par le dimensionnement des plaques EKLIPS N (cf. § 2.5, 2.6, 2.7 et tableaux portées/charges des § 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6 et 3.1.7).
- Sauf étude spécifique au cas par cas de la société ARCELOR MITTAL Construction France (cas des travées chargées non uniformément réparties, autres charges, chargements non uniformes, etc.), une **surcharge forfaitaire de +10 % du poids propre de la couverture photovoltaïque**, pour tenir compte des spécificités du procédé MINIRAILS PAYSAGE vis-à-vis des descentes de charges (répartition non uniforme des réactions verticales et horizontales pour une poutre sur n appuis notamment).

2.2.2. Éléments support de couverture

La mise en œuvre du procédé MINIRAILS PAYSAGE est prévue pour être exécutée sur des structures porteuses :

- en bois, conformes à la norme NF EN 1995-1-1/NA.
Dans ce cas, les valeurs limites à prendre en compte pour les flèches sont celles figurant à l'intersection de la colonne "Bâtiments courants" et de la ligne "Éléments structuraux" du Tableau 7.2 de la clause 7.2(2) de la norme NF EN 1995-1-1/NA.
- en acier, conformes à la norme NF EN 1993-1-1/NA.
Dans ce cas, les valeurs limites maximales à prendre en compte pour les flèches verticales sont celles de la ligne "Toiture en général" du Tableau 1 de la clause 7.2.1(1)B de la norme NF EN 1993-1-1/NA.

Les pannes supports de la couverture métallique EKLIPS N doivent disposer des caractéristiques minimales suivantes :

- pannes d'acier laminées ou pannes d'acier profilées à froid :
 - épaisseur : 1,5 mm minimum,
 - largeur d'appui : 40 mm minimum,
- pannes bois :
 - hauteur : 80 mm minimum,
 - largeur d'appui : 60 mm minimum.

2.3. Gestion de la condensation

Comme pour toutes les couvertures métalliques traditionnelles conçues en toiture froide ventilée avec des plaques nervurées en acier (selon NF DTU 40.35), le risque de condensation en sous-face des plaques ne peut être complètement exclu.

La gestion de ce risque impose une ventilation conforme aux prescriptions du NF DTU 40.35 pour les toitures froides ventilées, et :

- Soit la mise en œuvre d'un régulateur de condensation en sous-face des plaques EKLIPS N (cf. § 3.1.3),
- Soit la mise en œuvre d'un feutre tendu sur panne, à l'aide d'un procédé disposant d'un Avis Technique en cours de validité validant son emploi en toiture froide ventilée.

Pour rappel, l'emploi du procédé MINIRAILS PAYSAGE en toiture chaude en double peau n'est pas visé.

2.4. Spécificités de la réfection

En réfection, la totalité du versant de couverture existant doit être déposée.

Les travaux de couverture sont donc à considérer comme des travaux neufs pour les versants concernés.

Une étude préalable de la stabilité de la charpente de l'ouvrage est impérative, en prenant en considération les spécificités du procédé (cf. § 2.2).

2.5. Principe de dimensionnement des plaques EKLIPS N

La détermination du profil de plaques EKLIPS N (N39 ou N45) et des épaisseurs de plaques adaptées est issue de 4 vérifications :

- 1/ Vérification des portées sous charges ascendantes.
- 2/ Vérification de la densité de fixations à l'ossature.
- 3/ Vérification des portées sous charges descendantes.
- 4/ Vérification des effort tangentiels découlant des charges climatiques.

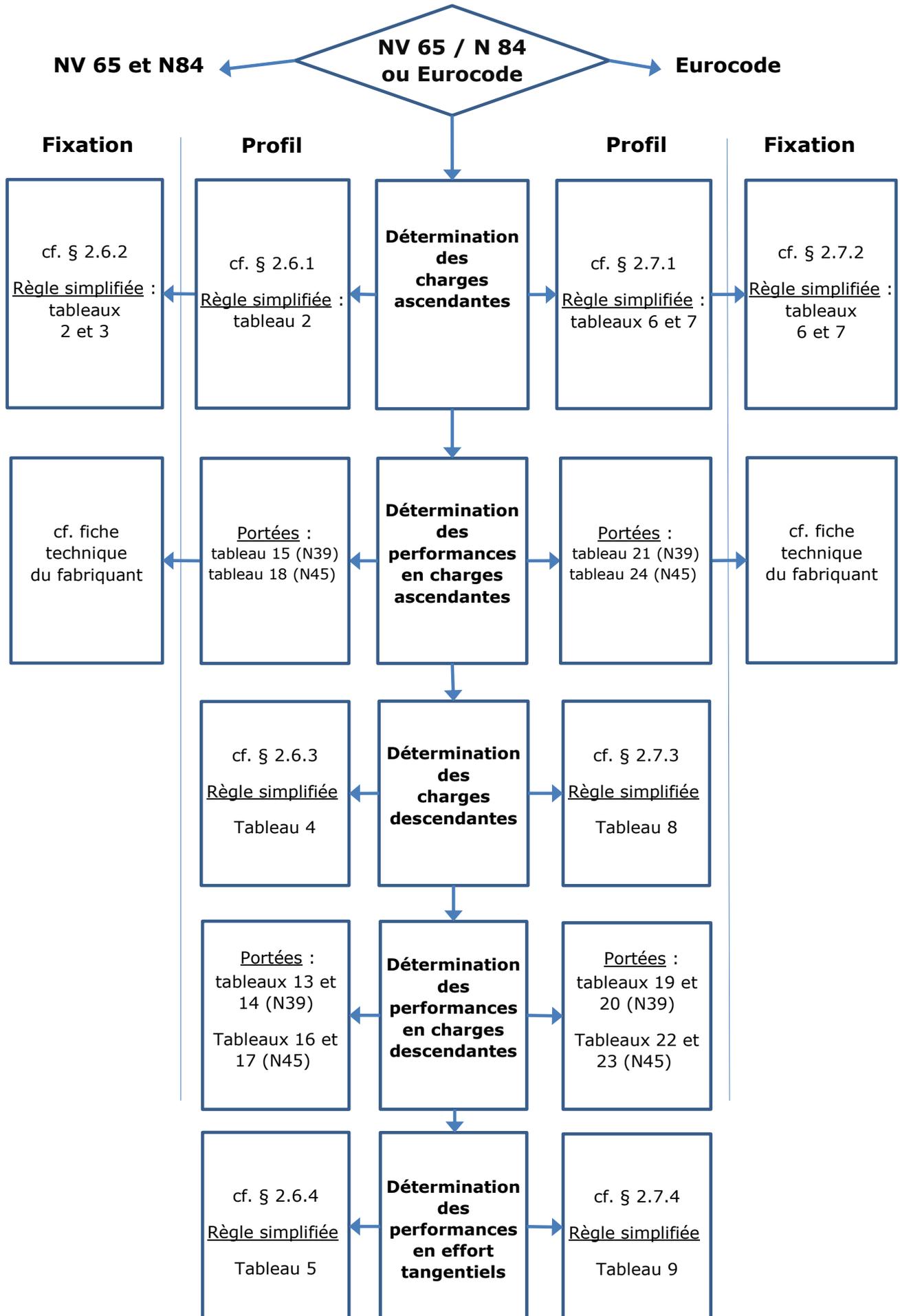
Le principe de dimensionnement est synthétisé à la figure 2.

Le dimensionnement des plaques selon les Règles NV65 modifiées 2009 et N84 est détaillé au § 2.6.

Le dimensionnement des plaques selon les Eurocodes 1 Parties 1-3 et 1-4 complétés par leurs annexes nationales est détaillé au § 2.7.

Un coefficient majorant s'applique dans tous les cas en fonction du décalage de centrage des modules photovoltaïques par rapport aux MINIRAILS : voir § 7.4.2.

Figure 2 : Organigramme de dimensionnement des plaques EKLIPS N et de leurs fixations



2.6. Dimensionnement des plaques EKLIPS N selon les NV65 modifiées 2009 et N84

2.6.1. Vérification des portées sous charges ascendantes

Les charges ascendantes applicables aux plaques EKLIPS N proviennent des effets du vent.

Les vérifications sont à mener sous l'effet du vent normal.

Les valeurs de dépression à prendre en compte pour la vérification des plaques EKLIPS N sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées en zones de rives pour un vent parallèle aux génératrices de la toiture.

Les valeurs de dépression à prendre en compte pour la vérification des fixations des plaques EKLIPS N sur la charpente sont celles obtenues à partir des charges de vent déterminées pour la vérification des plaques, complétées par les zones de rives pour un vent perpendiculaire aux génératrices de la toiture.

Les charges de vent sont déterminées conformément aux Règles NV 65 modifiées 2009.

On distinguera particulièrement les zones de partie courante et de rives, les valeurs en angles étant assimilées à celles des rives.

La rive est d'une largeur égale au $1/10^{\text{ème}}$ de la hauteur du bâtiment, sans être inférieure à 2 m.

La détermination des charges ascendantes s'effectue en fonction :

- des caractéristiques géométriques du bâtiment à savoir : son élancement (proportions), la perméabilité à l'air de ses parois (bâtiment ouvert ou fermé), la forme de ses versants (plans uniquement), sa hauteur au faîtage,
- de la zone de vent (1, 2, 3, ou 4),
- du site (normal ou exposé). La notion de site protégé n'est pas prise en compte pour ce procédé.

Lors des vérifications sous les charges ascendantes (plaques et fixations), la charge des module PV n'est pas à prendre en compte.

Pour des bâtiments d'élancement courant et de hauteur inférieure à 20 m, **en l'absence de calculs spécifiques**, les valeurs de dépression précalculées pour les toitures à versants plans (par application des règles simplifiées) sont données par :

- tableau 2 : charges applicables aux plaques EKLIPS N pour l'ensemble de la couverture, et aux fixations des plaques hors zones de rives,
- tableau 3 : charges applicables aux fixations des plaques EKLIPS en zones de rives (largeur minimale de 2 m).

On entend par bâtiment d'élancement courant ($\lambda \leq 2,5$), un bâtiment dont les dimensions respectent toutes les conditions suivantes :

- Toiture à un ou deux versants,
- $\gamma_0 < 1$ au sens des Règles V65 avec modificatif n°4 de février 2009,
- $h/a < 2,5$ avec a = longueur du bâtiment et h = hauteur du bâtiment,
- $f \leq h/2$, avec f = flèche de la toiture du bâtiment.

Tableau 2 : Charges de vent normal Règles NV65 modifiées 2009 (daN/m²) applicables :

- **aux plaques EKLIPS N pour l'ensemble de la couverture,**
- **et aux fixations des profils hors zone de rive**

Type de bâtiment	Hauteur (m)	Zones (vent)							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
fermé	≤ 10	47	63	56	73	70	88	84	101
	≤ 15	51	69	62	80	77	96	93	111
	≤ 20	55	75	67	87	83	104	100	120
ouvert	≤ 10	69	93	83	108	103	-	124	-
	≤ 15	76	102	91	118	114	-	-	-
	≤ 20	82	111	98	-	123	-	-	-

Les valeurs de dépression supérieures à 125 daN/m² sont hors domaine d'emploi du procédé.

Tableau 3 : Charges de vent normal Règles NV65 modifiées 2009 (daN/m²) applicables aux fixations des plaques en zones de rive (largeur minimale de 2 m)

Type de bâtiment	Hauteur (m)	Zones (vent)							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
		normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé	normal	exposé
fermé	≤ 10	76	102	91	118	113	142	136	163
	≤ 15	83	112	100	130	125	156	150	180
	≤ 20	90	121	108	140	135	168	162	194
ouvert	≤ 10	89	120	107	139	134	-	160	-
	≤ 15	98	132	117	153	147	-	-	-
	≤ 20	106	143	127	-	159	-	-	-

Les cas générant des valeurs de dépression supérieures à 125 daN/m² sur les plaques EKLIPS N (cf. tableau 2) sont hors domaine d'emploi du procédé (indiqués par « - »).

Les charges obtenues permettent la détermination des portées des plaques EKLIPS N, sur la base :

- soit des tableaux de portées/charges précalculés (cf. § 3.1.4 et 3.1.5),
- soit d'un dimensionnement spécifique du service technique ARCELORMITTAL Construction France, notamment pour les cas de chargements non prévus (cas des travées chargées non uniformément réparties, autres charges, chargements non uniformes, etc.).

2.6.2. Vérification de la densité de fixations à l'ossature

La vérification forfaitaire des assemblages est réalisée par :

$$1,30 \times L \times (1,75 \times D - (pp_{mod} + pp)) \leq \min(Pk / \gamma_m ; Se)$$

Avec,

D (daN/m²) : dépression en rives avec vent perpendiculaire aux génératrices due au vent normal (NV65 modifiées 2009) en partie courante (cf. tableau 2) et en zone de rive (cf. tableau 3)

pp_{mod} (daN/m²) : poids propre du module PV converti en daN/m² (cf. Grille de vérification)

pp (daN/m²) : poids propre des plaques EKLIPS N converti en daN/m² (cf. fiches techniques en annexes 1 et 2)

Pk (daN) : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314 et spécifiée dans la Fiche Technique du fabricant de fixation

γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'élément porteur :

- $\gamma_m = 1,20$ dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm
- $\gamma_m = 1,35$ dans l'élément porteur acier d'épaisseur $\geq 1,5$ mm et ≤ 3 mm, et dans le bois

Se (daN) : Valeur maximale forfaitaire du tableau 7 du DTU 40.35 :

- 400 daN pour une plaque en 75/100^{ème}
- 525 daN pour les épaisseurs supérieures.

Remarque : La formule prend en compte le fait que la dépression considérée n'est reprise que par les fixations des plaques à la charpente situées sur les nervures équipées de MINIRAILS.

2.6.3. Vérification des portées aux charges descendantes

2.6.3.1. Charges de montage

Les charges de montage utilisées pour la détermination des portées utiles des plaques sont celles du cahier CSTB 3817 au chapitre 5.1.2 à savoir : $q = 100$ daN/m² et $F = 200$ daN/m en utilisant les combinaisons de charges et en ne retenant que la vérification pour une répartition élastique.

2.6.3.2. Charges permanentes

Les charges permanentes minimales comprennent le poids propre des plaques EKLIPS N et le poids des modules PV (pris à 15 daN/m²). Le poids propre des plaques et des module PV sont directement intégrés aux vérifications.

2.6.3.3. Charges descendantes d'exploitation

Les charges descendantes d'exploitation proviennent des effets de la neige, en situation normale ou accidentelle.

Les charges de calcul (cf. tableau 4) liées aux actions climatiques proviennent des règles N 84 (édition de février 2009) :

- neige normale,
- neige accidentelle.

La valeur retenue ne peut pas être inférieure à 50 daN/m².

Tableau 4 : Valeurs de neiges normales et accidentelles selon les règles N84

daN/m ²	Région de Neige							
Altitude(m)	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
0	36	36	44	44	52	52	72	112
100	36	36	44	44	52	52	72	112
200	36	36	44	44	52	52	72	112
300	48	48	56	56	64	64	84	124
400	60	60	68	68	76	76	96	136
500	72	72	80	80	88	88	108	148
600	96	96	104	104	112	112	132	172
700	120	120	128	128	136	136	156	196
800	144	144	152	152	160	160	180	220
900	168	168	176	176	184	184	204	244
Accidentelle	-	80	80	108	-	108	144	-

Attention ces valeurs ne comprennent pas les accumulations de neige qui sont à calculer en cas de zone d'accumulation telle que des acrotères, des toitures en surplomb, des obstacles ou autres.

2.6.4. Vérification des efforts tangentiels

L'inclinaison de la toiture a pour effet une décomposition des charges verticales appliquée en deux charges : une charge normale à la toiture (prise en compte dans les tableaux de charges) et une charge tangentielle (dans le sens de la pente).

Cette charge ne doit pas dépasser la capacité résistante du système de fixation des modules PV. Cette résistance est déterminée par essai.

La vérification des efforts tangentiels est réalisée par :

$$(\text{Coefpond} \times p_n + 1,35 \times \text{ppmod}) \times \cos(\alpha) \times \sin(\alpha) \times L \times PV_{\text{long}} \leq R_{\text{départ}} + \frac{R_{\text{glis}}}{PV_{\text{larg}}} \times \frac{L}{PV_{\text{larg}}}$$

Avec :

p_n (daN/m²) : la charge de neige

Coefpond : 1,5 en neige extrême et 1 en accidentelle

Ppmod (daN/m²) : poids propre du module PV

α (en degrés) : la pente de la toiture

L (m) : longueur maximum de modules PV sans interruption

PV_{long} (m) : longueur du module PV (grand coté)

PV_{larg} (m) : largeur du module PV (petit coté)

R_{départ} (daN) : résistance admissible sous effort tangential de 2 pattes anti-glissement (761 daN)

R_{glis} (daN) : résistance au glissement sous effort tangential pour 2 MINIRAILS (1 module PV) (125daN)

La longueur maximum couverte par les modules PV sans interruption peut être déterminée par le tableau 5 ci-dessous, pour des modules PV de longueur maximale 2 m et de largeur maximale 1,14 m.

Tableau 5 : Longueur maximale de modules PV sans interruption (m) dans le sens de la pente

		Charge de neige non pondérée (daN/m ²)					Charge de neige accidentelle (daN/m ²)			
		50	60	70	80	100	110	80	108	144
pente	7%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	10%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	15%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	20%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	25%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	30%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	40%	40	40	40	40	26	19	40	40	35
	50%	40	40	40	26	14	11	40	40	17
	60%	40	40	24	16	10	8	40	25	11

Si la longueur du rampant est supérieure, il est possible de poser une seconde colonne comme le démarrage d'un nouveau champ PV donc avec MINIRAILS et anti-glissements.

2.6.5. Exemple de dimensionnement NV65 modifiées 2009 et N84

Un exemple de dimensionnement selon les NV65 modifiées 2009 et N84 figure en annexe 5.

2.7. Dimensionnement des plaques EKLIPS N selon les Eurocodes 1 P1-3 et P1-4

2.7.1. Vérification des portées sous charges ascendantes

Les charges ascendantes applicables aux plaques EKLIPS N proviennent des effets du vent selon l'Eurocode 1 Partie 1-4 et son annexe nationale et ses amendements.

Les vérifications sont à mener sous l'effet du vent caractéristique, avec :

- **Le coefficient de pression extérieure $C_{pe,10}$ pour les plaques nervurées en acier.**
- **Le coefficient de pression extérieure $C_{pe,4}$ pour les fixations.**
- Une période de retour de 50 ans, soit $C_{prob} = 1$.
- Un coefficient de saison de 50 ans, soit $C_{season} = 1$.
- Pour les valeurs de charge des zones F, G et H.

Si une plaque EKLIPS N est concernée par plusieurs zones, alors la charge de calcul retenue pour ses vérifications (hors assemblages) sera la valeur la plus élevée dès lors que la zone concerne au moins :

- Une travée pour une pose en travées multiples.
- Une demi-travée pour une pose en travée simple.

Les assemblages sont vérifiés avec la charge de soulèvement de la zone où est situé l'assemblage considéré.

La détermination des charges ascendantes (cf. tableau 6) s'effectue en fonction :

- Des caractéristiques géométriques du bâtiment à savoir : son élancement (proportions), la perméabilité à l'air de ses parois (bâtiment ouvert ou fermé), la forme de ses versants (plans ou courbes), sa hauteur au faîtage.
- De la zone de vent (1, 2, 3, ou 4).
- Du coefficient d'orographie $C_o(z)$.
- Du coefficient structural $C_s C_d$.
- De la catégorie de terrain à utiliser pour une direction du vent donnée.

Lors des vérifications sous les charges ascendantes (plaques et fixations), la charge des module PV n'est pas à prendre en compte.

Tableau 6 : Charges de pression de vent de référence Q_p (daN/m²) à prendre en compte pour la vérification des plaques EKLIPS N et leurs fixations selon l’Eurocode 1 Partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et ses annexes nationales et amendements

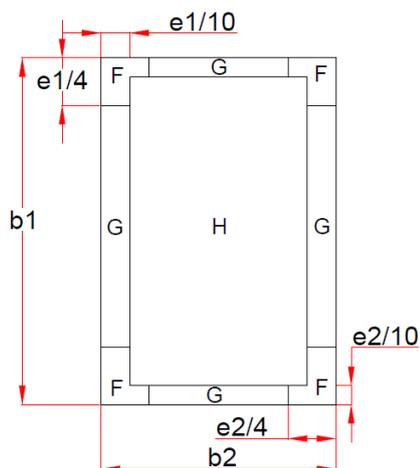
Hauteur	Catégorie de terrain	Région 1	Région 2	Région 3	Région 4
H ≤ 10 m	0	86,0	102,4	120,2	139,4
	II	69,5	82,8	97,1	112,6
	IIIa	54,4	64,8	76,0	88,1
	IIIb	41,8	49,8	58,4	67,8
	IV	38,3	45,6	53,5	62,0
H ≤ 15 m	0	93,1	110,9	130,1	150,9
	II	77,3	92,0	108,0	125,3
	IIIa	62,3	74,2	87,1	101,0
	IIIb	49,5	59,0	69,2	80,2
	IV	38,3	45,6	53,5	62,0
H ≤ 20 m	0	98,3	117,0	137,4	159,3
	II	83,1	98,9	116,0	134,6
	IIIa	68,2	81,2	95,3	110,5
	IIIb	55,3	65,8	77,2	89,6
	IV	43,8	52,1	61,1	70,9

La valeur de charge de pression de vent de référence Q_p est à multiplier par le coefficient C_{net} ($C_{pe}-C_{pi}$) qui dépend du type de couverture, de la zone de la couverture et de la pente, en référence aux tableaux 7.3 à 7.5 de l’Eurocode 1 Partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et ses annexes nationales et ses amendements (cf. tableau 7).

