Avis Technique 21/14-49_V2

Annule et remplace l'Avis Technique 21/14-49_V1.1

Module photovoltaïque rigide en surimposition couverture grands éléments

Rigid photovoltaic module applied over large roofing elements

KOMET840®

avec modules :

60Pxxx (xxx de 250 à 270 Wc) de RECOM Sillia SAS

60Mxxx (xxx de 265 à 285 Wc) de RECOM Sillia SAS

Titulaire : Société ARCELORMITTAL Construction France
Site 1 Zone Industrielle
FR-55800 Contrisson
Tél. : 03 29 79 85 85
Internet : http://www.arcelormittal.com/construction/

Groupe Spécialisé n° 21

Procédés photovoltaïques

Publié le 21 mars 2019

Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

© CSTB 2019

Le Groupe Spécialisé n° 21 "Procédés photovoltaïques" de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 17 juillet 2018, le procédé photovoltaïque "KOMET840®", présenté par la société ARCELORMITTAL Construction France. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Il annule et remplace l'Avis Technique 21/14-49_V1.1. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre du faitage à l'égout en toiture partielle ou complète, sur charpentes métalliques, bois ou béton munies d'inserts, sur ouvrage neuf ou en remplacement de grands éléments de couverture (*plaques profilées en fibres-ciment ou plaques nervurées en acier ou aluminium*).

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

Il intègre :

- un (*des*) module(*s*) photovoltaïque(*s*), de puissance comprise entre 250 Wc et 285 Wc, muni(*s*) d'un cadre en profils aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules au format "paysage".

1.2 Identification

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 autres constituants sont identifiables par leur géométrie particulière et sont référencés, lors de leur livraison, par une liste présente sur les colis les contenant.

2. AVIS

Le présent Avis ne vise pas la partie courant alternatif de l'installation électrique, ni l'onduleur permettant la transformation du courant continu en courant alternatif.

2.1 Domaine d'emploi accepté

Identique au domaine d'emploi proposé au *§ 1.2* du Dossier Technique.

2.2 Appréciation sur le produit

2.21 Conformité normative des modules

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.

2.22 Aptitude à l'emploi

2.221 Fonction génie électrique

Sécurité électrique du champ photovoltaïque

- Conducteurs électriques

  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.

  Les câbles électriques utilisés ont une tenue en température ambiante de -40 °C à + 90 °C et peuvent être mis en œuvre jusqu'à une tension de 1000 V en courant continu, ce qui permet d'assurer une bonne aptitude à l'emploi des câbles électriques de l'installation.

- Protection des personnes contre les chocs électriques

  Les modules photovoltaïques cadrés sont certifiés d'une classe d'Application A selon la norme NF EN 61730:2007/A1:2012/A11 :2014, jusqu'à une tension maximum de 1000 V DC et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II jusqu'à 1000 V DC.

  À ce titre, ils sont marqués CE selon la Directive 2014/35/CE (dite « Directive Basse Tension ») du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États Membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.

  Les connecteurs de la société TE CONNECTIVITY utilisés, ayant un indice de protection IP 68, sont des connecteurs débrochables à verrouillage à lamelles manuel permettant un bon contact électrique entre chacune des polarités et assurant également une protection de l'installateur contre les risques de chocs électriques.

  L'utilisation de rallonges électriques (*pour les connexions éventuelles entre modules, entre séries de modules et vers l'onduleur, ...*) équipées de connecteurs de même fabricant, même type et même marque, permet d'assurer la fiabilité du contact électrique entre les connecteurs.

  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.

  L'utilisation de rondelles bimétal et de câbles pour la liaison des cadres des modules photovoltaïques et de raccord à griffe (*pour la liaison principale*) pour un raccordement en peigne des masses métalliques) permet d'assurer la continuité de la liaison équipotentielle des masses du champ photovoltaïque lors de la maintenance du procédé.

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 3 diodes bypass sur chacun des modules photovoltaïques.

Puissance crête des modules utilisés

Les modules " **Pxxx** " sont de puissance crête comprise entre 250 Wc et 270 Wc par pas de 5 Wc.

Les modules " **Mxxx** " sont de puissance crête comprise entre 265 Wc et 285 Wc par pas de 5 Wc.

2.222 Fonction Couverture

Stabilité

La stabilité du procédé est convenablement assurée sous réserve :

- d'un calcul au cas par cas des charges climatiques appliquées sur la toiture, en tenant compte lorsque nécessaire des actions locales, pour vérifier que celles-ci n'excèdent pas :
  - sous charge descendante appliquée aux modules photovoltaïques :
    - 2 500 Pa sous charge de neige normale (selon les règles N 84),
    - 2 500 Pa sous charge de neige caractéristique (selon les règles "Eurocode 1 Partie 1.3" NF EN 1991-1-3 et son annexe nationale),
  - sous charge ascendante appliquée aux modules photovoltaïques :
    - avec cale de 1 mm d'épaisseur :
      - 1 095 Pa sous charge de vent normal (selon les règles NV 65 modifiées),
      - 1 095 Pa sous charge de vent caractéristique (selon les règles Eurocode 1 Partie 1.4- -NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale),
    - avec cale de 1,5 mm d'épaisseur :
      - 1 910 Pa sous charge de vent normal (selon les règles NV 65 modifiées),
      - 1 910 Pa sous charge de vent caractéristique (selon les règles "Eurocode 1 Partie 1.4" -NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale),
- d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque,
- d'un entraxe entre pannes conforme aux indications des *Tableau 1* et *Tableau 2* du présent Dossier Technique et de toutes façons toujours inférieur ou égal à 3,5 m,
- d'une mise en œuvre du procédé respectant une installation des modules à une distance supérieure à 500 mm de l'égout,
- d'informer le charpentier que le procédé génère des continuités d'appuis sur les pannes et que les formules nécessaires aux calculs des descentes de charge doivent être déterminées en prenant une charge permanente égale à 24 daN/m² (*poids propre de la tôle d'acier nervurée, des modules et des éléments de fixation*) à laquelle il faut ajouter les charges d'exploitation déterminées au *Tableau 1.*

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. Elles sont donc applicables 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.

Complexité de toiture

L'application du procédé en toiture complète paraît pouvoir être envisagée favorablement compte tenu de la fourniture systématique des tôles de finition de l'installation photovoltaïque par la société ARCELORMITTAL Construction France.

Étanchéité à l'eau

La conception globale du procédé, ses conditions de pose prévues par le Dossier Technique (*avec notamment la conception du procédé intégrant un caisson en sous-face des éléments de fixation des modules photovoltaïques*) permettent de considérer une étanchéité à l'eau satisfaisante.

Risques de condensation

Le procédé n'aggrave pas les risques de condensation par rapport aux couvertures traditionnelles en plaques d'acier nervurées (*cf. DTU 40.35*).

Les mises en œuvre, telles que décrites dans le Dossier Technique, permettent de gérer les risques de condensation de façon satisfaisante :

- grâce à l'utilisation d'un régulateur de condensation dans le cas de toitures froides ventilées non isolées,
- de closoirs adéquats pour le blocage de la circulation d'air dans le cas de toitures chaudes.

Sécurité au feu

Les modules photovoltaïques ne sont pas destinés à constituer la face plafond de locaux occupés.

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

Sécurité des usagers

La sécurité des usagers au bris de glace des modules est assurée grâce à l'utilisation d'un support continu constitué par les plaques d'acier nervurées KOMET840®.

Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants lors de la pose, de l'entretien et de la maintenance est normalement assurée grâce à la mise en place :

- de dispositifs permettant la circulation des personnes sans appui direct sur les modules,
- de dispositifs antichute selon la réglementation en vigueur : d'une part pour éviter les chutes sur les modules et d'autre part, pour éviter les chutes depuis la toiture.

Se reporter aux préconisations indiquées dans la fiche pratique de sécurité ED 137 publiée par l'INRS « Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques ».

Attention, le procédé KOMET840® ne peut en aucun cas servir de point d'ancrage à un système de sécurité.

2.223 Données environnementales et sanitaires

Aspects environnementaux

Le procédé KOMET840® ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

2.23 Durabilité -Entretien

La durabilité propre des composants, leur compatibilité, la nature des contrôles effectués tout au long de leur fabrication permettent de préjuger favorablement de la durabilité du procédé photovoltaïque dans le domaine d'emploi prévu.

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis, en respectant le guide de choix des matériaux (*voir le Tableau 10*) et moyennant un entretien conforme aux indications portées dans la notice de montage et dans le Dossier Technique, la durabilité de cette couverture peut être estimée comme satisfaisante.

2.24 Fabrication et contrôle

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.

2.25 Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé photovoltaïque effectuée par des entreprises averties des particularités de pose de ce procédé (*d'une part, des entreprises disposant de compétences en couverture complétée par une qualification pour la pose de procédés photovoltaïques et d'autre part, des entreprises ayant les compétences requises en génie électrique, complétées par une qualification pour la pose de procédés photovoltaïques selon la norme NF C 18-510*) et la possibilité d'être accompagnées par la société ARCELORMITTAL Construction France lors de leur premier chantier permet d'assurer une bonne réalisation des installations.

Le mode constructif et les dispositions de mise en œuvre relèvent de techniques classiques de mise en œuvre en couverture.

2.3 Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions communes

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.

Ce procédé ne peut être utilisé que pour le traitement des couvertures, de formes simples.

Avant chaque projet, le devoir de conseil de l'installateur lui impose de sensibiliser le maître d'ouvrage à la nécessité d'une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de la tenue des fixations, et de la toiture afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

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 admissibles du procédé.

La mise en œuvre est prévue pour être exécutée sur des structures porteuses :

- en bois, conformément 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, conformément 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 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.

La réalisation de l'installation doit être effectuée conformément aux documents suivants en vigueur : norme électrique NF C 15-100, guides UTE C 15-712 et guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec.

Les câbles électriques ne doivent pas reposer dans les zones d'écoulement ou de rétention d'eau.

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 devenir 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 sur de tels procédés.

L'installateur recommandera de réaliser l'entretien et la maintenance en s'inspirant de la norme NF EN 62446-1:2017.

2.32 Prescriptions techniques particulières

2.321 Livraison

Le système de traçabilité du titulaire permet de tracer les livraisons, de la production jusqu'aux chantiers livrés.

La notice et le plan d'implantation des modules photovoltaïques doivent être fournis à l'installateur.

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 avec le système de montage aux bons de commandes.
- À la réception des fournitures, un autocontrôle du choix des fixations.

2.322 Conception vis-à-vis de la condensation

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.

2.323 Installation électrique

Les spécifications relatives à l'installation électrique décrites au Dossier Technique doivent être respectées.

2.324 Mise en œuvre

Les installations doivent toujours être reliées au faîtage et à l'égout de la toiture.

Les règles de mise en œuvre décrites au Dossier Technique et les dispositions mentionnées au *§ 2.222* "Stabilité" doivent être respectées. Les Documents Particuliers du Marché (DPM) définissent le mode de calcul selon lequel le procédé est dimensionné. Dans le cas d'un calcul selon les règles "Eurocode 1 partie 1-4" (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale, les DPM définissent la catégorie de terrain de l'ouvrage. À défaut, on peut prendre en compte, par simplification, les catégories de terrains suivantes selon la topographie du site de l'ouvrage :

- mer ou zone côtière exposée aux vents de mers, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km : catégorie de terrain 0 ;
- campagne : catégorie de terrain II ;
- zones urbaines ou industrielles : catégorie de terrain IIIb.

La mise en œuvre, ainsi que les opérations d'entretien, de maintenance et de réparation du procédé photovoltaïque doivent être assurées par des installateurs qualifiés et habilités (cf. § 8.2).

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

2.325 Assistance technique

La société ARCELORMITTAL Construction France est tenue d'apporter son assistance technique à toute entreprise installant le procédé qui en fera la demande.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. § 2.1) est appréciée favorablement.

Validité

À compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31 mars 2022.

Pour le Groupe Spécialisé n° 21
Le Président

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La version consolidée V2 tient compte du changement de nom du fabricant de modules : SILLIA VL devient RECOM Sillia SAS.

La version consolidée V1 tient compte de la modification des modules 60Pxxx et 60Mxxx et de leur fabricant qui passe de SILLIA Energie à SILLIA VL.

Les applications de ce procédé, en climat de montagne (*altitude > 900 m*), ne sont pas concernées par le domaine d'emploi accepté par l'Avis.

La spécificité du procédé impose que les installations photovoltaïques soient toujours et obligatoirement reliées au faîtage.

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 admissibles du procédé,
  - une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis de sa capacité à accueillir le procédé photovoltaïque.
- une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre afin de ne pas perturber la ventilation naturelle de la toiture non isolée.

Comme pour l'ensemble des procédés comportant des modules photovoltaïques verriers, la pose des modules n'est pas prévue dans les zones de toiture avec accumulation de neige.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fait que les tôles d'acier nervurées KOMET840® constituent le plan d'étanchéité du procédé.

Le Groupe Spécialisé souhaite préciser que les préconisations relatives à l'installation électrique, conformes aux prescriptions actuelles des guides UTE C 15-712 en vigueur, nécessitent d'évoluer parallèlement aux éventuelles mises à jour de ces guides.

Le Groupe Spécialisé souhaite également préciser que cet Avis Technique nécessitera d'être révisé en cas d'évolution des prescriptions relatives à l'isolation et à la ventilation des DTU de la série 40.3.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 21

Dossier Technique
établi par le demandeur

A. Description

1. Description générale

1.1 Présentation

Procédé photovoltaïque, mis en œuvre du faîtage à l'égout en toiture partielle ou complète, sur charpentes métalliques, bois ou béton munies d'inserts, sur ouvrage neuf ou en remplacement de grands éléments de couverture (*plaques profilées en fibres-ciment ou plaques nervurées en acier ou aluminium*).

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

Il intègre :

- un (des) module(s) photovoltaïque(s), de puissance comprise entre 250 Wc et 285 Wc, muni(s) d'un cadre en profils aluminium,
- un système de montage permettant une mise en œuvre en toiture des modules au format "paysage".

1.2 Domaine d'emploi

- Utilisation en France métropolitaine :
  - sauf en climat de montagne caractérisé par une altitude supérieure à 900 m,
  - uniquement au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie (*au sens de l'annexe B3 du DTU 40.36*).
- Mise en œuvre :
  - sur toitures inclinées de bâtiment neuf ou existant, autour d'éventuelles pénétrations de toiture (*cheminées, sorties de toiture, exutoire…*) à condition que :
    - □ le champ PV soit interrompu en respectant une distance des modules PV à la pénétration afin de minimiser toute ombre portée et de toute façon supérieure à 500 mm,
    - □ les pénétrations soient traitées en stricte conformité avec le DTU 40.35 à l'aide des plaques nervurées Komet840® ou Trapéza 3.333.39T,
  - sur charpente acier, charpente bois, charpente béton munie d'inserts en acier en bâtiments neufs ou en remplacement des plaques profilées en fibres-ciment ou de plaques nervurées acier ou aluminium,
  - les couvertures doivent être conformes aux prescriptions des DTU et documents concernés : notamment les DTU 40.35, 40.36 et 40.37 (*notamment pour la pente et la longueur de rampant*),
  - applicable pour des toitures froides ventilées non isolées et toitures chaudes selon les dispositions du *§ 8.52*.
- La toiture d'implantation doit présenter :
  - un entraxe entre pannes conforme aux indications du Tableau 1 du présent Dossier Technique et de toute façon toujours inférieur ou égal à 3,5 m. Dans le cas d'une mise en œuvre en association avec les tôles d'acier nervurées Trapéza 3.333.39T, il est impératif que l'épaisseur de la tôle d'acier nervurée Trapéza 3.333.39T soit compatible avec les entraxes entre pannes reportés au *Tableau 1*. À cette fin, le dimensionnement doit tenir compte des valeurs reportées dans la fiche technique de la tôle d'acier nervurée Trapéza 3.333.39T en Annexe B,
  - un versant de pente, imposée par la toiture, compris entre 7 % ou 15 % (*4° ou 9°*) selon la zone d'implantation et 65 % (33°) (*voir le Tableau 2*).
- Les modules photovoltaïques doivent obligatoirement être installés :
  - en mode "paysage",
  - en association avec les tôles d'acier nervurées KOMET840® mises en œuvre obligatoirement de l'égout au faîtage,
  - en toiture partielle définie selon le référentiel de dimensionnement du procédé :
    - □ dans le cas d'un dimensionnement selon les règles NV 65 modifiées : sans jamais aller jusqu'aux rives latérales de la toiture (*sur la base d'un vent normal au génératrices : long des bords de toiture à partir de la rive, sur une profondeur égale au 1/10ème de la hauteur du bâtiment (h) sans toutefois dépasser le 1/10ème de la largeur de ce même bâtiment (b/10)*),
    - □ dans le cas d'un dimensionnement selon les règles "Eurocodes 1 partie 1-4 (NF EN1991-1-4) et son annexe nationale conformément à la norme P78-116 (voir la *Figure* 1),
  - ou en toiture complète, l'installation pouvant être raccordée à 1 ou 2 rives latérales : les modules photovoltaïques ne doivent cependant pas être installés à une distance inférieure à 500 mm de l'égout,
  - sur des longueurs de rampants de toiture de 40 m maximum équivalent à une longueur projetée de 39,9 m pour une pente de 7% et de toutes façons inférieures aux longueurs de rampant maximum définies dans les DTU et les documents de références concernés lorsque des éléments de couvertures sont associés aux modules photovoltaïques,
  - sur des toitures soumises à des charges climatiques n'excédant pas :

    sous charge descendante appliquée aux modules photovoltaïques :
    - □ 2 500 Pa sous charge de neige normale selon les règles N
    - □ 84,
    - □ 2 500 Pa sous charge de neige caractéristique selon les règles Eurocode 1 Partie 1.3 (NF EN 1991-1-3) et son annexe nationale,

    sous charge ascendante appliquée aux modules photovoltaïques :
    - □ avec cale de 1 mm d'épaisseur :
      - o 1 095 Pa sous charge de vent normal selon les règles NV 65 modifiées,
      - o 1 095 Pa sous charge de vent caractéristique selon les règles Eurocode 1 Partie 1.4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale,
    - □ avec cale de 1,5 mm d'épaisseur :
      - o 1 910 Pa sous charge de vent normal selon les règles NV 65 modifiées,
      - o 1 910 Pa sous charge de vent caractéristique selon les règles Eurocode 1 Partie 1.4 " (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale,
  - les principes de calcul n'étant pas les mêmes, il est impératif d'utiliser un unique mode de calcul lors du dimensionnement du procédé :
    - □ soit les règles NV 65 modifiées et N 84 selon la partie gauche du logigramme en s'aidant du Tableau 1, Tableau 3 partie NV 65 modifiées, Tableau 4, Tableau 5, Tableau 6, Tableau 11 partie NV 65 modifiées et Tableau 12,
    - □ soit les règles Eurocode selon la partie droite du logigramme en s'aidant du Tableau 1, Tableau 3 partie règles Eurocode, Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9, Tableau 11 partie Eurocode et Tableau 13.
- En fonction des matériaux constitutifs du procédé, le *Tableau 10* précise les atmosphères extérieures permises.

2. Éléments constitutifs

Le procédé photovoltaïque "KOMET840®" (*voir la Figure 1*) est l'association d'un module photovoltaïque cadré et d'un système de montage spécifique lui permettant une mise en œuvre en toiture.

Tous les éléments décrits dans ce paragraphe font partie de la livraison du procédé assurée par la société ArcelorMittal Construction France.

2.1 Module photovoltaïque

Le module photovoltaïque (*voir la Figure 1*), fabriqué par la société RECOM Sillia SAS, peut être de deux natures différentes avec les dénominations commerciales suivantes :

- 60Pxxx,
- 60Myyy.

Cette dénomination commerciale se décline en fonction de :

- la puissance crête :
  - xxx allant de 250 Wc à 270 Wc par pas successif de 5 Wc,
  - yyy allant de 265 à 285 Wc par pas successif de 5 Wc,
- et de la technologie des cellules photovoltaïques :
  - "P" pour polycristalline,
  - "M" pour monocristalline.

Les références de tous les composants suivants ont été fournies au secrétariat de la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques.

2.11 Film polymère

- Composition : à base de deux films de PET avec un traitement spécifique de la surface intérieure pour permettre une meilleure adhérence de la résine encapsulante.
- Épaisseur : 0,295 mm ±7%.
- Tension diélectrique maximum admissible : 1000 V.

2.12 Cellules photovoltaïques

Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 colonnes de 10 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules horizontalement : 3 ± 0,5 mm,
- distance minimale entre cellules verticalement : 3 ± 0,5 mm,
- distance minimale au bord horizontalement : 20 ± 1 mm,
- distance minimale au bord verticalement : 34 ± 1 mm.

Module 60Pxxx

- Technologie des cellules : polycristalline,
- Dimensions : (156 ± 0,5) mm × (156 ± 0,5) mm.

Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 rangées de 10 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules dans le sens du grand côté : (2,9 ± 0,5) mm,
- distance minimale entre cellules dans le sens du petit côté : (2 ± 0,5) mm,
- distance minimale au bord du petit côté avec la boîte de connexion : (47 ± 1) mm,
- distance minimale au bord du petit côté opposé à la boîte de connexion : (20 ± 1) mm,
- distance minimale au bord des grands côtés : (19 ± 1) mm.

Module 60Mxxx

Les cellules de silicium utilisées proviennent de 2 fournisseurs différents.

- Technologie des cellules : monocristalline,
- Dimensions : (156 ± 0,5) mm × (156 ± 0,5) mm.

Au nombre de 60, ces cellules sont connectées en série et réparties en 6 rangées de 10 cellules selon la configuration suivante :

- distance minimale entre cellules : (3 ± 1) mm,
- distance minimale au bord du petit côté avec la boîte de connexion : (47 ± 1) mm,
- distance minimale au bord du petit côté opposé à la boîte de connexion : (20 ± 1) mm,
- distance minimale au bord des grands côtés : (19 ± 1) mm.

2.13 Intercalaire encapsulant

Résine à base d'EVA de 0,46 mm minimum d'épaisseur permettant d'encapsuler les cellules entre le film polymère et le vitrage.

2.14 Vitrage

- Nature : verre imprimé à faible teneur en fer et trempé conforme à la norme EN 12150 avec ou sans couche antireflet,
- Épaisseur : 3,2 ± 0,2 mm,
- Dimensions : (1 654 ± 1 x 984 ± 1) mm.

2.15 Constituants électriques

2.151 Boîte de connexion

Une boîte de connexion du fabricant Ningbo GZX de dénomination commerciale PV-GZX156K, est collée avec du silicone en sous-face du module. Elle présente les dimensions hors-tout (98 x 95 x 20) mm.

Cette boîte de connexion est fournie avec 3 diodes bypass (*qui protègent chacune une série de 20 cellules*) et permet le raccordement aux câbles qui assurent la connexion des modules (voir § 2.152).

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Indice de protection (*connecté*) : IP67,
- Tension assignée : 1 500 V DC entre polarités,
- Courant assigné : 13 A,
- Plage de température : - 40 °C à + 85 °C,
- Certificat TÜV SÜD n° B17 04 88393 018 selon la norme IEC 62790:2014.

2.152 Câbles électriques

Les modules sont équipés de deux câbles électriques de 1,0 m 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 (voir § 2.153).

Ces câbles ont notamment les spécifications suivantes :

- Classe II de sécurité électrique,
- Plage de température ambiante maximum : - 40 °C à + 90 °C,
- Tension assignée : 1 500 V DC,
- Double isolation,
- Certificat TÜV n° R50343327 selon la norme EN 50618:2014.

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*).

2.153 Connecteurs électriques

Plusieurs connecteurs sont possibles :

- Connecteurs de la société Ningbo GZX avec système de verrouillage, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque et de type PV-GZX1500, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :
  - Indice de protection électrique IP 67,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 500 V,
  - Intensité assignée de 30 A,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Certificats TÜV n° R50334058 selon la norme IEC 62852:2014.
- Connecteurs de la société Staübli Electrical Connectors avec système de verrouillage, préassemblés en usine aux câbles des modules. De marque Multicontact et de type MC4 EVO2, ces connecteurs ont les caractéristiques suivantes :
  - Indice de protection électrique IP 68,
  - Classe II de sécurité électrique,
  - Tension assignée de 1 500 V,
  - Intensité assignée de 45 A,
  - Plage de température de - 40 °C à + 85 °C,
  - Résistance de contact : 0,5 mΩ,
  - Certificats TÜV n° R60127169 selon la norme IEC 62852:2014.

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.

2.16 Cadre du module photovoltaïque

Le cadre des modules (Figure 3) est composé de profils en aluminium EN AW-6063 T5 avec revêtement de 15 µm d'épaisseur obtenu par anodisation pour la fixation au système de montage.

Le cadre des modules présente deux profilés longs (*sur la longueur des modules*) et deux profilés courts (*sur la largeur des modules*) identiques. Ces profilés présentent les moments d'inertie suivants :

- Ix = 3,68 cm^4,
- Iy = 0,676 cm^4.

Les profilés longs du module sont prépercés à l'usine du fournisseur afin de prévoir la connexion des câbles de liaison équipotentielle des masses.

Un joint adhésif à base de mousse de polyéthylène et de colle acrylique est déposé entre le cadre et le verre du module.

Les profilés sont reliés entre eux grâce à des équerres crantées qui sont poinçonnées au travers des profilés sur leurs deux côtés.

2.2 Système de montage

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société ARCELORMITTAL CONSTRUCTION FRANCE.

2.21 Plaque nervurée KOMET840® (*Figure 7*)

D'épaisseur nominale 1±0,07 mm, ces tôles d'acier nervurées, en acier de nuance S 320 GD conforme à la norme NF EN 10346, sont prélaquées conformément aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169. Les différents prélaquages peuvent être Hairultra® 35 µm (*résine polyester thermodurcissable*), Hairexcel® 60 µm (*Revêtement composite*) ou Sinea® 85 µm (*multicouche polyuréthane*) en simple ou double face.

2.22 Éléments de fixation des modules

- Clames (*Acier inox 316 L*)

  Ces éléments sont destinés à maintenir les modules photovoltaïques sur les plaques nervurées KOMET840® (*Figure 8*).

  Les clames sont constituées de deux parties d'épaisseur 2 mm assemblées en usine :

  - L'embase : de longueur 100 mm et de largeur 66,4 mm, elle est de forme trapézoïdale pour s'adapter à la géométrie de la nervure de la plaque KOMET840®. Cette pièce comporte une tige filetée de diamètre 8 mm et de hauteur 40 mm en acier inox 316 L M8 soudée au centre de sa face supérieure. Elle comporte quatre trous de diamètre 7 mm situés de part et d'autre de la tige filetée et deux ergots de hauteur 5 mm. Un joint EPDM mousse d'épaisseur 2 mm est disposé en sous-face sur toute sa longueur.

- Le serreur : de dimensions hors-tout (L × l × h) 75 × 50 × 30 mm et de forme oméga (Figure 8). Celui-ci comporte un trou de diamètre 9 mm en son centre. Deux raidisseurs sont disposés sur les ailes et en fond.

Ces deux pièces sont assemblées grâce à la tige filetée de la partie embase de la clame avec une rondelle plate L pour M8 en inox austénitique A4 avec écrou lubrifié bague nylon NF E25-409 (*écrou hexagonal autofreiné à anneau non métallique*) en inox austénitique A4.

- Cales (*Acier de nuance S320 GD*).