**Tableau 7 : Exemple de CP_{net} pour le calcul d’une plaque EKLIPS N posée sur une couverture à un seul ou 2 versants, quelle que soit la direction du vent (max entre $\theta=0, 90, 180^\circ$)
 C_{pe10} pour les plaques et c_{pe4} pour les fixations**

	Angle de pente	Toiture à un seul versant						Toiture à deux versants					
		F		G		H		F		G		H	
		c_{pe10}	c_{pe4}	c_{pe10}	c_{pe4}	c_{pe10}	c_{pe4}	c_{pe10}	c_{pe4}	c_{pe10}	c_{pe4}	c_{pe10}	c_{pe4}
batiment fermé	5°	-2,50	-2,63	-2,00	-2,13	-1,00	-1,27	-1,90	-2,43	-1,50	-1,97	-0,90	-1,23
	15°	-2,70	-2,93	-2,10	-2,50	-1,10	-1,30	-1,50	-1,97	-1,50	-1,97	-0,80	-1,20
	30°	-2,30	-2,83	-1,70	-2,03	-1,20	-1,40	-1,30	-1,57	-1,60	-2,00	-1,00	-1,27
	45°	-1,70	-2,30	-1,60	-2,00	-1,20	-1,40	-1,30	-1,57	-1,60	-2,00	-1,10	-1,30
batiment ouvert	5°	-3,02	-3,15	-2,52	-2,65	-1,52	-1,79	-2,42	-2,95	-2,02	-2,49	-1,42	-1,75
	15°	-3,22	-3,45	-2,62	-3,02	-1,62	-1,82	-2,02	-2,49	-2,02	-2,49	-1,32	-1,72
	30°	-2,82	-3,35	-2,22	-2,55	-1,72	-1,92	-1,82	-2,09	-2,12	-2,52	-1,52	-1,79
	45°	-2,22	-2,82	-2,12	-2,52	-1,72	-1,92	-1,82	-2,09	-2,12	-2,52	-1,62	-1,82

Les éventuelles valeurs de pression ne sont pas prises en compte.

Figure 3 : Représentation des différentes zones de couverture

Avec :

e1= plus petite des deux dimensions : b1 ou 2h (hauteur)

e2= plus petite des deux dimensions : b2 ou 2h (hauteur)

Les charges obtenues permettent la détermination des portées des plaques EKLIPS N, sur la base :

- soit des tableaux de portées/charges précalculés (cf. § 3.1.6 et 3.1.7),
- soit d'un dimensionnement spécifique du service technique ARCELORMITTAL Construction France, notamment pour les cas de chargements non prévus (cas des travées chargées non uniformément réparties, autres charges, chargements non uniformes, etc.).

2.7.2. Vérification de la densité de fixations à l'ossature

La vérification forfaitaire des assemblages est réalisée par :

$$1,30 \times L \times (1,50 \times D - (pp_{\text{mod}} + pp)) \leq \min(Pk / \gamma_m ; Se)$$

Avec,

D (daN/m²) : dépression due au vent caractéristique / 1,2 selon les Eurocodes (cf. tableau 7 – cpe4)

pp_{mod} (daN/m²) : poids propre du module PV converti en daN/m² (cf. Grille de vérification)

pp (daN/m²) : poids propre des plaques EKLIPS N converti en daN/m² (cf. fiches techniques en annexes 3 et 4)

Pk (daN) : résistance caractéristique à l'arrachement des assemblages, déterminée conformément à la norme NF P 30-314 et spécifiée dans la Fiche Technique du fabricant de fixation

γ_m : coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'élément porteur :

- $\gamma_m = 1,20$ dans l'élément porteur acier d'épaisseur > 3 mm
- $\gamma_m = 1,35$ dans l'élément porteur acier d'épaisseur $\geq 1,5$ mm et ≤ 3 mm, et dans le bois

Se (daN) : Valeur maximale forfaitaire du tableau 7 du DTU 40.35 :

- 400 daN pour une plaque en 75/100^{ème}
- 525 daN pour les épaisseurs supérieures.

Remarque : La formule prend en compte le fait que la dépression considérée n'est reprise que par les fixations des plaques à la charpente situées sur les nervures équipées de MINIRAILS.

2.7.3. Vérification des portées aux charges descendantes

2.7.3.1. Charges de montage

Les charges de montage utilisées pour la détermination des portées utiles des plaques sont celles du cahier CSTB 3817 au chapitre 5.1.2 à savoir : $q = 100$ daN/m² et $F = 200$ daN/m en utilisant les combinaisons de charges et en ne retenant que la vérification pour une répartition élastique.

2.7.3.2. Charges permanentes

Les charges permanentes minimales comprennent le poids propre des plaques EKLIPS N et le poids des modules PV (pris à 15 daN/m²). Le poids propre des plaques et des module PV sont directement intégrés aux vérifications.

2.7.3.3. Charges descendantes d'exploitation

Les charges descendantes d'exploitation proviennent des effets de la neige, en situation normale ou accidentelle.

Les charges de calcul (cf. tableau 8) liées aux actions climatiques proviennent de l'Eurocode 1 Partie 1-3 complété par son annexe nationale :

- neige caractéristique,
- neige accidentelle.

La valeur retenue ne peut pas être inférieure à 50 daN/m².

Tableau 8 : Valeurs de neiges caractéristiques et accidentelles selon l'Eurocode 1 Partie 1-3 complété par son annexe nationale

daN/m ²	Région de Neige							
Altitude(m)	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
0	36	36	44	44	52	52	72	112
100	36	36	44	44	52	52	72	112
200	36	36	44	44	52	52	72	112
300	44	44	52	52	60	60	80	124
400	52	52	60	60	68	68	88	136
500	60	60	68	68	76	76	96	148
600	72	72	80	80	88	88	108	176
700	84	84	92	92	100	100	120	204
800	96	96	104	104	112	112	132	232
900	108	108	116	116	124	124	144	260
Accidentelle	-	80	80	108	-	108	144	-

Attention ces valeurs ne comprennent pas les accumulations de neige qui sont à calculer en cas de zone d'accumulation telle que des acrotères, des toitures en surplomb, des obstacles ou autres.

2.7.4. Vérification des efforts tangentiels

L'inclinaison de la toiture a pour effet une décomposition des charges verticales appliquée en deux charges : une charge normale à la toiture (prise en compte dans les tableaux de charges) et une charge tangentielle (dans le sens de la pente).

Cette charge ne doit pas dépasser la capacité résistante du système de fixation des modules PV. Cette résistance est déterminée par essai.

La vérification des efforts tangentiels est réalisée par :

$$(\text{Coefpond} \times p_n + 1,35 \times \text{ppmod}) \times \cos(\alpha) \times \sin(\alpha) \times L \times \text{PV}_{\text{long}} \leq R_{\text{départ}} + \frac{R_{\text{glis}}}{\text{PV}_{\text{larg}}} \times \frac{L}{\text{PV}_{\text{larg}}}$$

Avec :

S (daN/m²) : la charge de neige

Coefpond : 1,5 en neige caractéristique et 1 en neige accidentelle

Ppmod (daN/m²) : poids propre du module PV

α (en degrés) : la pente de la toiture

L (m) : longueur maximum de modules PV sans interruption

PV_{long} (m) : longueur du module PV (grand coté)

PV_{larg} (m) : largeur du module PV (petit coté)

R_{départ} (daN) : valeur de calcul sous effort tangential de 2 pattes anti-glissement (761 daN)

R_{glis} (daN) : valeur de calcul de glissement sous effort tangential pour 2 MINIRAILS (1 module PV) (125daN)

La longueur maximum couverte par les modules PV sans interruption peut être déterminée par le tableau 9 ci-dessous, pour des modules PV de longueur maximale 2 m et de largeur maximale 1,14 m.

Tableau 9 : Longueur maximale de modules PV sans interruption (m) dans le sens de la pente

		Charge de neige non pondérée (daN/m ²)						Charge de neige accidentelle (daN/m ²)		
		50	60	70	80	100	110	80	108	144
pente	7%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	10%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	15%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	20%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	25%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	30%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	40%	40	40	40	40	26	19	40	40	35
	50%	40	40	40	26	14	11	40	40	17
	60%	40	40	24	16	10	8	40	25	11

Si la longueur du rampant est supérieure, il est possible de poser une seconde colonne comme le démarrage d'un nouveau champ PV donc avec MINIRAILS et anti-glissements.

2.7.5. Exemple de dimensionnement Eurocodes

Un exemple de dimensionnement selon les Eurocodes figure en annexe 6.

2.8. Calepinage photovoltaïque

Les caractéristiques dimensionnelles des modules sont données dans la Grille de vérification des modules. Le système de montage est modulaire. Cela permet donc d'obtenir une multitude de champs ou de calepinages possibles pour l'implantation des modules.

Les caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques du procédé MINIRAILS PAYSAGE sont indiquées au tableau 10.

Tableau 10 : Caractéristiques dimensionnelles des champs photovoltaïques MINIRAILS PAYSAGE

Longueur du champ (mm)	Pose des minirails alternativement toutes les 2 ou 3 nervures : $nbX \times (\text{longueur du module} + 10) - 10$
Hauteur du champ (mm)	$NbY \times (\text{largeur du module} + 12) + X$
Poids au m² de l'installation (kg/m²) (sans les plaques nervurées)	13
Poids au m² de l'installation (kg/m²) (avec les plaques nervurées)	18

Avec

- NbX : nombre de modules dans le sens horizontal du champ photovoltaïque
- NbY : nombre de modules dans le sens vertical du champ photovoltaïque
- Ky : la dimension du module dans le sens vertical du champ photovoltaïque
- X : 188 (200-12) pour les MINIRAILS C47 ou 113 (125-12) pour les MINIRAILS C24

Les modules photovoltaïques peuvent être implantés autour d'éventuelles pénétrations de couverture (cheminées, sorties de toitures, plaques translucides...) à condition que :

- Le champ photovoltaïque soit interrompu en respectant une distance des modules de la pénétration de 300 mm minimum et de 500 mm minimum dans le cas de pénétration nécessitant la possibilité d'accès pour l'entretien.
- Les pénétrations soient traitées en stricte conformité du NF DTU 40.35 à l'aide des mêmes plaques nervurées EKLIPS N que celles utilisées pour le procédé MINIRAILS PAYSAGE.

Par ailleurs, la longueur des champs photovoltaïque est limitée à 30 m, et leur surface ne devra pas excéder 300 m².

Au-delà, des chemins d'accès, libres de tout module photovoltaïque devront être prévus.

2.9. Sécurité des intervenants

L'emploi de dispositifs de sécurité (protections collectives, nacelle, harnais, ceintures, dispositifs d'arrêt...) est obligatoire afin de répondre aux exigences en matière de prévention des accidents. Lors de la pose, de l'entretien ou de la maintenance, il est notamment nécessaire de mettre en place des dispositifs pour empêcher les chutes depuis la toiture selon la réglementation en vigueur ainsi que des dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules (échelle de couvreur, ...).

Ces dispositifs de sécurité ne sont pas inclus dans la livraison du procédé.

Les risques inhérents à la pose de modules photovoltaïques et les dispositions à prendre lors de la conception, de la préparation et de l'exécution du chantier sont décrits dans la fiche pratique de sécurité ED 137 publiée par l'INRS.

Attention, comme pour tous les procédés comprenant des plaques métalliques utilisées en toiture, les ancrages des lignes de vie ne doivent pas être effectués dans les tôles d'acier nervurées, mais dans la structure porteuse, tout en reconstituant le plan d'étanchéité à l'eau selon les Règles de l'Art.

3. Eléments constitutifs du procédé

3.1. Plaques de couverture EKLIPS N

3.1.1. Caractéristiques générales

Les plaques de couvertures compatibles avec le procédé MINIRAILS PAYSAGE sont des plaques nervurées de la gamme EKLIPS N de chez ARCELOR MITTAL Construction France, conformes au NF DTU 40.35, à la norme NF EN 14782 et la norme NF P 34-401-1 (12/2022) :

- EKLIPS N39 (cf. figure 4)
- EKLIPS N45 (cf. figure 5)

Figure 4 : Profil EKLIPS N39

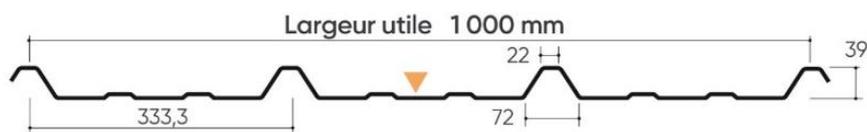
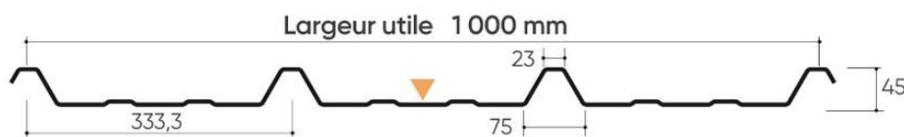


Figure 5 : Profil EKLIPS N45



L'épaisseur minimale des plaques EKLIPS N est de 75/100^{ème}. Elles sont disponibles en épaisseur 75/100^{ème}, 88/100^{ème}, 100/100^{ème} et 125/100^{ème}.

La largeur utile des profils est de 1000 mm.

Les plaques EKLIPS N sont disponibles en nuance minimale d'acier S320GD définie par la norme NF EN 10346.

Les longueurs minimales et maximales des plaques EKLIPS N39 et EKLIPS N45 sont les suivantes :

- mini profilable : 1.800 mm
- mini sur demande : 400 mm
- maxi : 14.500 mm

Les plaques EKLIPS N sont fabriquées à partir de tôles d'acier avec revêtement métallique et prélaquées.

Le revêtement métallique peut être de deux natures :

- Galvanisation répondant aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169.
- Revêtement ZM EVOLUTION possédant une Étude Technique Préalable de Matériau (ETPM) à caractère favorable en cours de validité.

Le prélaquage est conforme aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169.

Le choix du revêtement des profils doit être conforme aux guides de choix présentés au § 3.1.2 ci-après, ou aux préconisations d'ARCELORMITTAL Construction France dans les cas où l'avis du fabricant est sollicité.

3.1.2. Guides de choix en fonction des ambiances et atmosphères

Le choix du revêtement du profil doit être conforme aux guides de choix ci-dessous, et aux préconisations d'ARCELORMITTAL Construction France dans les cas où l'usage est soumis à enquête :

- ambiances intérieures : cf. tableau 11
- ambiances extérieures : cf. tableau 12

Tableau 11 : Guide de choix des aciers revêtus pour les plaques EKLIPS N en fonction de l'ambiance intérieure dans le cas de bâtiments fermés

Revêtement métallique	Revêtement organique (prélaquage)	Catégorie selon NF P 34-301	NF EN 10169	Non agressive	
			Catégorie humidité	Faible hygrométrie	Moyenne hygrométrie
Z100 ZM EVOLUTION 60	Intérieur	II	CPI2	A	B
Z225 ZM EVOLUTION 120	Hairultra Edyxo Irysa Naturel Authentic Hairfarm	IIIa	CPI4	A	A
Z225 ZM EVOLUTION 100	Hairplus Hairflon25	IIIA	CPI3	A	A
Z225 ZM EVOLUTION 140	R'Unik	IVb	CPI4	A	A
Z225 ZM EVOLUTION 120	Hairflon 35 Hairexcel Keyron150	IVb	CPI4	A	A
	Flontec Keyron200	IVb	CPI5	A	A
	Tectova	Vb	CPI4	A	A
	Intense Pearl	Vc	CPI5	A	A
Z275 ZM EVOLUTION 120	Sinéa	Vc	CPI5	A	A

A : Produit adapté
B : Cas pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultation et accord des titulaires de l'ATEX

Tableau 12 : Guide de choix des aciers revêtus pour les plaques EKLIPS N en fonction de l'atmosphère extérieure dans le cas de bâtiments ouverts et des auvents

Revêtement métallique	Revêtement organique	Catégorie selon NF P 34-301	NF EN 10169		Rurale non polluée	Urbaine et industrielle		Marine				Spéciale		
			Catégorie UV	Catégorie corrosion		Normale	Sévère	20 à 10km	10 à 3km	Bord de mer (3à 1km) (2)	1km à 300m (2)	Mixte	Fort U.V.	Particulière
Z225 ZM EVOLUTION 100	Hairplus	IV	RUV3	RC3	A	A	C	A	B	C	C	C	B	C
Z225 ZM EVOLUTION 120	Hairultra Edyxo Irysa Naturel Authentic	VI	RUV4	RC4	A	A	B	A	A	A	B	B	A	B
Z225 ZM EVOLUTION 100	Hairflon25	IV	RUV4	RC3	A	A	C	A	B	C	C	C	B	C
Z225 ZM EVOLUTION 120	Hairflon 35	VI	RUV4	RC4	A	A	B	A	A	A	C	B	A	B
	Keyron200	VI	RUV3	RC5	A	A	B	A	A	A	B	B	B	B
	Hairexcel Flontec Tectova Intense Pearl	VI	RUV4	RC5	A	A	B	A	A	A	B	B	A	B
	R'Unik	VI	RUV4	RC5	A	A	B	A	A	A	B	B	A	B
Z275 ZM EVOLUTION 120	Sinéa	VI	RUV4	RC5	A	A	B	A	A	A	B	B	A	B

A: Produit adapté
B: Cas pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultation et accord des titulaires de l'ATEX
C: Produit non adapté

(1) Sauf spécification contraire à la commande, la face verso est systématiquement revêtue d'un envers de bande de classe II ou CPI2.

Dans certains cas d'utilisation, l'envers de bande doit être remplacé par un revêtement adapté à l'environnement.

(2) Bord de mer de 3 à 1 km : à l'exclusion des conditions d'attaque directe par l'eau de mer et/ou par les embruns. Bord de mer < 300 m : nous consulter.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

MÉTAL SUPPORT : ACIER GALVANISÉ suivant normes P34-310 / NF EN 10346 ou ZMEvolution® suivant ETPM 19/0064.

REVÊTEMENT : suivant normes NF P 34-301 / NF EN 10169.

3.1.3. Régulateur de condensation

En cas d'absence de pose d'un feutre tendu sur pannes, les plaques nervurées de couverture devront être munies en sous-face d'un régulateur de condensation.

Celui-ci devra présenter une absorption totale minimum de 300 g/m².

3.1.4. Tableaux de portées/charges EKLIPS N39 selon NV65 modifiées 2009 et N84

Ces tableaux sont identiques aux tableaux figurant sur la fiche technique AMCF EKLIPS N39 présente en annexe 1 :

- Neige normale : tableau 13.
- Neige accidentelle : tableau 14.
- Vent normal : tableau 15.

Ils concernent les charges climatiques pour des travées égales.

Pour les cas non prévus dans ces tableaux précalculés (autres charges, chargements non uniformes, etc.), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique ARCELORMITTAL Construction France.

Les tableaux de charges présentés dans ce chapitre incluent un **pooids propre de modules de 15 daN/m² pour les charges descendantes et 10 daN/m² pour les charges ascendantes**. Il est possible de demander au Service Assistance Technique ARCELORMITTAL Construction France un calcul plus précis.

Tableau 13 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige normale selon les Règles N 84

EKLIPS N39		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	50	1,61	1,72	1,80	1,93	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	55	1,54	1,67	1,76	1,89	1,97	2,00	2,00	2,00	1,91	2,00	2,00	2,00
	60	1,47	1,62	1,71	1,85	1,94	2,00	2,00	2,00	1,86	1,96	2,00	2,00
	65	1,39	1,57	1,67	1,81	1,91	1,98	2,00	2,00	1,82	1,93	2,00	2,00
	70	1,31	1,51	1,62	1,77	1,87	1,95	2,00	2,00	1,78	1,89	1,97	2,00
	80		1,38	1,53	1,70	1,78	1,90	1,96	2,00	1,70	1,81	1,90	2,00
	90			1,42	1,63	1,68	1,84	1,91	2,00	1,63	1,74	1,83	1,97
	100			1,30	1,56	1,56	1,76	1,86	1,97	1,57	1,68	1,77	1,92
	110				1,48	1,43	1,67	1,80	1,94	1,51	1,62	1,71	1,86
125				1,35		1,51	1,69	1,88	1,42	1,54	1,63	1,79	

Les critères de flèches sont ceux du NF DTU 40.35 et les critères de montage sont ceux du cahier CSTB 3817.

Tableau 14 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendante de neige accidentelle selon les Règles N 84

EKLIPS N39		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	80	1,71	1,97	2,00	2,00	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	108	1,35	1,57	1,78	2,00	1,72	1,91	2,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00
	144			1,40	1,74	1,35	1,60	1,78	1,99	1,55	1,81	1,96	2,00

Tableau 15 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 sous charges ascendantes dues au vent normal selon les Règles NV 65 modifiées 2009

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m ²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	65	2,00	2,00	2,00	2,00	1,88	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	85	1,95	2,00	2,00	2,00	1,51	1,74	1,89	2,00	1,71	1,91	2,00	2,00
	95	1,72	2,00	2,00	2,00		1,59	1,76	1,98	1,51	1,78	1,93	2,00
	105	1,54	1,83	2,00	2,00		1,41	1,63	1,89	1,31	1,62	1,82	2,00
	125		1,51	1,74	2,00			1,32	1,70			1,54	1,88

3.1.5. Tableaux de portées/charges EKLIPS N45 selon NV65 modifiées 2009 et N84

Ces tableaux sont identiques aux tableaux figurant sur la fiche technique AMCF EKLIPS N45 présente en annexe 2 :

- Neige normale : tableau 16.
- Neige accidentelle : tableau 17.
- Vent normal : tableau 18.

Ils concernent les charges climatiques pour des travées égales.

Pour les cas non prévus dans ces tableaux précalculés (autres charges, chargements non uniformes, etc.), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique ARCELORMITTAL Construction France.

Les tableaux de charges présentés dans ce chapitre incluent un **poids propre de modules de 15 daN/m² pour les charges descendantes et 10 daN/m² pour les charges ascendantes**. Il est possible de demander au Service Assistance Technique ARCELORMITTAL Construction France un calcul plus précis.

Tableau 16 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N45 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige normale selon les Règles N 84

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	50	1,65	1,76	1,83	1,94	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	55	1,57	1,71	1,79	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	60	1,49	1,66	1,75	1,87	2,00	2,00	2,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00
	65	1,40	1,60	1,71	1,83	2,01	2,00	2,00	2,00	1,88	1,98	2,00	2,00
	70	1,32	1,53	1,66	1,80	1,98	2,00	2,00	2,00	1,84	1,94	2,00	2,00
	80		1,39	1,55	1,73	1,84	2,00	2,00	2,00	1,77	1,87	1,95	2,00
	90			1,43	1,66	1,68	1,92	2,01	2,00	1,70	1,80	1,88	2,00
	100			1,31	1,59	1,55	1,79	1,96	2,00	1,64	1,74	1,82	1,96
	110				1,50	1,45	1,67	1,86	2,00	1,57	1,69	1,77	1,91
	125				1,37		1,51	1,70	1,97	1,45	1,61	1,70	1,84

Les critères de flèches sont ceux du NF DTU 40.35 et les critères de montage sont ceux du cahier CSTB 3817.

Tableau 17 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N45 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige accidentelle selon les Règles N 84

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	80	1,72	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	108	1,36	1,58	1,79	2,00	1,75	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	144			1,42	1,76	1,38	1,59	1,83	2,00	1,56	1,84	2,00	2,00

Tableau 18 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N45 sous charges ascendantes dues au vent normal selon les Règles NV 65 modifiées 2009

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m ²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	65	2,00	2,00	2,00	2,00	1,97	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	85	2,00	2,00	2,00	2,00	1,54	1,81	1,98	2,00	1,77	2,00	2,00	2,00
	95	1,76	2,00	2,00	2,00	1,35	1,61	1,83	2,00	1,54	1,86	2,00	2,00
	105	1,58	1,88	2,00	2,00		1,46	1,66	1,99	1,38	1,65	1,91	2,00
	125		1,55	1,78	2,00			1,37	1,74		1,34	1,56	1,98

3.1.6. Tableaux de portées/charges EKLIPS N39 selon les Eurocodes

Ces tableaux sont identiques aux tableaux figurant sur la fiche technique AMCF EKLIPS N39 présente en annexe 3 :

- Neige caractéristique : tableau 19.
- Neige accidentelle : tableau 20.
- Vent caractéristique : tableau 21.

Ils concernent les charges climatiques pour des travées égales.

Pour les cas non prévus dans ces tableaux précalculés (autres charges, chargements non uniformes, etc.), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique ARCELORMITTAL Construction France.

Les tableaux de charges présentés dans ce chapitre incluent un **poids propre de modules de 15 daN/m² pour les charges descendantes et 10 daN/m² pour les charges ascendantes**. Il est possible de demander au Service Assistance Technique ARCELORMITTAL Construction France un calcul plus précis.

Tableau 19 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	50	1,61	1,72	1,80	1,93	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	55	1,54	1,67	1,76	1,89	1,97	2,00	2,00	2,00	1,91	2,00	2,00	2,00
	60	1,47	1,62	1,71	1,85	1,94	2,00	2,00	2,00	1,86	1,96	2,00	2,00
	65	1,39	1,57	1,67	1,81	1,91	1,98	2,00	2,00	1,82	1,93	2,00	2,00
	70	1,31	1,51	1,62	1,77	1,87	1,95	2,00	2,00	1,78	1,89	1,97	2,00
	80		1,38	1,53	1,70	1,78	1,90	1,96	2,00	1,70	1,81	1,90	2,00
	90			1,42	1,63	1,68	1,84	1,91	2,00	1,63	1,74	1,83	1,97
	100			1,30	1,56	1,56	1,76	1,86	1,97	1,57	1,68	1,77	1,92
	110				1,48	1,43	1,67	1,80	1,94	1,51	1,62	1,71	1,86
125				1,35		1,51	1,69	1,88	1,42	1,54	1,63	1,79	

Tableau 20 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige accidentelle selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	80	1,71	1,97	2,00	2,00	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	108	1,35	1,57	1,78	2,00	1,72	1,91	2,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00
	144			1,40	1,74	1,35	1,60	1,78	1,99	1,55	1,81	1,96	2,00

Tableau 21 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 sous charges ascendantes dues au vent caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m ²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	70	2,00	2,00	2,00	2,00	1,97	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,70	1,89	1,99	2,00	1,88	2,00	2,00	2,00
	110	1,79	2,00	2,00	2,00	1,37	1,64	1,80	2,00	1,58	1,83	1,96	2,00
	130	1,48	1,77	2,00	2,00		1,35	1,58	1,86		1,56	1,78	2,00
	150		1,51	1,74	2,00			1,32	1,70			1,54	1,88

3.1.7. Tableaux de portées/charges EKLIPS N45 selon les Eurocodes

Ces tableaux sont identiques aux tableaux figurant sur la fiche technique AMCF EKLIPS N45 présente en annexe 4 :

- Neige caractéristique : tableau 19.
- Neige accidentelle : tableau 20.
- Vent caractéristique : tableau 21.

Ils concernent les charges climatiques pour des travées égales.

Pour les cas non prévus dans ces tableaux précalculés (autres charges, chargements non uniformes, etc.), une étude doit être réalisée au cas par cas par le service technique ARCELORMITTAL Construction France.

Les tableaux de charges présentés dans ce chapitre incluent un **pooids propre de modules de 15 daN/m² pour les charges descendantes et 10 daN/m² pour les charges ascendantes**. Il est possible de demander au Service Assistance Technique ARCELORMITTAL Construction France un calcul plus précis.

Tableau 22 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N45 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	50	1,65	1,76	1,83	1,94	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	55	1,57	1,71	1,79	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	60	1,49	1,66	1,75	1,87	2,00	2,00	2,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00
	65	1,40	1,60	1,71	1,83	2,00	2,00	2,00	2,00	1,88	1,98	2,00	2,00
	70	1,32	1,53	1,66	1,80	1,98	2,00	2,00	2,00	1,84	1,94	2,00	2,00
	80		1,39	1,55	1,73	1,84	2,00	2,00	2,00	1,77	1,87	1,95	2,00
	90			1,43	1,66	1,68	1,92	2,00	2,00	1,70	1,80	1,88	2,00
	100			1,31	1,59	1,55	1,79	1,96	2,00	1,64	1,74	1,82	1,96
	110				1,50	1,45	1,67	1,86	2,00	1,57	1,69	1,77	1,91
125				1,37		1,51	1,70	1,97	1,45	1,61	1,70	1,84	

Tableau 23 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N45 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige accidentelle selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	80	1,72	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	108	1,36	1,58	1,79	2,00	1,75	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	144			1,42	1,76	1,38	1,59	1,83	2,00	1,56	1,84	2,00	2,00

Tableau 24 : Portées admissibles des plaques EKLIPS N45 sous charges ascendantes dues au vent caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m ²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	70	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,76	1,98	2,00	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00
	110	1,84	2,00	2,00	2,00	1,42	1,68	1,89	2,00	1,61	1,92	2,00	2,00
	130	1,52	1,82	2,00	2,00		1,40	1,61	1,96		1,59	1,85	2,00
	150		1,55	1,78	2,00			1,37	1,74		1,34	1,56	1,98

3.2. Fixation des plaques nervurées EKLIPS N

3.2.1. Fixation des plaques à la charpente

Seules les **fixations en sommets de nervure** sont compatibles avec le procédé MINIRAILS PAYSAGE.

Les fixations et accessoires de fixations utilisés doivent être conformes aux spécifications du NF DTU 40.35 :

- § 5.4,
- annexe A
- et annexe K (tableaux K1 et K2).

3.2.2. Fixation de couture des plaques

Les fixations utilisées pour le couturage des plaques EKLIPS N doivent être conformes aux spécifications du NF DTU 40.35 :

- § 5.4,
- annexe A
- et annexe K (tableau K5).

3.3. Accessoires de couverture

3.3.1. Accessoires métalliques

Les accessoires métalliques nécessaires à la pose des couvertures EKLIPS N et aux traitements des points singuliers sont fabriqués et fournis par la société ARCELORMITTAL Construction France.

Ces pièces sont conformes au NF DTU 40.35 et sont fabriquées à partir de tôles d'acier d'épaisseur nominale 75/100^{ème} avec prélaquage simple ou double face.

Liste non exhaustive :

- Bandes de rives (longueur maximale de 4.000 mm)
- Faîtières (longueur maximale 2.100 mm)
- Demi-faîtière à boudin
- Faîtière double aérée
- Demi- faîtière double aérée
- Faîtière simple aérée
- Faîtière en solin
- Larmier égout (bavette panne sablière)

3.3.2. Passages de câbles

Les traversées des plaques EKLIPS N par les câbles électriques doivent être traitées à l'aide de manchon d'étanchéité conique en caoutchouc EPDM sur embase carrée alu/EPDM, à découper en fonction du diamètre de l'élément traversant, type PIPECO.

Figure 6 : Manchon d'étanchéité en caoutchouc PIPECO



3.4. Kit MINIRAILS PAYSAGE

3.4.1. Composition du Kit MINIRAILS PAYSAGE

Le kit MINIRAILS PAYSAGE fourni par la société BAYWA RE Solar Systems SAS se compose de :

- Profilés MINIRAILS :
 - MINIRAILS C24 + EPDM prémonté,
 - ou MINIRAILS C47 + EPDM prémonté.
- Visserie spécifique de fixation des MINIRAILS sur les plaques de couverture EKLIPS N.

- Brides de fixation des modules photovoltaïques :
 - brides centrales, équipées d'un accessoire de mise à la terre
 - brides d'extrémité.
- Patte anti-glissement.

Le kit MINIRAILS PAYSAGE est impérativement fourni par la société BAYWA RE Solar Systems SAS et aucun élément n'est substituable sur les chantiers.

3.4.2. MINIRAIL C24

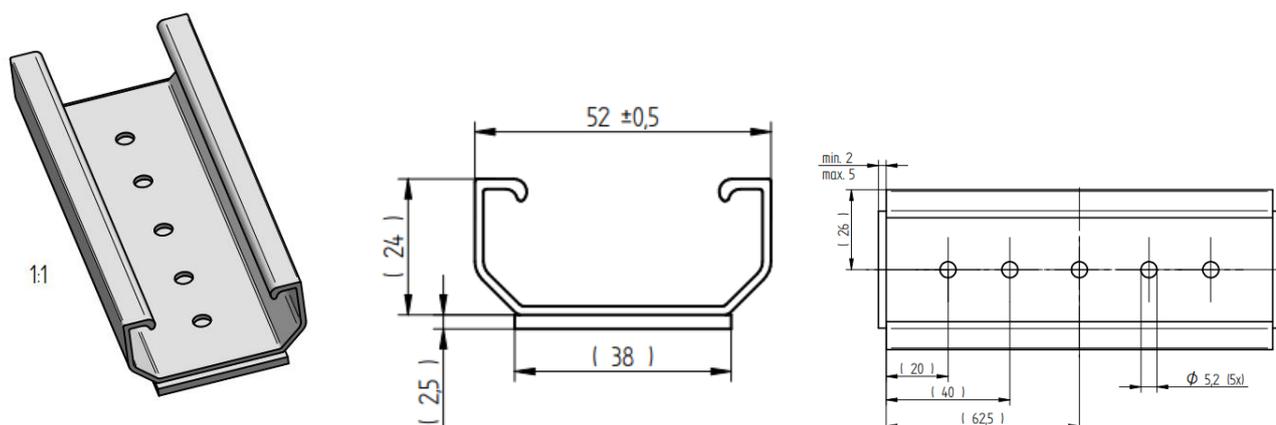
Le MINIRAIL C24 est un profilé en aluminium EN AW 6063 T66 (cf. figure 7) :

- Largeur hors-tout : 52 mm
- Hauteur : 24 mm
- Longueur : 125 mm
- Epaisseur nominale : 2 mm

Le MINIRAIL C24 comporte 5 trous préperforés de diamètre 5,2 mm.

Le MINIRAIL C24 est associé en usine à une bande d'étanchéité en EPDM d'épaisseur 2,5 mm (collée en sous-face) décrite au § 3.4.4.

Figure 7 : MINIRAIL C24



3.4.3. MINIRAIL C47

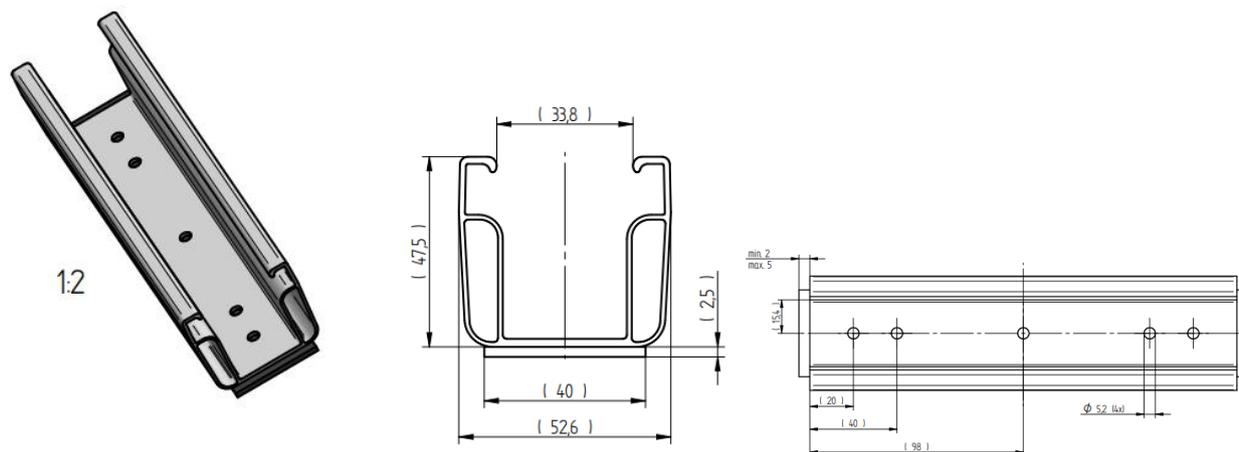
Le MINIRAIL C47 est un profilé en aluminium EN AW 6063 T66 (cf. figure 8) :

- Largeur hors-tout : 52,6 mm
- Hauteur : 47,5 mm
- Longueur : 200 mm
- Epaisseur nominale : 2 mm

Le MINIRAIL C47 comporte 5 trous préperforés de diamètre 5,2 mm.

Le MINIRAIL C47 est associé en usine à une bande d'étanchéité en EPDM (collée en sous-face) décrite au § 3.4.4.

Figure 8 : MINIRAIL C47



3.4.4. Etanchéité EPDM

Les MINIRAILS C24 et MINIRAILS C47 sont associés en usine avec une bande d'étanchéité EPDM collée en sous-face. Cette bande est une membrane d'étanchéité à base de caoutchouc synthétique EPDM avec tissu de verre. L'une des faces possède une couche autocollante de bitume modifié par des polymères, qui permet son collage en usine sous les MINIRAILS.

Cette bande qui bénéficie d'un ATG en cours de validité présente les caractéristiques indiquées au tableau 25.

Tableau 25 : Caractérisation des bandes EPDM du procédé MINIRAILS PAYSAGE

Caractéristique	Unité	Référentiel	Valeur
Epaisseur totale	mm	-	2,5 ± 10 %
Longueur x largeur	mm	-	125 x 38 mm sur MINIRAIL C24 200 x 40 mm sur MINIRAIL C47
Epaisseur de la couche EPDM	mm	-	1,6
Résistance à la traction	N/50 mm	DIN EN 12311-2	Longitudinale : > 300 Transversale : > 300
Allongement	%	DIN EN 12311-2	Longitudinale : > 500 Transversale : > 500
Stabilité dimensionnelle après 6 heures à 80 °C	%	DIN EN 1107-2	Longitudinale : ≤ 0,5 Transversale : ≤ 0,5

3.4.5. Fixation des MINIRAILS

Les MINIRAILS C24 et C47 sont fixés sur le sommet des nervures des plaques EKLIPS N à l'aide de vis autoperceuses REISSER référence RP-T2 6 x 25 mm, prémontées avec rondelle d'étanchéité E16 de diamètre 16 mm :

- Vis inox bimétal (acier inox A2/acier).
- Capacité de perçage dans l'acier : < 2,5 mm
- Diamètre de la tête (hors rondelle) : 11,5 mm
- Empreinte torx SW8

Rappel : Ces vis sont impérativement fournies avec le kit MINIRAILS PAYSAGE et ne sont pas substituables sur les chantiers.

3.4.6. Brides de fixation des modules

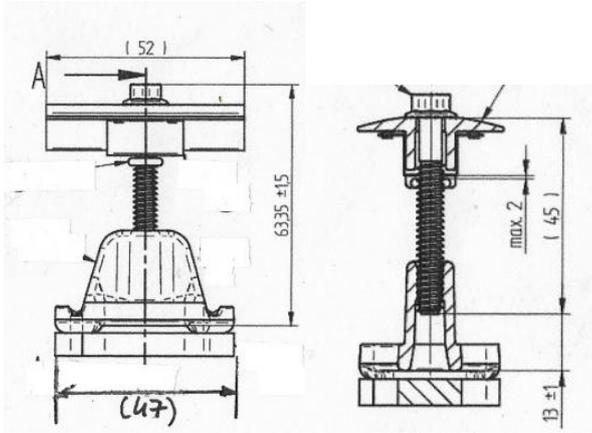
3.4.6.1. Bride centrale (Inter-module)

Les brides centrales s'utilisent en milieu de champ photovoltaïque (entre deux modules). Elles sont compatibles avec les MINIRAILS C24 et C47.

Elles sont composées d'une partie en aluminium 6063 T66 et d'un patin en polyéthylène.
 Elles s'adaptent à tous les modules ayant un cadre de 30 à 35 mm de hauteur.
 Elles disposent d'une empreinte torx SW8 pour le serrage.

Le patin s'oppose au glissement de la bride dans le MINIRAIL en phase de montage.

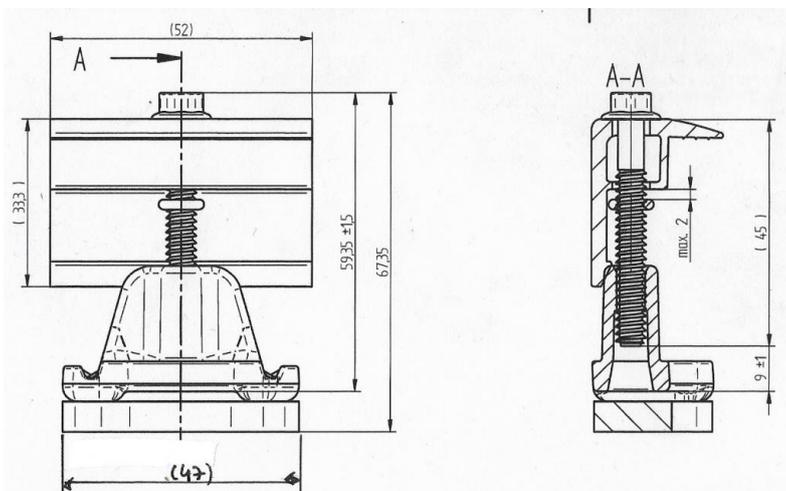
Figure 9 : Bride centrale de fixation des modules



3.4.6.2. Bride d'extrémité

Les brides d'extrémité s'utilisent en périphérie de champ photovoltaïque (haut et bas de champ).
 Elles sont compatibles avec les MINIRAILS C24 et C47.
 Elles sont composées d'une partie en aluminium 6063 T66 et d'un patin en polyéthylène.
 Elles s'adaptent à tous les modules ayant un cadre de 30 à 35 mm de hauteur.
 Elles disposent d'une empreinte torx SW8 pour le serrage.

Figure 10 : Bride d'extrémité de fixation des modules



Le patin s'oppose au glissement de la bride dans le MINIRAIL en phase de montage.

3.4.7. Patte anti-glissement

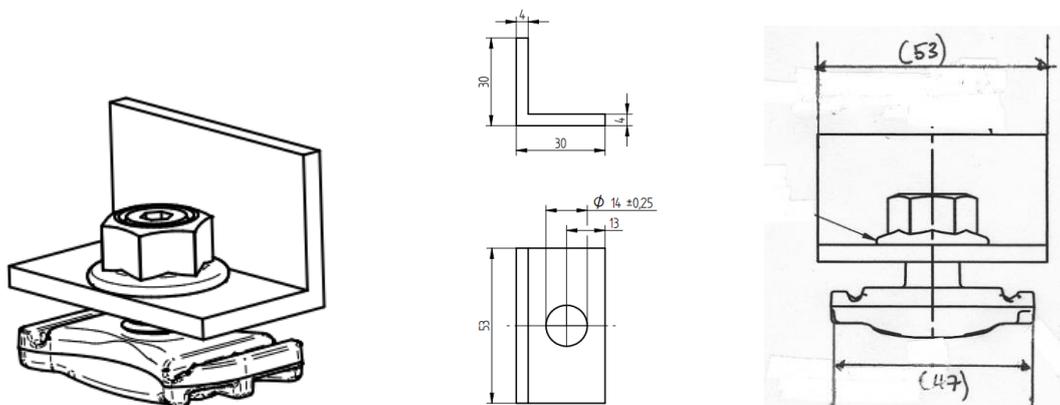
Les pattes anti-glissement s'utilisent en partie basse des champs photovoltaïques.

Elles sont compatibles avec les MINIRAILS C24 et C47.

Elles sont en aluminium 6063 T66, et s'adaptent à tous les modules ayant un cadre de 30 à 35 mm de hauteur.

Elles disposent d'une empreinte torx SW18 pour le serrage.

Figure 11 : Patte anti-glissement



3.4.8. Mise à la terre

L'accessoire de mise à la terre est prémonté sur les brides centrales.

Cet accessoire est prémonté sur toutes les attaches centrales pour le marché français. Il répond aux critères LCIE et a été validé via le test LCIE réalisé au TUV Rheinland selon le protocole associé.