Ces pièces, utilisées en association avec les clames sont destinées à maintenir le cadre du module photovoltaïque sur la clame en périphérie de l'installation photovoltaïque. D'épaisseur 1 mm ou 1,5 mm, elles sont en forme de "U" et leurs dimensions hors-tout sont les suivantes :

- cale de 1 mm d'épaisseur : 40 x 14 x 70 mm.
- cale de 1,5 mm d'épaisseur : 40 x 25 x 70 mm.

Elles sont prélaquées conformément aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169. Les prélaquages sont en double face Hairultra 35 µm (*résine polyester thermodurcissable*), Hairexcel 60 µm (*revêtement composite*) ou Sinea 85 µm (*multicouche polyuréthane*).

2.23 Visseries

Les spécifications techniques de la visserie utilisée pour la fixation de la partie embase des clames sur la plaque nervurée KOMET840® sont les suivantes : vis autoperceuses référence SX3-S16-6×29 de la société SFS Intec en acier inoxydable austénitique A2 à tête hexagonale *(6 pans de 8 mm)*, de diamètre 6 mm et de longueur 29 mm avec rondelle d'étanchéité de diamètre 16 mm.

2.24 Éléments de finition (*acier de nuance S320 GD*)

- Accessoires spécifiques à la plaque nervurée KOMET840® (Figure 9) :

Ce sont des éléments (*cf. Figure 6*) nécessaires à la pose de la plaque nervurée KOMET840® et aux traitements des points singuliers.

Ils sont fabriqués et fournis par la société ARCELORMITTAL Construction France.

Ces pièces sont conformes au DTU 40.35 et fabriquées à partir de tôles d'acier.

Selon les éléments, les épaisseurs et les prélaquages sont différents :

- les omégas de rattrapage de niveau au faitage KOMET840® et la pièce de départ : épaisseur nominale 1 mm avec ou sans prélaquage Hairultra, Hairexcel et Sinea (*simple ou double face*).
- les bandes de rive, faîtières, bandes d'égout : épaisseur nominale 0,75 mm avec prélaquages simple et double face en Hairultra, Hairexcel ou Sinea.

Les omégas support de faîtière ont une longueur de 600 mm ;

Les accessoires suivants ont une longueur maximale de 4000 mm :

- pièce de départ sous nervure recouvrante,
- bande de rive côté nervure (*cas standard : cas sans découpe de plaque d'acier nervurée*),
- support bande de rive côté nervure (cas hors standard : cas avec découpe de plaque d'acier nervurée),
- bande de rive côté nervure recouverte,
- oméga de rattrapage de niveau faitage KOMET840®,
- Faitières : longueur maximale 2100 mm et d'épaisseur 0,75 mm :
  - demi-faîtière à boudin KOMET840®,
  - faîtière double aérée KOMET840®,
  - demi- faîtière double aérée KOMET840®,
  - faîtière simple aérée KOMET840®,
  - faîtière en solin KOMET840®,
  - larmier égout (bavette panne sablière).

- Accessoires de raccordement entre les plaques nervurées KOMET840® et Trapéza 3.333.39 T (Figure 10) :

Dans le cas de couverture partielle avec raccordement entre les plaques nervurées KOMET840® et Trapéza 3.333.39 T, il est nécessaire d'utiliser des accessoires de raccordement. Ces accessoires (*cf. Figure 7*) sont réalisés à façon par ArcelorMittal Construction France suivant les cotes fournies par l'installateur. D'épaisseur 0,75 mm et 1,00 mm, ces éléments sont prélaqués conformément aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169 Hairultra 35 µm (*résine polyester thermodurcissable*), Hairexcel 60 µm (*Revêtement composite*) ou Sinea 85 µm (*multicouche polyuréthane*) en simple ou double face.

Faîtières : demi-faîtière à boudin, demi-faîtière à boudin aérée, faîtière à boudin aérée, faîtière simple aérée, faîtière en solin.

- Accessoires spécifiques à la plaque nervurée Trapéza 3.333.39 T (Figure 11) :

Ces accessoires utilisés en association avec les plaques nervurées Trapéza 3.333.39T peuvent être les suivants : oméga de rattrapage de niveau faitage Trapéza 3.333.39T d'épaisseur 1 mm avec ou sans prélaquage Hairultra, Hairexcel et Sinea (*simple ou double face*), faitières (*simples, doubles ou en solin*) de longueur maximale 2100 mm et d'épaisseur 0,75 mm : demi faitière à boudin, faîtière double aérée, demi faitière à boudin aérée, faîtière simple aérée, rives pignons ou en solin : longueur maximale 4 m.

Ces pièces comportent un prélaquage conforme aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169. Les différents prélaquages peuvent être Hairultra 35 µm (*résine polyester thermodurcissable*), Hairexcel 60 µm (*revêtement composite*) ou Sinea 85 µm (*multicouche polyuréthane*) en simple ou double face.

2.25 Plaque nervurée Trapéza 3.333.39 T (*Figure* 12)

Les plaques nervurées Trapéza 3.333.39 T peuvent être éventuellement utilisées dans le cas de couverture partielle. D'épaisseur minimum 0,63 mm, ces éléments sont prélaqués conformément aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169. Les différents prélaquages peuvent être simple ou double face Hairultra 35 µm (résine polyester thermodurcissable), Hairexcel 60 µm (Revêtement composite) ou Sinea 85 µm (multicouche polyuréthane).

Les dimensions et les tolérances de la plaque nervurée sont conformes aux exigences du DTU 40.35. Elles sont marquées CE.

De type trapézoïdal, elles présentent trois nervures d'entraxe 333 mm.

Dimensions des nervures :

- hauteur : 39 mm,
- grande base : 72 mm,
- petite base : 22 mm.

Dans le cas de réalisation de toitures froides, la plaque nervurée Trapéza 3.333.39 T est munie en sous-face d'un régulateur de condensation déposé en usine. Ce régulateur de condensation est conforme au DTU 40.35.

3. Autres éléments

La fourniture peut également comprendre des éléments permettant de constituer un procédé photovoltaïque : onduleurs, câbles électriques reliant le champ photovoltaïque au réseau électrique en aval de l'onduleur… Ces éléments ne sont pas examinés dans le cadre de l'Avis Technique qui se limite à la partie électrique en courant continu.

Les éléments suivants, non fournis, sont toutefois indispensables à la mise en œuvre et au bon fonctionnement du procédé utilisé :

3.1 Visserie

- Pour l'assemblage des plaques nervurées KOMET840® sur les appuis :

Les fixations utilisées pour l'assemblage de la plaque nervurée KOMET840® aux appuis peuvent être les suivantes :

Fournisseurs	Nature des appuis	Références
SFS Intec	Bois	SXCW-S16-6,5×105
	Acier d'épaisseurs 1,5 à 4 mm	SXC5-S16-5,5×82
	Acier d'épaisseurs 4 à 12 mm	SXC14-S16-5,5×80
FAYNOT	Bois	Vis Inox P1 6,3 x 100 + Vulca ∅ 16 mm
	Acier d'épaisseurs 1,5 à 5 mm	Vis Inox P5 5,5 x 75 + Vulca ∅ 16 mm
	Acier d'épaisseurs 5 à 13 mm	Vis Inox P13 perceuse 5,5 × 80 + Vulca ∅ 16 mm
LR ETANCO	Bois	Drillnox Bois DF TH 8 ∅ 6,5 × 100 + rondelle 16 mm
	Acier d'épaisseurs 1,5 à 3 mm	Drillnox 3,5 TH 8 ∅ 5×78 + rondelle 16 mm

Le choix doit être déterminé en fonction de la nature de l'appui, des valeurs d'arrachement et de cisaillement (*Tableau 11)*.

- Pour le couturage des plaques nervurées KOMET840® :

Les plaques nervurées KOMET840® sont couturées entre elles par l'intermédiaire de fixations SFS Intec de référence S X 3-S16-6 × 29 autoperceuses en inox austénitique A2 avec rondelle d'étanchéité de diamètre 16 mm.

- Fixation des plaques nervurées Trapéza 3.333.39 T aux appuis et de ses accessoires :

Les fixations et accessoires de fixations utilisés doivent être conformes aux spécifications du DTU 40.35 (*§ 5.4 et annexes A & K*).

- Fixation des pièces permettant la jonction entre la plaque nervurée Trapéza 3.333.39 T et la plaque nervurée KOMET840® :

Les fixations et accessoires de fixations utilisés doivent être conformes aux spécifications du DTU 40.35 (*§ 5.4 et annexes A & K*).

3.2 Connecteurs de liaison équipotentielle des masses

Les modules photovoltaïques doivent être reliés par l'intermédiaire d'un câble continu. La connexion aux cadres des modules est réalisée par l'intermédiaire d'une part de rondelles bimétal et d'autre part avec des cosses "Faston" verrouillables.

Le tout doit être relié au câble principal par des raccords à griffes.

3.3 Câbles de mise à la terre

Les câbles de mise à la terre doivent présenter des sections adaptées à leur fonction (*interconnexion des cadres des modules et des profilés ou liaison à la prise de terre du bâtiment*) et dans tous les cas des caractéristiques conformes aux guides C 15-712 en vigueur.

3.4 Autres

- Closoirs et contre-closoirs
  - Pour les plaques d'acier nervurées KOMET840® (*Figure 13*) :

    Les closoirs et contre-closoirs sont destinés à obturer les lames d'air à l'égout et au faîtage lors de la réalisation de toitures chaudes.

    Ces éléments (*cf. Figure 8*) sont en mousse de polyéthylène. Ils sont adaptés à la géométrie de la plaque nervurée KOMET840®.

    Ces éléments spécifiques sont disponibles sur commande auprès des sociétés LR ETANCO et FAYNOT.
  - Pour les plaques d'acier nervurées Trapéza 3.333.39T :

    Ces éléments à base de mousse de polyéthylène sont adaptés à la géométrie de la plaque nervurée Trapéza 3.333.39 T et sont utilisés pour la réalisation de toitures chaudes. Ils doivent être conformes aux spécifications du DTU 40.35.
- Bouchons (Figure 13)

  Ces bouchons sont positionnés à l'égout dans le ou les caissons formés par la plaque nervurée KOMET840®. Ils permettent d'éviter l'intrusion de nuisibles tout en laissant une évacuation pour les éventuelles eaux de condensation.
- Pontets

  Exclusivement destinés à être mis en œuvre en association avec les plaques nervurées Trapéza 3.333.39 T, les pontets doivent être conformes aux spécifications du DTU 40.35 et adaptés à la géométrie de la plaque nervurée Trapéza 3.333.39 T.
- Manchon d'étanchéité ou plaque à douille

  Ces éléments utilisés pour passer les câbles à l'intérieur du bâtiment doivent être conformes au DTU 40.35 et avoir un diamètre adapté au nombre et à la section des câbles à passer.

4. Conditionnement, étiquetage, stockage

4.1 Modules photovoltaïques

Les modules sont conditionnés et livrés par palette avec un maximum de 28 modules par palette. Les modules sont positionnés à l'horizontal et sont protégés à chaque coin par des pièces plastiques. 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.

Le stockage sur chantier doit s'effectuer à l'intérieur d'un bâtiment à l'abri des intempéries.

4.2 Plaques nervurées et accessoires

Les plaques nervurées KOMET840®, comme les plaques Trapéza 3.333.39 T, et les différents accessoires de finition sont conditionnés en colis, en fonction du nombre et des longueurs souhaités. Une étiquette d'identification est positionnée sur chaque colis (*nombre, longueurs, n° de commande, …*).

Le stockage sur chantier s'effectue conformément au DTU 40.35.

4.3 Autres constituants du procédé

Les organes de fixation des modules (*clames, rondelles, boulons, fixations*) sont conditionnés par cartons et livrés sur le chantier.

Lors de la livraison, une nomenclature des pièces contenues dans les colis est fournie.

Le stockage sur chantier s'effectue de façon à maintenir le(*s*) colis à l'abri des intempéries.

5. Caractéristiques dimensionnelles

Caractéristiques dimensionnelles des modules photovoltaïques	
-	**Module RECOM Sillia SAS 60Pxxx et 60Mxxx**
Dimensions hors-tout (*mm*)	1660 x 990 x 40
Dimensions du module sans cadre (*mm*)	1654 x 984
Surface hors-tout (*m²*)	1,64
Surface d'entrée (*m²*)	1,46
Masse (*kg*)	18
Masse spécifique (*kg/m²*)	11,0

Le système de montage des modules photovoltaïques est modulaire. De ce fait, il permet d'obtenir une multitude de champs photovoltaïques.

Leurs caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

Caractéristiques des champs photovoltaïques	
Largeur du champ (*cm*)	**(*NbX*) x (*Kx*) +(*NbX-1*) x *2***
Longueur de champ (*cm*)	**(*NbY*) x (*Ky*) +(*NbY-1*) x *4,5***
Poids au m² de l'installation (*kg/m²*) ***avec plaques KOMET840® et panneau PV***	***22,02***

Avec :

NbX : le nombre de modules dans le sens horizontal du champ photovoltaïque,

Kx : la dimension du module dans le sens horizontal du champ photovoltaïque,

NbY : le nombre de modules dans le sens vertical du champ photovoltaïque,

Ky : la dimension du module dans le sens vertical du champ photovoltaïque.

6. Caractéristiques électriques

6.1 Conformité à la norme NF EN 61215

Les modules cadrés RECOM Sillia SAS "60Pxxx" et "60Mxxx" ont été certifiés conformes à la norme NF EN 61215.

6.2 Sécurité électrique

Les modules cadrés RECOM Sillia SAS "60Pxxx" et "60Mxxx" ont été certifiés conformes à la Classe A de la norme NF EN 61730 et sont ainsi considérés comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité électrique II.

6.3 Performances électriques

Les performances électriques suivantes des modules ont été déterminées par flash test et ramenées ensuite aux conditions STC (Standard Test Conditions : éclairement de 1 000 W/m2 et répartition spectrale solaire de référence selon la CEI 60904-3 avec une température de cellule de 25 °C).

Modules Recom Sillia 60MXXX						
P_{mpp} (W)	295	300	305	310	315	320
U_{co} (V)	39,1	39,2	39,4	39,6	39,9	41,1
U_{mpp} (V)	31,9	32,0	32,2	32,4	32,9	33,4
I_{cc} (A)	9,69	9,78	9,86	9,95	9,97	9,98
I_{mpp} (A)	9,26	9,37	9,48	9,56	9,57	9,58
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,41					
αT (U_{co}) [%/K]	-0,31					
αT (I_{cc}) [%/K]	+0,04					
Courant inverse maximum (A)	15					

Modules Recom Sillia 60PXXX						
P_{mpp} (W)	265	270	275	280	285	290
U_{co} (V)	38,0	38,2	38,4	38,7	38,9	39,2
U_{mpp} (V)	30,8	31,1	31,3	31,5	31,7	32,0
I_{cc} (A)	9,15	9,23	9,32	9,41	9,49	9,63
I_{mpp} (A)	8,60	8,69	8,79	8,89	8,99	9,17
αT (P_{mpp}) [%/K]	-0,40					
αT (U_{co}) [%/K]	-0,30					
αT (I_{cc}) [%/K]	+0,04					
Courant inverse maximum (A)	15					

Avec :

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.
αT (*P_{mpp}*) : Coefficient de température pour la puissance maximum.
αT (*U_{co}*) : Coefficient de température pour la tension en circuit ouvert.
αT (*I_{cc}*) : Coefficient de température pour l'intensité de court-circuit.

7. Fabrication et contrôles

7.1 Cadre des modules

Les cadres des modules photovoltaïques sont réalisés par extrusion d'aluminium selon les plans de la société RECOM Sillia SAS par l'entreprise CORTIZO à Coruña, en Espagne.

Lors de la fabrication, des contrôles dimensionnels sont effectués en début et en fin de production.

7.2 Modules photovoltaïques

La fabrication des modules photovoltaïques et leur assemblage avec le cadre sont effectués sur le site de la société RECOM Sillia SAS à LANNION (*France*), certifié ISO 9001.

La société RECOM Sillia SAS effectue, après la fabrication, des essais en usine sur les modules photovoltaïques qui portent sur les éléments suivants :

- contrôle de toutes les cellules par caméra pour éliminer les cellules ayant des défauts de type rayures, cassures,
- contrôle de toutes les chaînes de cellules par électroluminescence,
- contrôle par caméra de toutes les interconnexions des cellules et des chaînes de cellules,
- contrôle visuel de tous les panneaux pour détection des défauts esthétiques,
- flash test de chaque module en fin de fabrication pour déterminer ses caractéristiques électriques. La tolérance sur la puissance maximum de sortie est de – 3 % à + 3 %.

Un superviseur est présent sur chaque ligne de production.

7.3 Plaques nervurées KOMET840®

La fabrication de la plaque nervurée KOMET840® est réalisée par profilage sur le site de Haironville (*55*) ou de Diémoz (*38*) d'ArcelorMittal Construction France.

Avant la mise en production (*profilage*), un contrôle du montage machine est réalisé par le biais d'une vérification complète de la géométrie du produit. Ces informations sont répertoriées sur une fiche de contrôle géométrique.

En cours de production, un contrôle est systématiquement réalisé à chaque changement de qualité de revêtement et au minimum une fois par poste. Ces informations sont répertoriées dans la carte de suivi profilage.

Un contrôle continu de la qualité de la matière et de l'aspect général du produit est réalisé.

7.4 Clames

La fabrication des clames est réalisée par un fournisseur d'ArcelorMittal Construction France au moyen de machines automatiques permettant la découpe, l'emboutissage, le soudage, etc.

Les clames sont fabriqués conformément aux plans et cahier des charges établis par ArcelorMittal Construction France.

La fabrication des clames est réalisée par la société Emboutissage Du Mail (*EDM*) à Moirans (*France-38*), certifiée ISO 9001, au moyen de machines automatiques permettant la découpe, l'emboutissage, le soudage, etc.

Un contrôle de la géométrie est réalisé toutes les 1000 pièces, un toutes les cinquante pièces pour la partie mécanique (*soudure*).

7.5 Éléments de finition

Les éléments de finition sont réalisés par ArcelorMittal Construction France selon les plans du poseur et d'ArcelorMittal Construction France.

Lors de la fabrication, des contrôles visuels sont effectués tout au long de la production.

La matière utilisée est contrôlée en amont dans le site de fabrication (*site 1 ou 2 de Contrisson / Meuse*) selon les normes en vigueur (*NF EN 1002.1, NF EN 10147, NF EN 10169+A1*).

8. Mise en œuvre

8.1 Généralités

Les éléments de ce système de montage sont commercialisés par projet suite au dimensionnement de la société ArcelorMittal Construction France.

Pour chaque projet, ArcelorMittal Construction France établit un plan d'implantation des modules photovoltaïques en définissant le nombre de clames qui est envoyé à l'installateur.

Avant chaque projet, une reconnaissance préalable de la toiture doit être réalisée à l'instigation du maître d'ouvrage afin de vérifier la capacité de la charpente à accueillir le procédé photovoltaïque, et que les charges admissibles sur la toiture ne sont pas dépassées du fait de la mise en œuvre du procédé.

La mise en œuvre du procédé ne peut être réalisée que pour le domaine d'emploi défini au *§ 1.2* du présent Dossier technique.

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

8.2 Compétences des installateurs

La mise en œuvre du procédé doit être assurée par des installateurs ayant les compétences des 2 types suivants :

- Compétences en couverture complétées par une qualification pour la pose de procédés photovoltaïques (*mise en œuvre*).
- Compétences électriques complétées par une qualification pour la pose de procédés photovoltaïques selon la norme NF C 18-510. Les travaux concernant l'installation électrique (*raccordement des modules, branchement aux onduleurs,…*) seront traités par des électriciens habilités « BR ».

8.3 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 (*par exemple, un harnais de sécurité relié à une ligne de vie fixée à la charpente*) 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. Ils peuvent être identifiés dans le guide « Installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution et inférieures ou égales à 250kVA » édité dans les cahiers pratiques de l'association Promotelec (*dénommé dans la suite du texte "guide Promotelec"*).

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 ED137 publiée par l'INRS.

8.4 Spécifications électriques

8.41 Généralités

L'installation doit être réalisée conformément aux documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, guides UTE C 15-712 et « guide Promotelec ».

Tous les travaux touchant à l'installation électrique doivent être confiés à des électriciens habilités (*cf. §.8.2*).

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 1000 V (*liée à la classe II de sécurité électrique*).

8.42 Connexion des câbles électriques

Le schéma de principe du câblage est décrit en *Figure 14*.

La connexion et le passage des câbles électriques s'effectuent sous le système de montage des modules.

- Liaison intermodules et module/onduleur

  La connexion des modules se fait en conformité avec le plan de câblage établi 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 de deux connecteurs de type différents.

Pour la connexion d'une colonne de modules à une autre, le passage des câbles se fera en passant sous les modules photovoltaïques.

- Câbles de liaison équipotentielle des masses

  La mise à la terre du champ photovoltaïque s'effectue en peigne en récupérant, au fur et à mesure de la pose des composants, les masses métalliques des cadres des modules par l'intermédiaire de bornes bimétal (*non fournies*).

  Le tout est relié au câble principal par l'intermédiaire de raccord à griffes.

- Passage des câbles à l'intérieur du bâtiment

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

  Il peut être réalisé :

  - au niveau du faîtage. De fait, le closoir mousse "contre-profil", s'il est présent (*cas des toitures chaudes*), devra être légèrement creusé pour permettre ce passage,
  - par l'intermédiaire de crosse composée d'un manchon d'étanchéité ou d'une plaque à douille conforme au DTU 40.35.

  Enfin, afin d'éviter que l'eau ne remonte par capillarité le long de ces câbles, il sera nécessaire de faire un effet "goutte d'eau" avec les câbles au-dessus du closoir "contre-profil" situé en partie supérieure de l'installation.

  L'ensemble des câbles doit ensuite être acheminé dans des gaines techniques ou des chemins de câbles CABLOFIL repérées et prévues à cet effet conformément aux prescriptions des documents en vigueur suivants : norme NF C 15-100, guides UTE C 15-712 et « guide Promotelec » (*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, ...

8.5 Mise en œuvre en toiture

8.51 Conditions préalables à la pose

Les dispositions applicables sont celles du DTU 40.35. En complément, il est impératif de respecter les conditions suivantes :

- La pente de la couverture doit être en adéquation avec celles définies dans le Tableau 2.
- Les surfaces et dimensions minimales des appuis doivent être conformes aux descriptions du paragraphe 4.4.4 du DTU 40.35.
- La longueur maximale du rampant de la couverture n'excède pas 40 m.
- Avant toute implantation, il est nécessaire de vérifier la zone géographique du chantier. Les Documents Particuliers du Marché (DPM) définissent les conditions climatiques soit :
  - selon les règles NV 65 modifiées et N 84,
  - selon les règles Eurocode 1 partie 1-3 (NF EN 1991-1-3) et Eurocode 1 partie 4 (NF EN 1991-1-4) et leurs annexes nationales.
- Des vérifications particulières doivent être effectuées pour s'assurer de la tenue des fixations des modules photovoltaïques :
  - dans le cas d'un dimensionnement des charges ascendantes selon les règles NV 65 modifiées au *Tableau 3*, au *Tableau 4*, au *Tableau 5* et au *Tableau 6*,
  - dans le cas d'un dimensionnement des charges ascendantes selon les règles Eurocode au *Tableau 3*, au *Tableau 7*, au *Tableau* 8 et au *Tableau 9*.
- Des vérifications particulières doivent être effectuées pour s'assurer du respect des portées entre pannes. Les portées maximales sous charges descendantes et ascendantes sont indiquées dans le Tableau 1 :
  - l'entraxe entre pannes sera pris comme la valeur la plus faible entre la valeur obtenue en charge :
    - descendante, issue du *Tableau 1*,
    - ascendante, issue du *Tableau 1*,
    - ascendante, issue de la fiche technique de la tôle d'acier nervurée TRAPÉZA 3.333.39T,
    - descendante, issue de la fiche technique de la tôle d'acier nervurée TRAPÉZA 3.333.39T.
  - Dans le cas d'un dimensionnement des charges descendantes selon les règles N 84 :

    En ce qui concerne les effets de la neige, on peut considérer par une approche simplifiée que la notion de charge accidentelle est implicitement vérifiée lorsque la charge normale de neige "S" est supérieure ou égale à :
    - 50 daN/m² pour les zones A2 et B1,
    - 70 daN/m² pour les zones B2 et C2,
    - 90 daN/m² pour la zone D.
    - "S" est la "surcharge verticale normale" (daN/m²) de base.
    - "S_0" est la "surcharge verticale normale" (daN/m²) définies par l'annexe R-II-2, 1 en tenant compte de l'altitude selon l'article R-II-2, 2 des règles N 84. Pour une zone donnée, lorsque "S" est inférieure à la valeur indiquée ci-dessus, la notion de charge accidentelle est vérifiée en remplaçant "S" par la valeur indiquée.
  - Dans le cas d'un dimensionnement des charges descendantes selon les règles Eurocode 1 partie 1-3 (NF EN 1991-1-3) et son annexe nationale :

    La notion de charge accidentelle est implicitement vérifiée lorsque la charge "S" est supérieure ou égale à :
    - 70 daN/m² pour les régions A2 et B1,
    - 90 daN/m² pour les régions B2 et C2,
    - 120 daN/m² pour la région D.

    Pour une région donnée, lorsque la neige "S" est inférieure à la valeur indiquée ci-dessus, la notion de charge accidentelle est vérifiée en remplaçant "S" par la valeur indiquée.

8.52 Traitement des risques de condensation

Le procédé est applicable pour les toitures froides ventilées ou toitures chaudes. Néanmoins, le risque de condensation ne peut totalement être exclu dans le cas de toiture froide ventilée non isolée. Ce risque de condensation peut le cas échéant, en fonction de l'usage du bâtiment être accepté par le maître d'ouvrage. La meilleure solution vis-à-vis du risque de condensation reste donc la réalisation de toiture chaude.

8.521 Toitures froides ventilées non isolées

Pour cette conception de toiture, la plaque nervurée KOMET840® et le cas échéant, la tôle d'acier nervurée Trapéza 3.333.39 T et les accessoires de liaison, sont livrés avec un régulateur de condensation en sous-face conforme au DTU 40.35.

La conception de ce type de toiture doit être traitée conformément aux spécifications du DTU 40.35.

8.522 Toitures chaudes

Dans le cadre du domaine d'emploi de ce procédé, à savoir :

- toitures chaudes isolées sur pannes,
- toitures doubles peaux à trames parallèles conformément aux dispositions du DTU 40.35.

Pour cette conception de toiture, il y a lieu d'utiliser les closoirs et contre-closoirs adaptés à la géométrie de la plaque nervurée KOMET840® et le cas échéant, Trapéza 3.333.39T afin d'empêcher la pénétration d'air à l'intérieur du bâtiment.

8.53 Préparation de la toiture

Il convient en premier lieu de vérifier la répartition et les dimensions hors-tout du procédé sur la toiture et de découvrir, le cas échéant, la zone d'implantation des éléments de couverture existants.

La surface qui doit être ménagée pour l'implantation du procédé photovoltaïque doit posséder les dimensions indiquées dans le *§ 5* auxquelles il faut ajouter 1,06 m en rives liés au système d'implantation des modules et 50 cm au faitage et à l'égout.

Dans le cas d'ouvrage en réhabilitation, une reconnaissance préalable de la charpente support vis-à-vis d'une part du surplus de charge rapportée par les différents éléments constituant le procédé et d'autre part de la largeur et de la résistance des appuis est à faire à l'instigation du maître d'ouvrage.

Il y a lieu de respecter un entraxe maximal entre panne correspondant à la valeur la plus faible déterminée suivant le domaine d'emploi revendiqué entre la valeur obtenue en charge :

- descendante, issue du Tableau 1,
- ascendante, issue du Tableau 1,
- ascendante, issue de la fiche technique de la tôle d'acier nervurée TRAPÉZA 3.333.39T,
- descendante, issue de la fiche technique de la tôle d'acier nervurée TRAPÉZA 3.333.39T.

Si nécessaire, il conviendra de renforcer l'ossature porteuse en ajoutant des pannes ou en remplaçant les pannes non appropriées par des pannes permettant d'offrir une largeur d'appui et une résistance suffisante pour effectuer la mise en œuvre du procédé.

Les tôles d'acier nervurées KOMET840® peuvent être mises en œuvre en toiture complète ou partielle du faîtage à l'égout. La mise en œuvre du procédé en toiture partielle est décrite au *§ 8.55*.

8.54 Pose du procédé en toiture complète

8.541 Manutention des tôles d'acier nervurées

Lors de la manutention, il est nécessaire de ne pas détériorer le revêtement des tôles d'acier nervurées (*KOMET840® ou Trapéza 3.333.39T*), ni le régulateur de condensation de la sous-face. De plus, il est indispensable d'éviter de déformer les profils (*nervures, bords…*) sous peine de les rendre inaptes à la bonne exécution des travaux.

De plus, il conviendra de respecter les dispositions suivantes lors des découpes de retouche :

- Lors des opérations de coupe au montage sur chantier, protéger le produit (*par bâchage*) pour éviter toute pollution de surface.
- Les opérations de meulage, tronçonnage d'éléments métalliques à proximité du produit sont proscrites.
- Éliminer les bavures.
- L'emploi d'un outillage adapté et spécifique à l'acier inoxydable est indispensable.
- Protéger les tranches pendant le stockage et la manutention.

8.542 Mise en place des plaques d'acier nervurées KOMET840®

Les plaques d'acier nervurées KOMET840® sont toujours utilisées du faîtage à l'égout de la toiture.

La plaque nervurée KOMET840® doit être posée avec les nervures parallèles à la ligne de plus grande pente conformément au paragraphe 6.1.2 du DTU 40.35. La mise en place de la plaque nervurée KOMET840® s'effectue en colonne (*de l'égout au faîtage*), de gauche à droite, après la pose et la fixation de la pièce de départ et de la bavette d'égout (*voir la Figure 15 et la Figure 16*). Dans la nervure formant un caisson, un bouchon doit être disposé du côté de l'égout (*voir la Figure 17 et Figure 18*).

Le recouvrement longitudinal entre plaques nervurées KOMET840® permet d'obtenir une largeur utile de 840 mm. Il s'effectue par l'emboîtement de la partie recouvrante d'une plaque sur les nervures de rives de la plaque déjà posée. Le caisson ainsi formé devra être couturé de part et d'autre à raison de 2 fixations tous les 0,50 m.

Si des recouvrements transversaux entre les plaques nervurées KOMET840® sont prévus, ils devront être réalisés au droit des appuis sans complément d'étanchéité avec les valeurs de recouvrements minimales, en fonction de la pente de la toiture telles qu'indiquées dans le Tableau 4 du § 6.1.3 du DTU 40.35.

L'assemblage des plaques nervurées KOMET840® aux appuis est réalisé en sommet de nervure et de chaque côté du caisson sans cavalier à raison d'une fixation par nervure conformément au DTU 40.35.

8.543 Mise en place des modules photovoltaïques

La mise en place des modules photovoltaïques s'effectue en lignes successives de l'égout vers le faîtage en respectant l'ordre des opérations suivantes :

- Mise en place de la première ligne de modules photovoltaïques

  La distance de 500 mm minimum par rapport à l'égout exclut tout positionnement d'un module sur le porte à faux du bac qui est de 35 mm maximum.

  Il convient en premier lieu d'aligner au cordeau les embases sur les caissons formés par le recouvrement longitudinal de la plaque nervurée KOMET840® (*voir la Figure 26*). La fixation des embases des clames doit être réalisée à l'aide de 2 vis positionnées côte à côte côté module (*voir la Figure 26 et § 2.21*) au travers des perçages des embases de clames. Un couturage complémentaire du bac est systématiquement réalisé de part et d'autre de la clame (*Figure 26*).

  Une fois la mise en place des clames effectuée, il convient de mettre les modules photovoltaïques en butée sur les retours des embases fixées précédemment. La mise en œuvre des modules est toujours effectuée en paysage.

  La fixation des modules photovoltaïques est réalisée en positionnant les nouvelles embases sous les modules du côté opposé à celles déjà fixées. Il convient que les retours des embases soient positionnés en butée sur le module photovoltaïque (*voir la Figure 28*). La fixation de ces embases doit ensuite être réalisée par deux fixations en quinconce au travers des trous de perçage et des caissons formés par le recouvrement longitudinal de la plaque nervurée KOMET840®. Un couturage complémentaire du bac est systématiquement réalisé de part et d'autre de la clame (*voir la Figure 29*).

  L'assemblage final des clames est réalisé en positionnant les cales au droit des embases côté égout (voir la *Figure 30* et la *Figure 31*). L'ensemble est maintenu avec le serreur fixé avec un écrou M8 *(§ 2.22*) avec un couple de serrage d'une valeur supérieure à 1 daN.m.

- Positionnement des modules photovoltaïques de la ligne suivante

  Une fois la première ligne de modules photovoltaïques mise en place, les modules de la ligne suivante doivent ensuite être positionnés au droit des embases (*voir la Figure 32*). Il est impératif de veiller à mettre les modules photovoltaïques en butée sur les retours des embases.

  La fixation des embases sur les caissons formés par le recouvrement longitudinal de la plaque nervurée KOMET840® est réalisée par 2 vis positionnées en quinconce (*voir la Figure 29 et § 2.21*). Les modules photovoltaïques sont maintenus avec le serreur fixé avec un écrou M8 (*§ 2.22*) avec un couple de serrage d'une valeur supérieure à 1 daN.m.

  Un couturage du bac est systématiquement réalisé de part et d'autre de la clame.

  Les opérations décrites précédemment doivent ensuite être réitérées jusqu'au faîtage. Toutefois, il est impératif de fixer la dernière ligne d'embases (*la plus proche du faîtage*) sur les caissons formés par le recouvrement longitudinal de la plaque nervurée KOMET840® à l'aide de 2 vis de fixation positionnées côte à côte côté module (*voir Figure 34 et § 2.21*). Un couturage du bac est systématiquement réalisé de part et d'autre de la clame.

  Ensuite, positionner les cales au droit des embases côté faîtage et assembler l'ensemble avec le serreur avec un couple de serrage d'une valeur supérieure à 1 daN.m.

8.544 Traitement des points singuliers

8.5441 Au faîtage (Figure 21 et Figure 22)

Le traitement du faîtage est réalisé de la manière suivante :

- Pose éventuellement d'une sous-faîtière avant la pose des plaques nervurées KOMET840®.
- Pose et fixation d'un oméga de rattrapage de faîtage KOMET840® (*1 fixation en extrémité et 2 sur la nervure centrale*) entre chaque caisson afin de servir de support et d'ancrage à la fixation de la faîtière.
- Fixation de la faîtière crantée sur les caissons et sur l'oméga support à raison d'une fixation tous les 500 mm.
- Le recouvrement des faîtières doit être conforme aux spécifications du DTU 40.35.

8.5442 Aux rives (Figure 23)

Rappel : cas de rives traitées en association avec les tôles d'acier nervurées KOMET840®.

L'installation du procédé en rive est effectuée par la mise en place du bouchon dans le caisson qui sera reconstitué par un oméga support.

- Cas où la nervure de rive se termine par les 3 nervures de la plaque nervurée KOMET840® :
  - mise en place et fixation d'un oméga support de rive sur les 2 nervures d'extrémité,
  - mise en place et fixation de la bande de rive sur la nervure intérieure et sur l'oméga support.
- Cas où la nervure de rive ne se termine pas par les 3 nervures de la plaque nervurée KOMET840® : mise en place et fixation de la bande de rive sur le caisson formé par le recouvrement de la plaque nervurée KOMET840® sur la pièce de départ. L'assemblage est effectué à raison d'une fixation tous les 0,50 m.
- Mise en place d'un bouchon de fermeture adapté à l'ouverture.
- Lorsque le recouvrement entre bande de rive est prévu, la valeur de celui-ci sera au minimum de 200 mm.

8.5443 Égout

Le traitement à l'égout doit être réalisé conformément au DTU 40.35 en rajoutant un ou 2 bouchons au droit du ou des caissons.

8.55 Pose du procédé en toiture partielle

8.551 Mise en place de la plaque nervurée KOMET840® en association avec la plaque Trapéza 3.333.39 T (*voir la Figure 25)*

Il est possible d'associer longitudinalement les plaques nervurées KOMET840® et Trapéza 3.333.39 T. Dans ce cas, il est nécessaire d'utiliser des pièces de raccord longitudinales telles que définies au *§ 2.24*. Le recouvrement longitudinal est donné par :

- Du côté de la plaque d'acier nervurée KOMET840® : l'emboîtement de la nervure de rive "emboîtante" de la pièce de recouvrement longitudinal sur la nervure de rive emboîtée des plaques d'acier nervurées KOMET840®. La fixation de la nervure recouverte de la plaque d'acier nervurée doit être réalisée aux appuis en sommet de nervure sans cavalier à raison d'une fixation par nervure. Il convient de couturer l'assemblage réalisé à raison de 2 fixations tous les 0,50 m.
- Du côté de la plaque d'acier nervurée 3.333.39T: l'emboîtement de la nervure de rive "emboîtante" de la plaque d'acier nervurée 3.333.39T sur la nervure de rive emboîtée de la pièce de recouvrement longitudinal. La fixation de la nervure "recouvrante" de la plaque d'acier nervurée doit être réalisée conformément au DTU 40.35. Il convient de couturer l'assemblage réalisé à raison de 2 fixations tous les 0,50 m.

La mise en œuvre des tôles d'acier nervurées :

- KOMET840® doit être réalisée conformément à la description du § 8.541,
- Trapéza 3.333.39 T doit être réalisée conformément au DTU 40.35.

Le traitement des rives et de l'égout des tôles d'acier nervurées Trapéza 3.333.39 T doit être réalisé conformément au DTU 40.35.

La mise en œuvre au faîtage de la plaque d'acier nervurée Trapéza 3.333.39T doit être réalisée de la manière suivante :

- Pose et fixation d'un oméga de rattrapage de faîtage Trapéza 3.333.39T (1 fixation en extrémité et 2 sur la nervure centrale) entre chaque caisson afin de servir de support et d'ancrage à la fixation de la faîtière.
- Fixation de la faîtière crantée sur les caissons et sur l'oméga support à raison d'une fixation tous les 500 mm.
- Le recouvrement des faîtières doit être conforme aux spécifications du DTU 40.35.

8.552 Mise en place des modules photovoltaïques (*Figure 28 à Figure 37*)

Voir le paragraphe 8.543.

9. Formation

La société ArcelorMittal Construction France ne propose pas de formation spécifique à la pose de son procédé dans la mesure où elle est similaire à celle des couvertures définies dans le DTU 40.35.

10. Assistance technique

La société ArcelorMittal Construction France assure l'assistance technique, pouvant le cas échéant accompagner le poseur au démarrage de chantier.

Les principales missions de service d'assistance technique consistent :

- À vérifier que le produit est adapté aux contraintes et référentiels liés au bâtiment à traiter.
- À préconiser, définir et dimensionner le système de toiture à mettre en œuvre en fonction des aspects mécaniques, thermiques et acoustiques demandés.
- À aider l'électricien pour son étude électrique de l'installation (puissance installée, implantation des modules, caractérisation des onduleurs, schémas électriques, éléments électriques et estimation du productible).
- À fournir le plan d'implantation des modules PV sur la plaque nervurée KOMET840®.

En plus, le service assistance technique peut apporter une aide au calepinage, au dimensionnement du projet, au démarrage chantier, et dans le cadre de remplacement d'un module photovoltaïque défectueux.

11. Utilisation, entretien et réparation

11.1 Généralités

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.

Il est impératif que les opérations de maintenance et de réparation soient effectuées par des intervenants qualifiés et habilités. Ces opérations requièrent des compétences en électricité et en couverture (*cf. § 8.2*).

Maintenance du champ photovoltaïque

Les opérations suivantes doivent être effectuées au minimum deux fois par an :

- Vérifier visuellement l'état d'encrassement des modules. Si ceux-ci sont sales, les nettoyer avec de l'eau claire.
- Vérification de l'étanchéité : vérifier le bon état des différents éléments composant le système d'étanchéité, la libre circulation de l'eau sous les modules.
- Vérifications des clames et des cales : vérifier la présence et la tenue de l'ensemble.

11.2 Maintenance électrique

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.

11.3 Remplacement d'un module

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. Le démontage du module photovoltaïque défectueux doit être effectué de la manière suivante :
  - Desserrer les écrous des serreurs bordant le module défectueux.
  - Enlever les serreurs.
  - Enlever et déconnecter le module défectueux.
  - Mise en place du nouveau module en réalisant les nouvelles connexions.
  - Mise en place des serreurs et serrage avec de nouveaux écrous.
- Lors du démontage les connecteurs doivent être protégés par des bouchons adaptés.
- Le montage du module de remplacement sera réalisé conformément au guide de pose.
- 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.

B. Résultats expérimentaux

- Les modules photovoltaïques cadrés Recom Sillia 60Pxxx ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par Certisolis TC *(rapport d'essais n° 20180509-001 et certificat n° CC0112-20180509).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Recom Sillia 60Pxxx ont été testés selon la norme NF EN 61730:2007/A1 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par Certisolis TC *(rapport d'essais n° 20180509-001 et certificat n° CC0112-20180509)*.
- Les modules photovoltaïques cadrés Recom Sillia 60Mxxx ont été testés selon la norme NF EN 61215:2005 : qualification de la conception et homologation des modules photovoltaïques, par Certisolis TC *(rapport d'essais n° 20180509-003 et certificat n° CC0115-20180509).*
- Les modules photovoltaïques cadrés Recom Sillia 60Mxxx ont été testés selon la norme NF EN 61730:2007/A1 et certifiés comme appartenant à la classe d'application A jusqu'à une tension maximum de 1 000 V DC par Certisolis TC *(rapport d'essais n° 20180509-003 et certificat n° CC0115-20180509)*.
- Essai de flexion sur plaque nervurée *(rapport d'essai SOCOTEC EAA 5972*).
- Essais d'arrachement sur clame de fixation sur modules PV du système KOMET840® (*rapport d'essai SOCOTEC FAG 4553*).
- Essais de flexion en pression sur modules photovoltaïques SILLIA 60PXXX et SILLIA VL 60PXXX (*rapports d'essais GAB 6734/4 et SOCOTEC 1603GP021000037 / 1*).
- Essais de flexion en dépression sur modules photovoltaïques SILLIA VL 60PXXX et SILLIA VL 60PXXX (*rapport d'essai SOCOTEC 1603GP021000037 / 2*).
- Essais de fatigue et d'étanchéité – Système de fixation de modules PV et du système KOMET® (*rapport d'essai GAB 6734/2*).
- Essai de marquage CE sur la tôle d'acier nervurée Komet840® conformément à l'annexe B de la norme NF EN 14782 (*rapport d'essai SOCOTEC GAB 6734/1*).

C. Références

C1. Données environnementales et sanitaires[1]

Les couvertures acier simple peau font l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (*FDES*) conforme à la norme NF P 01-010.

Cette fiche est une déclaration collective et constitue une autodéclaration.

Cette FDES a été établie le 3 Août 2006 par Ecobilan, l'OTUA et le SNPPA.

Elle est disponible sur le site http://www.otua.org/v3/developpement-durable/pdf/OTUA-d3-FDES_CouvertureAcier2006.pdf

Les données issues des FDES ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (*ou procédés*) visés sont susceptibles d'être intégrés.

C2. Autres références

Le procédé photovoltaïque est fabriqué depuis décembre 2012.

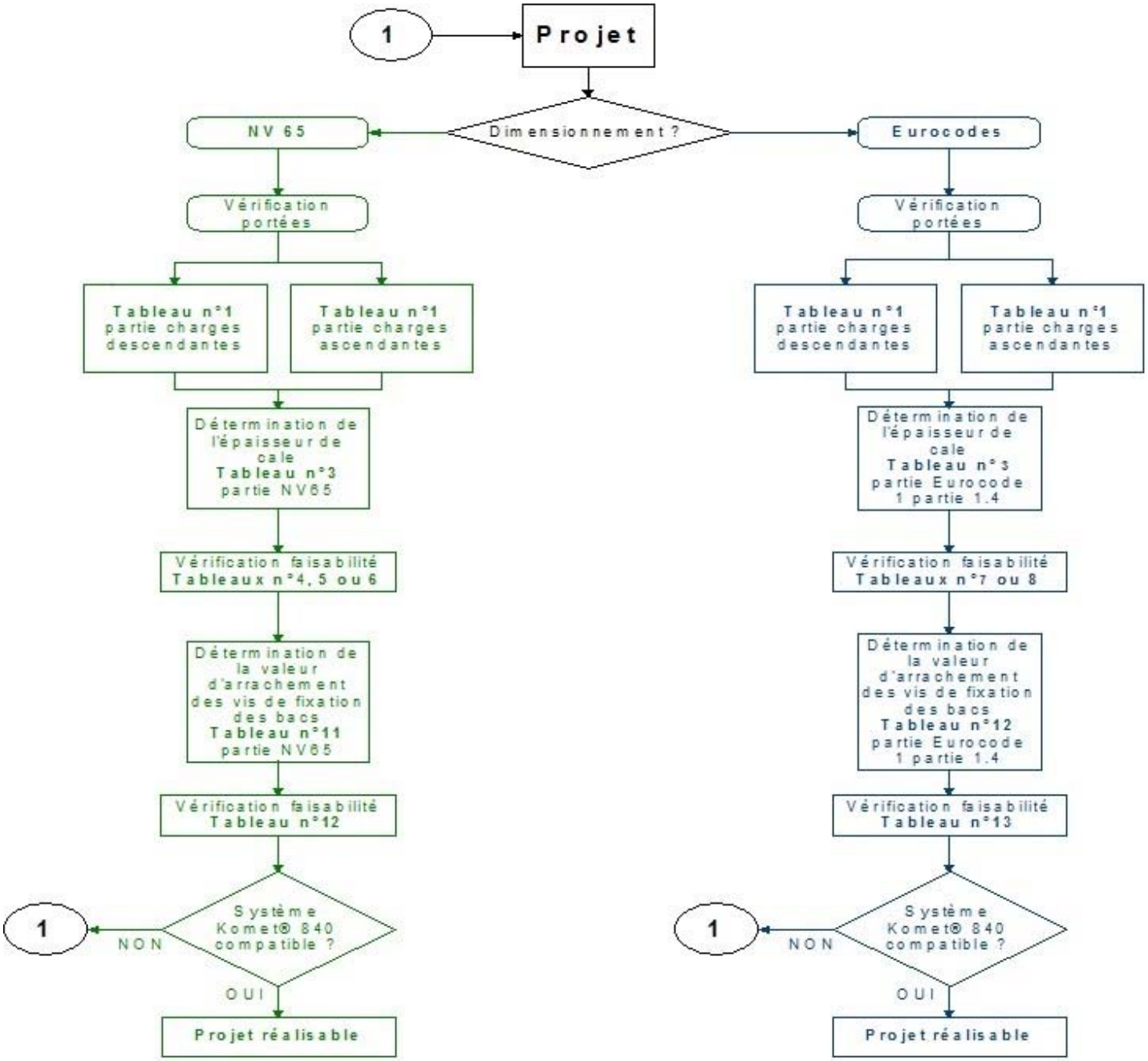
Environ 22800 m^2 du procédé KOMET840® ont été commercialisés en France à ce jour.

[1] Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Annexe A : Aide à la décision vis-à-vis du dimensionnement du projet

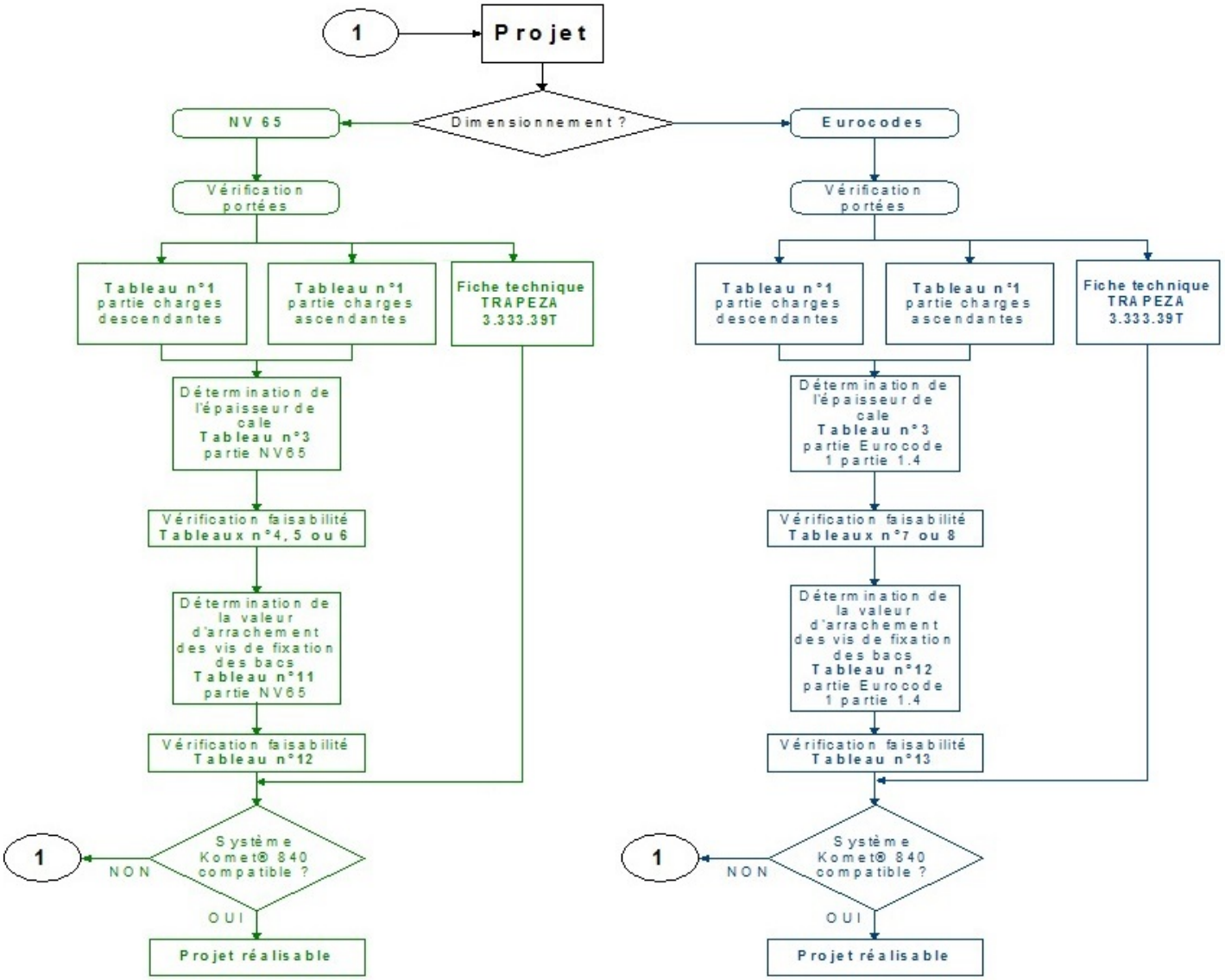
Logigramme 1 : Procédé composé uniquement de tôles d'acier nervurées KOMET® 840



NOTE : les principes de calcul n'étant pas les mêmes, il est impératif d'utiliser un unique mode de calcul lors du dimensionnement du procédé :

- **soit les règles NV 65 modifiées et N 84 selon la partie gauche du logigramme en s'aidant du Tableau 1, Tableau 3 partie NV 65 modifiées, Tableau 4, Tableau 5, Tableau 6, Tableau 11 partie NV 65 modifiées et Tableau 12,**
- **soit les règles Eurocode selon la partie droite du logigramme en s'aidant du Tableau 1, Tableau 3 partie règles Eurocode, Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9, Tableau 11 partie Eurocode et Tableau 13.**

Logigramme 2 : Procédé composé de tôles d'acier nervurées KOMET® 840 en association avec des tôles d'acier nervurées TRAPÉZA 3.333.39T



NOTE : les principes de calcul n'étant pas les mêmes, il est impératif d'utiliser un unique mode de calcul lors du dimensionnement du procédé :

- ***soit les règles NV 65 modifiées et N 84 selon la partie gauche du logigramme en s'aidant du Tableau 1, Tableau 3 partie NV 65 modifiées, Tableau 4, Tableau 5, Tableau 6, Tableau 11 partie NV 65 modifiées et Tableau 12,***
- ***soit les règles Eurocode selon la partie droite du logigramme en s'aidant du Tableau 1, Tableau 3 partie règles Eurocode, Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9, Tableau 11 partie Eurocode et Tableau 13.***

Annexe B : Fiche technique tôle d'acier nervurée Trapéza 3.333.39 T

Gamme Trapéza

Arval
by ArcelorMittal

Trapéza 3.333.39 T

Plaque nervurée de couverture de type trapézoïdale

Référence normative : NF P 34-205-1 / Réf. DTU 40.35

CARACTERISTIQUES DU MATERIAU DE BASE		NORMES
Nuance d'acier	S 320 GD	NF EN 10346
Type de protection	Acier revêtu	NF EN 10346 P 34310
	Acier revêtu prélaqué	NF EN 10169 XP P 34301

Longueur de profilage (mm)	Mini	Maxi
	1800	12800

▼ Face prélaquée

Caractéristiques expérimentales

Selon PV VERITAS N° DLC/L 7 84 295

					Epaisseur (mm)			
					0,63	0,75	0,88	1,00
			MASSE SURFACIQUE (kg/m²)	m	5,86	6,98	8,19	9,30
Action des charges descendantes	Moments d'inertie (cm²/ml)		Travée simple	I2	17,06	16,47	19,32	21,96
			Deux travées égales	I3	10,96	14,06	16,49	18,74
			Continuité	Im	14,01	15,26	17,91	20,35
	Moments de flexion (m.daN/ml)	en travée	Système élastique	Md2T	113,78	139,24	163,38	185,66
			Système élasto-plastique	Md3T	140,00	189,85	222,75	253,13
			Sur appui	Md3A	135,65	148,02	173,68	197,36
			Sous charge concentrée	Mc	96,66	134,03	157,27	178,71
	Réaction d'appui (daN/ml)			Rd	525,37	612,54	718,71	816,72
Action des charges ascendantes	Fixation complète en sommet de nervure	Moments de flexion (m.daN/ml)	en travée Système élastique	Ma2T	100,71	164,68	193,23	219,58
			en travée Système élasto-plastique	Ma3T	116,64	182,21	213,80	242,95
			Sur appui	Ma3A	83,39	137,86	161,75	183,81
		Efforts d'arrachement sur appui (daN/ml)		Sa	467,44	602,11	706,47	802,81
	Fixation complète en plage	Moments de flexion (m.daN/ml)	en travée Système élastique	Ma2Tr	100,71	164,68	193,23	219,58
			en travée Système élasto-plastique	Ma3Tr	78,69	195,33	229,19	260,44
			Sur appui	Ma3Ar	56,52	87,69	102,89	116,92
		Efforts d'arrachement sur appui (daN/ml)		Sar	311,13	455,31	534,23	607,08