Figure 12 : Mise à la terre



3.5. Modules photovoltaïques

3.5.1. Généralités

La liste des modules photovoltaïques compatibles avec le procédé MINIRAILS PAYSAGE figure dans la « Grille de vérification des modules » en cours de validité, accolée à la suite de la présente Appréciation Technique d'Expérimentation.

La BOM (Bill Of Materials) de chaque gamme de modules et donc les références de tous les composants est rendue disponible auprès du CSTB.

Les caractéristiques génériques des modules photovoltaïques concernés sont détaillées ci-après.

3.5.2. Caractéristiques électriques

3.5.2.1. Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

La conformité des modules photovoltaïques cadrés à la norme NF EN 61215 permet de déterminer leurs caractéristiques électriques et thermiques et de s'assurer de leur aptitude à supporter une exposition prolongée aux climats généraux d'air libre, définis dans la norme CEI 60721-2-1.

3.5.2.2. Sécurité électrique

Les modules cadrés ont été certifiés conformes à la classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61730.

3.5.2.3. Performances électriques

Les puissances électriques des modules sont validées par les normes NF EN 61215 et NF EN 61730.

Dans les tableaux de la Grille vérification des modules, les performances électriques actuelles des modules ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC (Standard Test Conditions : éclairage de 1 000 W/m² et répartition spectrale solaire de référence selon la norme CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C).

3.5.3. Caractéristiques dimensionnelles

Les caractéristiques dimensionnelles des modules sont données dans la « Grille de vérification des modules ».

Elles respectent les critères suivants.

- Longueur comprise entre 1 722 et 1 835 mm.
- Largeur comprise entre 1 042 et 1 134 mm.
- Hauteur du cadre compris entre 30 et 35 mm.
- Masse spécifique comprise entre 10,0 et 11,09 kg/m².

3.5.4. Face arrière

Face arrière faite d'un film de sous-face ou bien module bi-verre, faisant partie de la BOM des modules validés.

3.5.5. Cellules photovoltaïques

Cellules en silicium faisant partie de la BOM des modules validés.

3.5.6. Intercalaire encapsulant

Référence faisant partie de la BOM des modules validés.

3.5.7. Vitrage

Verre imprimé ou float, trempé selon la norme EN 12150, avec ou sans couche antireflet.

3.5.8. Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules est composé de profils en aluminium EN AW de série supérieure ou égale à 6000, d'état métallurgique au moins T5, T6 ou T66, définis dans la « Grille de vérification » accolée à la suite de la présente Appréciation Technique d'Expérimentation, anodisé d'épaisseur $\geq 10 \mu\text{m}$.

Le cadre des modules présente deux profilés longitudinaux et deux profilés transversaux.

Les profilés sont reliés entre eux à l'aide d'équerres métalliques serties ou par vissage.

Les profils longitudinaux du module sont percés en usine afin de prévoir la connexion des câbles de liaison équipotentielle des masses.

Un collage est appliqué entre le cadre et le verre du module.

La prise en feuillure minimale du cadre sur le laminé est de 7 mm.

3.5.9. Constituants électriques

3.5.9.1. Boîte de connexion

Une boîte de connexion est collée en sous-face du module. Sa position et ses dimensions sont compatibles avec le système de montage.

Cette boîte de connexion est fournie avec des diodes bypass (qui protègent chacune une série de cellules) et permet le raccordement aux câbles qui assurent la connexion des modules.

Elle possède les caractéristiques minimales suivantes :

- Indice de protection : IP65 minimum.
- Tension de système maximum : 1 000 à 1 500 V DC entre polarités et avec la terre (cf. Grille de vérification des modules).
- Certificat de conformité valide à la norme IEC 62790:2014.
- La référence fait partie de la BOM des modules validés.

3.5.9.2. Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles DC électriques de 0,28 m minimum chacun dont la section est de 4 mm². Ces câbles se trouvent à l'arrière du module, en sortie de la boîte de connexion, et sont équipés de connecteurs adaptés.

Ces câbles ont les spécifications minimales suivantes :

- Tension assignée : 1 000 à 1 500 V (cf. Grille de vérification des modules).
- Certificat de conformité valide à la norme EN 50618:2015 ou IEC 62930:2017.
- La référence fait partie de la BOM des modules validés.

Tous les câbles électriques de l'installation (en sortie des modules et pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur) sont en accord avec la norme NF C 15-100 en vigueur, les guides UTE C 15-712 en vigueur et les spécifications des onduleurs (longueur et section de câble adaptées au projet).

3.5.9.3. Connecteurs électriques

Connecteurs avec système de verrouillage et préassemblés en usine aux câbles des modules. Ces connecteurs ont les caractéristiques minimales suivantes :

- Indice de protection (connecté) : IP 65 minimum.
- Tension assignée de 1 000 à 1 500 V (cf. Grille de vérification des modules).
- Certificat de conformité valide à la norme IEC 62852:2014.
- La référence fait partie de la BOM des modules validés.

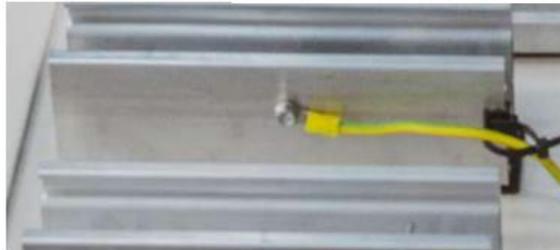
Les connecteurs des câbles supplémentaires (pour les connexions entre séries de modules et vers l'onduleur) doivent être identiques (même fabricant, même marque et même type) aux connecteurs auxquels ils sont destinés à être reliés : pour ce faire, des rallonges peuvent être fabriquées grâce à des sertisseuses spécifiques.

3.6. Constituants électriques annexes

3.6.1. Câbles de liaison équipotentielle des masses (non fournis)

La mise à la terre de l'installation doit être réalisée via un câble de terre vert/jaune équipé d'une cosse vissée avec une vis autoperceuse sur le côté d'un MINIRAIL recevant une bride centrale exclusivement (cf. figure 12 et figure 13).

Figure 13 : Câble de mise à la terre



3.6.2. Chemins de câbles (non fournis)

Les câbles en courant continu seront mis en œuvre dans des chemins de câbles spécifiques (la circulation de ces câbles est dissociée de celles de câbles en courant alternatif).

Le type et les dimensions des chemins de câbles ainsi que leurs couvercles sont définis par l'électricien en charge de l'exécution de la partie électrique de l'installation. Ils doivent être capotés sur toute la longueur des parties exposées au soleil ou aux intempéries.

Les supports des chemins de câbles doivent résister aux UV et aux intempéries.

Ces chemins de câbles, capots et supports doivent être en acier galvanisé (le grammage de revêtement étant adapté à l'atmosphère extérieure) à chaud (selon la norme EN ISO 1461). Attention, aucune recoupe de ces éléments ne sera tolérée du fait de la perte du revêtement galvanisé.

La visserie devra être en acier inoxydable A2.

Les chemins de câbles doivent permettre leur mise à la terre, la ventilation des câbles et l'évacuation de l'eau en évitant la rétention d'eau.

3.6.3. Colliers de fixation des câbles

Afin que les câbles électriques ne soient pas en contact avec les plaques nervurées d'acier, il est indispensable d'utiliser des colliers de fixation. Ils doivent avoir une température d'utilisation de - 40°C à + 85°C, être non-propagateur de flamme et de résistance aux UV Type 1 selon la norme EN 62275.

Ils peuvent être fournis par BAYWA RE Solar Systems SAS avec le kit MINIRAILS PAYSAGE.

3.6.4. Onduleurs et autres matériels électriques (non fournis)

Une installation photovoltaïque comprend également des éléments électriques complémentaires, non examinés dans le cadre de la présente ATEX qui se limite à la partie électrique en courant continu.

C'est le cas notamment des onduleurs et des câbles électriques reliant le champ photovoltaïque au réseau électrique en aval de l'onduleur.

3.7. Outillage indispensable

La fixation des MINIRAILS et le serrage des brides de fixation des modules impose l'utilisation d'embouts pour visseuse SW8. La patte anti-glissement impose l'utilisation d'embouts pour visseuse SW18.

De tels embouts peuvent être fournis par la société BAYWA RE Solar Systems SAS avec le kit MINIRAILS PAYSAGE.

4. Fabrications et contrôles

4.1. Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques a été examinée dans le cadre de la vérification des modules. Les informations principales (site(s) de fabrication, certification ISO 9001, tolérance sur le flash-test, mesure(s) par électroluminescence, inspection finale) sont données dans la grille de vérification des modules.

4.2. Système de montage MINIRAILS

Les éléments composants la structure sont fabriqués par les prestataires de Novotegra GmbH sur cahier des charges spécifique. Tous ces éléments sont réceptionnés au siège de Novotegra GmbH à Tubingen afin de faire l'objet d'un contrôle qualité.

La société Novotegra GmbH a déposé auprès du CSTB la liste des prestataires fabriquant leurs pièces (pièces de conception Novotegra).

Des contrôles dimensionnels et/ou fonctionnels, par échantillonnage d'une pièce par colis, sont mis en place dans l'atelier en fonction du produit suivant un cahier de contrôle :

- Contrôles réception d'articles achetés ou sous-traités :
 - 03-001236 / 03-001433 / 03-000880
 - 03-001108 / 03-000841 / 03-000233
- La description du système qualité Novotegra a été fournie au CSTB.

4.3. Plaques de couverture EKLIPS N

Les profils Ekplis N sont fabriqués par la société AMCF (Arcelormittal Construction France).

L'ensemble des sites AMCF situés en France est certifié ISO 9001 : 2008.

Les contrôles des bobines d'acier galvanisé prélaqué utilisées lors de la fabrication sont effectués en production tout au long des différents stades industriels conformément aux normes NF EN 10346 et XP P 34-301. Les contrôles des bobines revêtues de ZM EVOLUTION nu ou avec revêtement organique utilisées lors de la fabrication sont effectués en production tout au long des différents stades industriels conformément au paragraphe 3.2 de l'ETPM 19/0064.

Lors de l'opération de profilage, à la fin de chaque montage machine, le contrôle géométrique du profil est effectué afin de réceptionner le montage avant la mise en production (cf. norme NF EN 14782). La production est systématiquement contrôlée conformément aux exigences de la norme NF EN 14782, complétées par un minimum de 3 contrôles par poste.

L'aspect général du produit est contrôlé en continu, de façon visuelle.

5. Conditionnement, étiquetage et stockage

5.1. Modules photovoltaïques

Les modalités de conditionnement (nombre de modules par emballage, nature de l'emballage, position des modules, séparateurs entre modules) des modules sont indiquées dans la grille de vérification des modules.

Les modules conditionnés ensemble sont obligatoirement de la même nature et de la même puissance.

Le module est lui-même identifié par un étiquetage conforme à la norme NF EN 50380.

Les marques commerciales et les références des modules sont inscrites à l'arrière du module reprenant les informations conformément à la norme NF EN 50380 : le nom du module, son numéro de série, ses principales caractéristiques électriques ainsi que le nom et l'adresse du fabricant. Cet étiquetage fait également mention du risque inhérent à la production d'électricité du module dès son exposition à un rayonnement lumineux.

Les numéros de série des modules font l'objet de traçabilité par le distributeur BayWa RE Solar Systems SAS (la liste des flash tests par numéros de série pour la référence de chantier concernée est mise à disposition du client)

5.2. Kit MINIRAILS PAYSAGE

Dès la fin de fabrication d'un lot ou dès la réception des pièces fournies par un sous-traitant, les pièces sont enregistrées et stockées en magasin avec leurs étiquettes et leurs codes-barres/code-articles

L'ensemble du matériel et de la visserie sont conditionnés en cartons identifiés au projet sur palettes. Une étiquette individuelle permet d'identifier chacun des composants. Elle précise le type, la référence, la quantité de composants, le projet et le numéro du colis.

En attendant l'expédition sur chantier, chaque projet est conditionné sur palette filmée et étiquetée avec le numéro de la commande, le nom du chantier et l'adresse de destination (une photo de la ou les palettes sont prises et archivées dans le dossier de la commande avant chargement par le transporteur)

5.3. Plaques de couverture EKLIPS N

Les profils EKLIPS N fabriqués par la société ARCELORMITTAL Construction France sont conditionnés par colis. Chaque colis comporte un étiquetage complété par une Déclaration De Performance (DoP) par expédition.

L'étiquetage précise à minima :

- Le fabricant.
- La référence de la tôle.
- Les éléments relatifs au marquage CE.
- La caractéristique de la tôle.
- L'épaisseur de la tôle.
- La longueur de la tôle.
- Le nombre d'éléments.
- Le poids.
- Le nom du client.
- La référence chantier.

Ces colis doivent être transportés dans des conditions qui préservent les produits de l'humidité. Le stockage doit être fait sous abri ventilé (magasin couvert, bâche...). Les plaques doivent être inclinées dans le sens des nervures.

Pour les plaques nervurées munies d'un régulateur de condensation, les plaques doivent être stockées au sec avec une légère pente pour empêcher la retenue d'humidité dans le régulateur.

6. Livraison

Le système de traçabilité de BAYWA RE Solar Systems SAS permet de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés :

- Dénomination commerciale du procédé photovoltaïque.
- Référence de l'ATEX.
- Date de mise en œuvre de l'installation.
- Nom du maître d'ouvrage.
- Adresse ou coordonnées GPS du site de l'installation.
- Nom de l'entreprise d'installation.
- Référence et numéros de série des modules photovoltaïques.

La quantité exacte de chacun des éléments du système de montage est déterminée lors de l'élaboration du devis, et confirmée lors du plan de calepinage, par le service Novotegra France.

Une liste de suivi (ou bon de livraison) faisant la synthèse des colis avec les pièces concernées, référence et quantité est éditée à chaque projet. Elle permet la validation et le contrôle des composants avant l'envoi sur chantier. Le chef de chantier réceptionne la marchandise avec la même liste de contrôle pour valider la réception de la marchandise avant montage.

La notice de montage et une série de plans d'exécution spécifiques au projet considéré (position des modules, rails) sont fournies avec le procédé lors de la livraison qui est effectuée sur chaque chantier spécifique.

L'installateur doit prévoir :

- La vérification visuelle que les emballages des modules photovoltaïques sont intacts à réception sur site.
- La vérification visuelle que les modules photovoltaïques sont intacts au déballage.
- La vérification de la conformité des kits MINIRAILS avec les de commandes.
- À la réception des fournitures, un autocontrôle du choix des fixations des plaques EKLIPS N.

7. Mise en œuvre

7.1. Conditions préalables à la pose

Tout projet doit faire l'objet d'une étude de faisabilité vis-à-vis des charges climatiques qui s'exercent sur l'ouvrage (cf. § 1.3).

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées doivent être respectées.

Il est également nécessaire de noter que :

- La mise en œuvre requiert un strict respect des plans de réalisation du chantier (entraxe des pièces, densité de fixation...), fournis par la société novotegra France.
- Dans le cas des toitures avec feutre tendu sur panne bénéficiant d'un Avis Technique, il est indispensable de se reporter à l'Avis Technique du feutre tendu utilisé pour en connaître le domaine d'emploi et les conditions de mise en œuvre.
- La mise en œuvre (ainsi que les opérations de réparation du procédé photovoltaïque) doit être assurée par des installateurs agréés par la société novotegra France (cf. § 10).
- Une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque est impérative.
- L'entraxe des pannes doit être compris entre 1,30 m et 2,00 m.
- Le procédé impose un calepinage centré des modules photovoltaïques par rapport à leurs deux rails supports (espacés de 1 m).
- La pose des MINIRAILS doit être réalisée dans les 6 mois maximum après la pose de la couverture métallique EKLIPS N.

7.2. Mise en œuvre de la couverture métallique EKLIPS N

7.2.1. Généralités

La mise en œuvre des plaques EKLIPS N est globalement réalisée conformément aux prescriptions du NF DTU 40.35, complétées par les éléments des sous-paragraphes ci-après.

Pour rappel, les plaques de couverture EKLIPS N doivent reposer sur des appuis définis au § 2.2.2.

Sont notamment conformes au NF DTU 40.35 :

- L'orientation des plaques nervurées, qui doivent être posées avec les nervures parallèles à la ligne de plus grande pente, en partant du bas vers le haut du versant.
- Le recouvrement longitudinal des plaques nervurées est donné par l'emboîtement de la nervure de rive emboîtante sur la nervure de rive emboîtée de la plaque nervurée précédente.
- Les plaques EKLIPS N se posent dans le sens inverse des vents de pluie dominants.
- Le recouvrement transversal se fait toujours au droit des appuis. Il doit être conçu de façon à ce que les axes de fixations se trouvent sensiblement au milieu du recouvrement. Il peut être réalisé avec ou sans complément d'étanchéité.
- Le recouvrement transversal des plaques EKLIPS N est de 150 mm minimum.
- La mise en œuvre des compléments d'étanchéité, qui doivent être conformes à la norme NF P 30-305.
- La réalisation des points singuliers.

Il peut être nécessaire de découper les plaques nervurées sur le chantier pour s'adapter aux caractéristiques de la toiture. Dans ce cas, il convient de respecter les dispositions suivantes :

- Protéger le revêtement organique afin d'éviter toute dégradation liée notamment à l'incrustation de particules métalliques chaudes.

- Eliminer les bavures.
- Protéger les tranches pendant le stockage et la manipulation.
- Eviter toutes rayures ou marquage pouvant constituer des amorces de corrosion dans le temps.
- Nettoyer soigneusement et au fur et à mesure de la pose, à la brosse nylon et à l'eau claire (sans détergent), de façon à éliminer les limailles liées au perçage.

7.2.2. Fixation des plaques à la structure porteuse

Seule la fixation des plaques EKLIPS N par sommet de nervure est autorisée.

Les fixations des plaques EKLIPS N à la charpente doivent être conformes au § 3.2.1.

Les vis de fixation de sommet de nervure (munies de leurs cavaliers) sont réparties sur les plaques EKLIPS N en respectant les prescriptions du § 6.1.4.3 du NF DTU 40.35 :

- Toutes les nervures, sur chaque panne, de la plaque de rive sont fixées.
- Toutes les nervures, au droit des recouvrements transversaux des plaques sont fixées.
- Toutes les nervures de l'avant dernière et de la dernière panne avant l'égout sont fixées.
- Toutes les nervures de l'avant dernière et de la dernière panne avant faitage sont fixées.
- Les plaques reposant sur trois appuis intermédiaires ou plus comportent au moins une fixation sur deux en quinconce, d'une panne intermédiaire à une autre.

De plus, en renforcement des dispositions du NF DTU 40.35, il est nécessaire de prévoir une fixation à chaque panne, sur les nervures où sont fixés les MINIRAILS.

7.2.3. Couturage des plaques

Les fixations de couturage des plaques EKLIPS N doivent être conformes au § 3.2.2.

En renforcement des dispositions du NF DTU 40.35, les plaques EKLIPS N **doivent être couturées** sur leurs recouvrements longitudinaux **tous les 66 cm maximum**.

7.2.4. Porte-à-faux des plaques

Les porte-à-faux des plaques EKLIPS N sont autorisés dans les mêmes limites que celles du NF DTU 40.35 (1/10^{ème} de la portée et limité à 0,30 m), avec un couturage de la partie en porte-à-faux à 10 cm environ de l'extrémité des plaques et un arrêt du champ photovoltaïque à 50 cm avant le porte-à-faux.

7.3. Mise en œuvre des MINIRAILS

7.3.1. Principe général

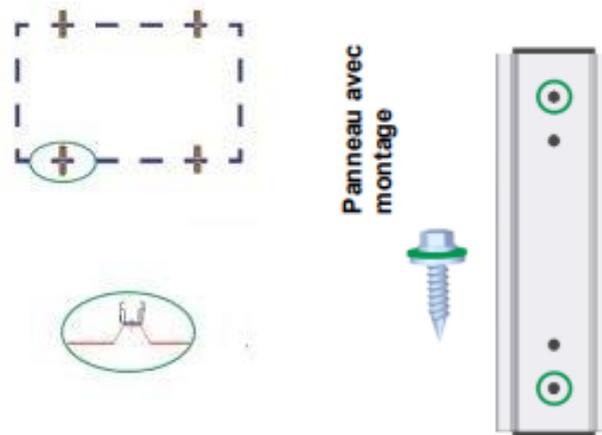
Chaque MINIRAIL (C24 ou C47) doit être fixé sur les plaques EKLIPS N :

- En sommet de nervure,
- à l'aide de 2 vis autoperceuses conformes au § 3.4.5 (vis fournies avec le kit MINIRAILS PAYSAGE).

Les vis doivent être positionnées sur les 2 trous extérieurs des MINIRAILS (trous d'extrémité).

Le couple de serrage à utiliser est de 3 Nm.

Figure 14 : Principe de fixation des MINIRAILS (exemple MINIRAILS C24)



7.3.2. Tolérances de pose des MINIRAILS

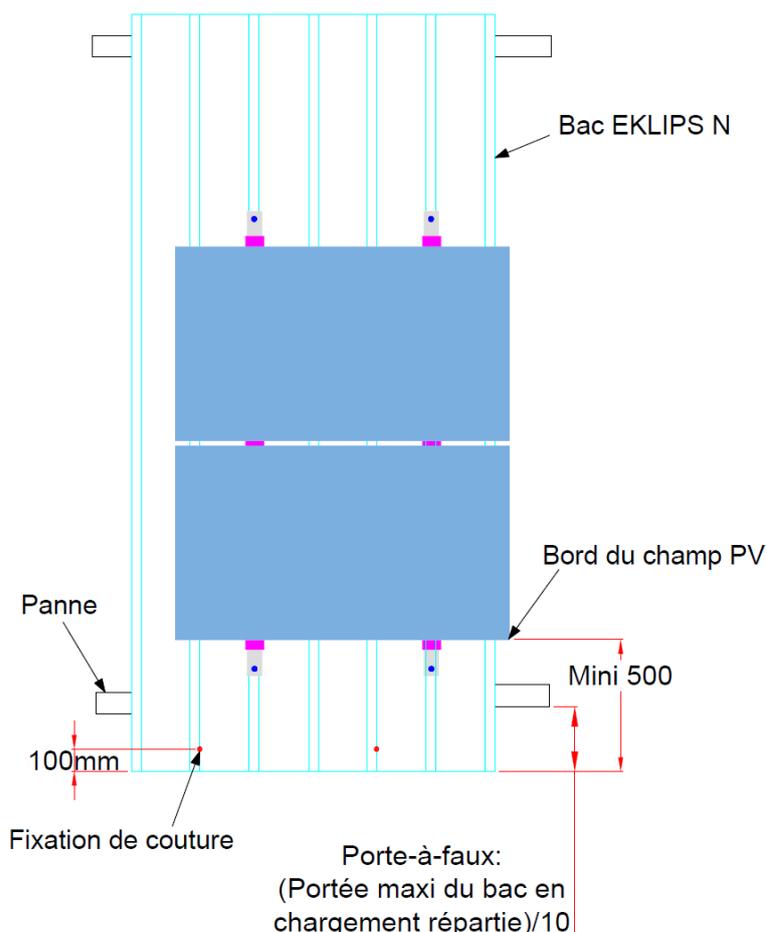
Les MINIRAILS sont positionnés conformément au plan de calepinage fourni (cf. § 1.3). Ils sont impérativement alignés, et espacés de 1,00 m (1 nervure sur 3).