Portées utiles sous l'action des charges climatiques (pour travées égales)

TRAPEZA 3.333.39 T	Charges d'exploitation non pondérés en daN/m²		2 appuis				3 appuis				4 appuis			
			0,63	0,75	0,88	1,00	0,63	0,75	0,88	1,00	0,63	0,75	0,88	1,00
Charges descendantes	45		1,95	2,35	2,75	3,05	2,20	2,95	3,40	3,80	2,20	2,95	3,40	3,80
	55		1,95	2,35	2,75	3,05	2,20	2,95	3,40	3,80	2,20	2,95	3,40	3,80
	65		1,95	2,35	2,75	3,00	2,20	2,95	3,40	3,80	2,20	2,95	3,40	3,60
	75		1,95	2,35	2,75	2,85	2,20	2,95	3,40	3,70	2,20	2,95	3,35	3,45
	90		1,95	2,35	2,60	2,70	2,20	2,95	3,35	3,50	2,20	2,95	3,15	3,30
	100		1,95	2,35	2,50	2,60	2,20	2,95	3,25	3,40	2,20	2,90	3,05	3,20
	125		1,95	2,25	2,35	2,45	2,20	2,75	2,95	3,15	2,20	2,70	2,85	2,95
	150		1,95	2,10	2,20	2,30	2,20	2,50	2,70	2,90	2,20	2,55	2,70	2,80
	175		1,85	2,00	2,10	2,20	1,95	2,25	2,50	2,65	2,05	2,35	2,55	2,65
	200		1,70	1,90	2,05	2,10	1,70	1,95	2,30	2,50	1,85	2,15	2,40	2,55
	225		1,50	1,75	1,95	2,05	1,50	1,75	2,05	2,35	1,65	1,95	2,25	2,40
	250		1,35	1,60	1,85	1,95	1,35	1,60	1,85	2,10	1,50	1,75	2,05	2,30
Charges ascendantes	Fixation complète en sommet de nervure	75	1,95	2,35	2,75	3,05	2,20	2,95	3,40	3,80	2,20	2,95	3,40	3,80
		100	1,95	2,35	2,75	3,05	2,20	2,95	3,40	3,65	2,20	2,95	3,40	3,70
		125	1,95	2,35	2,75	3,05	2,15	2,80	3,00	3,25	2,20	2,85	3,10	3,30
		150	1,90	2,35	2,65	2,85	1,95	2,50	2,75	2,95	2,05	2,60	2,80	3,00
		200	1,60	2,05	2,30	2,45	1,60	2,05	2,35	2,50	1,75	2,25	2,40	2,60
	Fixation réduite en sommet de nervure	50					2,20	2,95	3,40	3,80	2,20	2,95	3,40	3,80
		75					2,20	2,90	3,15	3,40	2,20	2,95	3,40	3,70
		100					2,00	2,50	2,70	2,90	2,10	2,70	2,95	3,15
		125					1,75	2,20	2,40	2,60	1,85	2,40	2,60	2,80
		150					1,45	2,00	2,20	2,35	1,55	2,20	2,35	2,55
		200					1,05	1,55	1,85	2,00	1,15	1,70	2,00	2,20

10

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Portées maximales entre pannes 17
Tableau 2 : Pentes minimales 18
Tableau 3 : Charges maximales en dépression appliquées aux modules photovoltaïques (daN/m²) 18
Tableau 4 : Charges normales du vent Vnk en daN/m² applicables aux modules PV en couverture partielle selon les règles NV 65 ..18
Tableau 5 : Charges normales du vent Vnk en daN/m² applicables aux modules PV en couverture totale selon les règles NV 65 en zone de rives 19
Tableau 6 : Charges normales du vent Vnk en daN/m² applicables aux modules PV en couverture totale selon les règles NV 65 en zone d'angles 19
Tableau 7 : Charges du vent caractéristique Wmpv (daN/m²) ELS à prendre en compte pour la vérification des modules photovoltaïques mis en œuvre en couverture partielle définie selon la Figure 1 selon les règles Eurocode partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale et la norme NF P 78-116 : Verre dans la construction -Modules photovoltaïques en verre incorporés au bâti -Dimensionnement en toiture sous charges climatiques, ...20
Tableau 8 : Charges du vent caractéristique Wmpv (daN/m²) ELS à prendre en compte pour la vérification des modules photovoltaïques mis en œuvre en couverture totale selon les règles Eurocode partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale et la norme NF P 78-116 : Verre dans la construction -Modules photovoltaïques en verre incorporés au bâti -Dimensionnement en toiture sous charges climatiques 22
Tableau 9 : Charges de pression de vent de référence Qp (daN/m²) ELS à prendre en compte pour la vérification des tôles d'acier nervurées mises en œuvre sur des couvertures de bâtiments -selon les règles Eurocode 1 partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale 23
Tableau 10 : Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique 24
Tableau 11 : Vérifications Pk/γm (daN) des fixations des tôles d'acier nervurées Komet840® 25
Tableau 12 : Valeurs Pk/γm max (daN) calculées selon les règles NV 65 pour la vérification des fixations du bac KOMET840® avec les portées maximum déterminées au Tableau 1 26
Tableau 13 : Valeurs Pk/γm max calculées selon les règles Eurocodes pour la vérification des fixations du bac KOMET840® avec les portées maximum déterminées au Tableau 1 27

Tableau 1 - Portées maximales entre pannes

KOMET®840	CHARGES D'EXPLOITATION NON PONDEREES EN daN/m²		***PORTEES ADMISSIBLES (m)***					
			Avec modules photovoltaïques			*Sans modules photovoltaïques*		
			2A	3A	4A	2A	3A	4A
CHARGES DESCENDANTES *Eurocode 1 partie 1.3* *Règles N 84*	35		3.20	3.50	3.50	3.30	3.50	3.50
	50		2.95	3.50	3.50	3.15	3.50	3.50
	70		2.75	3.35	3.25	2.80	3.45	3.35
	90		2.55	3.15	3.05	2.60	3.20	3.10
	100		2.50	3.05	2.95	2.50	3.10	3.00
	125		2.35	2.90	2.80	2.35	2.90	2.80
	150		2.20	2.75	2.65	2.25	2.75	2.65
	175		2.10	2.60	2.55	2.10	2.60	2.50
	190		2.05	2.55	2.45	2.05	2.40	2.45
	225		1.95	2.40	2.35	1.95	2.05	2.20
	250		1.90	2.35	2.25	1.90	1.85	2.00
CHARGES ASCENDANTES *Eurocode 1 partie 1.4* *Règles NV 65*	Fixation complète en sommet de nervure	75	3.00	3.50	3.50	3.00	3.50	3.50
		100	3.00	3.50	3.50	3.00	3.50	3.50
		125	3.00	3.50	3.50	3.00	3.50	3.50
		150	3.00	3.50	3.50	3.00	3.50	3.50
		175	2.90	2.95	3.20	2.90	2.95	3.20
		190	2.85	2.90	3.15	2.80	2.70	2.95

Dans le cas d'une mise en œuvre en association avec les tôles d'acier nervurées Trapéza 3.333.39T, il est impératif que l'épaisseur de la tôle d'acier nervurée Trapéza 3.333.39T soit compatible avec les entraxes entre pannes du projet, A cette fin, le dimensionnement doit tenir compte des valeurs reportées dans la fiche technique de la tôle d'acier nervurée Trapéza 3,333,39T en Annexe B.

L'entraxe entre pannes sera pris comme la valeur la plus faible entre la valeur obtenue en charge :

- ***descendante issue du Tableau 1,***
- ***ascendante issue du Tableau 1,***
- ***ascendante issue de la fiche technique de la tôle d'acier nervurée TRAPÉZA 3.333.39T,***
- ***descendante issue de la fiche technique de la tôle d'acier nervurée TRAPÉZA 3.333.39T.***

Tableau 2 : Pentes minimales

France métropolitaine				
Zone et situation climatique (*H étant l'altitude*)				
Zone I		Zone II		Zone III
Situation		Situation		Toutes
Protégée et Normale	Exposée	Protégée	Normale et Exposée	situations
7 % (*)	10 % (*)	7 % (*)	10 % (*)	H ≤ 500 m : 10 % (*) 500< H ≤ 900 m : 15 % (*)
(*) : Lorsque la couverture ne comprend pas de pénétrations et que la longueur de la plaque nervurée KOMET840® est égale à la longueur du rampant, la pente minimale pourra être ramenée à 5%.				

Tableau 3 : Charges maximales en dépression appliquées aux modules photovoltaïques (daN/m²)

Référentiel

Cales	NV 65 modifiées
1,00 mm	Vnk ≤ 109,5
1,50 mm	Vnk ≤ 191
	Où : Vnk : Charge de vent normal du projet applicable aux modules photovoltaïques en daN/m² (Tableau 4, Tableau 5, Tableau 6)

Cales	Eurocode 1 partie 1 4 et son annexe nationale
1,00 mm	Wmpv ≤ 109,5
1,50 mm	Wmpv ≤ 191
	Où : Wmpv : Charge de vent caractéristique du projet applicable aux modules photovoltaïques en daN/m² (Tableau 7,Tableau 8),

Tableau 4 : Charges normales du vent Vnk en daN/m² applicables aux modules PV en couverture partielle selon les règles NV 65

Hauteur en m	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
10	35	47	42	55	53	66	63	76
15	39	52	46	60	58	72	69	83
20	42	56	50	65	62	78	75	90
25	44	60	53	69	66	83	80	96
30	47	63	56	73	70	88	84	101
35	49	66	59	76	73	92	88	105
40	51	69	61	79	76	95	91	110
45	53	71	63	82	79	98	95	113
50	54	73	65	84	81	101	97	117

	Cale d'épaisseur 1,00mm
	Cale d'épaisseur 1,50mm

Tableau 5 : Charges normales du vent Vnk en daN/m² applicables aux modules PV en couverture totale selon les règles NV 65 en zone de rives

Hauteur en m	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
10	70	94	84	109	105	131	126	151
15	77	103	92	120	115	144	138	166
20	83	112	99	129	124	155	149	179
25	89	119	106	138	132	165	159	191
30	93	126	112	145	140	175	168	
35	98	131	117	152	146	183	175	
40	102	137	121	158	152	190	182	
45	105	141	126	163	157		189	
50	108	146	129	168	162			

	Cale d'épaisseur 1,00mm
	Cale d'épaisseur 1,50mm
	Hors domaine d'emploi

Tableau 6 : Charges normales du vent Vnk en daN/m² applicables aux modules PV en couverture totale selon les règles NV 65 en zone d'angles

Hauteur en m	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
10	105	141	126	163	157		189	
15	115	155	138	180	173			
20	124	168	149		187			
25	132	179	159					
30	140	189	168					
35	146		175					
40	152		182					
45	157		189					
50	162							

	Cale d'épaisseur 1,00 mm
	Cale d'épaisseur 1,50 mm
	Hors domaine d'emploi

Tableau 7 : Charges du vent caractéristique Wmpv (daN/m²) ELS à prendre en compte pour la vérification des modules photovoltaïques mis en œuvre en couverture partielle définie selon la Figure 1 selon les règles Eurocode partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale et la norme NF P 78-116 : Verre dans la construction -Modules photovoltaïques en verre incorporés au bâti -Dimensionnement en toiture sous charges climatiques,

		1 versant **valeurs Wmpv à prendre en compte dans le cas où les modules sont mis en œuvre en partie courante selon la Figure 1 (hors rives pignons, rives hautes et basses)**					**2 versants** **valeurs Wmpv à prendre en compte dans le cas où les modules sont mis en œuvre en partie courante selon la Figure 1 (hors rives pignons, rives hautes et basses)**				
		Catégorie de terrain					Catégorie de terrain				
	Hauteur (m)	0	II	IIIa	IIIb	IV	0	II	IIIa	IIIb	IV
Région 1	10	**111**	**90**	**70**	**54**	**40**	**129**	**104**	**81**	**62**	**46**
	15	**121**	**100**	**80**	**64**	**49**	**139**	**115**	**93**	**74**	**57**
	20	**127**	**107**	**88**	**71**	**56**	**147**	**124**	**102**	**82**	**65**
	25	**133**	**113**	**94**	**77**	**62**	**153**	**131**	**109**	**89**	**71**
	30	**137**	**118**	**99**	**82**	**67**	**158**	**137**	**115**	**95**	**77**
	35	**141**	**123**	**104**	**87**	**71**	**163**	**142**	**120**	**100**	**82**
	40	**144**	**126**	**108**	**91**	**75**	**167**	**146**	**124**	**105**	**86**
	45	**144**	**130**	**111**	**94**	**78**	**167**	**150**	**128**	**109**	**90**
	50	**150**	**133**	**114**	**97**	**81**	**173**	**153**	**132**	**112**	**93**
Région 2	10	**133**	**107**	**84**	**64**	**47**	**153**	**124**	**97**	**74**	**55**
	15	**144**	**119**	**96**	**76**	**58**	**166**	**138**	**111**	**88**	**67**
	20	**152**	**128**	**105**	**85**	**67**	**175**	**148**	**121**	**98**	**77**
	25	**158**	**135**	**112**	**92**	**74**	**182**	**156**	**130**	**106**	**85**
	30	**163**	**141**	**118**	**98**	**79**	**189**	**163**	**137**	**113**	**92**
	35	**168**	**146**	**124**	**103**	**84**		**169**	**143**	**119**	**97**
	40	**172**	**151**	**128**	**108**	**89**		**174**	**148**	**124**	**103**
	45	**175**	**155**	**132**	**112**	**93**		**178**	**153**	**129**	**107**
	50	**179**	**158**	**136**	**116**	**96**		**183**	**157**	**134**	**111**
Région 3	10	**156**	**126**	**98**	**75**	**56**	**180**	**145**	**113**	**87**	**64**
	15	**169**	**140**	**113**	**89**	**69**		**162**	**130**	**103**	**79**
	20	**178**	**150**	**123**	**100**	**79**		**174**	**142**	**115**	**91**
	25	**186**	**159**	**132**	**108**	**87**		**183**	**152**	**125**	**100**
	30		**166**	**139**	**115**	**93**		**191**	**160**	**133**	**108**
	35		**172**	**145**	**121**	**99**			**167**	**140**	**114**
	40		**177**	**151**	**127**	**104**			**174**	**146**	**120**
	45		**181**	**155**	**131**	**109**			**179**	**152**	**126**
	50		**186**	**160**	**136**	**113**			**184**	**157**	**131**
Région 4	10	**181**	**146**	**114**	**87**	**64**		**168**	**132**	**101**	**74**
	15		**162**	**131**	**104**	**80**		**187**	**151**	**120**	**92**
	20		**174**	**143**	**116**	**91**			**165**	**134**	**105**
	25		**184**	**153**	**125**	**100**			**176**	**145**	**116**
	30			**161**	**134**	**108**			**186**	**154**	**125**
	35			**168**	**141**	**115**				**162**	**133**
	40			**175**	**147**	**121**				**170**	**140**
	45			**180**	**153**	**127**				**176**	**146**
	50			**185**	**158**	**131**				**182**	**152**

		1 versant valeurs Wmpv à prendre en compte dans le cas où les modules sont mis en œuvre en couverture partielle : en partie courante et liés à la rive pignon sans liaison à la rive haute ou basse selon la Figure 1					1 versant et 2 versants valeurs Wmpv à prendre en compte dans le cas où les modules sont mis en œuvre en couverture partielle : en partie courante et liés à la rive haute ou basse sans liaison à la rive pignon selon la Figure 1				
		Catégorie de terrain					Catégorie de terrain				
	Hauteur (m)	0	II	IIIa	IIIb	IV	0	II	IIIa	IIIb	IV
Région 1	10			157	120	89		173	135	104	77
	15			180	143	110			155	123	95
	20				159	126			170	137	108
	25				173	138			182	149	119
	30				184	149			191	159	129
	35					159				167	137
	40					167				175	144
	45					174				181	150
	50					181				187	156
Région 2	10			187	143	106			161	124	91
	15				170	131			185	146	113
	20				190	150				164	129
	25					165				177	142
	30					178				189	153
	35					189					163
	40										171
	45										179
	50										186
Région 3	10				168	124			189	145	107
	15					154				172	132
	20					176					151
	25										167
	30										180
	35										191
	40										
	45										
	50										
Région 4	10					144				168	124
	15					178					154
	20										176
	25										
	30										
	35										
	40										
	45										
	50										

	Cale d'épaisseur 1,00 mm
	Cale d'épaisseur 1,50 mm
	Hors domaine d'emploi

Tableau 8 : Charges du vent caractéristique Wmpv (daN/m²) ELS à prendre en compte pour la vérification des modules photovoltaïques mis en œuvre en couverture totale selon les règles Eurocode partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale et la norme NF P 78-116 : Verre dans la construction -Modules photovoltaïques en verre incorporés au bâti -Dimensionnement en toiture sous charges climatiques

		1 versant					2 versants				
		Catégorie de terrain					Catégorie de terrain				
	Hauteur (m)	0	II	IIIa	IIIb	IV	0	II	IIIa	IIIb	IV
Région 1	10			157	120	89		173	135	104	77
	15			180	143	110			155	123	95
	20				159	126			170	137	108
	25				173	138			182	149	119
	30				184	149			191	159	129
	35					159				167	137
	40					167				175	144
	45					174				181	150
	50					181				187	156
Région 2	10			187	143	106			161	124	91
	15				170	131			185	146	113
	20				190	150				164	129
	25					165				177	142
	30					178				189	153
	35					189					163
	40										171
	45										179
	50										186
Région 3	10				168	124			189	145	107
	15					154				172	132
	20					176					151
	25										167
	30										180
	35										191
	40										
	45										
	50										
Région 4	10					144				168	124
	15					178					154
	20										176
	25										
	30										
	35										
	40										
	45										
	50										

	Cale d'épaisseur 1,00 mm
	Cale d'épaisseur 1,50 mm
	Hors domaine d'emploi

Tableau 9 : Charges de pression de vent de référence Qp (daN/m²) ELS à prendre en compte pour la vérification des tôles d'acier nervurées mises en œuvre sur des couvertures de bâtiments -selon les règles Eurocode 1 partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale

	Hauteur (m)	**Bâtiment Fermé**				
		Catégorie de terrain				
		0	II	IIIa	IIIb	IV
Région 1	10	**86**	**70**	**54**	**42**	**31**
	15	**93**	**77**	**62**	**49**	**38**
	20	**98**	**83**	**68**	**55**	**44**
	25	**102**	**88**	**73**	**60**	**48**
	30	**106**	**91**	**77**	**64**	**52**
	35	**109**	**95**	**80**	**67**	**55**
	40	**111**	**98**	**83**	**70**	**58**
	45	**111**	**100**	**86**	**73**	**60**
	50	**116**	**103**	**88**	**75**	**63**
Région 2	10	**102**	**83**	**65**	**50**	**37**
	15	**111**	**92**	**74**	**59**	**45**
	20	**117**	**99**	**81**	**66**	**52**
	25	**122**	**104**	**87**	**71**	**57**
	30	**126**	**109**	**91**	**76**	**61**
	35	**130**	**113**	**95**	**80**	**65**
	40	**133**	**116**	**99**	**83**	**69**
	45	**135**	**119**	**102**	**86**	**72**
	50	**138**	**122**	**105**	**89**	**75**
Région 3	10	**120**	**97**	**76**	**58**	**43**
	15	**130**	**108**	**87**	**69**	**53**
	20	**137**	**116**	**95**	**77**	**61**
	25	**143**	**122**	**102**	**83**	**67**
	30	**148**	**128**	**107**	**89**	**72**
	35	**152**	**132**	**112**	**94**	**77**
	40	**156**	**136**	**116**	**98**	**81**
	45	**159**	**140**	**120**	**101**	**84**
	50	**162**	**143**	**123**	**105**	**88**
Région 4	10	**139**	**113**	**88**	**68**	**50**
	15	**151**	**125**	**101**	**80**	**62**
	20	**159**	**135**	**110**	**89**	**70**
	25	**166**	**142**	**118**	**97**	**78**
	30	**172**	**148**	**124**	**103**	**84**
	35	**176**	**153**	**130**	**109**	**89**
	40	**180**	**158**	**135**	**113**	**94**
	45	**184**	**162**	**139**	**118**	**98**
	50	**187**	**166**	**143**	**122**	**102**

Tableau 10 : Guide de choix des matériaux selon l'exposition atmosphérique

Matériau	**Revêtement et finition sur la face exposée**	**Elément du procédé concerné**	**Atmosphères extérieures**								
			Rurale non pollué	**Industrielle ou urbaine**		**Marine**				**Spéciale**	
				Normale	Sévère	20 km à 10 km	10 km à 3 km	Bord de mer [2] (< *3 km*)	Mixte	Fort UV	Particulières
Acier S 320 GD	Hairulta Simple face	Plaque nervurée KOMET®840 [1] Bandes de rive, faitières, bande d'égout Accessoires utilisés en association avec les plaques nervurées Trapéza 3.333.39T	▪	▪	○	▪	▪	○	-	▪	-
	Hairexcel Simple face		▪	▪	○	▪	▪	▪	○	▪	○
	Sinéa Simple face		▪	▪	○	▪	▪	▪	○	▪	○
	Hairulta Double face	Cales	▪	▪	○	▪	▪	▪	-	▪	-
	Hairexcel Double face		▪	▪	○	▪	▪	▪	○	▪	○
	Sinéa Double face		▪	▪	○	▪	▪	▪	○	▪	○
Acier S 320 GD		Omégas support de faitière et la pièce de départ	▪	▪	○	▪	▪	○	-	▪	-
Aluminium		Cadre module photovoltaïque	▪	▪	○	▪	▪	▪	○	▪	○
Inox 316 L		Clame	▪	▪	○	▪	▪	▪	○	▪	○

Les expositions atmosphériques sont définies dans les annexes des normes NF P 34-301, NF P 24-351, DTU 40.36 et DTU 40.41

▪ : Adapté

- : Non adapté

○ : Cas pour lequel l'appréciation définitive ou la définition des dispositions particulières doivent être arrêtées après consultation auprès de la société ArcelorMittal Construction France.

(*2*) : Pour le cas de bord de mer < à 1 km, l'appréciation définitive ou la définition des dispositions particulières doivent être arrêtées après consultation auprès de la société ArcelorMittal Construction France.

(1) : Les tôles d'acier nervurées peuvent être revêtues sur les deux faces si l'atmosphère extérieure le nécessite (toiture froide non isolée de bâtiment ouvert), après consultation du fabricant.

Tableau 11 : Vérifications Pk/γm (daN) des fixations des tôles d'acier nervurées Komet840®

Référentiel

Nombre d'appuis	Présence modules photovoltaïques	Règles NV 65 modifiées
2	sans modules PV	$L \cdot (0,49 \cdot V_b - 3,04) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
	avec modules PV	$L \cdot (0,49 \cdot V_b - 6,11) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
3	sans module PV	$L \cdot (0,6125 \cdot V_b - 3,801) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
	avec module PV	$L \cdot (0,6125 \cdot V_b - 7,63) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$

Vb : Charge de vent normal du projet appliquée à la tôle d'acier nervurée KOMET840® déterminée selon les règles NV 65 modifiées

L : portée KOMET840® en m (voir Tableau 1 et Fiche technique TRAPÉZA 3.333.39T en annexe B)

Les valeurs $\frac{P_k}{\gamma_m}$ max sont données au Tableau 12 (valeurs déterminées selon les portées maximum)

Nombre d'appuis	Présence modules photovoltaïques	Règles Eurocode 1 partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et son annexe nationale (EN 1991-1-4)
Bâtiments 1 et 2 versants		
Bâtiments Ouverts		
2	sans modules PV	$L \cdot (1,05 \cdot W_b - 3,04) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
	avec modules PV	$L \cdot (1,05 \cdot W_b - 6,11) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
3	sans module PV	$L \cdot (1,31 \cdot W_b - 3,801) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
	avec module PV	$L \cdot (1,31 \cdot W_b - 7,63) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
Bâtiments Fermés		
2	sans modules PV	$L \cdot (0,88 \cdot W_b - 3,04) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
	avec modules PV	$L \cdot (0,88 \cdot W_b - 6,11) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
3	sans module PV	$L \cdot (1,10 \cdot W_b - 3,801) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$
	avec module PV	$L \cdot (1,10 \cdot W_b - 7,63) \leq \frac{P_k}{\gamma_m}$

W_b :Charge du vent caractéristique applicable aux tôles d'acier nervurées KOMET840® déterminée au Tableau 9

L : portée KOMET840® en m (voir Tableau 1 et Fiche technique TRAPÉZA 3.333.39T en annexe B)

Les valeurs $\frac{P_k}{\gamma_m}$ max sont données au

Tableau 13 **(valeurs déterminées selon les portées maximum)**

Tableau 12 : Valeurs Pk/γm max (daN) calculées selon les règles NV 65 pour la vérification des fixations du bac KOMET840® avec les portées maximum déterminées au Tableau 1

Charge de vent $Vbfix$ normal en daN/m² appliquées aux fixations la tôle d'acier nervurée KOMET840® calculées conformément aux règles NV 65 modifiées	Charge permanente en daN/m²	$\frac{P_k}{\gamma_m}\ max$		
		2 appuis	3 appuis	4 appuis
75	Sans PV	101,12	147,47	147,47
	Avec PV	91,92	134,06	134,06
100	Sans PV	137,87	201,07	201,07
	Avec PV	128,67	187,65	187,65
125	Sans PV	174,62	254,66	254,66
	Avec PV	165,42	241,24	241,24
150	Sans PV	211,37	308,25	308,25
	Avec PV	202,17	294,84	294,84
175	Sans PV	239,85	304,99	330,83
	Avec PV	238,92	313,59	343,45
190	Sans PV	252,16	303,95	332,09
	Avec PV	247,93	315,34	342,53

Tableau 13 : Valeurs Pk/γm max calculées selon les règles Eurocodes pour la vérification des fixations du bac KOMET840® avec les portées maximum déterminées au Tableau 1

L'entraxe entre pannes sera pris comme la valeur la plus faible entre la valeur obtenue en charge :

- ***descendante issue du Tableau 1,***
- ***ascendante issue du Tableau 1,***
- ***ascendante issue de la fiche technique de la tôle d'acier nervurée TRAPÉZA 3.333.39T,***
- ***descendante issue de la fiche technique de la tôle d'acier nervurée TRAPÉZA 3.333.39T.***

Charge de vent caractéristique W_f en daN/m² appliquées aux fixations de la tôle d'acier nervurée KOMET840®	Charge permanente en daN/m²	$\frac{P_k}{\gamma_m}$ max		
		2 appuis	3 appuis	4 appuis
75	Sans PV	93,91	124,50	124,50
	Avec PV	83,79	111,09	111,09
100	Sans PV	128,56	170,44	170,44
	Avec PV	118,44	157,02	157,02
125	Sans PV	163,21	216,38	216,38
	Avec PV	153,09	202,96	202,96
150	Sans PV	197,86	262,32	262,32
	Avec PV	187,74	248,90	248,90
175	Sans PV	214,90	308,25	303,85
	Avec PV	212,28	294,84	294,84
190	Sans PV	222,60	283,05	307,03
	Avec PV	221,07	285,55	308,58

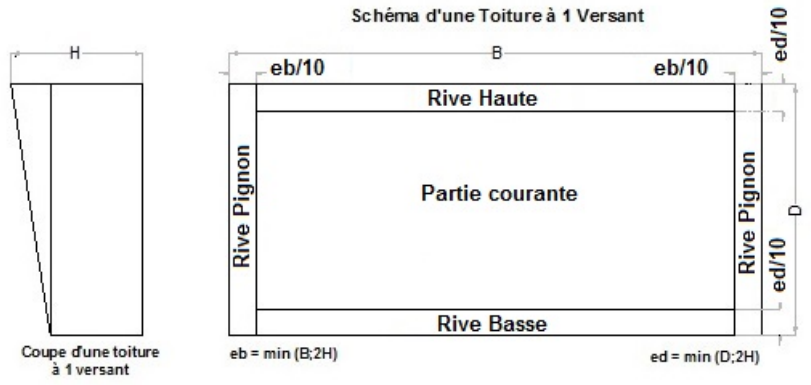
Charges de Vent caractéristique(Wf) en daN/m² appliquées aux fixations de la tôle d'acier nervurée KOMET840®

Bâtiment	W_f
Ouvert	$2,5 \cdot Q_b$
Fermé	$2,1 \cdot Q_b$

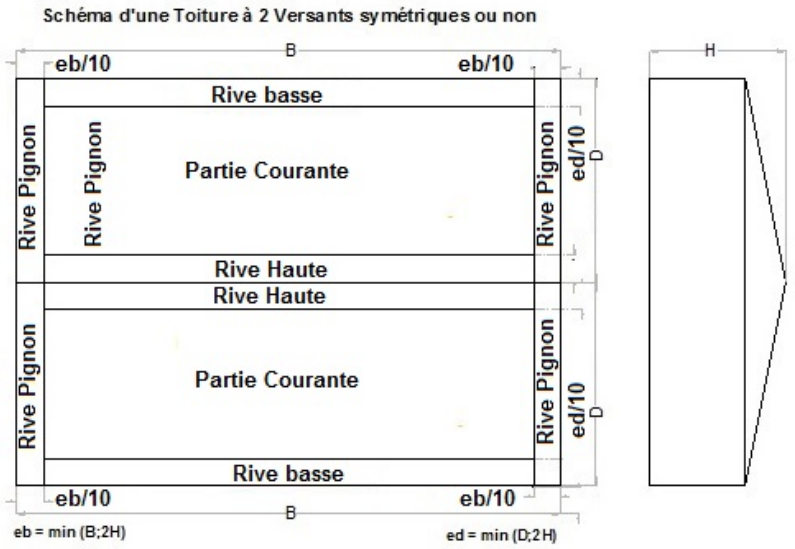
Avec W_b :Charge du vent caractéristique applicable aux tôles d'acier nervurées KOMET840® déterminée au Tableau 9

SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 – Définition des zones de toitures selon la norme P78-116 à prendre en compte dans le cas d'un dimensionnement selon les règles Eurocode 1 partie 1-4 (NF EN 1991-1-4)" et son annexe nationale. 29
Figure 2 – Module photovoltaïque 30
Figure 3 – Cadre du module photovoltaïque 31
Figure 4 – Vue du procédé 31
Figure 5 – Vue éclatée du procédé au faîtage 32
Figure 6 – Vue éclatée du procédé à l'égout 33
Figure 7 - Plaque nervurée KOMET840® 34
Figure 8 - Éléments de fixation des modules photovoltaïques 34
Figure 9 - Pièces de finition KOMET840® 35
Figure 10 - Pièces de finition raccord KOMET840® et Trapéza 3.333.39T 36
Figure 11 - Pièces de finition Trapéza 3.333.39T 37
Figure 12 – Plaques d'acier nervurées 3.333.39T 37
Figure 13 - Pièces de raccord KOMET840®® 37
Figure 14 – Schéma électrique 38
Figure 15 - Mise en place de la bavette d'égout sur la panne sablière 38
Figure 16 - Fixation de l'ensemble 39
Figure 17 - Mise en place des tôles d'acier nervurées KOMET840® 39
Figure 18 - Mise en fixation des tôles d'acier nervurées KOMET840® 40
Figure 19 - Mise en place des écarteurs de rive 41
Figure 20 - Mise en place et fixation de la bande de rive des tôles d'acier nervurées KOMET®840 41
Figure 21 - Mise en place et fixation de l'oméga de rattrapage de niveau faîtage 42
Figure 22 - Mise en place et fixation des écarteurs de faîtage 42
Figure 23 - Traitement des points singuliers aux rives 43
Figure 24 - Tôles d'acier nervurées mise en œuvre 43
Figure 25 - Mise en place de la plaque nervurée KOMET840® en association avec la plaque Trapéza 3.333.39 T 44
Figure 26 – Positionnement du cordeau 44
Figure 27 - Mise en place et fixation de la première rangée de clames de la première rangée de modules photovoltaïques 45
Figure 28 – Positionnement des modules photovoltaïques 45
Figure 29 – Fixation des clames en partie courante 46
Figure 30 – Positionnement des cales 46
Figure 31 - Mise en place des modules photovoltaïques de la première rangée 47
Figure 32 - Mise en place des modules photovoltaïques de la deuxième rangée 48
Figure 33 - Mise en place des serreurs 49
Figure 34 - Mise en place des modules photovoltaïques de la dernière rangée 49
Figure 35 - Mise en place des cales sur la dernière rangée de clames 50
Figure 36 - Mise en place des modules photovoltaïques 50
Figure 37 – Vue latérale du procédé photovoltaïque 50



Toiture à 1 versant



Toiture à 2 versants

Figure 1 – Définition des zones de toitures selon la norme P78-116 à prendre en compte dans le cas d'un dimensionnement selon les règles Eurocode 1 partie 1-4 (NF EN 1991-1-4)" et son annexe nationale.

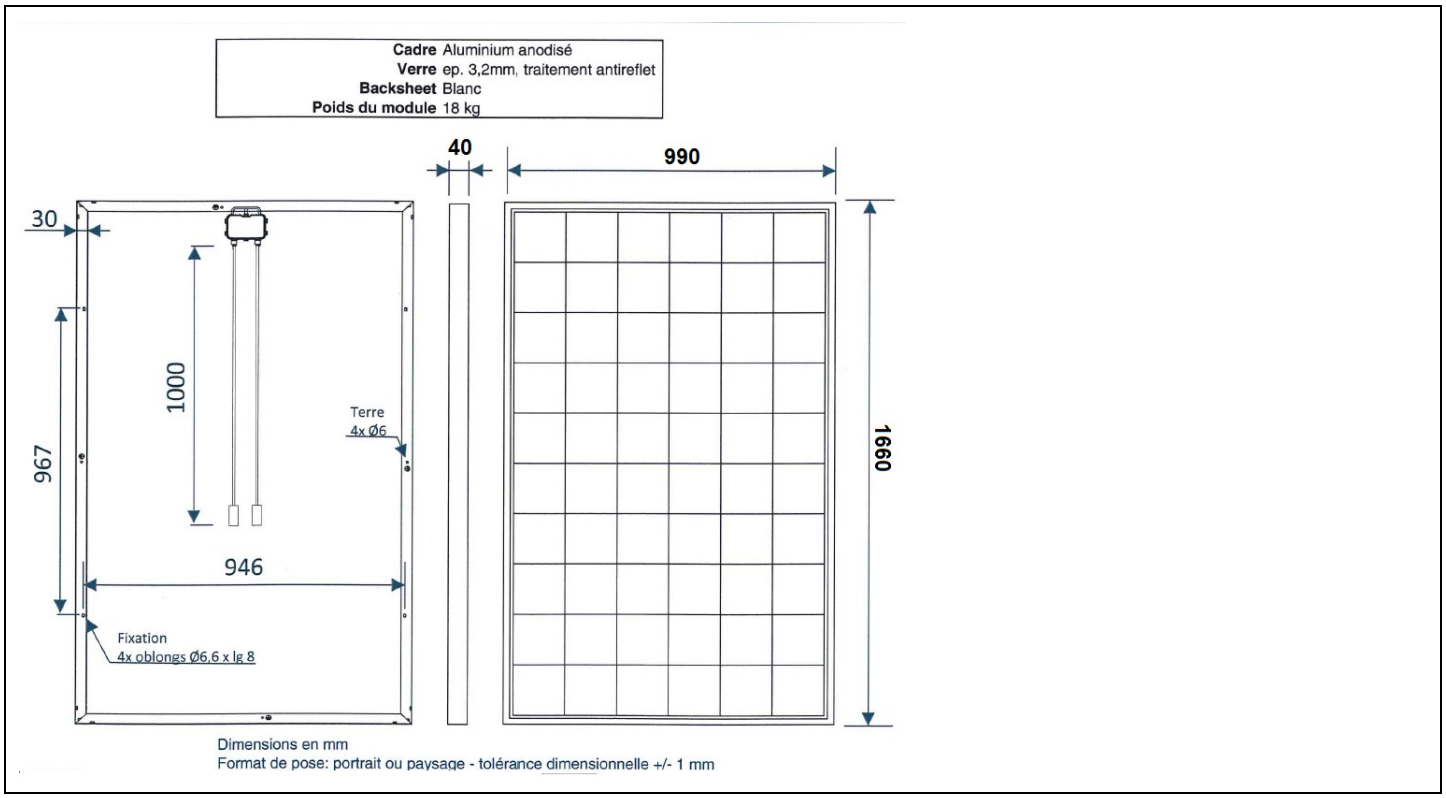


Figure 2 – Module photovoltaïque

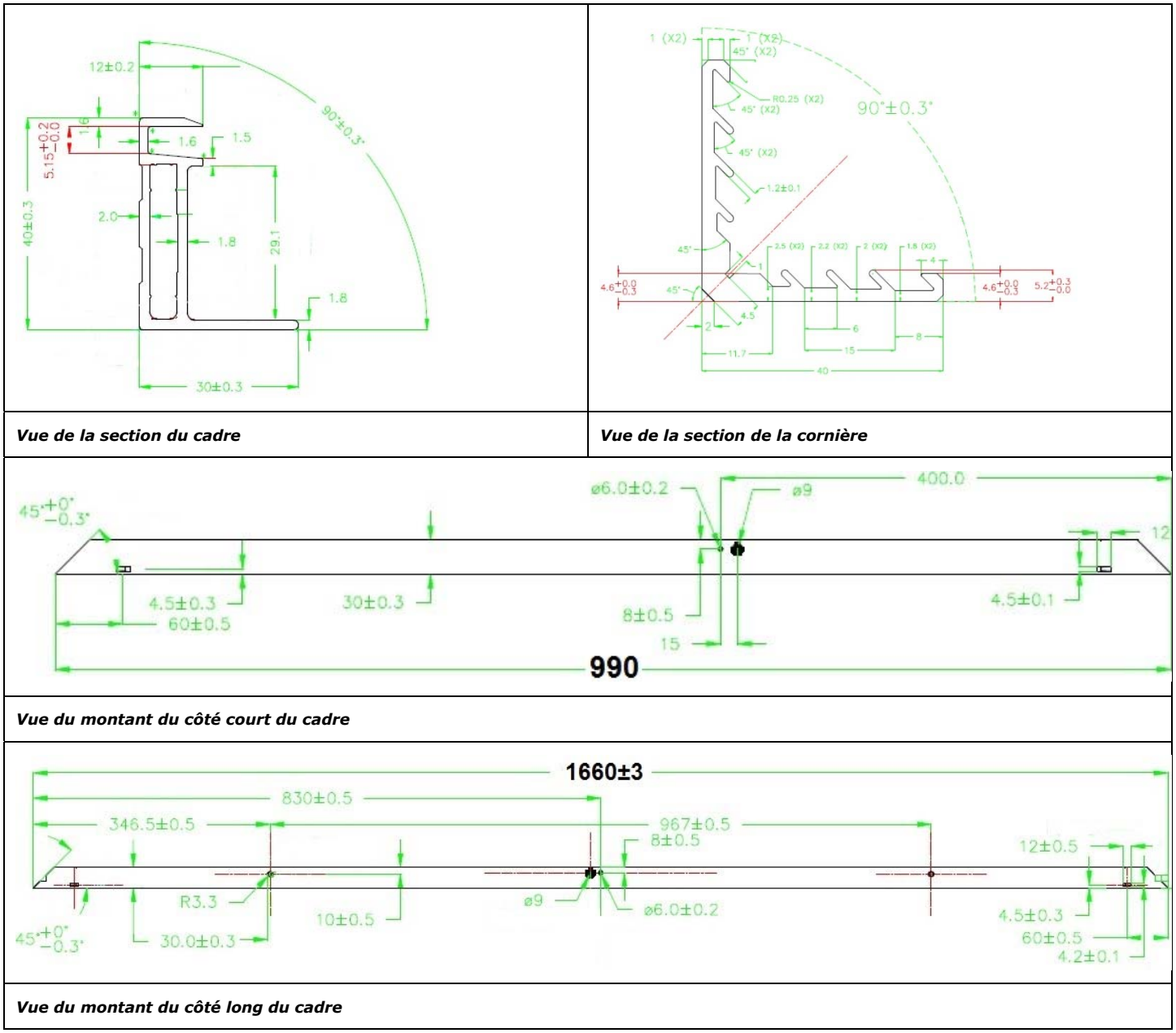


Figure 3 – Cadre du module photovoltaïque

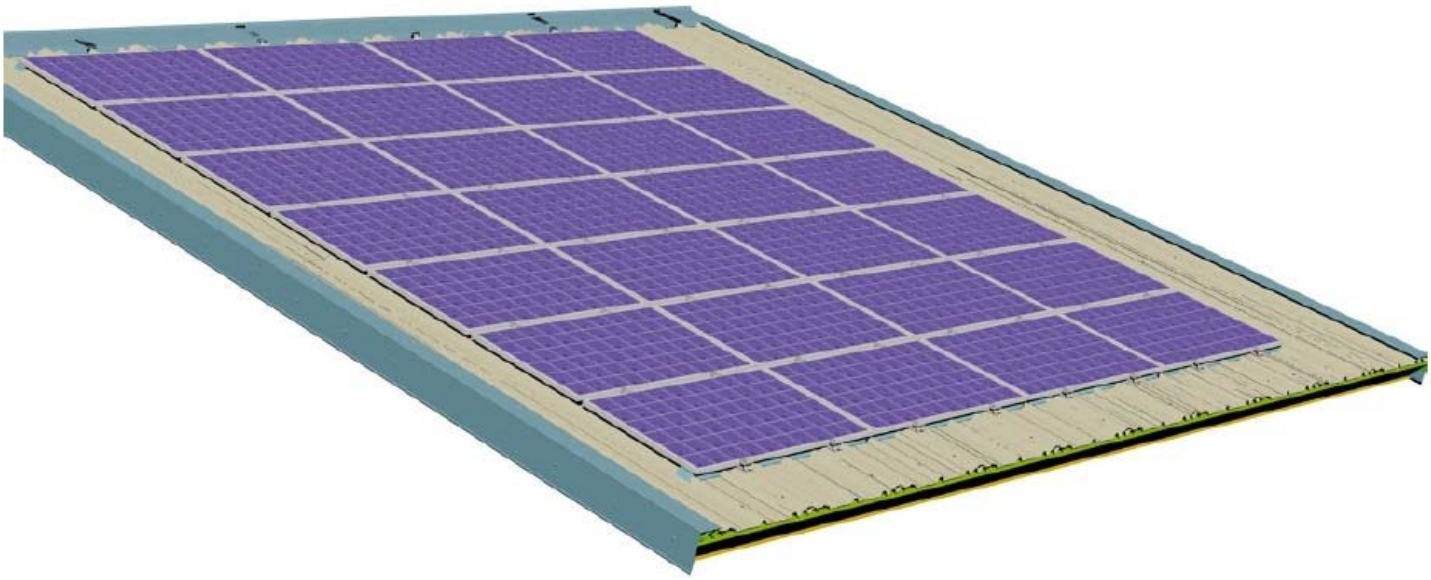
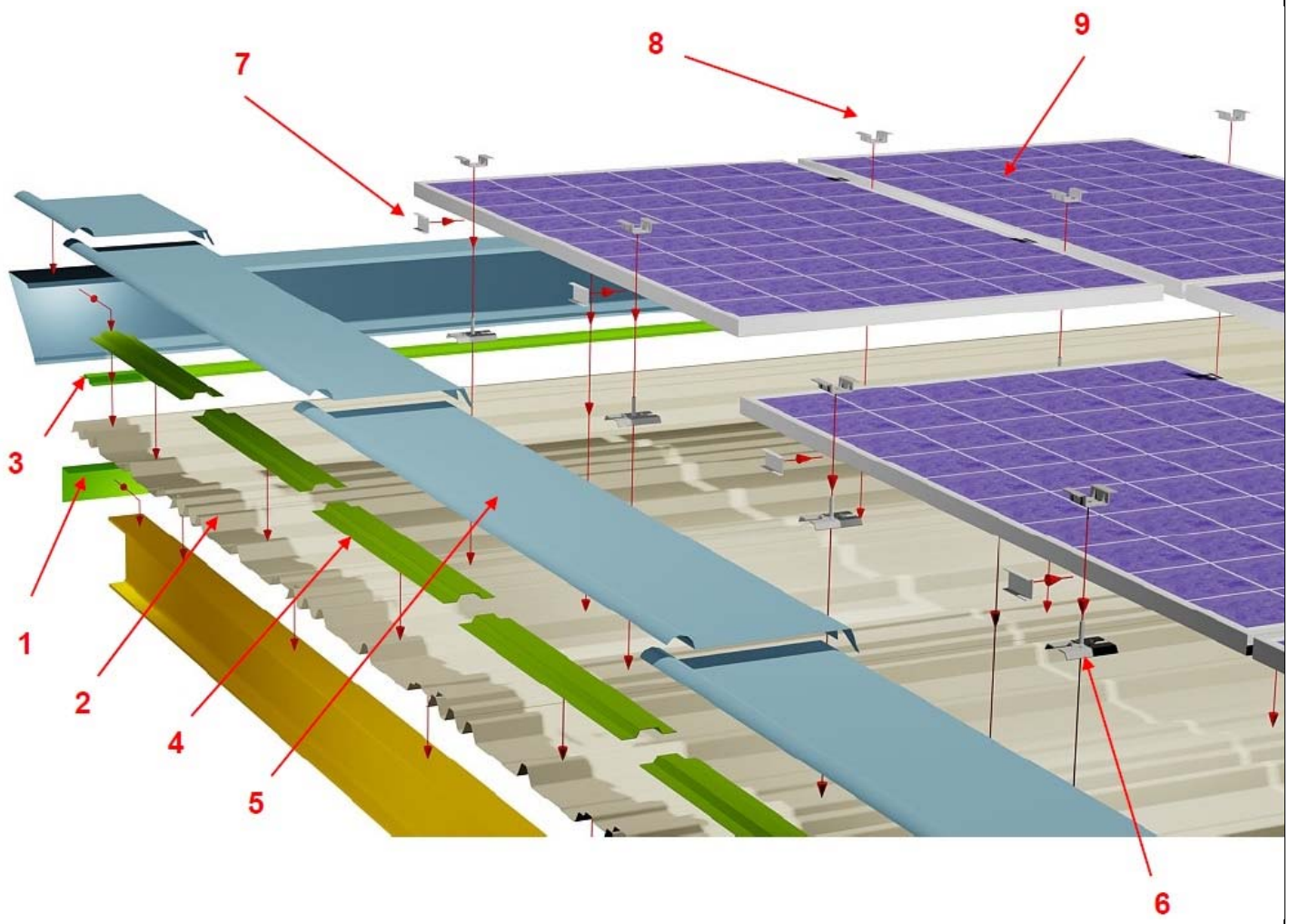
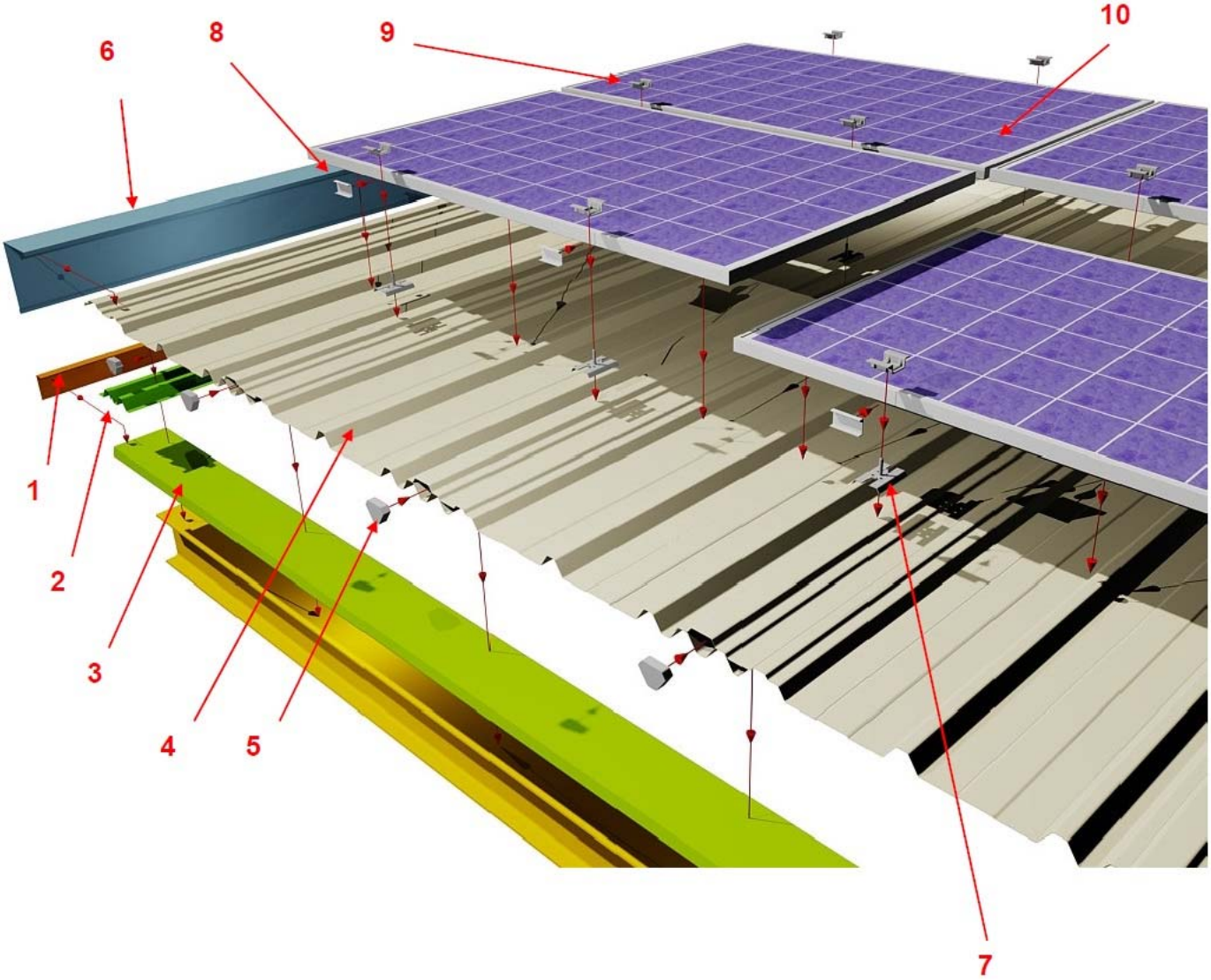


Figure 4 – Vue du procédé



1 Plaque de rive
2 Bac Komet
3 Ecarteurs de rive
4 Oméga de rattrapage de niveau faitage
5 Faitière
6 Embase de clame
7 Cale de rive
8 Serreur
9 Module photovoltaïque

Figure 5 – Vue éclatée du procédé au faîtage



1 Plaque de rive
2 Pièce de départ
3 Bavette d'égout
4 Bac Komet
5 Bouchon
6 Bande de rive
7 Embase de clame
8 Cale de rive
9 Serreur
10 Module photovoltaïque

Figure 6 – Vue éclatée du procédé à l'égout

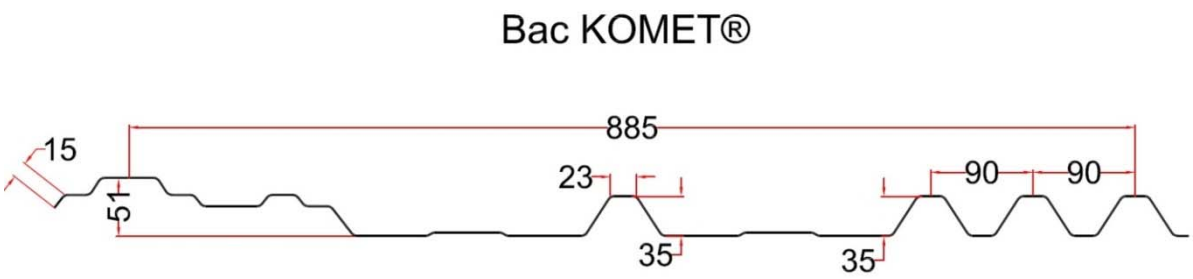


Figure 7 - Plaque nervurée KOMET840®

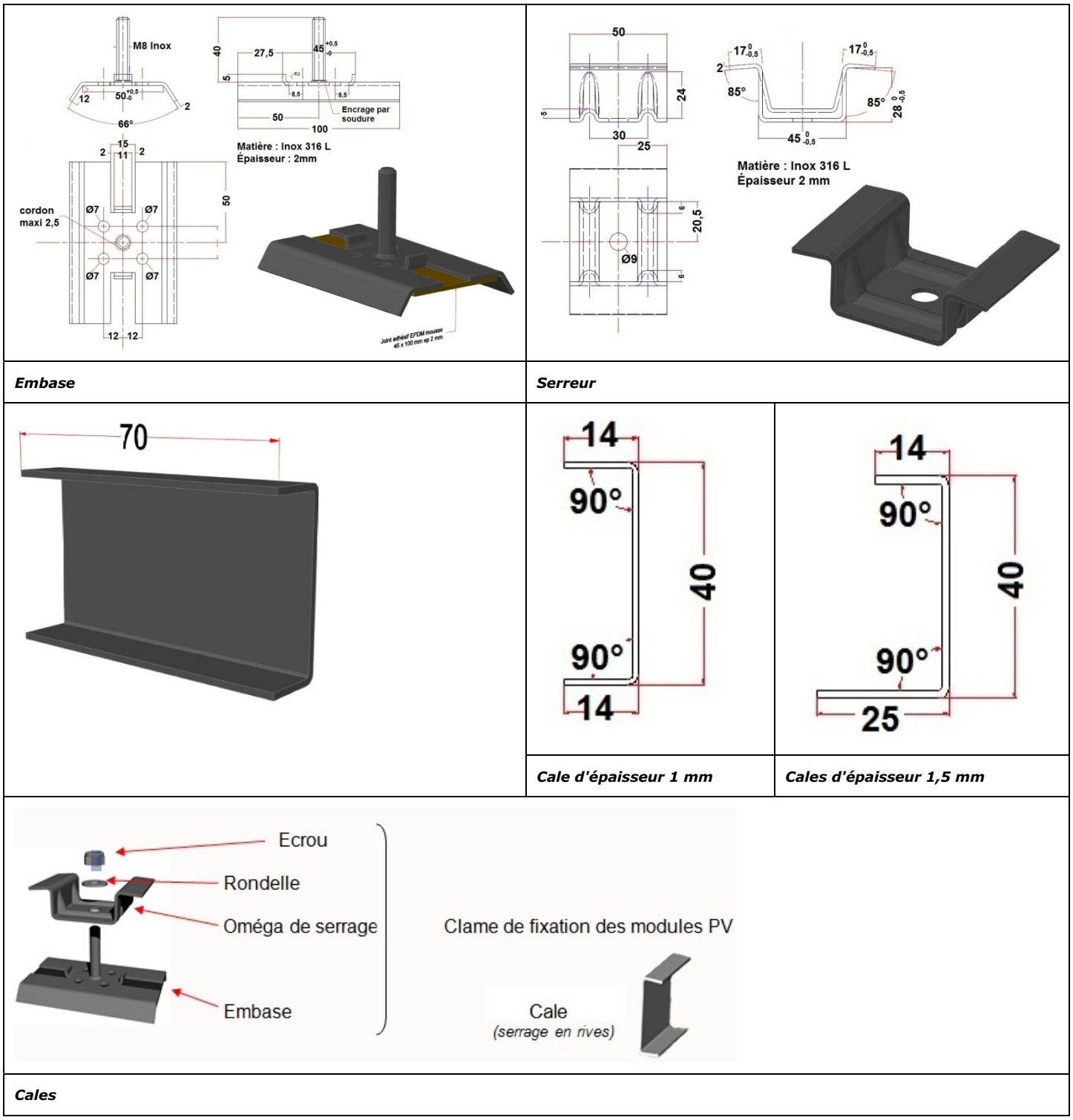
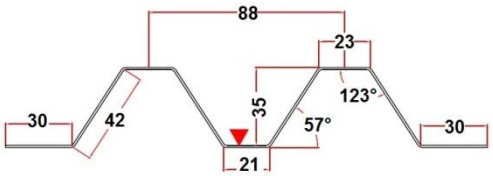
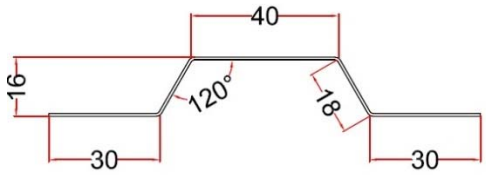