La tolérance de pose du MINIRAIL par rapport à l'implantation théorique est de plus ou moins 15 mm.

Le bord du champ photovoltaïque devant impérativement être positionné à 50 cm minimum du bord des plaques EKLIPS N (cf. figure 15a), la distance minimale d'implantation des MINIRAILS vis-à-vis du bord des plaques est de :

- MINIRAILS C24 : 437 mm,
- MINIRAILS C47 : 400 mm.

Figure 15a : Implantation des MINIRAILS



7.3.3. Cas particulier d'un MINIRAIL au droit d'une fixation de plaque de couverture

Dans le cas où un MINIRAIL se situe au droit d'une fixation de plaque EKLIPS N à la charpente, il est nécessaire de le fixer par la fixation de sommet de nervure.

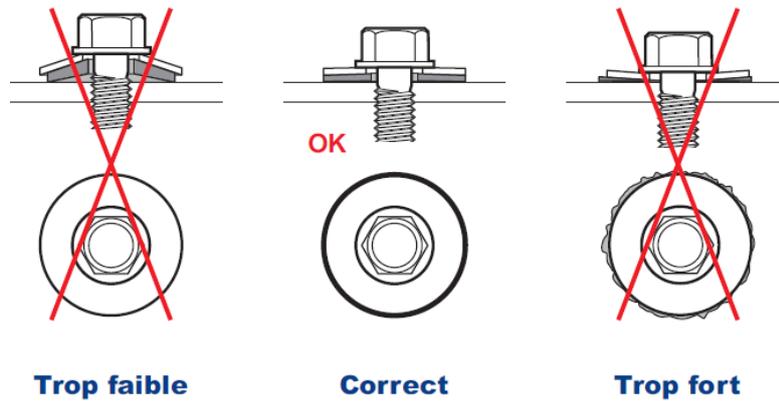
Dans ce cas, il convient :

- De percer le MINIRAIL, entre les 2 trous d'extrémité, à un diamètre supérieur à celui de la vis + 1 mm.
- De positionner le MINIRAIL de façon à aligner son nouveau perçage à la position de la vis de fixation de la plaque EKLIPS N.
- De mettre en place la fixation de sommet nervure, en remplaçant le cavalier usuel par une rondelle d'étanchéité de diamètre 16 mm.
La fixation utilisée doit être en mesure d'absorber une surépaisseur à serrer de 4,5 mm (épaisseur du MINIRAIL + EPDM).
- De fixer le MINIRAIL à la plaque EKLIPS N par ses 2 vis autoperceuses habituelles, dans les trous d'extrémité.

7.3.4. Contrôle des assemblages

Le poseur doit s'assurer du serrage des assemblages, conformément au principe de la figure 15b.

Figure 15b : Contrôle des serrages



7.4. Mise en œuvre des modules photovoltaïques

7.4.1. Principe

Chaque module photovoltaïque repose sur 4 MINIRAILS.

Les modules sont fixés sur leur grands côtés exclusivement (mode paysage).

Ils sont fixés (cf. figure 16) :

- En milieu de champ, par les brides centrales (inter-modules) définies au § 3.4.6.1. Ces brides induisent un espacement entre modules de 12 mm dans le sens de la pente (cf. figure 17).
- En périphérie de champ, par les brides d'extrémité définies au § 3.4.6.2.

Les brides centrales et d'extrémités sont mises en place dans les MINIRAILS, par rotation de leur partie basse.

Figure 16 : Montage des brides centrales et d'extrémité

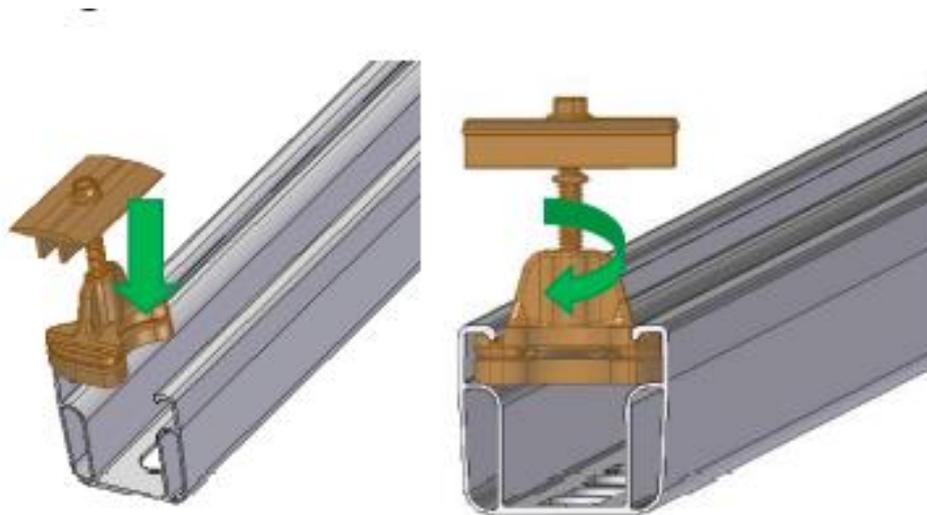
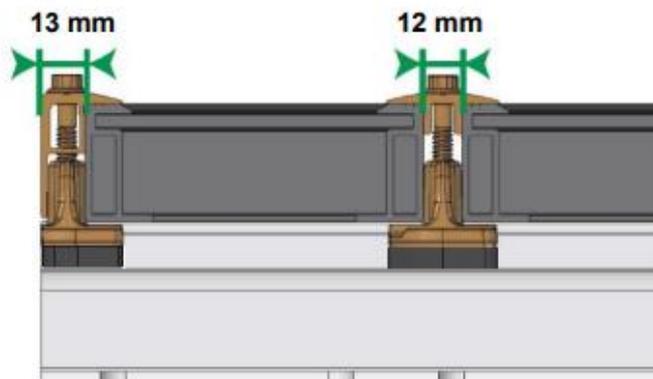


Figure 17 : Fixation des modules photovoltaïques



La pose des modules peut s'effectuer indifféremment de bas en haut ou de haut en bas du versant.

Néanmoins, pour des raisons d'équerrage de champ, il est recommandé d'effectuer la pose de bas en haut et de gauche à droite, selon la méthode du trait carré.

Les kits d'attaches se serrent avec un embout SW8 et avec un couple de serrage comme suit :

- bride centrale : 10 Nm
- bride extrémité : 8 Nm

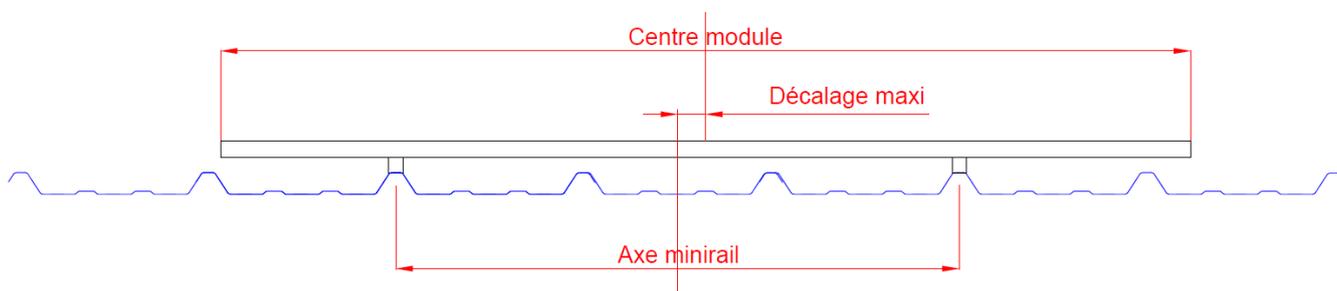
Il est nécessaire de mettre en place une patte anti-glissement (cf. § 3.4.7) sur chaque MINIRAIL en bas du champ photovoltaïque ou à chaque coupure de champ.

7.4.2. Tolérances de pose des modules / MINIRAILS

Les modules doivent être positionnés de sorte que le centre du module s'aligne avec l'axe entre les deux minirails supportant le module (figure 18). Un décalage de 14 cm maximum est autorisé entre ces deux axes, à condition d'appliquer les coefficients ci-dessous sur les charges ascendantes et descendantes.

Décalage (cm)	0	3	6	9	12	14
Coefficient	1,00	1,06	1,12	1,18	1,24	1,28

Figure 18 : Tolérance de pose des modules photovoltaïques



Les modules doivent être positionnés de façon à ce que les brides de fixation (brides centrales et brides d'extrémités) se situent au milieu des MINIRAILS, avec une tolérance de ± 10 mm.

7.5. Mise en œuvre électrique

7.5.1. Généralités

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux guides UTE C 15-712 en vigueur. Pour rappel, les câbles électriques et les connecteurs ne doivent pas reposer dans les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (cf. § 10.2).

Les modules photovoltaïques peuvent être connectés en série, parallèle ou série/parallèle.

Le nombre maximum de modules pouvant être raccordés en série est limité par la tension DC maximum d'entrée de l'onduleur tandis que le nombre maximum de modules ou de séries de modules pouvant être raccordés en parallèle est limité par le courant DC maximum d'entrée de l'onduleur. La tension maximum du champ photovoltaïque est aussi limitée par une tension de sécurité de 1 000 à 1 500 V (liée à la classe II de sécurité électrique).

7.5.2. Sécurité par rapport aux ombrages partiels

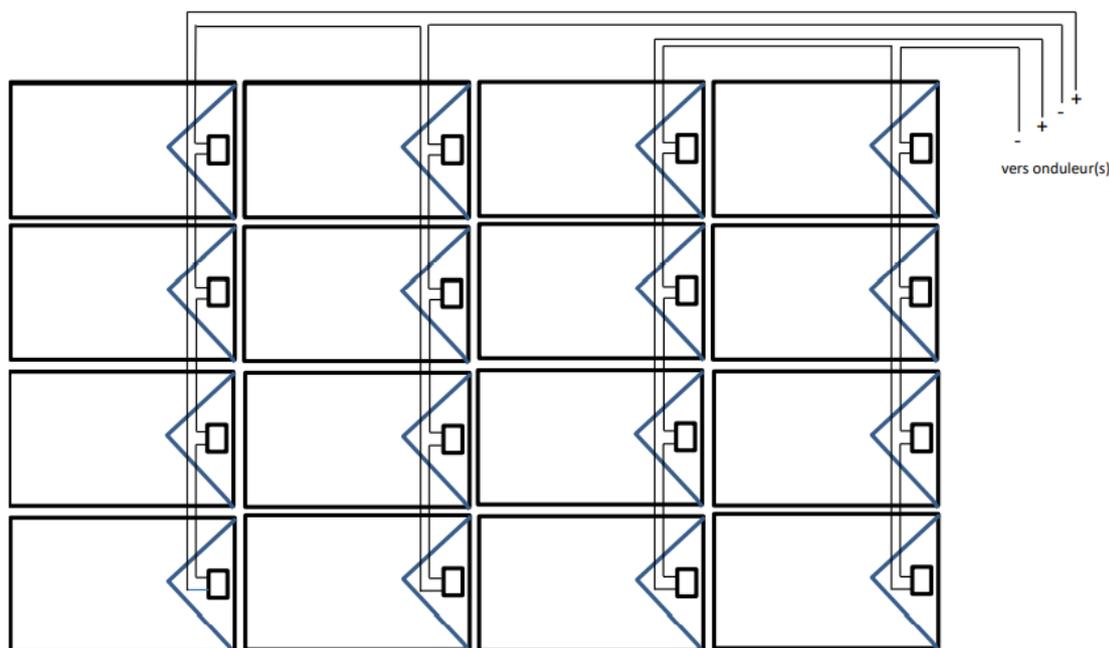
Le phénomène de "point chaud" pouvant conduire à une détérioration du module est évité grâce à l'implantation de diodes bypass sur chacun des modules photovoltaïques.

7.5.3. Connexions des câbles électriques

La connexion et le passage des câbles électriques s'effectuent sous le système de montage des modules : ils sont donc peu exposés au rayonnement solaire.

Le schéma de principe du câblage est décrit en figure 19.

Figure 19 : Principe de câblage des modules



Liaison intermodules et module/onduleur :

La mise en place des câbles, pour le passage d'une colonne à une autre ou pour la liaison des séries de modules au réseau, doit être réalisée avant le montage des modules. Elle est réalisée en passant les câbles entre la couverture et les modules. Chaque câble est repéré. L'ensemble du câblage doit être effectué alors qu'aucun câble n'est connecté au réseau et qu'ils sont protégés à leur extrémité par des connecteurs. La connexion des modules se fait au fur et à mesure de la pose des modules avant leur fixation.

La liaison entre les câbles électriques des modules et les câbles électriques supplémentaires (pour le passage d'une rangée à une autre ou pour la liaison des séries de modules au circuit électrique) doit toujours se faire au travers de connecteurs mâles et femelles du même fabricant, de la même marque et du même type. Pour ce faire, il peut être éventuellement nécessaire de

confectionner, grâce à des sertisseuses spécifiques, des rallonges disposant à chaque extrémité d'un connecteur de type différent.

Les câbles sont fixés aux MINIRAILS au moyen de clips pour câble, disponibles dans les accessoires proposés par Novotegra.

Figure 20 : Clips pour câbles



Câbles de liaison équipotentielle des masses :

La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue via les kits d'attache centrale panneau, validé par le test LCIE (cf. § 3.4.8), et les câbles vert/jaune (cf. § 3.6.1).

La liaison équipotentielle des masses est destinée à mettre à la terre l'installation photovoltaïque. Elle permet de réaliser les connexions suivantes :

- entre le cadre des modules et les minirails
- entre les minirails
- entre les minirails et le bac
- entre les minirails et la liaison générale des masses

Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment :

Le passage des câbles vers l'intérieur du bâtiment doit être réalisé sans rompre l'étanchéité.

Les éléments de pénétration permettant le passage des câbles électriques à travers la couverture sont implantés en partie supérieure du champ photovoltaïque. La mise en œuvre est réalisée suivant le NF DTU 40.35 en respectant les précautions d'usage pour garantir l'étanchéité à cette jonction.

Les éléments de passage sont réalisés à l'aide de manchons souples en EPDM munis d'une embase d'étanchéité (cf. § 3.3.2). Le dispositif doit toujours être centré sous un module.

Les câbles DC et le conducteur d'équipotentialité doivent cheminer côte à côte.

Les câbles unipolaires en sortie du champ sont conduits vers le local technique conjointement dans une goulotte unique, pour réduire au maximum les boucles de câblage, repérée et prévue à cet effet conformément aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100 et guides UTE C 15-712 (limitation des boucles induites, cheminements spécifiques et distincts...).

L'installation photovoltaïque, une fois terminée, doit être vérifiée avant son raccordement à l'onduleur grâce à un multimètre : continuité, tension de circuit ouvert.

8. Utilisation, entretien et réparation

8.1. Généralités

Les opérations d'entretien et de maintenance du procédé MINIRAILS PAYSAGE doivent être assurées par des installateurs formés aux particularités du procédé et aux techniques de pose (cf. § 10).

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

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

L'installateur doit recommander de réaliser l'entretien et la maintenance en s'inspirant de la norme NF EN 62446-2 :2020.

En cas de bris de glace et d'endommagement d'un module photovoltaïque, un bâchage efficace doit être assuré et un remplacement du module défectueux réalisé dans les plus brefs délais.

Les interventions sur le procédé doivent être réalisées dans le respect du code du travail et notamment de la réglementation sur le travail en hauteur. Toute intervention sur la toiture doit se faire par le dessus, soit en montant sur la toiture qui sera sécurisée, soit à l'aide d'une plateforme élévatrice de personnes.

En cas d'intervention sur le procédé photovoltaïque nécessitant la dépose d'un module photovoltaïque, la procédure de déconnexion et de reconnexion électrique appliquée lors du remplacement d'un module doit être respectée

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (cf. § 1.4). En outre, les réparations concernant la partie structure doivent être effectuées par une entreprise ayant suivi une formation chez Novotegra et possédant les habilitations nécessaires.

8.2. Entretien du procédé photovoltaïque

L'entretien du procédé photovoltaïque se fera dans le cadre d'un contrat d'exploitation et de maintenance proposé par l'électricien en charge du lot.

La marche ou la circulation directe sur les modules est interdite.

L'entretien du champ photovoltaïque doit être réalisé en utilisant un dispositif de répartition des charges sur au moins 3 modules photovoltaïques s'il est nécessaire d'intervenir sur les modules photovoltaïques.

Une vérification de l'installation doit être effectuée une fois par an pendant toute la durée de vie du bâtiment. Cette inspection se fonde sur les bonnes pratiques. Pour l'entretien de la couverture, il est nécessaire de procéder à :

- un nettoyage annuel au jet d'eau (nettoyeur haute pression interdit, ne pas utiliser d'arrosage à jet concentré) de la surface supérieure des capteurs photovoltaïques,
- une inspection visuelle de l'ensemble de la couverture photovoltaïque (modules, câblage), par un électricien habilité,
- une vérification des gouttières (si bouchées, les déboucher),
- une vérification de la présence de débris ou saletés dans les zones qui ne sont pas lavées naturellement par la pluie (surplombs par exemple),
- une vérification des moisissures (laver et traiter les zones contaminées),
- une vérification de la présence de dégâts locaux (retouches, remise en peinture, remplacement des tôles endommagées si nécessaire),
- une vérification de l'état des fixations (remplacer si défectueuses) par un solariste : vérifier la présence et la tenue de l'ensemble de la visserie. Les couples de serrage sont à vérifier avec une clé dynamométrique et à reprendre lorsque nécessaire.

En cas d'intervention nécessitant la dépose d'un module photovoltaïque, la procédure de déconnexion et de reconnexion électrique appliquée lors du remplacement d'un module doit être respectée.

Si, tenant compte de l'ensoleillement réel, une baisse mesurable de la production d'une année sur l'autre est observée, il convient de faire vérifier le bon fonctionnement de l'onduleur et des modules individuellement par un électricien habilité.

8.3. Remplacement d'un module photovoltaïque

En cas de bris de glace d'un module ou d'endommagement d'un module photovoltaïque, il convient de le faire remplacer en respectant la procédure suivante :

- Avant d'intervenir sur le champ photovoltaïque concerné par le défaut, il est impératif de procéder à la déconnexion de l'onduleur du réseau en ouvrant le disjoncteur AC placé entre l'onduleur et le compteur de production et de procéder à la déconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant le sectionneur DC placé entre le champ PV et l'onduleur.
- Démonter les éléments de couverture dans l'ordre inverse de la notice de montage puis débrancher les câbles électriques du module.
- Dans le cas où il est nécessaire de démonter une liaison équipotentielle d'un module, toutes les attaches inter modules permettant la mise à la terre (validée par le test d'équipotentialité TUV) , les autres modules restent connectés à la terre par les attaches inter modules présentes sur l'autre côté du module.
- Lors du démontage, une attention particulière doit être portée à la qualité d'isolement des connecteurs débrochés afin d'éviter tout contact entre ceux-ci et les pièces métalliques de l'installation (cadre module, rail de fixation ...). Ces connecteurs doivent être protégés avec des bouchons adaptés.
- Monter les éléments de couverture en respectant la notice de montage. Les attaches de modules (fin et intermodules) peuvent être réemployés sans délai de durée de vie.
- Après avoir mesuré la tension de la série de modules concernée pour s'assurer de la bonne connexion de l'ensemble et que la tension délivrée est conforme à la plage d'entrée de l'onduleur, on procédera à la reconnexion du champ photovoltaïque en enclenchant de nouveau l'interrupteur/sectionneur DC et en reconnectant l'onduleur au réseau en fermant le disjoncteur AC.

9. Traitement en fin de vie

Conformément à l'article L. 541-10 du Code de l'Environnement, à la directive 2012/19/UE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques et au décret n°2014-928 du 19 août 2014, les producteurs de modules photovoltaïques, dans le cadre de la Responsabilité Élargie des Producteurs, pourvoient ou contribuent à la collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers au prorata des équipements qu'ils mettent sur le marché. L'article R. 543-180.-I. du Code de l'Environnement et l'arrêté du 8 octobre 2014 prévoient qu'en cas de vente d'un équipement, le distributeur de modules photovoltaïques reprend gratuitement ou fait reprendre gratuitement pour son compte les équipements usagés dont le consommateur se défait, dans la limite de la quantité et du type d'équipement vendu.

Pour le reste des éléments (système de montage notamment), il n'y a pas d'information apportée.

10. Formation

10.1. Couverture métallique et mise en œuvre du système de montage

La mise en œuvre doit être assurée par des installateurs qualifiés, habilités au travail en hauteur et ayant été agréés par la société novotegra France.

Les compétences requises sont les suivantes :

- Qualification et/ou certification professionnelle pour la pose de procédés photovoltaïques.
- Compétences en couverture.