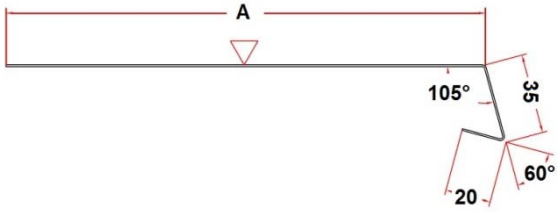
Figure 8 - Éléments de fixation des modules photovoltaïques



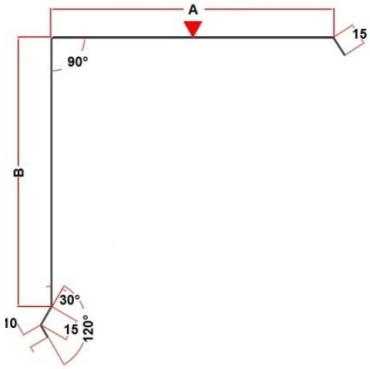
Pièce de départ sous nervure recouvrante



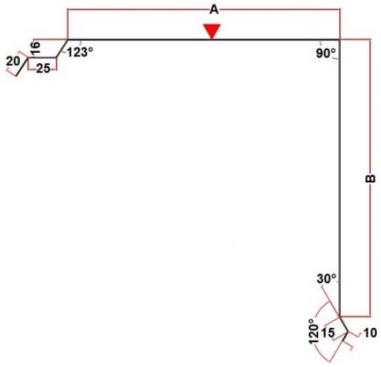
Support bande de rive coté nervure recouverte



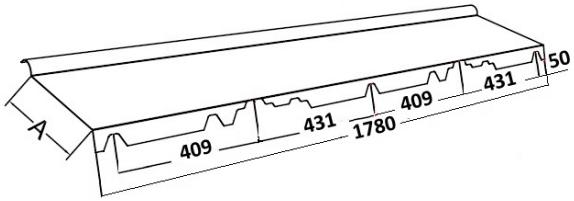
Larmier d'égout KOMET840®



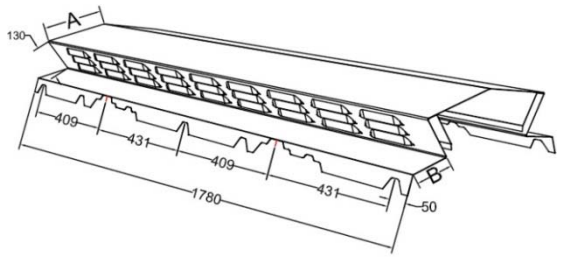
Bande de rive des plaques d'acier nervurées KOMET840® (*Cas standard*)



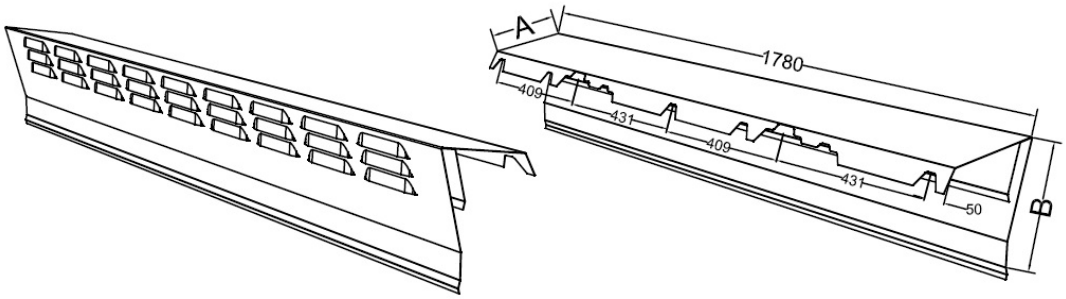
Bande de rive des plaques d'acier nervurées KOMET840® (*Cas hors standard : bac découpé*)



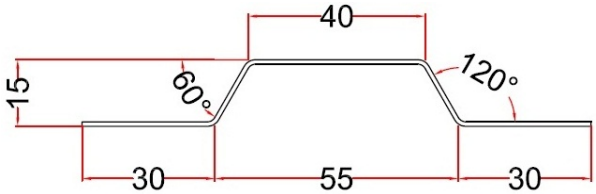
demi-faîtière à boudin



faîtière double aérée

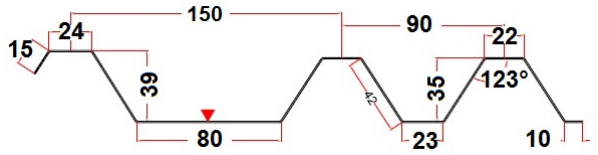


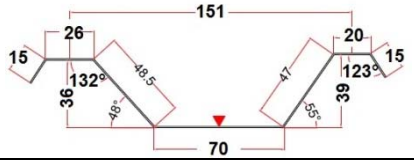
faîtière simple aérée



Oméga de rattrapage de niveau au faîtage KOMET840®

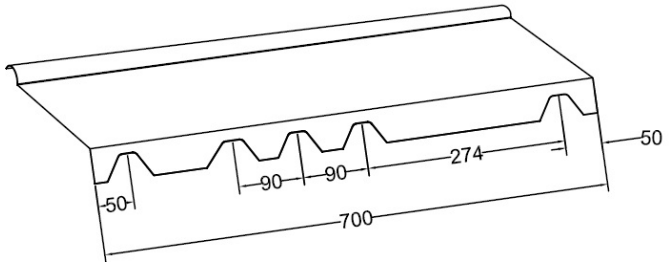
Figure 9 - Pièces de finition KOMET840®

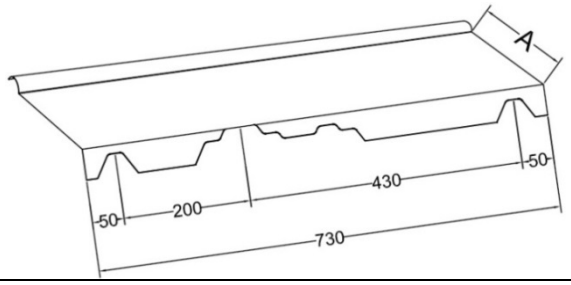




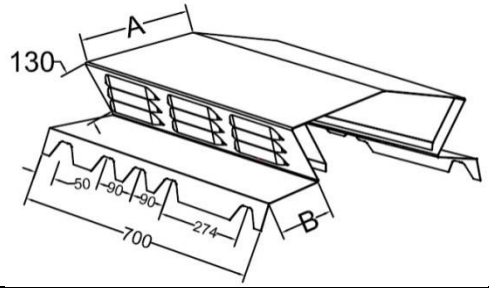
Pièce de raccordement 39T sous nervure recouvrante du profil 840 -Ep 1,00 mm

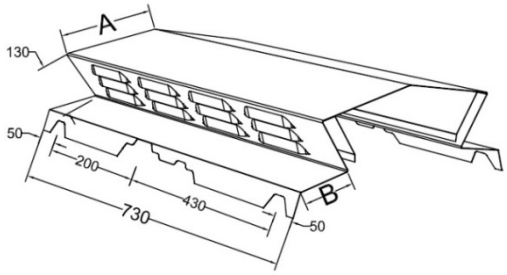
Pièce de raccordement 39T sur nervure recouverte du profil 840 -Ep 0,75 mm



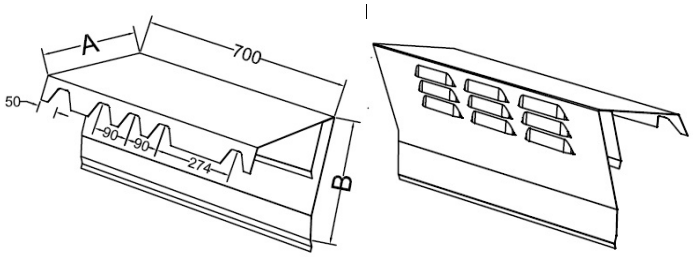


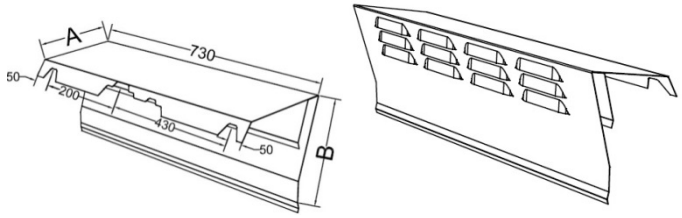
Demi-faîtière à boudin





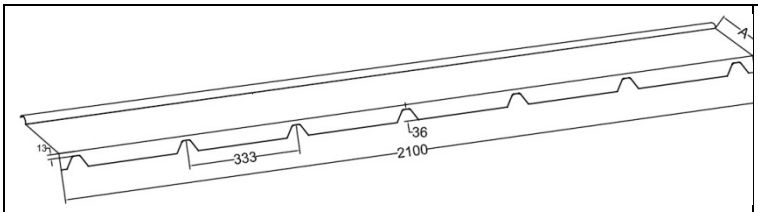
Faîtière double aérée



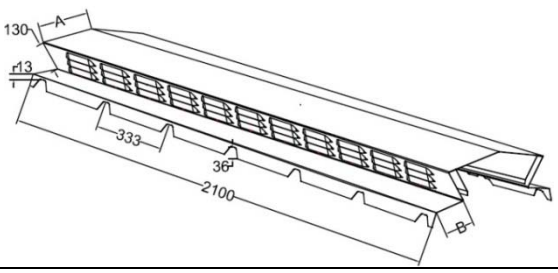


Faîtière simple aérée

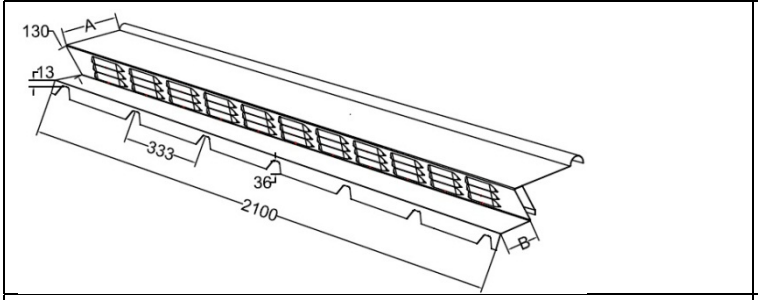
Figure 10 - Pièces de finition raccord KOMET840® et Trapéza 3.333.39T



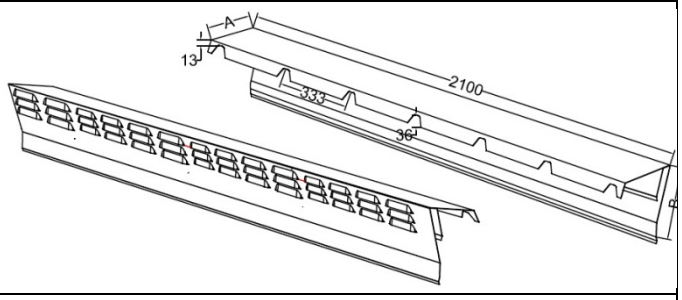
demi-faîtière à boudin



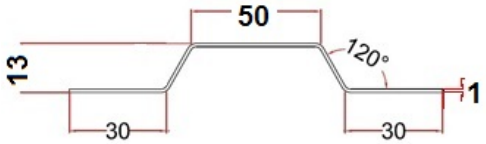
faîtière double aérée



demi-faîtière à boudin aérée



faîtière simple aérée



Oméga de rattrapage de niveau au faîtage Trapéza 3.333.39T

Figure 11 - Pièces de finition Trapéza 3.333.39T

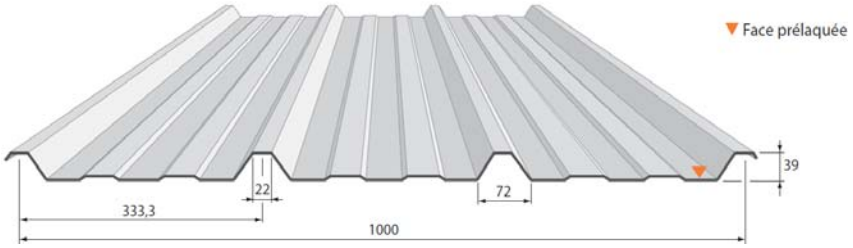
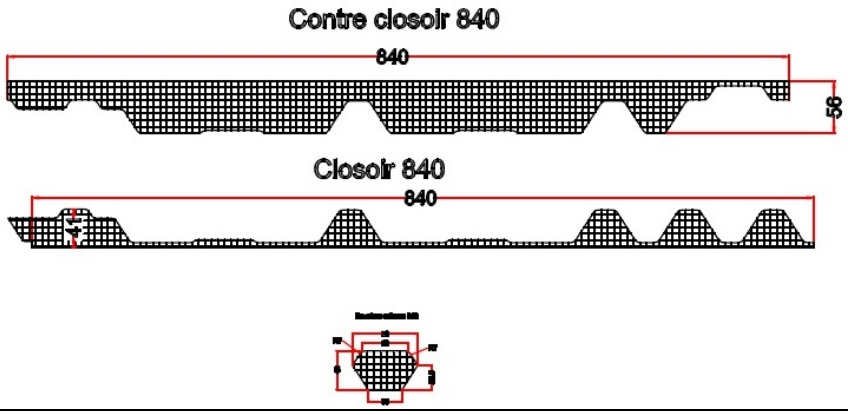