Les techniciens de la société Novotegra ainsi que les clients habilités à réaliser l'installation de systèmes photovoltaïques reçoivent obligatoirement une formation au montage du procédé MINIRAILS PAYSAGE.

Cette formation est réalisée sur chantier, au démarrage d'un premier chantier. La formation se fait en 2 temps, elle est composée :

- d'une partie théorique, avec explication de la technologie photovoltaïque et de la notice de montage du procédé.
- d'une partie pratique avec montage d'une partie de toiture photovoltaïque.

Chaque monteur reçoit une attestation nominative en fin de stage.

La société Novotegra tient à jour une liste d'installateurs agréés par ses soins : cette liste est disponible auprès du service technique Novotegra France.

10.2. Pose des modules photovoltaïques et raccordements électriques

L'entreprise d'électricité en charge du lot photovoltaïque devra être spécialisée dans le photovoltaïque et disposer de compétences électriques complétées par une qualification et/ou habilitation pour la réalisation d'installations photovoltaïques :

- Habilitation électrique selon la norme NF C 18-510, habilitation "BP" pour le raccordement des modules
- Habilitations "BR" requises pour le raccordement des modules et le branchement aux onduleurs.

Cette qualification ou certification professionnelle doit correspondre aux types de travaux effectués, à la puissance de l'installation et, pour des projets relevant de l'obligation d'achat, respecter les critères fixés par l'arrêté tarifaire correspondant.

11. Assistance technique

Chaque client reçoit systématiquement une assistance technique de la part du service technique Novotegra France pour sa première installation photovoltaïque.

Pour toute installation, le service technique Novotegra France propose une assistance technique pendant toute la durée du chantier. Elle est constituée de techniciens qui travaillent au service technique Novotegra.

La société assure ensuite sur demande une assistance technique téléphonique pour tous renseignements complémentaires. Cette assistance technique est basée à Bordeaux (33).

12. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques ont été vérifiés par le CSTB selon les critères d'acceptation du présent ATEX. La liste des références et les puissances sont indiquées dans la « Grille de vérification des modules » en cours de validité (accollée à la suite de la présente Appréciation Technique d'Expérimentation).
- Liste des principaux éléments apportés dans le dossier de justification
 - Rapport Socotec 22071102000018-1 essais profil novotegra 39T75 (essais internes AMCF supervisé par Socotec)

- Rapport Socotec 22071102000018-2 essais profil novotegra 45T75 (essais internes AMCF supervisé par Socotec)
- Rapport essais internes AMCF SV2024/002
- Rapport d'essais CSTB DEB 22-09075/A module JA Solar
- Rapport d'essais CSTB DEB 22-0975/D module voltec
- Rapport d'essais CSTB DEB 22-0975/E module Jinko

13. Références chantier

Le système de montage MINIRAILS PAYSAGE est fabriqué en Allemagne depuis janvier 2010 et commercialisé en France depuis Septembre 2017. Depuis cette date, plus de 400.000 m² ont été installés.

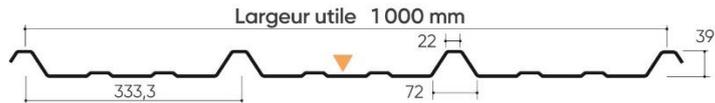
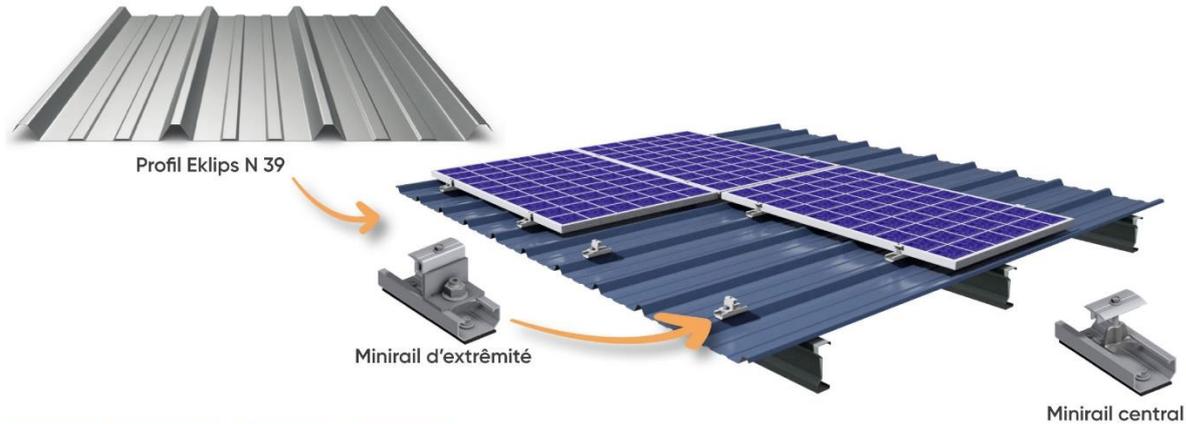
Annexe 1 : Fiche technique EKLIPS N39 selon les règles NV65 modifiées 2009 et N84

68 ArcelorMittal Construction France | Produits de couverture

Eklips N 39

Plaque nervurée de couverture de type trapézoïdal

Destinée à la mise en œuvre du procédé Minirail du fabricant novotegra



Longueur de profilage : Minimale 1 800 mm / Maximale 12 800 mm

Masse surfacique (kg/m²)			
Epaisseur (mm)			
0,75	0,88	1,00	1,25
6,98	8,19	9,30	11,63

Portées sous l'action des charges climatiques N84 NV65 modifiées pour travées égales

Le tableau d'utilisation ci-dessous intègre la phase de montage, mais également les efforts appliqués par le procédé d'intégration photovoltaïque Minirail C24 & C47 de novotegra ainsi que des modules photovoltaïques référencés dans l'ATEX. N'Hésitez pas à nous contacter pour une étude.

	Charges d'exploitation non pondérées (daN/m²) suivant les N84 V65	2 appuis				3 appuis				4 appuis			
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes	50	1,61	1,72	1,80	1,93	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	55	1,54	1,67	1,76	1,89	1,97	2,00	2,00	2,00	1,91	2,00	2,00	2,00
	60	1,47	1,62	1,71	1,85	1,94	2,00	2,00	2,00	1,86	1,96	2,00	2,00
	65	1,39	1,57	1,67	1,81	1,91	1,98	2,00	2,00	1,82	1,93	2,00	2,00
	70	1,31	1,51	1,62	1,77	1,87	1,95	2,00	2,00	1,78	1,89	1,97	2,00
	80	-	1,38	1,53	1,70	1,78	1,90	1,96	2,00	1,70	1,81	1,90	2,00
	90	-	-	1,42	1,63	1,68	1,84	1,91	2,00	1,63	1,74	1,83	1,97
	100	-	-	1,30	1,56	1,56	1,76	1,86	1,97	1,57	1,68	1,77	1,92
	110	-	-	-	1,48	1,43	1,67	1,80	1,94	1,51	1,62	1,71	1,86
	125	-	-	-	1,35	-	1,51	1,69	1,88	1,42	1,54	1,63	1,79
Charges ascendantes	Fixation réduite	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		65	2,00	2,00	2,00	2,00	1,88	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		85	1,95	2,00	2,00	2,00	1,51	1,74	1,89	2,00	1,71	1,91	2,00
		95	1,72	2,00	2,00	2,00	-	1,59	1,76	1,98	1,51	1,78	1,93
		105	1,54	1,83	2,00	2,00	-	1,41	1,63	1,89	1,31	1,62	1,82
	125	-	1,51	1,74	2,00	-	-	1,32	1,70	-	-	1,54	

Éléments de mise en œuvre

- Sens de pose : Paysage
 - Dimensions maximales des modules photovoltaïques : Largeur de 1134 mm & Longueur de 1835mm
 - Le profil Eklips doit être fixé sur toutes les pannes pour les nervures sur lesquelles sont positionnés les minirails
 - La fixation doit traverser le minirail si ce dernier tombe au-dessus de la panne
 - Les fixations de couture sont espacées d'au maximum 66cm
- L'ATEX décrit l'ensemble des éléments de la mise en œuvre ainsi que les éléments de calculs.

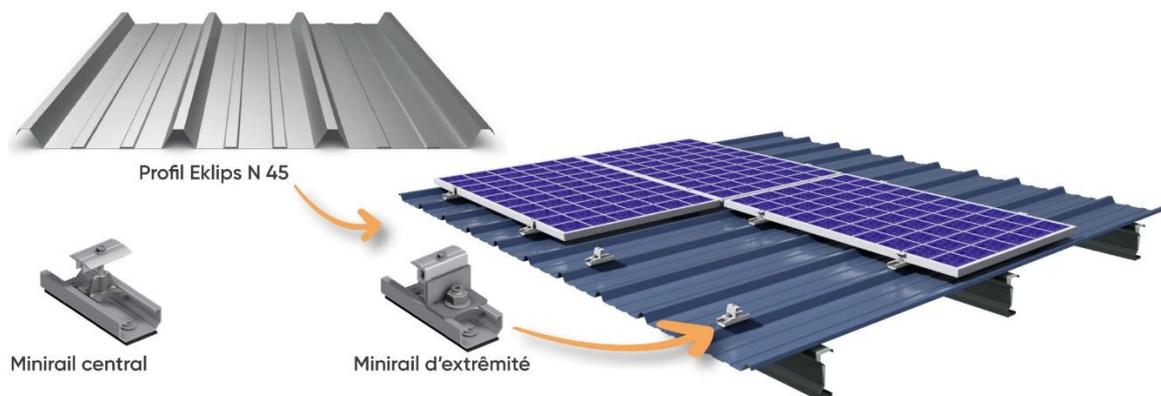
Annexe 2 : Fiche technique EKLIPS N45 selon les règles NV65 modifiées 2009 et N84

ArcelorMittal Construction France | Produits de couverture 69

Eklips N 45

Plaque nervurée de couverture de type trapézoïdal

Destinée à la mise en œuvre du procédé Minirail du fabricant novotegra



Longueur de profilage : Minimale 1800 mm / Maximale 13 000 mm

Masse surfacique (kg/m ²)				
Epaisseur (mm)	0,75	0,88	1,00	1,25
	7,18	8,43	9,58	11,97

Portées sous l'action des charges climatiques N84 NV65 modifiées pour travées égales

Le tableau d'utilisation ci-dessous intègre la phase de montage, mais également les efforts appliqués par le procédé d'intégration photovoltaïque Minirail C24 & C47 de novotegra ainsi que des modules photovoltaïques référencés dans l'ATEX. N'Hésitez pas à nous contacter pour une étude.

	Charges d'exploitation non pondérées (daN/m ²) suivant les N84 V65	2 appuis				3 appuis				4 appuis			
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes	50	1,65	1,76	1,83	1,94	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	55	1,57	1,71	1,79	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	60	1,49	1,66	1,75	1,87	2,00	2,00	2,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00
	65	1,40	1,60	1,71	1,83	2,00	2,00	2,00	2,00	1,88	1,98	2,00	2,00
	70	1,32	1,53	1,66	1,80	1,98	2,00	2,00	2,00	1,84	1,94	2,00	2,00
	80	-	1,39	1,55	1,73	1,84	2,00	2,00	2,00	1,77	1,87	1,95	2,00
	90	-	-	1,43	1,66	1,68	1,92	2,00	2,00	1,70	1,80	1,88	2,00
	100	-	-	1,31	1,59	1,55	1,79	1,96	2,00	1,64	1,74	1,82	1,96
	110	-	-	-	1,50	1,45	1,67	1,86	2,00	1,57	1,69	1,77	1,91
125	-	-	-	1,37	-	1,51	1,70	1,97	1,45	1,61	1,70	1,84	
Charges ascendantes	Fixation réduite	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		65	2,00	2,00	2,00	2,00	1,97	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		85	2,00	2,00	2,00	2,00	1,54	1,81	1,98	2,00	1,77	2,00	2,00
	en sommet	95	1,76	2,00	2,00	2,00	1,35	1,61	1,83	2,00	1,54	1,86	2,00
	de nervure	105	1,58	1,88	2,00	2,00	-	1,46	1,66	1,99	1,38	1,65	1,91
		125	-	1,55	1,78	2,00	-	-	1,37	1,74	-	1,34	1,56

Éléments de mise en œuvre

- Sens de pose : Paysage
- Dimensions maximales des modules photovoltaïques : Largeur de 1134 mm & Longueur de 1835mm
- Le profil Eklips doit être fixé sur toutes les pannes pour les nervures sur lesquelles sont positionnés les minirails
- La fixation doit traverser le minirail si ce dernier tombe au-dessus de la panne
- Les fixations de couture sont espacées d'au maximum 66cm

L'ATEX décrit l'ensemble des éléments de la mise en œuvre ainsi que les éléments de calculs.

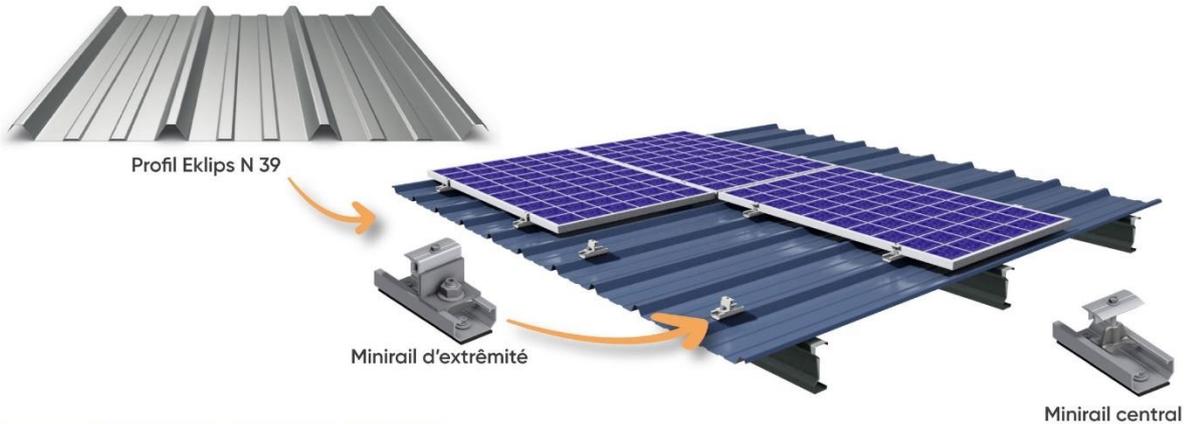
Annexe 3 : Fiche technique EKLIPS N39 selon les Eurocodes

68 ArcelorMittal Construction France | Produits de couverture

Eklips N 39

Plaque nervurée de couverture de type trapézoïdal

Destinée à la mise en œuvre du procédé Minirail du fabricant novotegra



Longueur de profilage : Minimale 1 800 mm / Maximale 12 800 mm

Masse surfacique (kg/m ²)			
Épaisseur (mm)			
0,75	0,88	1,00	1,25
6,98	8,19	9,30	11,63

Portées admissibles sous l'action des charges climatiques Eurocodes pour travées égales

Le tableau d'utilisation ci-dessous intègre la phase de montage, mais également les efforts appliqués par le procédé d'intégration photovoltaïque Minirail C24 & C47 de novotegra ainsi que des modules photovoltaïques référencés dans l'ATEX.

N'Hésitez pas à nous contacter pour une étude.

	Charges d'exploitation non pondérées (daN/m ²) suivant les Eurocodes	2 appuis				3 appuis				4 appuis			
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes	50	1,61	1,72	1,80	1,93	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	55	1,54	1,67	1,76	1,89	1,97	2,00	2,00	2,00	1,91	2,00	2,00	2,00
	60	1,47	1,62	1,71	1,85	1,94	2,00	2,00	2,00	1,86	1,96	2,00	2,00
	65	1,39	1,57	1,67	1,81	1,91	1,98	2,00	2,00	1,82	1,93	2,00	2,00
	70	1,31	1,51	1,62	1,77	1,87	1,95	2,00	2,00	1,78	1,89	1,97	2,00
	80	-	1,38	1,53	1,70	1,78	1,90	1,96	2,00	1,70	1,81	1,90	2,00
	90	-	-	1,42	1,63	1,68	1,84	1,91	2,00	1,63	1,74	1,83	1,97
	100	-	-	1,30	1,56	1,56	1,76	1,86	1,97	1,57	1,68	1,77	1,92
	110	-	-	-	1,48	1,43	1,67	1,80	1,94	1,51	1,62	1,71	1,86
	125	-	-	-	1,35	-	1,51	1,69	1,88	1,42	1,54	1,63	1,79
Charges ascendantes	Fixation réduite	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		70	2,00	2,00	2,00	2,00	1,97	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,70	1,89	1,99	2,00	1,88	2,00	2,00
	en sommet de nervure	110	1,79	2,00	2,00	2,00	1,37	1,64	1,80	2,00	1,58	1,83	1,96
		130	1,48	1,77	2,00	2,00	-	1,35	1,58	1,86	-	1,56	1,78
		150	-	1,51	1,74	2,00	-	-	1,32	1,70	-	-	1,54

Éléments de mise en œuvre

- Sens de pose : Paysage
 - Dimensions maximales des modules photovoltaïques : Largeur de 1134 mm & Longueur de 1835 mm
 - Le profil Eklips doit être fixé sur toutes les nervures pour les nervures sur lesquelles sont positionnés les minirails
 - La fixation doit traverser le minirail si ce dernier tombe au-dessus de la panne
 - Les fixations de couture sont espacées d'au maximum 66cm
- L'ATEX décrit l'ensemble des éléments de la mise en œuvre ainsi que les éléments de calculs.

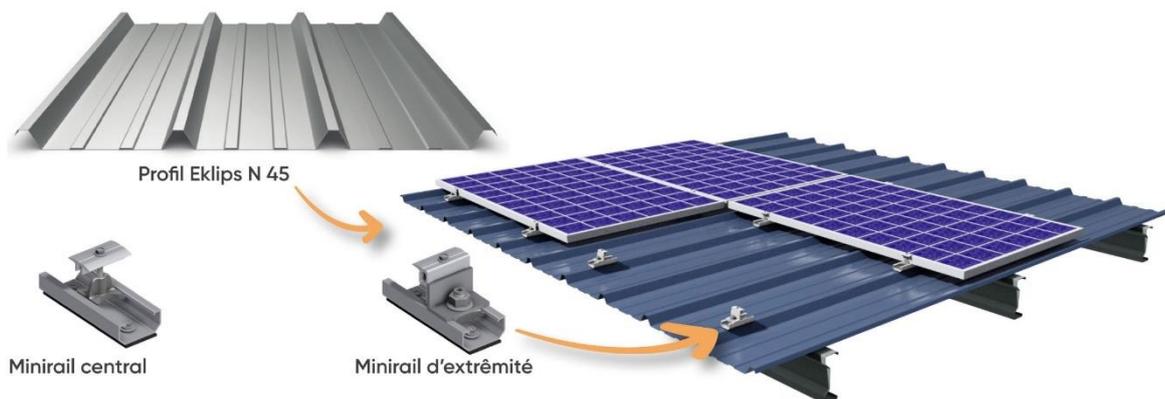
Annexe 4 : Fiche technique EKLIPS N45 selon les Eurocodes

ArcelorMittal Construction France | Produits de couverture 69

Eklips N 45

Plaque nervurée de couverture de type trapézoïdal

Destinée à la mise en œuvre du procédé Minirail du fabricant novotegra



Longueur de profilage : Minimale 1800 mm / Maximale 13 000 mm

Masse surfacique (kg/m ²)			
Epaisseur (mm)			
0,75	0,88	1,00	1,25
7,18	8,43	9,58	11,97

Portées admissibles sous l'action des charges climatiques Eurocodes pour travées égales

Le tableau d'utilisation ci-dessous intègre la phase de montage, mais également les efforts appliqués par le procédé d'intégration photovoltaïque Minirail C24 & C47 de novotégra ainsi que des modules photovoltaïques référencés dans l'ATEX. N'Hésitez pas à nous contacter pour une étude.

	Charges d'exploitation non pondérées (daN/m ²) suivant les Eurocodes	2 appuis				3 appuis				4 appuis			
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes	50	1,65	1,76	1,83	1,94	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	55	1,57	1,71	1,79	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	60	1,49	1,66	1,75	1,87	2,00	2,00	2,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00
	65	1,40	1,60	1,71	1,83	2,00	2,00	2,00	2,00	1,88	1,98	2,00	2,00
	70	1,32	1,53	1,66	1,80	1,98	2,00	2,00	2,00	1,84	1,94	2,00	2,00
	80	-	1,39	1,55	1,73	1,84	2,00	2,00	2,00	1,77	1,87	1,95	2,00
	90	-	-	1,43	1,66	1,68	1,92	2,00	2,00	1,70	1,80	1,88	2,00
	100	-	-	1,31	1,59	1,55	1,79	1,96	2,00	1,64	1,74	1,82	1,96
	110	-	-	-	1,50	1,45	1,67	1,86	2,00	1,57	1,69	1,77	1,91
125	-	-	-	1,37	-	1,51	1,70	1,97	1,45	1,61	1,70	1,84	
Charges ascendantes	Fixation	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	réduite	70	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	en sommet	90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,76	1,98	2,00	2,00	1,99	2,00	2,00
	de nervure	110	1,84	2,00	2,00	2,00	1,42	1,68	1,89	2,00	1,61	1,92	2,00
		130	1,52	1,82	2,00	2,00	-	1,40	1,61	1,96	-	1,59	1,85
		150	-	1,55	1,78	2,00	-	-	1,37	1,74	-	1,34	1,56

Éléments de mise en œuvre

- Sens de pose : Paysage
 - Dimensions maximales des modules photovoltaïques : Largeur de 1134 mm & Longueur de 1835mm
 - Le profil Eklips doit être fixé sur toutes les pannes pour les nervures sur lesquelles sont positionnés les minirails
 - La fixation doit traverser le minirail si ce dernier tombe au-dessus de la panne
 - Les fixations de couture sont espacées d'au maximum 66cm
- L'ATEX décrit l'ensemble des éléments de la mise en œuvre ainsi que les éléments de calculs.