Figure 12 – Plaques d'acier nervurées 3.333.39T



Closoir-contre-closoir-bouchon

Figure 13 - Pièces de raccord KOMET840®®

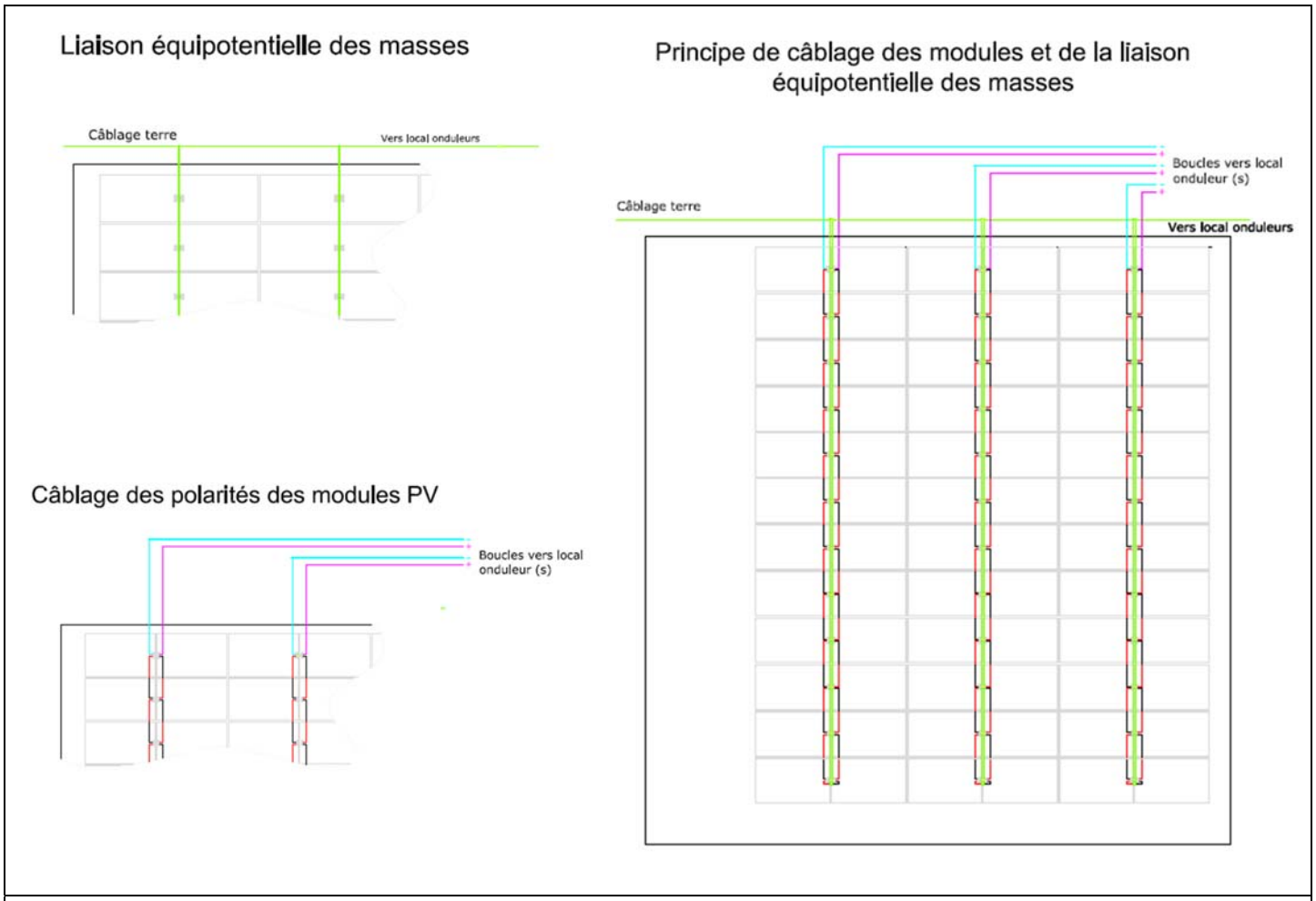


Figure 14 – Schéma électrique

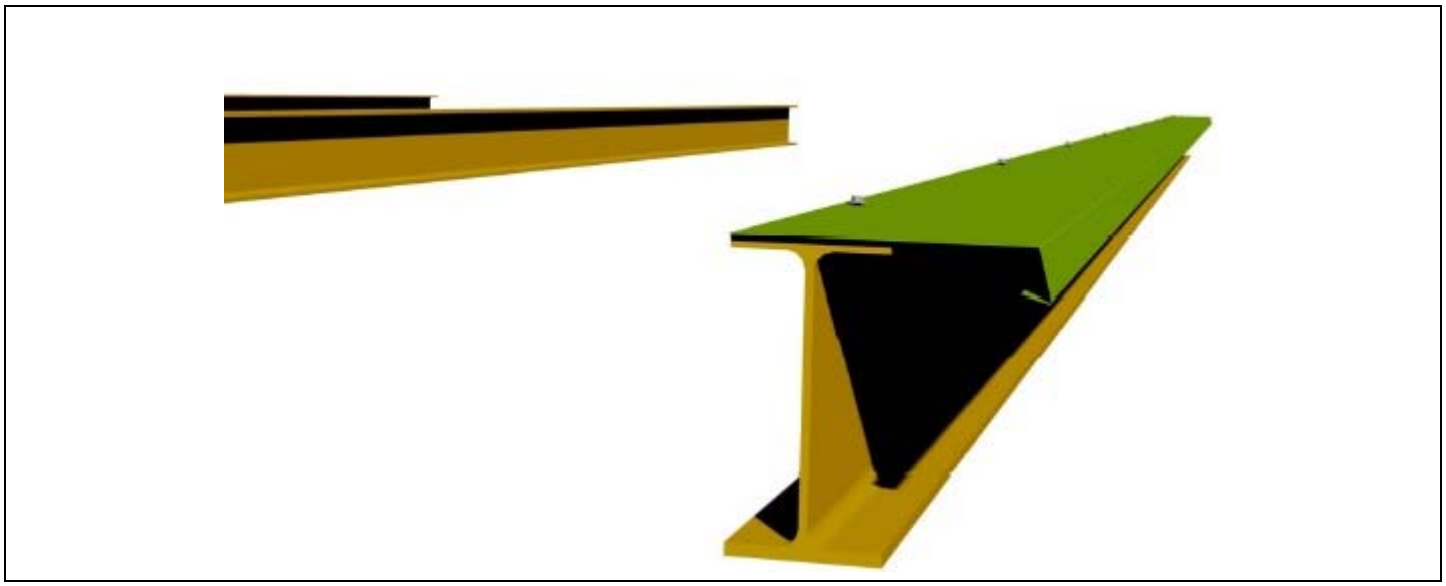


Figure 15 - Mise en place de la bavette d'égout sur la panne sablière

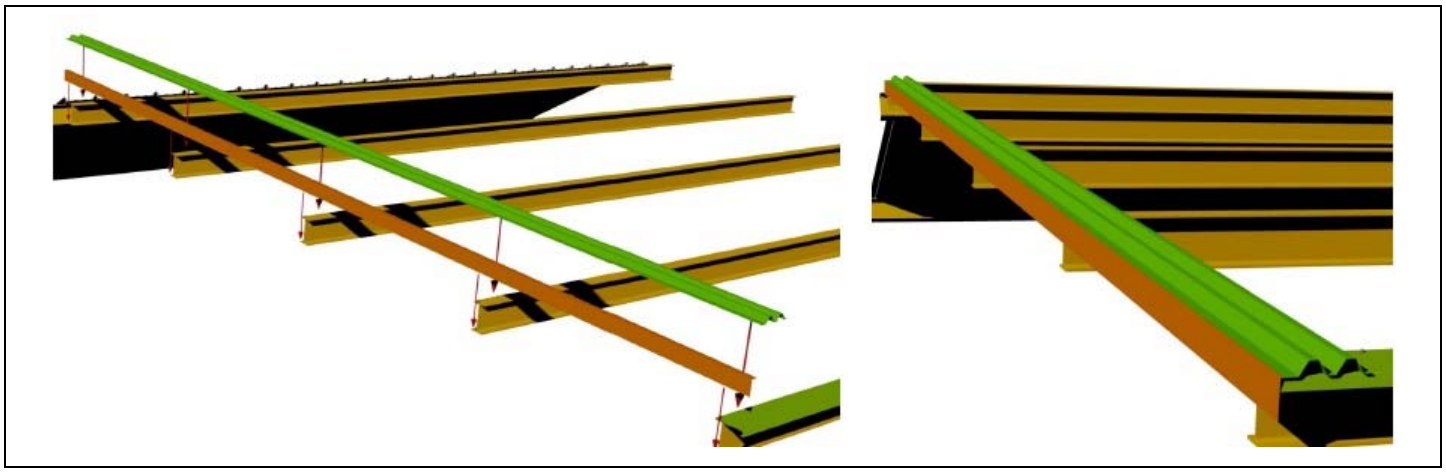


Figure 16 - Fixation de l'ensemble

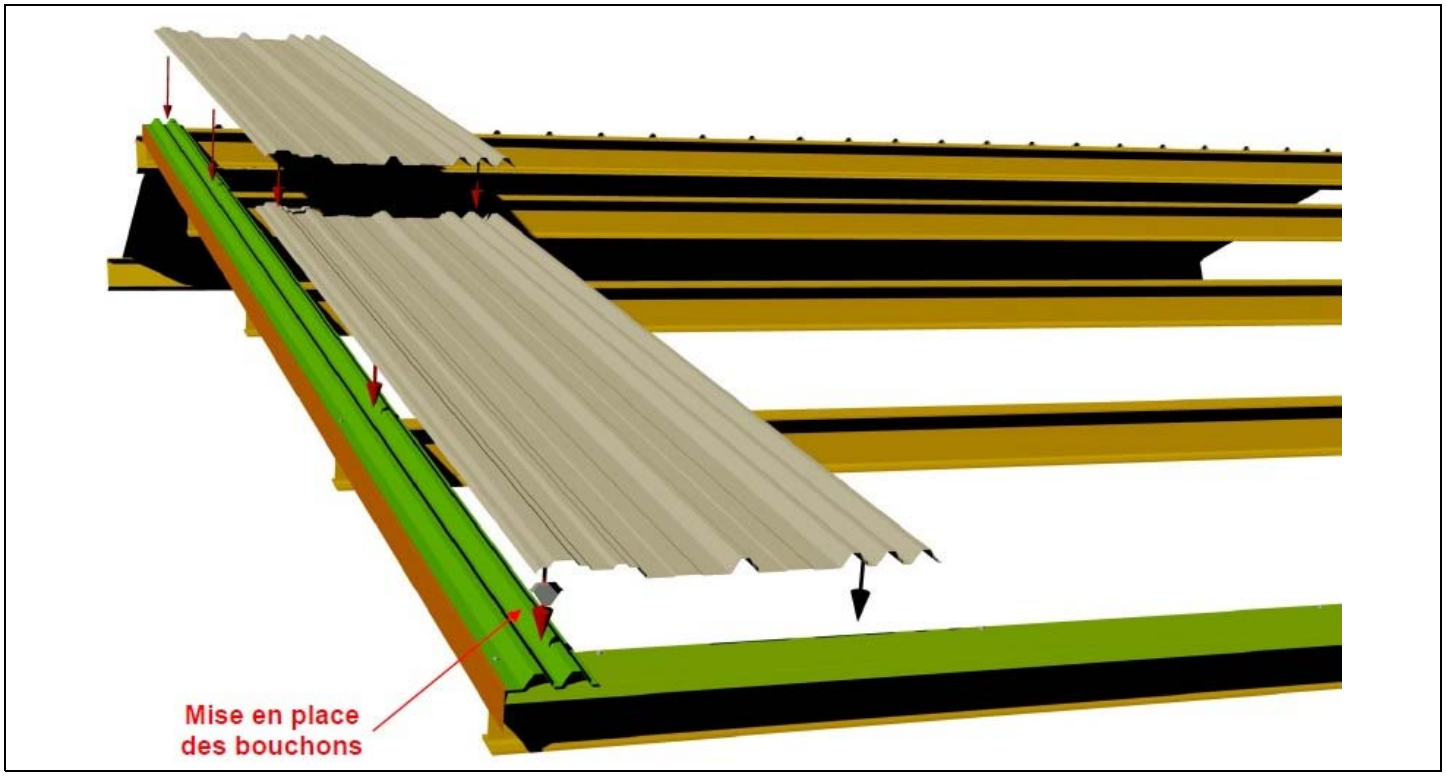


Figure 17 - Mise en place des tôles d'acier nervurées KOMET840®

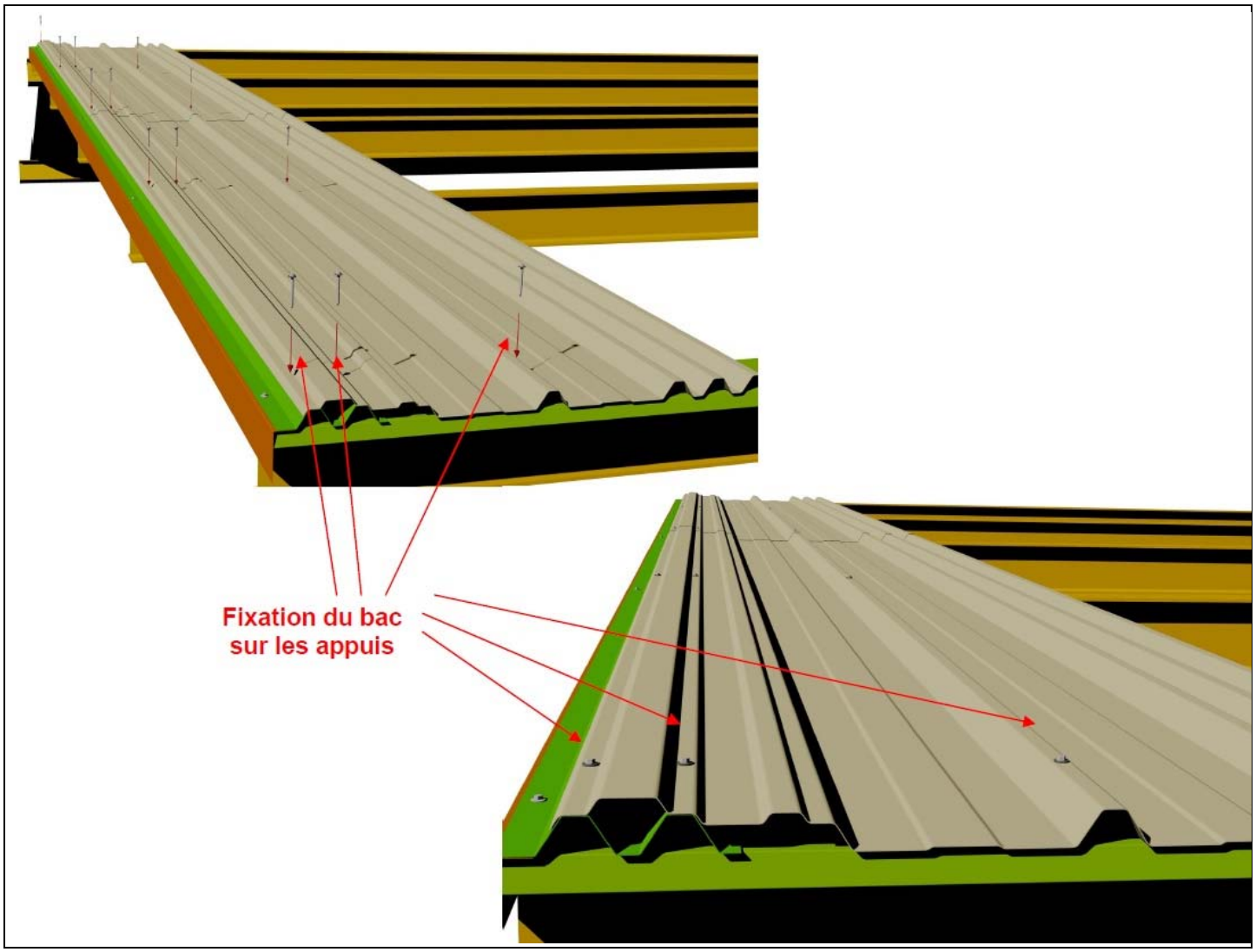


Figure 18 - Mise en fixation des tôles d'acier nervurées KOMET840®

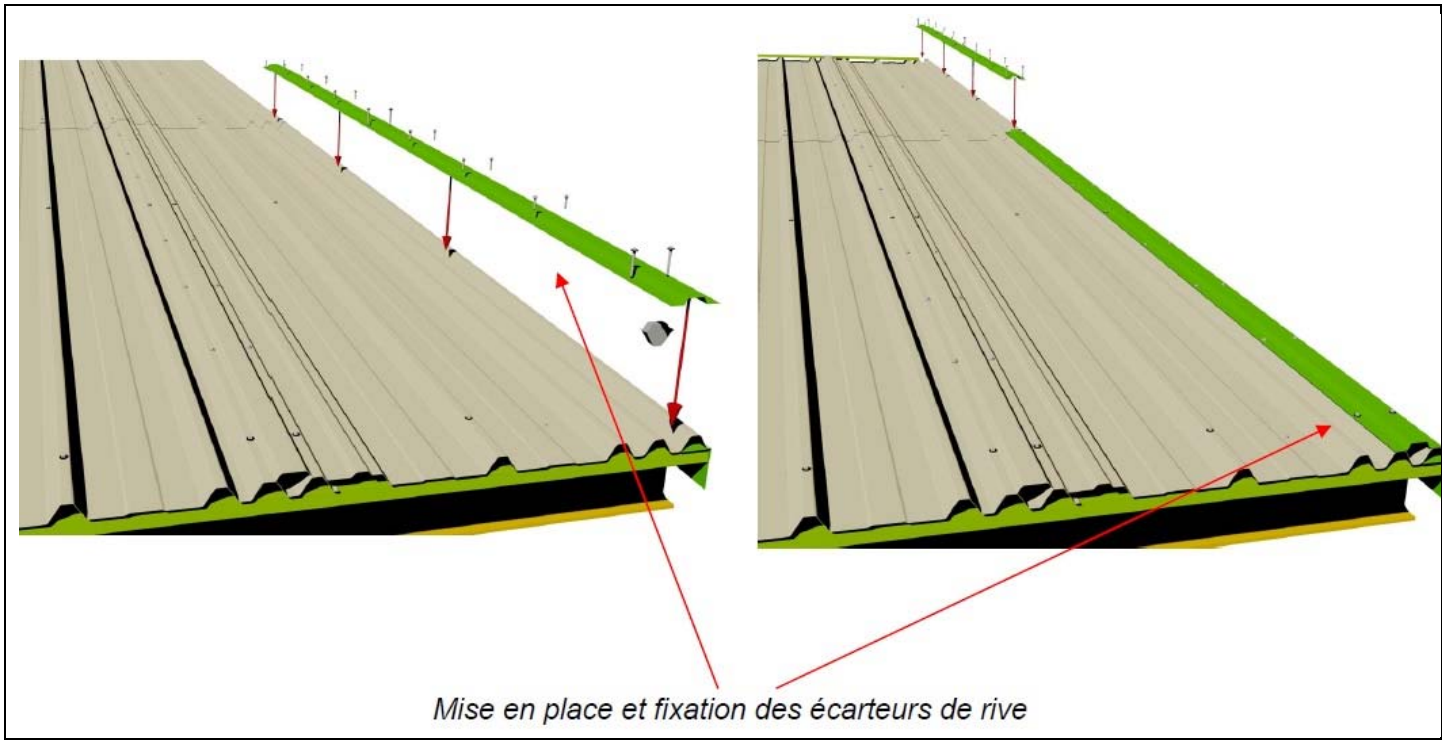


Figure 19 - Mise en place des écarteurs de rive

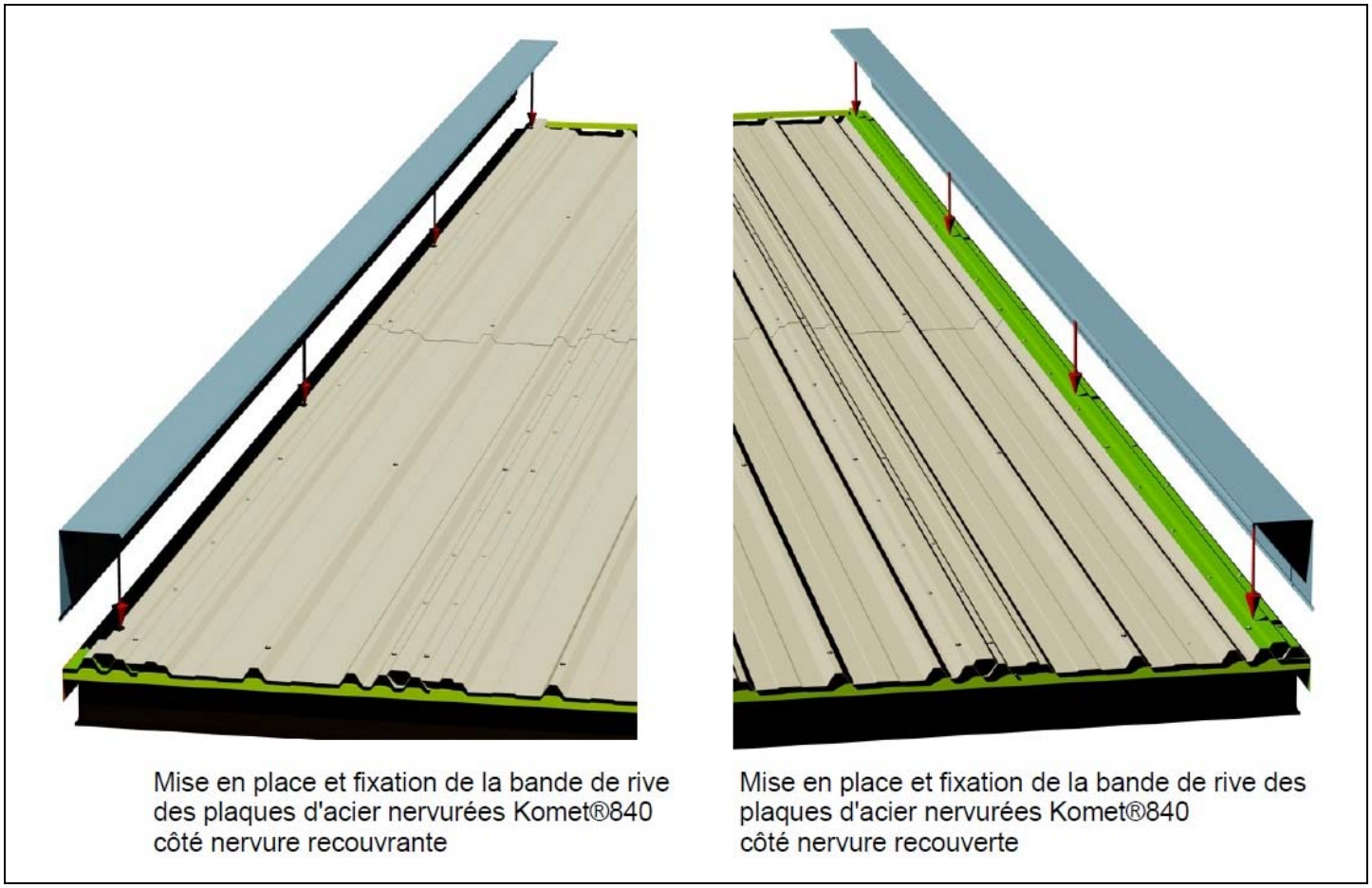


Figure 20 - Mise en place et fixation de la bande de rive des tôles d'acier nervurées KOMET®840

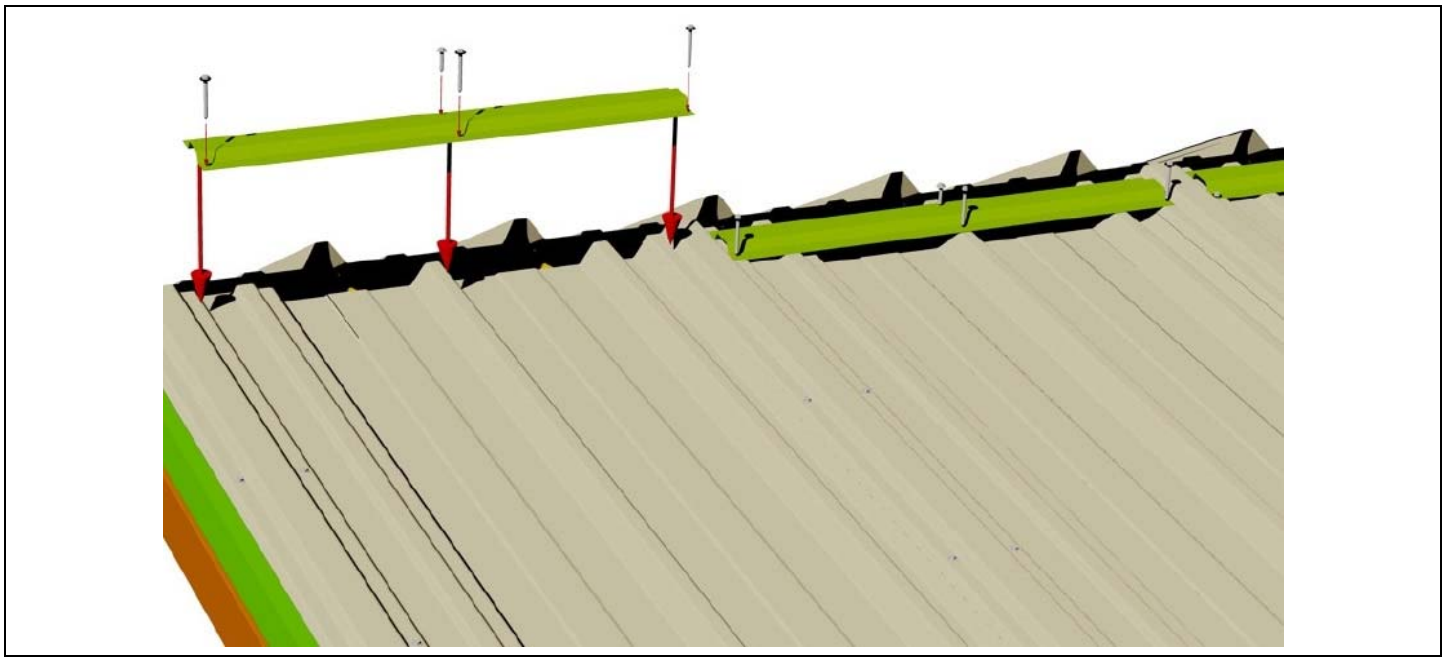


Figure 21 - Mise en place et fixation de l'oméga de rattrapage de niveau faîtage

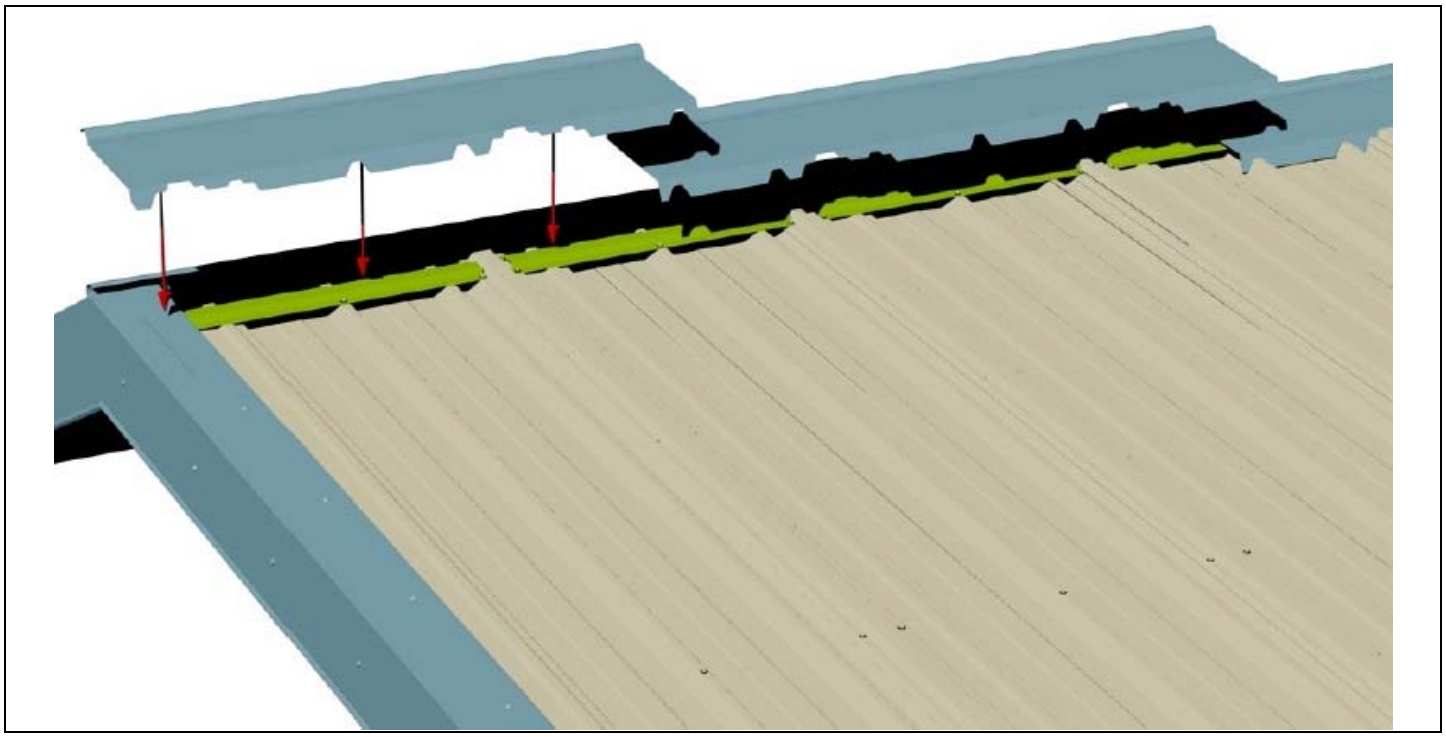
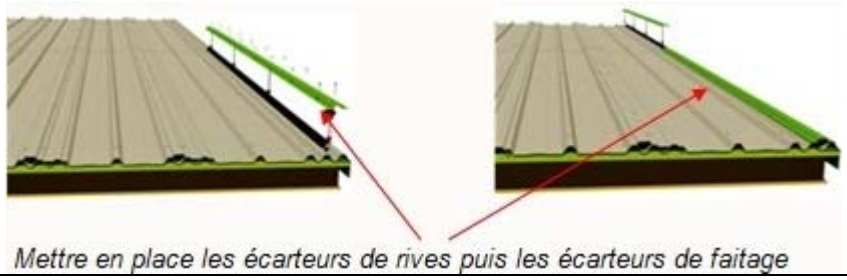
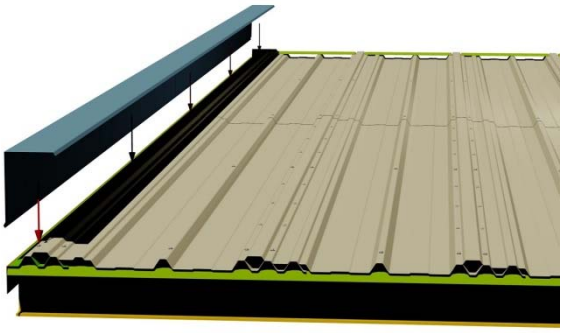


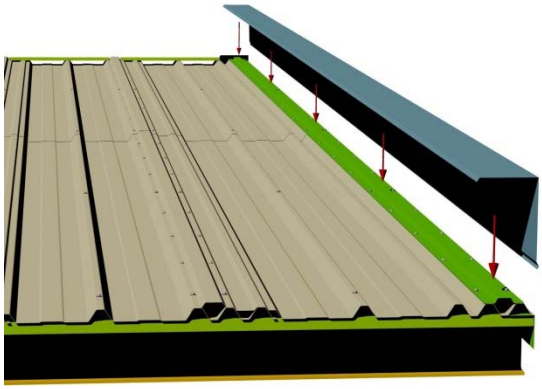
Figure 22 - Mise en place et fixation des écarteurs de faîtage



Mise en place et fixation des omégas



Mise en place bande de rive des plaques d'acier nervurées KOMET840® côté nervure recouvrante



Mise en place support bande de rive coté nervure recouverte et bande de rive des plaques d'acier nervurées KOMET840®

Mise en œuvre en rives

Figure 23 - Traitement des points singuliers aux rives

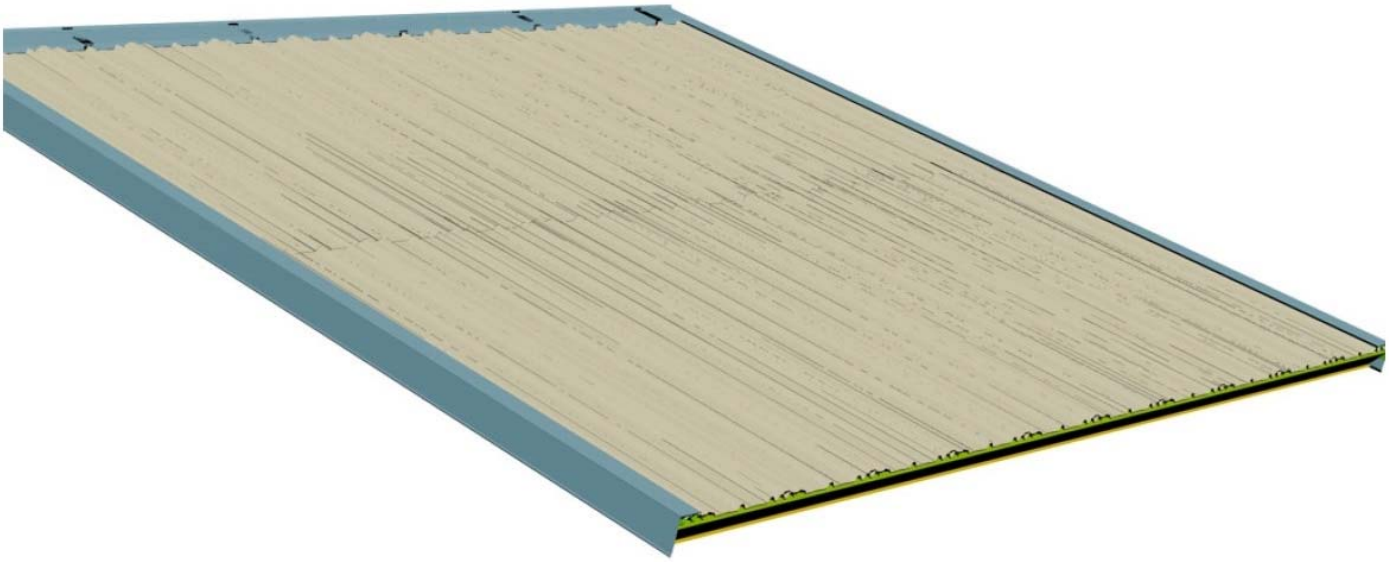
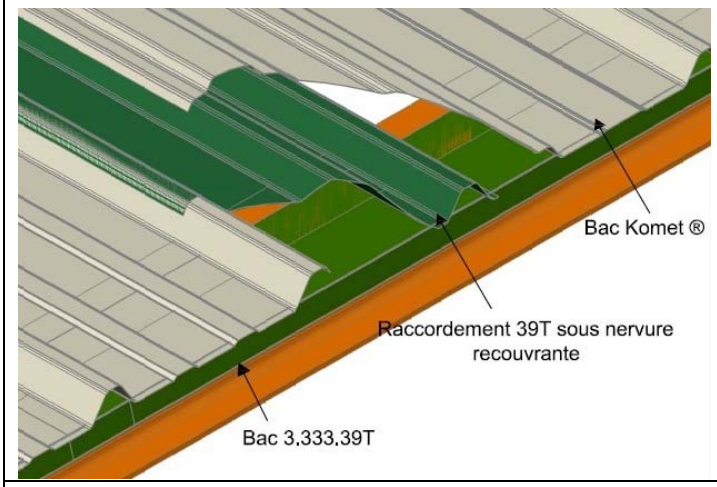
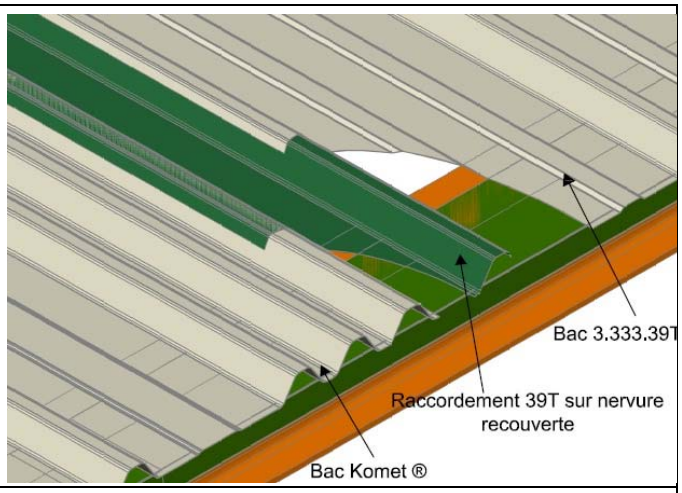


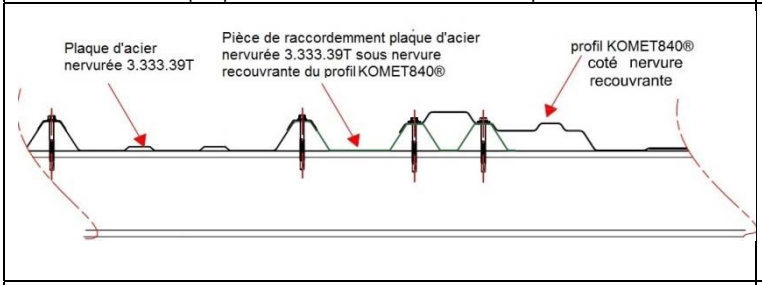
Figure 24 - Tôles d'acier nervurées mise en œuvre



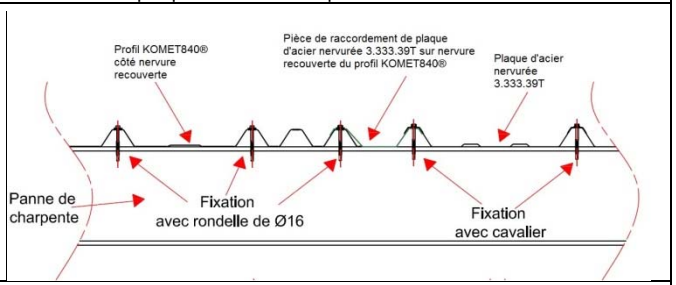
Association plaque nervurée KOMET840® et Trapéza 3.333.39 T



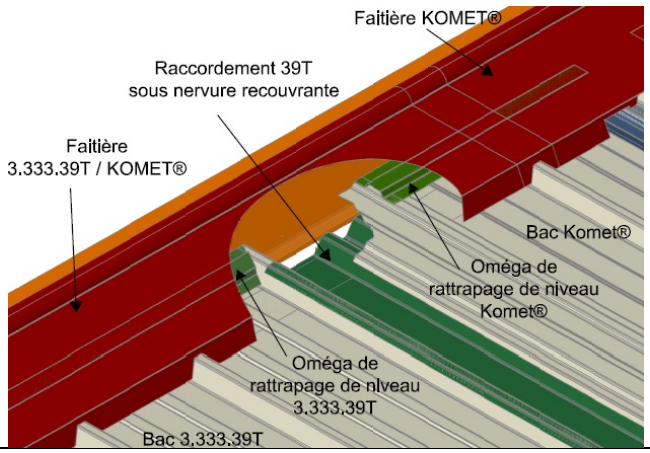
Association plaque nervurée Trapéza 3.333.39 T et KOMET840®