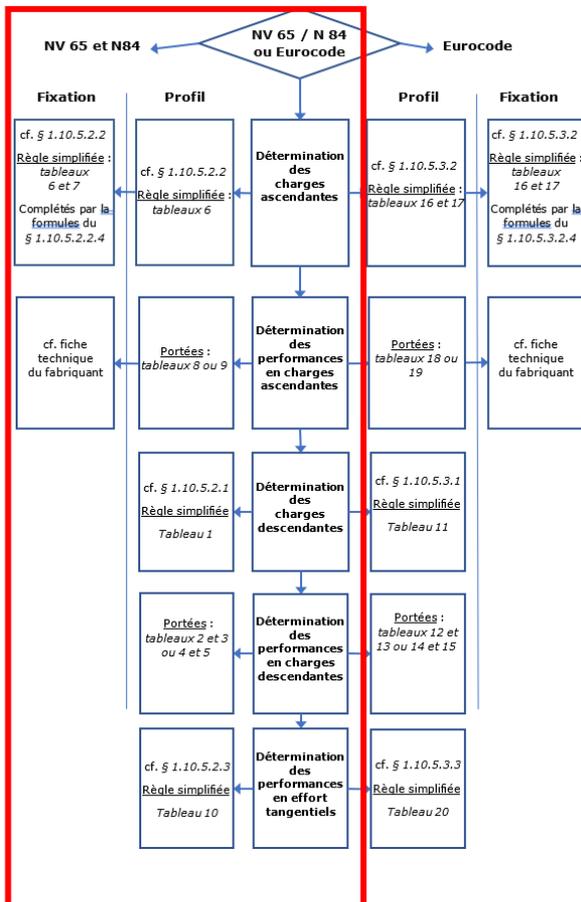
Annexe 5 : Exemple de dimensionnement EKLIPS N selon les règles NV65 modifiées 2009 et N84

Hypothèses de calcul :

Dans notre exemple nous étudierons les cas d'un bâtiment ouvert à 300 m d'altitude avec les hypothèses suivantes :

- Zone de vent 3, site normal
- Région de neige C2
- Hauteur 10 m
- Longueur 25 m
- Largeur 8,92m (2 rampants de 4,5 m à 30 %)
- Portée 1,50 m
- Panne en acier 1,5 mm

Démarche de calcul



Etape 1 : Détermination des charges ascendantes du projet

Etape 2 : Détermination des portées des plaques EKLIPS N en charges ascendantes

Etape 3 : Vérification des fixations en charges ascendantes

Etape 4 : Détermination des charges descendantes

Etape 5 : Détermination des portées des plaques EKLIPS N en charges descendantes

Etape 6 : Vérification du profil retenu sous efforts tangentiels

Etape 1 : Détermination des charges ascendantes du projet

La détermination des charges peut se faire de manière simplifiée par les tableaux 2 et 3.

Tableau 2 : Charges de vent normal Règles NV65 modifiées 2009 (daN/m²) applicables :

- aux plaques EKLIPS N pour l'ensemble de la couverture,
- et aux fixations des profils hors zone de rive

Type de bâtiment	Hauteur en mètre	Zones (vent)							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	
Bâtiments fermés	≤ 10	47	63	56	73	70	88	84	101
	≤ 15	51	69	62	80	77	96	93	111
	≤ 20	55	75	67	87	83	104	100	120
Bâtiments ouverts	≤ 10	69	93	83	108	103	129	124	149
	≤ 15	76	102	91	118	114	142	137	164
	≤ 20	82	111	98	128	123	154	147	177

Tableau 3 : Charges de vent normal Règles NV65 modifiées 2009 (daN/m²) applicables aux fixations des plaques en zones de rive (largeur minimale de 2 m)

Type de bâtiment	Hauteur en mètre	Zones (vent)							
		1		2		3		4	
		Site		Site		Site		Site	
	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	
Bâtiments fermés	≤ 10	76	102	91	118	113	142	136	163
	≤ 15	83	112	100	130	125	156	150	180
	≤ 20	90	121	108	140	135	168	162	194
Bâtiments ouverts	≤ 10	89	120	107	139	134	167	160	192
	≤ 15	98	132	117	153	147	184	176	211
	≤ 20	106	143	127	165	159	198	190	228

Résultat :

- dépression de 103 daN/m² pour la couverture et les fixations en partie courante,
- dépression de 134 daN/m² pour les fixations en rives.

Etape 2 : Détermination des portées des plaques EKLIPS N charges ascendantes

La détermination du profil sous charges ascendantes se fait par lecture directe des tableaux 15 (EKLIPS N39) ou 18 (EKLIPS N45).

Dans le cas d'un rampant de 4,50 m en 3 travées de 1,5 m pour 103 daN/m²:

Tableau 15 : Portées admissibles des plaques EKLIPS N39 sous charges ascendantes dues au vent normal selon les Règles NV 65 modifiées 2009

EKLIPS N39		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	65	2,00	2,00	2,00	2,00	1,88	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	85	1,95	2,00	2,00	2,00	1,51	1,74	1,89	2,00	1,71	1,91	2,00	2,00
	95	1,72	2,00	2,00	2,00		1,59	1,76	1,98	1,51	1,78	1,93	2,00
	105	1,54	1,83	2,00	2,00		1,41	1,63	1,89	1,31	1,62	1,82	2,00
	125		1,51	1,74	2,00			1,32	1,70			1,54	1,88

Tableau 18 : Portées admissibles des plaques EKLIPS N45 sous charges ascendantes dues au vent normal selon les Règles NV 65 modifiées 2009

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	65	2,00	2,00	2,00	2,00	1,97	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	85	2,00	2,00	2,00	2,00	1,54	1,81	1,98	2,00	1,77	2,00	2,00	2,00
	95	1,76	2,00	2,00	2,00	1,35	1,61	1,83	2,00	1,54	1,86	2,00	2,00
	105	1,58	1,88	2,00	2,00		1,46	1,66	1,99	1,38	1,65	1,91	2,00
	125		1,55	1,78	2,00			1,37	1,74		1,34	1,56	1,98

Résultat :

- Les profils EKLIPS N 39 et EKLIPS N45 sont compatibles en épaisseur 88/100^{ème}.

Etape 3 : Vérification des fixations en charges ascendantes

La vérification forfaitaire des assemblages est réalisée par :

$$1,30 \times L \times (1,75 \times D - (ppmod + pp)) \leq \min(Pk / \gamma_m ; Se)$$

Avec Se = 525 daN pour une épaisseur de 88/100^{ème}

En partie courante :

$$1,3 \times 1,5 \times (1,75 \times 103 - (10 + 7)) \leq \min(Pk / \gamma_m ; 525)$$

$$\text{Soit } 318,3 \leq \min(Pk / \gamma_m ; 525)$$

Résultat en partie courante :

- La sollicitation est bien inférieure au Se de 525 daN.
- La fixation utilisée devra présenter un $Pk \geq 439$ daN ($1,35 \times 325,65$)

En rive :

$$1,3 \times 1,5 \times (1,75 \times 134 - (10 + 7)) \leq \min(Pk / \gamma_m ; 525)$$

$$\text{Soit } 424,1 \leq \min(Pk / \gamma_m ; 525)$$

Résultat en rive :

- La sollicitation est bien inférieure au Se de 525 daN.
- La fixation utilisée devra présenter un $Pk \geq 582$ daN ($1,35 \times 431$)

Etape 4 : Détermination des charges descendantes

La détermination des charges peut se faire de manière simplifiée par le tableau 4.

Tableau 4 : Valeurs de neiges normales et accidentelles selon les règles N84

DaN/m ²	Région de Neige								
	Altitude(m)	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
0	36	36	44	44	52	52	72	112	
100	36	36	44	44	52	52	72	112	
200	36	36	44	44	52	52	72	112	
300	48	48	56	56	64	64	84	124	
400	60	60	68	68	76	76	96	136	
500	72	72	80	80	88	88	108	148	
600	96	96	104	104	112	112	132	172	
700	120	120	128	128	136	136	156	196	
800	144	144	152	152	160	160	180	220	
900	168	168	176	176	184	184	204	244	
Accidentelle		80	80	108		108	144		

Résultat :

- charge de neige 64 daN/m²,
- charge de neige accidentelle 139 daN/m².

Etape 5 : Détermination des portées des plaques EKLIPS N en charges descendantes

La détermination du profil sous charges descendantes se fait par lecture directe des tableaux 13 et 14 (EKLIPS N39) ou 16 et 17 (EKLIPS N45).

Dans le cas d'un rampant de 4,50 m en 3 travées de 1,5 m pour 64 daN/m² de neige et 108 daN/m² de neige accidentelle, avec un profil minimum en 88/100^{ème} suite au dimensionnement en charges ascendantes :

Tableau 13 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige normale selon les Règles N 84

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	50	1,61	1,72	1,80	1,93	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	55	1,54	1,67	1,76	1,89	1,97	2,00	2,00	2,00	1,91	2,00	2,00	2,00
	60	1,47	1,62	1,71	1,85	1,94	2,00	2,00	2,00	1,86	1,96	2,00	2,00
	65	1,39	1,57	1,67	1,81	1,91	1,98	2,00	2,00	1,82	1,93	2,00	2,00
	70	1,31	1,51	1,62	1,77	1,87	1,95	2,00	2,00	1,78	1,89	1,97	2,00
	80		1,38	1,53	1,70	1,78	1,90	1,96	2,00	1,70	1,81	1,90	2,00
	90			1,42	1,63	1,68	1,84	1,91	2,00	1,63	1,74	1,83	1,97
	100			1,30	1,56	1,56	1,76	1,86	1,97	1,57	1,68	1,77	1,92
	110				1,48	1,43	1,67	1,80	1,94	1,51	1,62	1,71	1,86
125				1,35		1,51	1,69	1,88	1,42	1,54	1,63	1,79	

Tableau 14 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendante de neige accidentelle selon les Règles N 84

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	80	1,71	1,97	2,00	2,00	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	108	1,35	1,57	1,78	2,00	1,72	1,91	2,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00
	144			1,40	1,74	1,35	1,60	1,78	1,99	1,55	1,81	1,96	2,00

Résultat :

- Le profil EKLIPS N39 en 88/100^{ème} est compatible.

Etape 6 : Vérification du profil retenu sous efforts tangentiels

La vérification du profil sous efforts tangentiels se fait par lecture directe du tableau 10.

Pente à 30 % / charge de neige de 64 daN/m² / charge accidentelle de neige de 108 daN/m²

Tableau 5 : Longueur maximale de modules PV sans interruption (m) dans le sens de la pente

pente	Charge de neige non pondérée (daN/m ²)						Charge de neige accidentelle (daN/m ²)		
	50	60	70	80	100	110	80	108	144
7%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
10%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
15%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
20%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
25%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
30%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
35%	40	40	40	40	40	30	40	40	40
40%	40	40	40	40	26	19	40	40	35
45%	40	40	40	40	18	14	40	40	22
50%	40	40	40	26	14	11	40	40	17
60%	40	40	24	16	10	8	40	25	11

Résultat :

- Le profil EKLIPS N39 peut être mis en oeuvre pour une longueur de champ PV de 40 m.

Conclusion

Le profil EKLIPS N39 en 88/100^{ème} peut donc être mis en œuvre pour le cas de figure étudié avec un chargement suivant les règles NV65 modifiées 2009 et N84 pour des modules PV de taille maximum 1,14 m x 2 m.

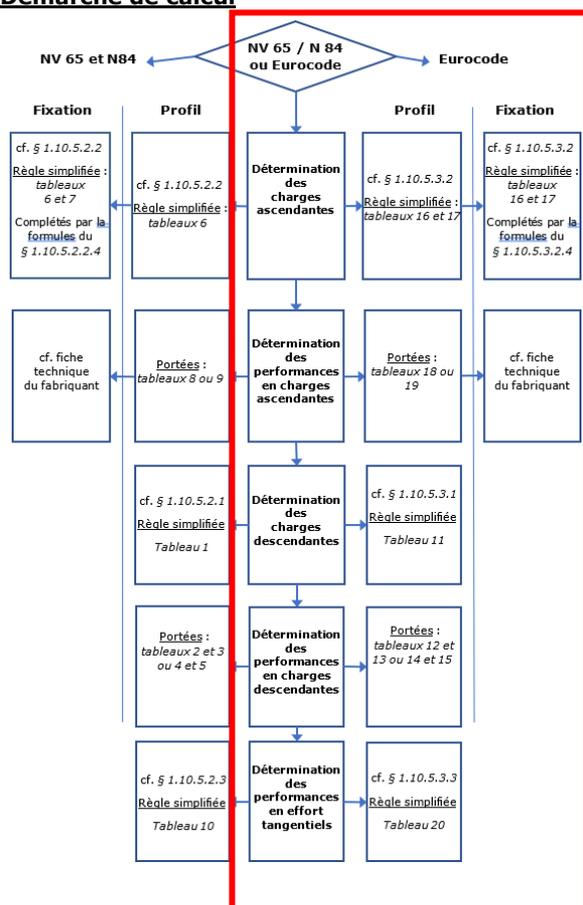
Annexe 6 : Exemple de dimensionnement EKLIPS N selon les Eurocodes

Hypothèses de calcul :

Dans notre exemple nous étudierons les cas d'un bâtiment fermé à 500 m d'altitude avec les hypothèses suivantes :

- Zone de vent 2, catégorie de terrain IIIa
- Région de neige C1
- Hauteur 8 m
- Longueur 30 m
- Largeur 8,92m (2 rampants de 4,5 m à 30 %)
- Portée 1,50 m
- Panne en acier 1,5 mm

Démarche de calcul



Etape 1 : Détermination des charges ascendantes du projet

Etape 2 : Détermination des portées des plaques EKLIPS N en charges ascendantes

Etape 3 : Vérification des fixations en charges ascendantes

Etape 4 : Détermination des charges descendantes

Etape 5 : Détermination des portées des plaques EKLIPS en charges descendantes

Etape 6 : Vérification du profil retenu sous efforts tangentiels

Etape 1 : Détermination des charges ascendantes du projet

La détermination des charges peut se faire de manière simplifiée par les tableaux 6 et 7.

Tableau 6 : Charges de pression de vent de référence Q_p (daN/m²) à prendre en compte pour la vérification des plaques EKLIPS N et leurs fixations selon l'Eurocode 1 Partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et ses annexes nationales et amendements

Hauteur	Catégorie de terrain	Région 1	Région 2	Région 3	Région 4
H≤10m	0	86,0	102,4	120,2	139,4
	II	69,5	82,8	97,1	112,6
	IIIa	54,4	64,8	76,0	88,1
	IIIb	41,8	49,8	58,4	67,8
	IV	38,3	45,6	53,5	62,0
H≤15m	0	93,1	110,9	130,1	150,9
	II	77,3	92,0	108,0	125,3
	IIIa	62,3	74,2	87,1	101,0
	IIIb	49,5	59,0	69,2	80,2
	IV	38,3	45,6	53,5	62,0
H≤20m	0	98,3	117,0	137,4	159,3
	II	83,1	98,9	116,0	134,6
	IIIa	68,2	81,2	95,3	110,5
	IIIb	55,3	65,8	77,2	89,6
	IV	43,8	52,1	61,1	70,9

Tableau 7 : Exemple de CPnet pour le calcul d'une plaque EKLIPS N posée sur une couverture à un seul ou 2 versants, quelle que soit la direction du vent (max entre $\theta=0, 90, 180^\circ$)

	Angle de pente	Toiture à un seul versant						Toiture à deux versants					
		F		G		H		F		G		H	
		cpe10	cpe4	cpe10	cpe4	cpe10	cpe4	cpe10	cpe4	cpe10	cpe4	cpe10	cpe4
batiment fermé	5°	-2,50	-2,63	-2,00	-2,13	-1,00	-1,27	-1,90	-2,43	-1,50	-1,97	-0,90	-1,23
	15°	-2,70	-2,93	-2,10	-2,50	-1,10	-1,30	-1,50	-1,97	-1,50	-1,97	-0,80	-1,20
	30°	-2,30	-2,83	-1,70	-2,03	-1,20	-1,40	-1,30	-1,57	-1,60	-2,00	-1,00	-1,27
	45°	-1,70	-2,30	-1,60	-2,00	-1,20	-1,40	-1,30	-1,57	-1,60	-2,00	-1,10	-1,30
batiment ouvert	5°	-3,02	-3,15	-2,52	-2,65	-1,52	-1,79	-2,42	-2,95	-2,02	-2,49	-1,42	-1,75
	15°	-3,22	-3,45	-2,62	-3,02	-1,62	-1,82	-2,02	-2,49	-2,02	-2,49	-1,32	-1,72
	30°	-2,82	-3,35	-2,22	-2,55	-1,72	-1,92	-1,82	-2,09	-2,12	-2,52	-1,52	-1,79
	45°	-2,22	-2,82	-2,12	-2,52	-1,72	-1,92	-1,82	-2,09	-2,12	-2,52	-1,62	-1,82

Résultat :

Valeurs de dépression (daN/m²) :

F		G		H	
cpe10	cpe4	cpe10	cpe4	cpe10	cpe4
123,12	157,68	97,20	127,44	58,32	79,92

Pour rappel la plaque est calculée avec un cpe10 et les fixations un cpe4.

Etape 2 : Détermination des portées des plaques EKLIPS charges ascendantes

La détermination du profil sous charges ascendantes se fait par lecture directe des tableaux 21 (EKLIPS N39) ou 24 (EKLIPS N45).

Dans le cas d'un rampant de 4,50 m en 3 travées de 1,50 m pour 58 et 97 daN/m² (H et G) :

Tableau 21 : Portées admissibles des plaques EKLIPS N39 sous charges ascendantes dues au vent caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m ²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	70	2,00	2,00	2,00	2,00	1,97	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,70	1,89	1,99	2,00	1,88	2,00	2,00	2,00
	110	1,79	2,00	2,00	2,00	1,37	1,64	1,80	2,00	1,58	1,83	1,96	2,00
	130	1,48	1,77	2,00	2,00		1,35	1,58	1,86		1,56	1,78	2,00
	150		1,51	1,74	2,00			1,32	1,70			1,54	1,88

Tableau 24 : Portées admissibles des plaques EKLIPS N45 sous charges ascendantes dues au vent caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m ²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	70	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,76	1,98	2,00	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00
	110	1,84	2,00	2,00	2,00	1,42	1,68	1,89	2,00	1,61	1,92	2,00	2,00
	130	1,52	1,82	2,00	2,00		1,40	1,61	1,96		1,59	1,85	2,00
	150		1,55	1,78	2,00			1,37	1,74		1,34	1,56	1,98

Dans le cas d'un rampant de 4,50 m en 3 travées de 1,50 m pour 123 daN/m²(zone F):

Tableau 21 : Portées admissibles des plaques EKLIPS N39 sous charges ascendantes dues au vent caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m ²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	70	2,00	2,00	2,00	2,00	1,97	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,70	1,89	1,99	2,00	1,88	2,00	2,00	2,00
	110	1,79	2,00	2,00	2,00	1,37	1,64	1,80	2,00	1,58	1,83	1,96	2,00
	130	1,48	1,77	2,00	2,00		1,35	1,58	1,86		1,56	1,78	2,00
	150		1,51	1,74	2,00			1,32	1,70			1,54	1,88

Tableau 24 : Portées admissibles des plaques EKLIPS N45 sous charges ascendantes dues au vent caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges ascendantes (daN/m²)	50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	70	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,76	1,98	2,00	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00
	110	1,84	2,00	2,00	2,00	1,42	1,68	1,89	2,00	1,61	1,92	2,00	2,00
	130	1,52	1,82	2,00	2,00		1,40	1,61	1,96		1,59	1,85	2,00
	150		1,55	1,78	2,00			1,37	1,74		1,34	1,56	1,98

Résultat :

- Les profils EKLIPS N 39 et EKLIPS N45 sont compatibles en épaisseur **75/100^{ème}** en zone **G et H**.
- Les profils EKLIPS N 39 et EKLIPS N45 sont compatibles en épaisseur **88/100^{ème}** en zone **F**.

Etape 3 : Vérification des fixations en charges ascendantes

La vérification forfaitaire des assemblages est réalisée par :

$$1,30 \times L \times (1,50 \times D - (ppmod + pp)) \leq \min(Pk / \gamma_m ; Se)$$

Avec Se = 400 daN pour une épaisseur de 75/100^{ème} et 525 daN pour une épaisseur de 88/100^{ème}

Pour les zones H et G :

$$1,3 \times 1,5 \times (1,5 \times 127,44 - (10 + 7)) \leq \min(Pk / \gamma_m ; 400)$$

Soit $339,6 \leq \min(Pk / \gamma_m ; 400)$

Résultat en zones H et G :

- La sollicitation est bien inférieure au Se de 400 daN.
- La fixation utilisée devra présenter un $Pk \geq 445$ daN ($1,35 \times 329$)

Pour la zone F :

$$1,3 \times 1,5 \times (1,5 \times 157,68 - (10 + 7)) \leq \min(Pk / \gamma_m ; 525)$$

Soit $428 \leq \min(Pk / \gamma_m ; 525)$

Résultat en rive :

- La sollicitation est bien inférieure au Se de 525 daN.
- La fixation utilisée devra présenter un $Pk \geq 564$ daN ($1,35 \times 418$)

Etape 4 : Détermination des charges descendantes

La détermination des charges peut se faire de manière simplifiée par lecture directe du tableaux 8.

Tableau 8 : Valeurs de neiges caractéristiques et accidentelles selon l'Eurocode 1 Partie 1-3 complété par son annexe nationale

DaN/m²	Région de Neige							
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
0	36	36	44	44	52	52	72	112
100	36	36	44	44	52	52	72	112
200	36	36	44	44	52	52	72	112
300	48	48	56	56	64	64	84	124
400	60	60	68	68	76	76	96	136
500	72	72	80	80	88	88	108	148
600	96	96	104	104	112	112	132	172
700	120	120	128	128	136	136	156	196
800	144	144	152	152	160	160	180	220
900	168	168	176	176	184	184	204	244
Accidentelle		80	80	108		108	144	

Résultat :

- charge de neige 88 daN/m²,
- absence de charge de neige accidentelle.

Etape 5 : Détermination des portées des plaques EKLIPS N en charges descendantes

La détermination du profil sous charges descendantes se fait par lecture directe des tableaux 19 (EKLIPS N39) ou 22 (EKLIPS N45).

Dans le cas d'un rampant de 4,50 m en 3 travées de 1,5 m pour 88 daN/m² de neige, avec un profil minimum en 75/100^{ème} en zones G et H et en 88/100^{ème} en zone F suite au dimensionnement en charges ascendantes :

Tableau 19 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N39 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N39		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	50	1,61	1,72	1,80	1,93	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	55	1,54	1,67	1,76	1,89	1,97	2,00	2,00	2,00	1,91	2,00	2,00	2,00
	60	1,47	1,62	1,71	1,85	1,94	2,00	2,00	2,00	1,86	1,96	2,00	2,00
	65	1,39	1,57	1,67	1,81	1,91	1,98	2,00	2,00	1,82	1,93	2,00	2,00
	70	1,31	1,51	1,62	1,77	1,87	1,95	2,00	2,00	1,78	1,89	1,97	2,00
	80		1,38	1,53	1,70	1,78	1,90	1,96	2,00	1,70	1,81	1,90	2,00
	90			1,42	1,63	1,68	1,84	1,91	2,00	1,63	1,74	1,83	1,97
	100			1,30	1,56	1,56	1,76	1,86	1,97	1,57	1,68	1,77	1,92
	110				1,48	1,43	1,67	1,80	1,94	1,51	1,62	1,71	1,86
125				1,35		1,51	1,69	1,88	1,42	1,54	1,63	1,79	

Tableau 22 : Portées admissibles (m) des plaques EKLIPS N45 à prendre en compte pour la vérification sous charges descendantes de neige caractéristique selon les Eurocodes

		Portée (m)											
		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
EKLIPS N45		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
Charges descendantes (daN/m ²)	50	1,65	1,76	1,83	1,94	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	55	1,57	1,71	1,79	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96	2,00	2,00	2,00
	60	1,49	1,66	1,75	1,87	2,00	2,00	2,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00
	65	1,40	1,60	1,71	1,83	2,00	2,00	2,00	2,00	1,88	1,98	2,00	2,00
	70	1,32	1,53	1,66	1,80	1,98	2,00	2,00	2,00	1,84	1,94	2,00	2,00
	80		1,39	1,55	1,73	1,84	2,00	2,00	2,00	1,77	1,87	1,95	2,00
	90			1,43	1,66	1,68	1,92	2,00	2,00	1,70	1,80	1,88	2,00
	100			1,31	1,59	1,55	1,79	1,96	2,00	1,64	1,74	1,82	1,96
	110				1,50	1,45	1,67	1,86	2,00	1,57	1,69	1,77	1,91
125				1,37		1,51	1,70	1,97	1,45	1,61	1,70	1,84	

Résultat :

- Les profils EKLIPS N 39 et EKLIPS N45 sont compatibles en épaisseur 75/100^{ème} en zones G et H et en 88/100^{ème} en zone F.

Etape 6 : Vérification du profil retenu sous efforts tangentiels

La vérification du profil sous efforts tangentiels se fait par lecture directe du tableau 9.

Pente à 30 % / charge de neige de 88 daN/m²

Tableau 9 : Longueur maximale de modules PV sans interruption (m) dans le sens de la pente

pente	Charge de neige non pondérée (daN/m ²)						Charge de neige accidentelle (daN/m ²)		
	50	60	70	80	100	110	80	108	144
7%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
10%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
15%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
20%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
25%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
30%	40	40	40	40	40	40	40	40	40
35%	40	40	40	40	40	30	40	40	40
40%	40	40	40	40	26	19	40	40	35
45%	40	40	40	40	18	14	40	40	22
50%	40	40	40	26	14	11	40	40	17
60%	40	40	24	16	10	8	40	25	11

Résultat :

- Les profils EKLIPS N 39 et EKLIPS N45 peuvent être mis en oeuvre pour une longueur de champ PV de 40 m.

Conclusion

Les profils EKLIPS N39 et EKLIPS N45 peuvent donc être mis en œuvre pour le cas de figure étudié avec un chargement suivant les Eurocodes pour des modules PV de taille maximum 1,14 m x 2 m :

- en épaisseur 75/100^{ème} pour les zones G et H,
- en épaisseur 88/100^{ème} pour les zones F.

Grille de vérification des gammes de modules par le comité d'ATEX sur la base du référentiel de vérification des modules photovoltaïques en Avis Technique

Grille de vérification G01/3279_V1

Associée à l'ATEX n° 3279_V1
Procédé : MINIRAILS PAYSAGE

Date de mise en application : 17/06/2024

Cette grille de vérification indique les gammes de modules acceptées par le comité d'ATEX, dont les modules peuvent être intégrés en tant qu'élément constitutif d'un procédé photovoltaïque faisant l'objet de l'ATEX citée. L'ATEX citée fait elle-même référence à cette grille de vérification des gammes de modules.

Au moment de la commande des modules photovoltaïques pour un chantier donné, le Maître d'Ouvrage et son installateur doivent s'assurer que la gamme de modules correspondante fait partie des gammes de modules présentes dans la grille de vérification de l'ATEX utilisée. Le n° de la grille de vérification à utiliser doit comporter le n° de l'ATEX.

Cette grille de vérification est utilisable exclusivement en association avec l'ATEX de cas A **n° 3279_V1**.
S'il existe une grille de vérification plus récente portant un n° du type **Gn/3279_V1 avec n > 01**, celle-ci annule et remplace la présente grille. La version la plus récente de la grille de vérification est celle publiée sur le site du CSTB.

Dans l'ATEX concernée, si plusieurs groupes de gammes de modules se distinguent par des domaines d'emploi différents ou des mises en œuvre différentes, etc, ces différents groupes sont désignés pas des lettres (A, B, C... par ordre chronologique de validation, s'il n'y a qu'un seul groupe, il est désigné par la lettre A). L'ordre des lettres ne constitue en aucun cas un quelconque classement des groupes les uns par rapport aux autres.

Une lettre indiquée dans une case de la grille de vérification valide qu'une gamme de module a été acceptée par le comité d'ATEX pour une utilisation en tant qu'élément constitutif du procédé sous ATEX pour le domaine d'emploi du groupe que la lettre désigne (voir l'ATEX pour les caractéristiques de chaque groupe vis-à-vis du domaine d'emploi ou de la mise en œuvre).

Liste des gammes de modules vérifiées sur la base des critères d'acceptation de modules photovoltaïques en Avis Technique

G01/3279_V1

MINIRAILS PAYSAGE

Fabricant	Gamme de modules	Tension maximale	Plages de puissances	Dimensions hors tout (mm)	Groupe de module de l'ATEX 3279_V1
JA SOLAR	JAM54S30/MR	1 500 V	390 à 415 Wc	1 722 x 1 134 x 30	A
JINKO	JKM-xxx-54HL4R-V	1 500 V	425 à 450 Wc	1 762 x 1 134 x 30	A
VOLTEC	TARKA 126 VSMD	1 500 V	380 à 395 Wc	1 835 x 1 042 x 35	A

Détail des caractéristiques des modules :

Légende :

P_{mpp} : Puissance au point de puissance maximum.

U_{co} : Tension en circuit ouvert.

U_{mpp} : Tension nominale au point de puissance maximum.

I_{cc} : Courant de court-circuit.

I_{mpp} : Courant nominal au point de puissance maximum.

$\sigma_T (P_{mpp})$: Coefficient de température pour la puissance maximum.

$\sigma_T (U_{co})$: Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.

$\sigma_T (I_{cc})$: Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit.

Sommaire des gammes de modules

Partie 1	JA SOLAR JAM54S30/MR.....	4
Partie 2	JINKO JKM 54HL4R-V	6
Partie 3	VOLTEC SOLAR TARKA 126 VSMD	8

Partie 1 JA SOLAR JAM54S30/MR

JA SOLAR

JAM54S30/MR

Modules JAM54S30/MR						
P_{mpp} (W)	390	395	400	405	410	415
U_{co} (V)	36,85	36,98	37,07	37,23	37,32	37,45
U_{mpp} (V)	30,64	30,84	31,01	31,21	31,45	31,61
I_{cc} (A)	13,61	13,70	13,79	13,87	13,95	14,02
I_{mpp} (A)	12,73	12,81	12,90	12,98	13,04	13,13
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,35					
αT (U_{co}) [%/K]	-0,275					
αT (I_{cc}) [%/K]	0.045					
Courant inverse maximum (A)	25					

Caractéristiques dimensionnelles	
Dimensions hors tout (mm)	1 722 x 1 134 x 30
Surface hors-tout (m²)	1,95
Masse (kg)	19,5
Masse spécifique (kg/m²)	10,0

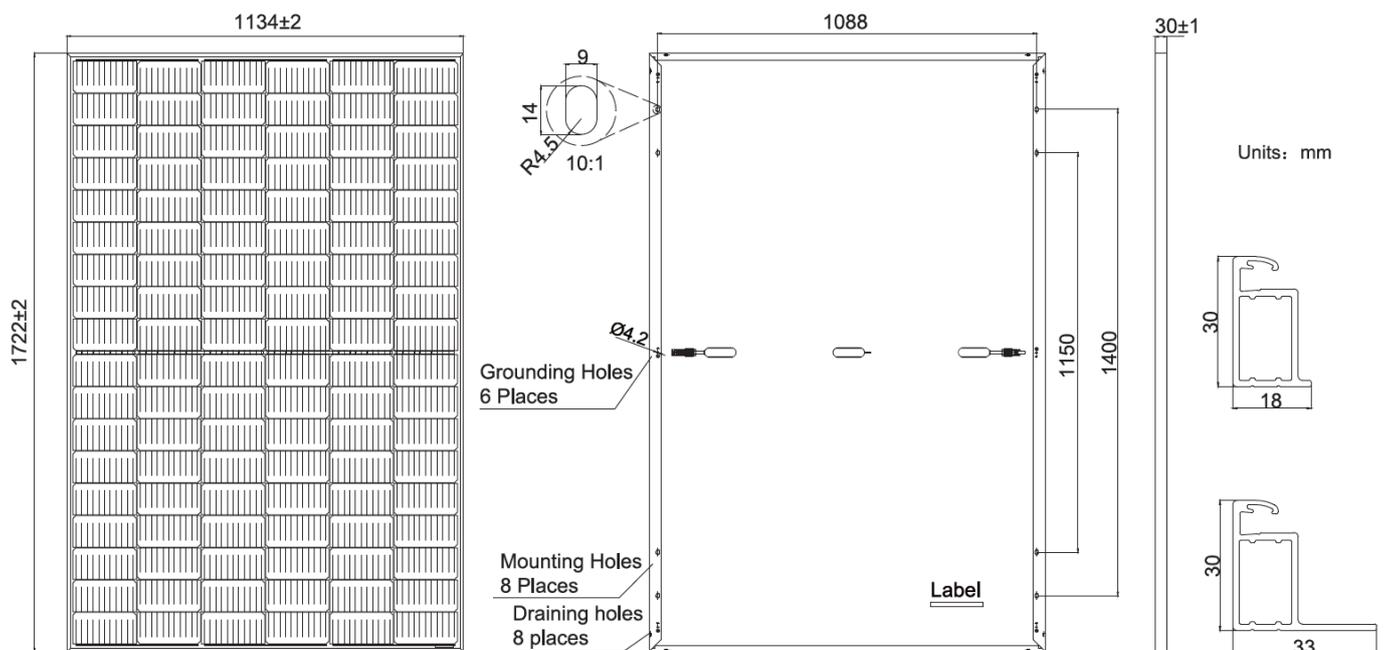
Conditionnement	
nombre de modules maximum par emballage	36
nature de l'emballage	carton
position des modules	verticale
nature des séparateurs	carton
Commentaire	-

Fabrication	
Site(s) de fabrication	Hefei (province Anhui, Chine) Shanghai (Chine) Xingtai (province Hebei, Chine) Yiwu (province Zhejiang, Chine)
ISO 9001	ISO 9001:2015
classification sur le flash test systématique	0 à +5 Wc
mesure(s) par électroluminescence	Oui
inspection finale	Oui

Déclaration Environnementale	
Le procédé associé à cette gamme de modules ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE).	

Composants identifiables visuellement	
Nature et nombre de cellules	monocristalline au nombre de 108 demi-cellules (18 lignes x 6 colonnes)
Boîtes de connexion	PVJB-JA-005 - JA SOLAR
Connecteurs	PV-KST4-EVO 2/UR, PV-KBT4-EVO 2/UR - Stäubli Electrical Connectors

Caractéristiques mécaniques	
épaisseur du verre et tolérances	2,8 mm +/-0,2 mm
moments d'inertie des profilés du cadre	Long côté : - $I_x = 0,74 \text{ cm}^4$ - $I_y = 2,15 \text{ cm}^4$ Petit côté : - $I_x = 0,74 \text{ cm}^4$ - $I_y = 1,39 \text{ cm}^4$
nuance d'aluminium et état métallurgique	EN AW-6005 T6 anodisé
prise en feuillure du laminé	7,4 mm
Charge positive (vers le bas sur la face avant du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	5 400 Pa
Charge négative (vers le haut sur la face arrière du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	2 400 Pa



Module photovoltaïque JAM54S30/MR et cadre

Partie 2 JINKO JKM 54HL4R-V

JINKO

JKM-xxx-54HL4R-V

Modules JKM-xxx-54HL4R-(V)						
P_{mpp} (W)	425	430	435	440	445	450
U_{co} (V)	38,75	38,95	39,16	39,38	39,59	39,78
U_{mpp} (V)	32,18	32,38	32,59	32,81	33,02	33,21
I_{cc} (A)	13,66	13,73	13,80	13,86	13,93	14,00
I_{mpp} (A)	13,21	13,28	13,35	13,41	13,48	13,55
αT(P_{mpp}) [%/K]	-0,29					
αT(U_{co}) [%/K]	-0,25					
αT(I_{cc}) [%/K]	+0,045					
Courant inverse maximum (A)	25					

Caractéristiques dimensionnelles	
Dimensions hors-tout (mm)	1 762 x 1 134 x 30
Surface hors-tout (m²)	2,00
Masse (kg)	22,0
Masse spécifique (kg/m²)	11,0

Conditionnement	
nombre de modules maximum par emballage	36
nature de l'emballage	Bois + Carton
position des modules	verticale
nature des séparateurs	Coins en carton
Commentaire	le stockage sur chantier se fait à l'abri des intempéries

Fabrication	
Site(s) de fabrication	Usine de Jiangxi (Chine)
ISO 9001	ISO 9001:2015
classification sur le flash test systématique	0 à + 3 %
mesure(s) par électroluminescence	Oui
inspection finale	Oui

Liste des gammes de modules vérifiées sur la base des critères d'acceptation de modules photovoltaïques en Avis Technique

G01/3279_V1

MINIRAILS PAYSAGE

Déclaration Environnementale

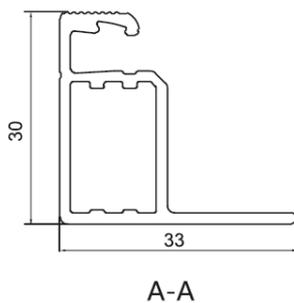
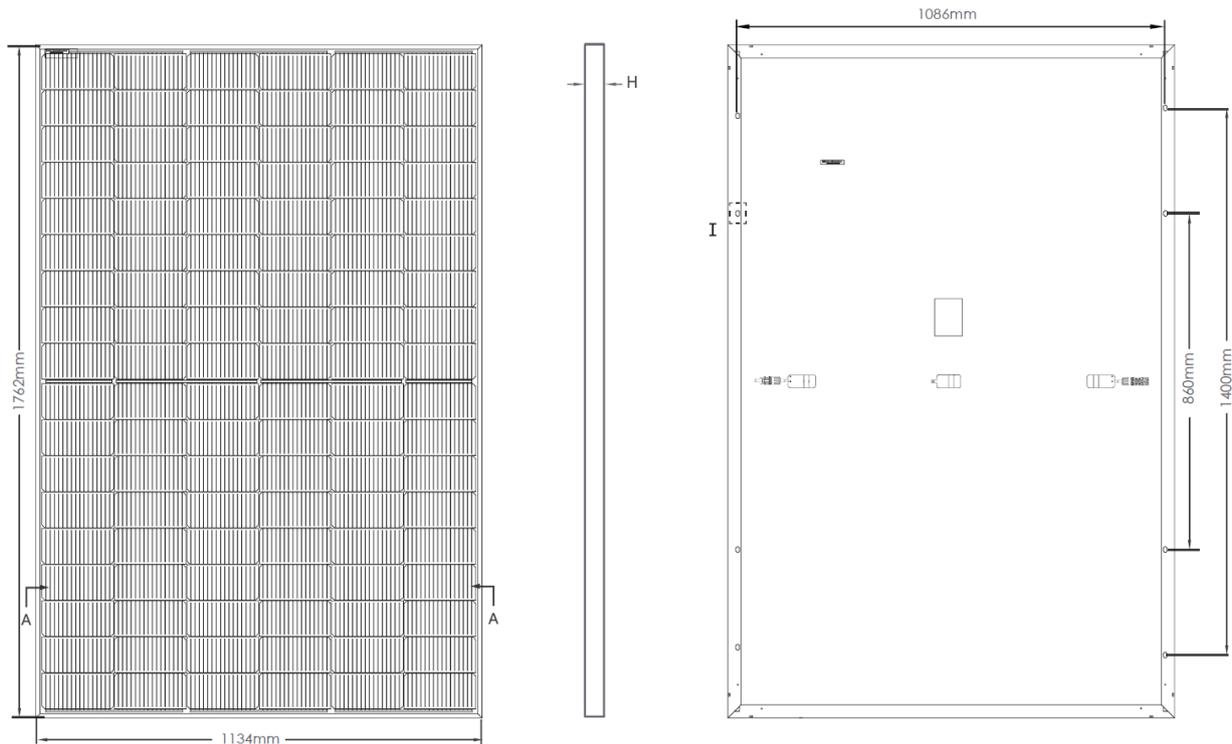
Le procédé associé à cette gamme de module ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE).

Composants identifiables visuellement

Nature et nombre de cellules	monocristallines au nombre de 108 (6 colonnes de 18 cellules)
Boîtes de connexion	JK09ESxy de JINKO PVM
Connecteurs	JK03Mxy de JINKO PVM

Caractéristiques mécaniques

épaisseur du verre et tolérances	3,2 ± 0,2 mm
moments d'inertie des profilés du cadre	- Ix = 2,117 cm ⁴ , - Iy = 0,706 cm ⁴ .
nuance d'aluminium et état métallurgique	EN AW-6063 T5 / 6005 T5 / 6063 T66
prise en feuillure du laminé	8 mm
Charge positive (vers le bas sur la face avant du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	5 400 Pa
Charge négative (vers le haut sur la face arrière du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	2 400 Pa



Partie 3 VOLTEC SOLAR TARKA 126 VSMD

VOLTEC SOLAR

TARKA 126 VSMD

Modules TARKA 126 VSMD xxx				
P_{mpp} (W)	380	385	390	395
U_{co} (V)	28,82	28,96	29,08	29,22
U_{mpp} (V)	24,20	24,26	24,44	24,63
I_{cc} (A)	16,64	16,72	16,78	16,84
I_{mpp} (A)	15,70	15,87	15,96	16,05
αT(P_{mpp}) [%/K]	-0,345			
αT(U_{co}) [%/K]	-0,273			
αT(I_{cc}) [%/K]	0,044			
Courant inverse maximum (A)	30			

Caractéristiques dimensionnelles	
Dimensions hors-tout (mm)	1 835 x 1 042 x 35
Surface hors-tout (m²)	1,91
Masse (kg)	21
Masse spécifique (kg/m²)	11,0

Conditionnement	
nombre de modules maximum par emballage	32
nature de l'emballage	Carton + film plastique
position des modules	horizontale
nature des séparateurs	Pas de séparateur
Commentaire	le stockage sur chantier se fait à l'abri des intempéries

Fabrication	
Site(s) de fabrication	Usine de Dinsheim sur Bruche (67190)
ISO 9001	ISO 9001:2015
classification sur le flash test systématique	0 à 5 Wc
mesure(s) par électroluminescence	Oui
inspection finale	Oui

Déclaration Environnementale	
Le procédé associé à cette gamme de module ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE).	

Composants identifiables visuellement	
Nature et nombre de cellules	monocristallines au nombre de 126 (6 colonnes de 21 cellules)
Boîtes de connexion	GF27xy de RENHE SOLAR
	GZX-PV201 de NINGBO GZX PV TECHNOLOGY
Connecteurs	PV-KST4/KBT4-EVO2 de Stäubli Electrical Connectors
	PV-KST4/KBT4 de Stäubli Electrical Connectors

Liste des gammes de modules vérifiées sur la base des critères d'acceptation de modules photovoltaïques en Avis Technique

G01/3279_V1

MINIRAILS PAYSAGE

Caractéristiques mécaniques	
épaisseur du verre et tolérances	3,2 ± 0,1 mm
moments d'inertie des profilés du cadre	Profilés longs : - $I_x = 2,12 \text{ cm}^4$, - $I_y = 0,40 \text{ cm}^4$, Profilés courts : - $I_x = 1,72 \text{ cm}^4$, - $I_y = 0,21 \text{ cm}^4$.
nuance d'aluminium et état métallurgique	EN AW-6063 T5
prise en feuillure du laminé	8,5 ± 1 mm
Charge positive (vers le bas sur la face avant du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	3 600 Pa
Charge négative (vers le haut sur la face arrière du module photovoltaïque) mécanique statique d'essai (valeur effective sans coefficient réducteur) maximale appliquée lors de l'essai MQT 16 de la norme NF EN IEC 61215-2	2 400 Pa