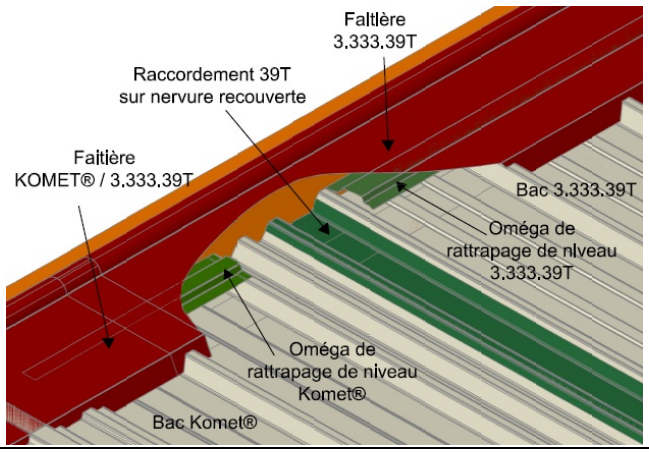


Association plaque nervurée KOMET840® et Trapéza 3,333,39 T



Association plaque nervurée Trapéza 3,333,39 T et KOMET840®





Assemblage au faîtage avec plaque d'acier nervurée Trapéza 3.333.39T et KOMET840®

Figure 25 - Mise en place de la plaque nervurée KOMET840® en association avec la plaque Trapéza 3.333.39 T

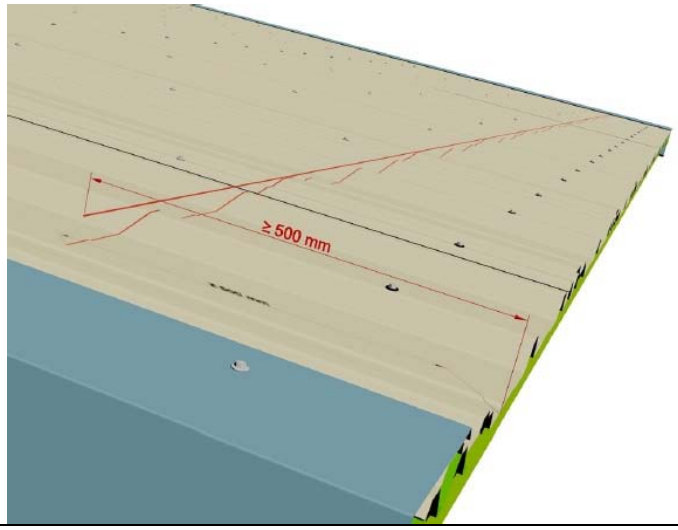
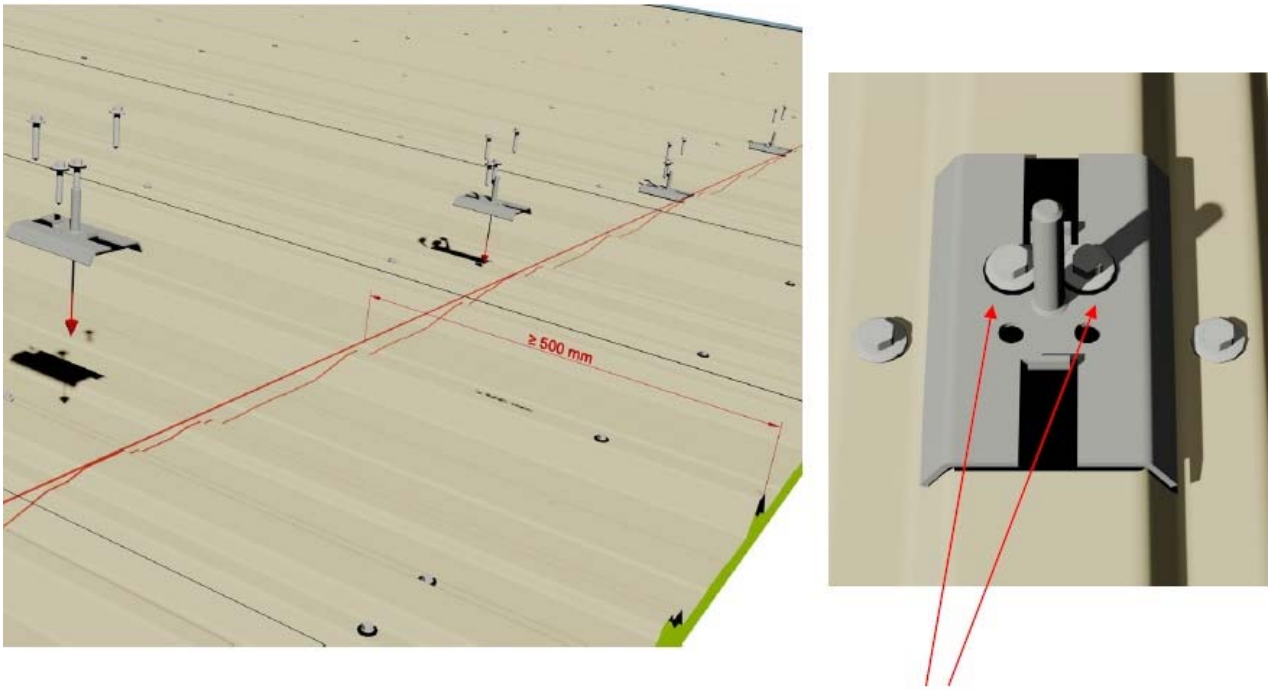


Figure 26 – Positionnement du cordeau



Mise en place et fixation de la première ligne d'embases – 2 Fixations coté modules
et couturage au droit de l'embase

Figure 27 - Mise en place et fixation de la première rangée de clames de la première rangée de modules photovoltaïques

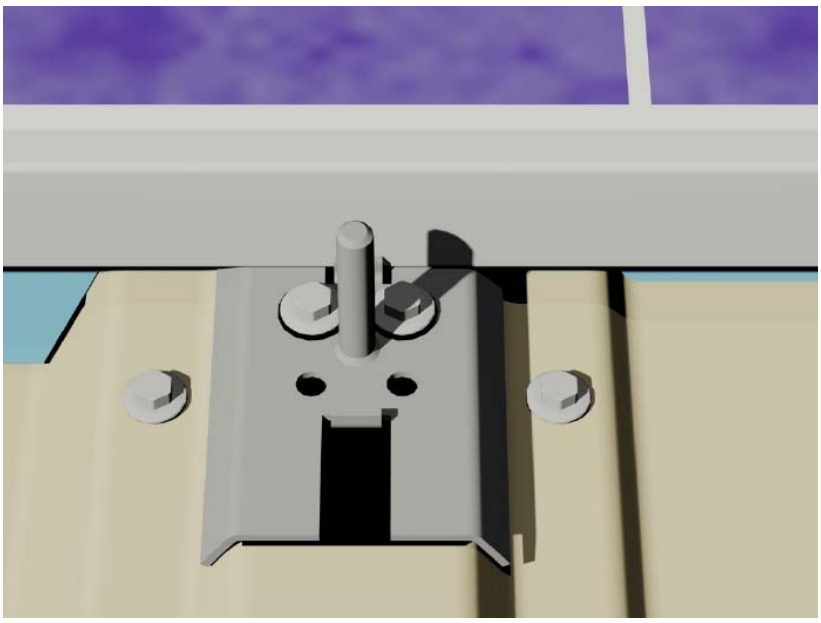
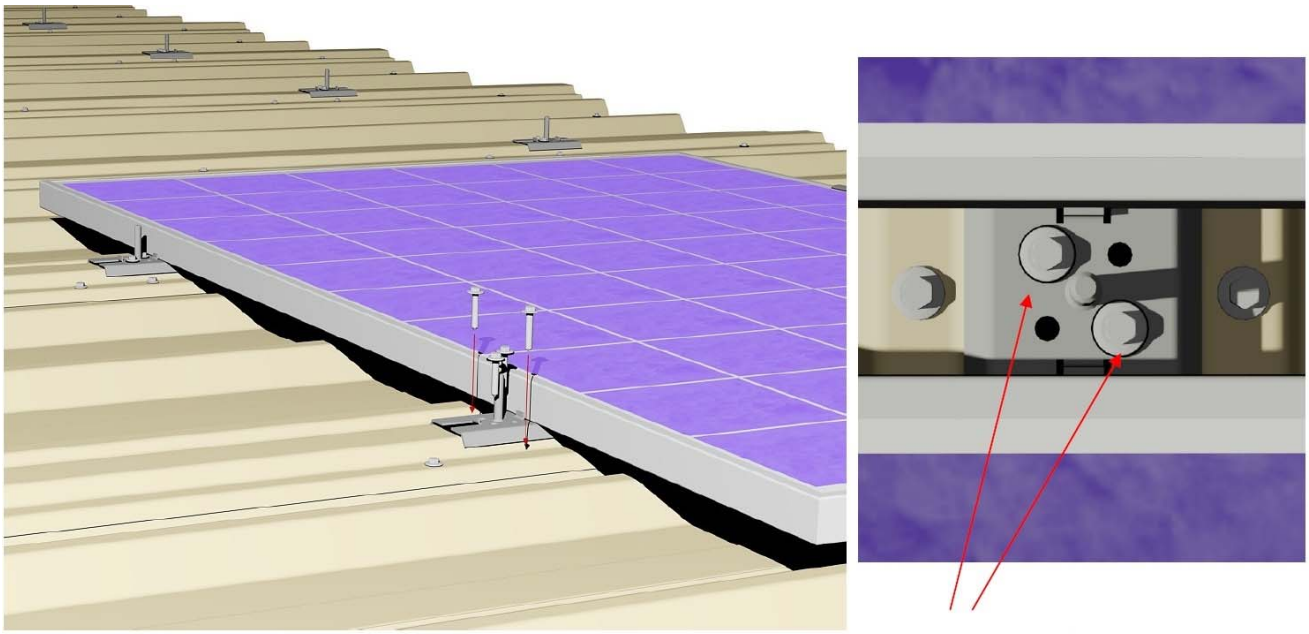
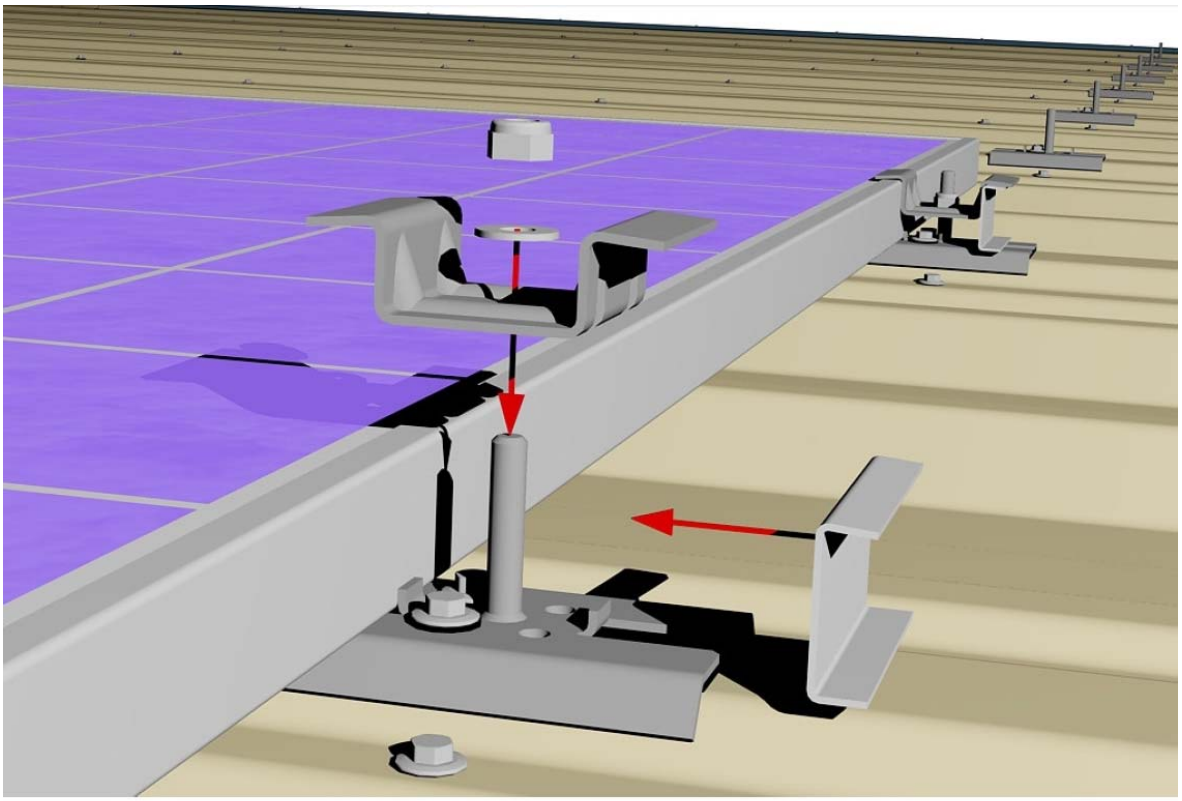


Figure 28 – Positionnement des modules photovoltaïques



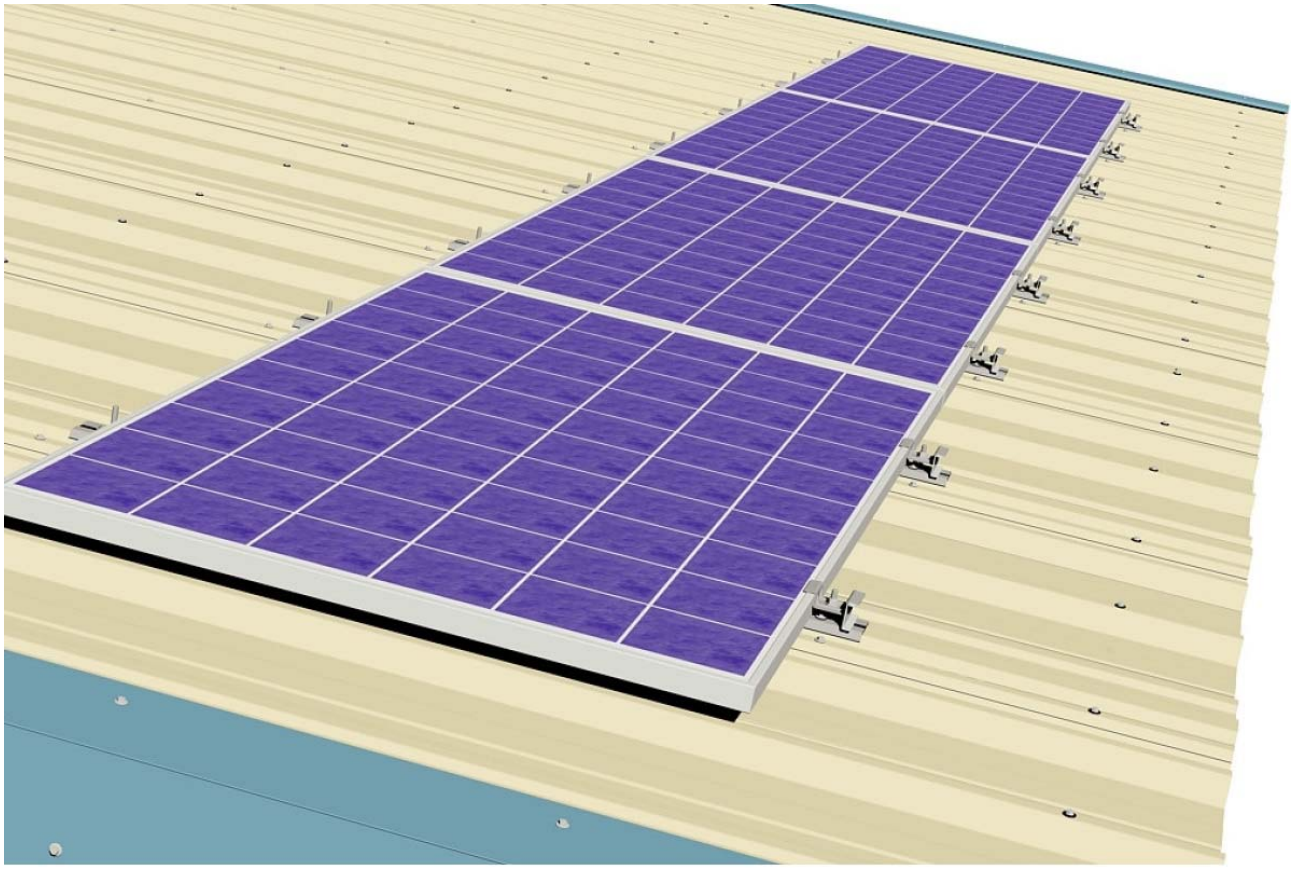
Mise en place et fixation de la deuxième ligne d'embases – 2 Fixations en quinconce
et couturage au droit de l'embase

Figure 29 – Fixation des clames en partie courante



Mise en place du serreur, de la rondelle et de l'écrou. Positionnement de la
cale de rive puis serrage de l'ensemble

Figure 30 – Positionnement des cales



Première rangée de modules en place

Figure 31 - Mise en place des modules photovoltaïques de la première rangée

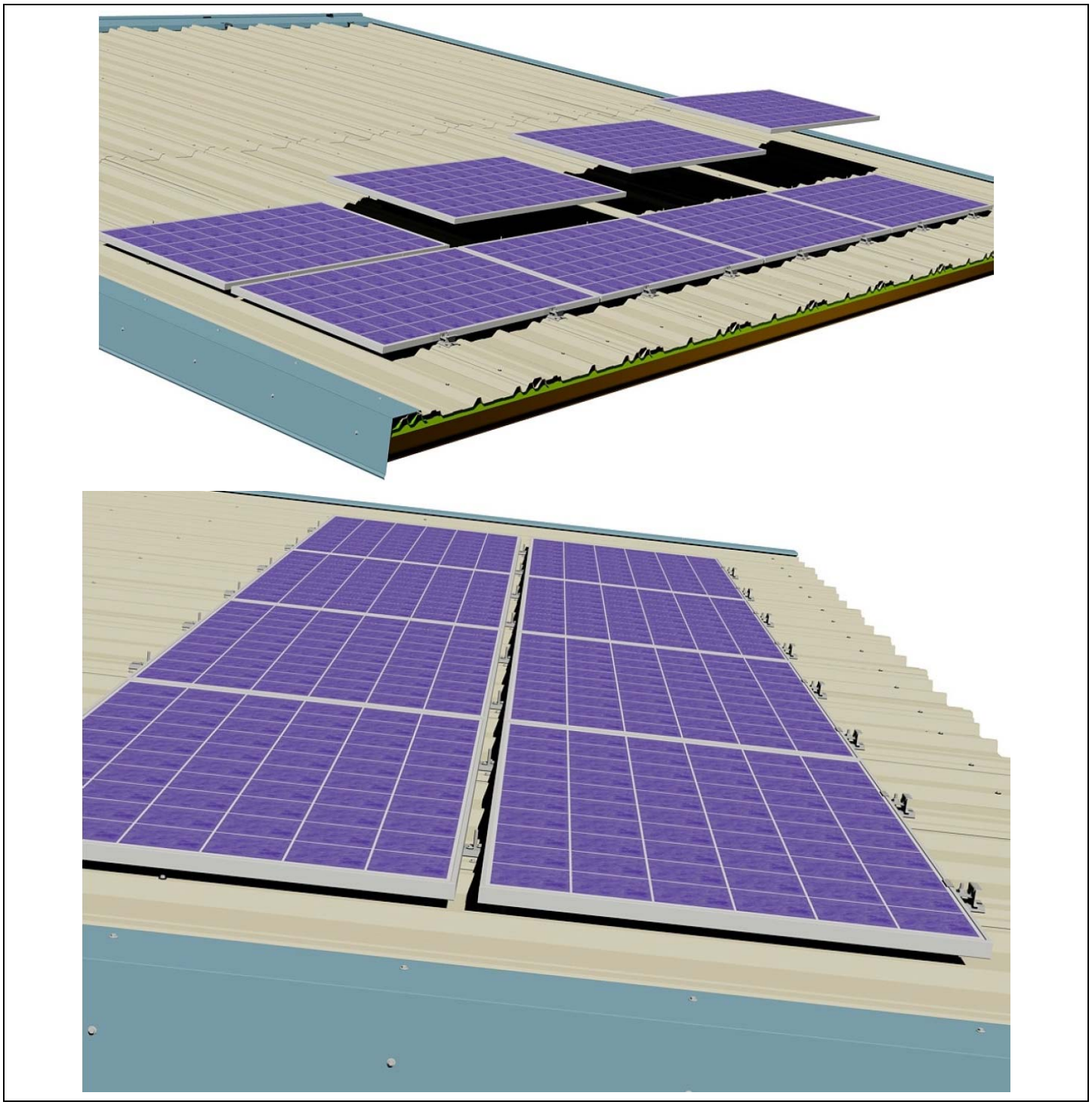


Figure 32 - Mise en place des modules photovoltaïques de la deuxième rangée

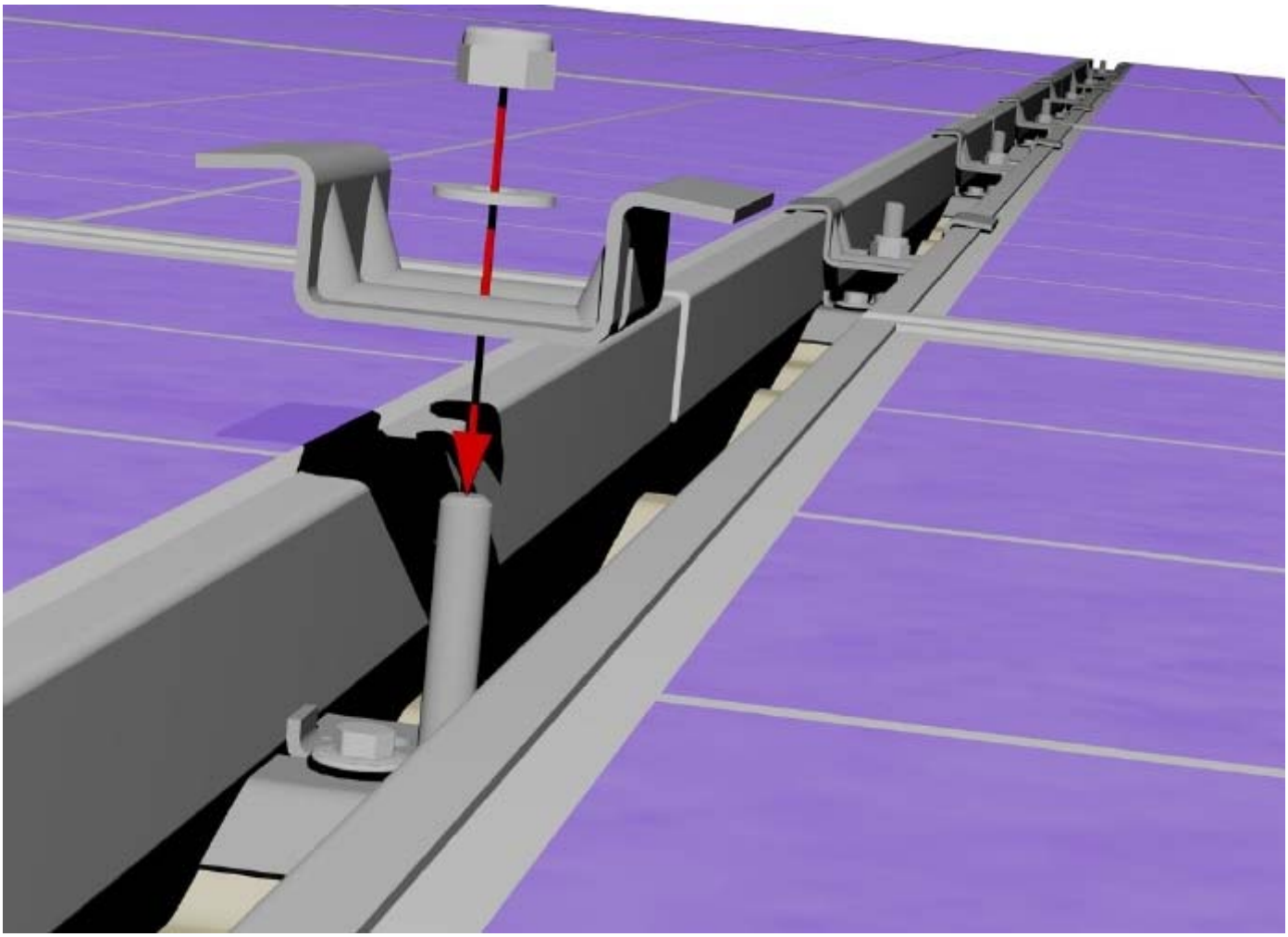
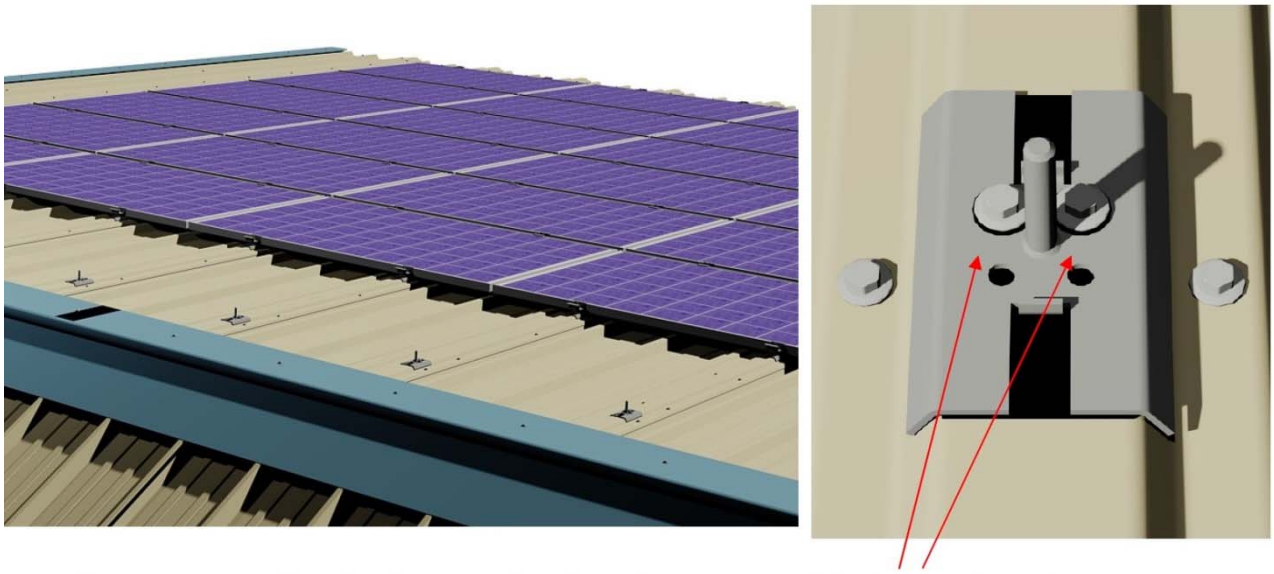


Figure 33 - Mise en place des serreurs



Mise en place et fixation de la dernière ligne d'embases – 2 Fixations coté modules

Figure 34 - Mise en place des modules photovoltaïques de la dernière rangée

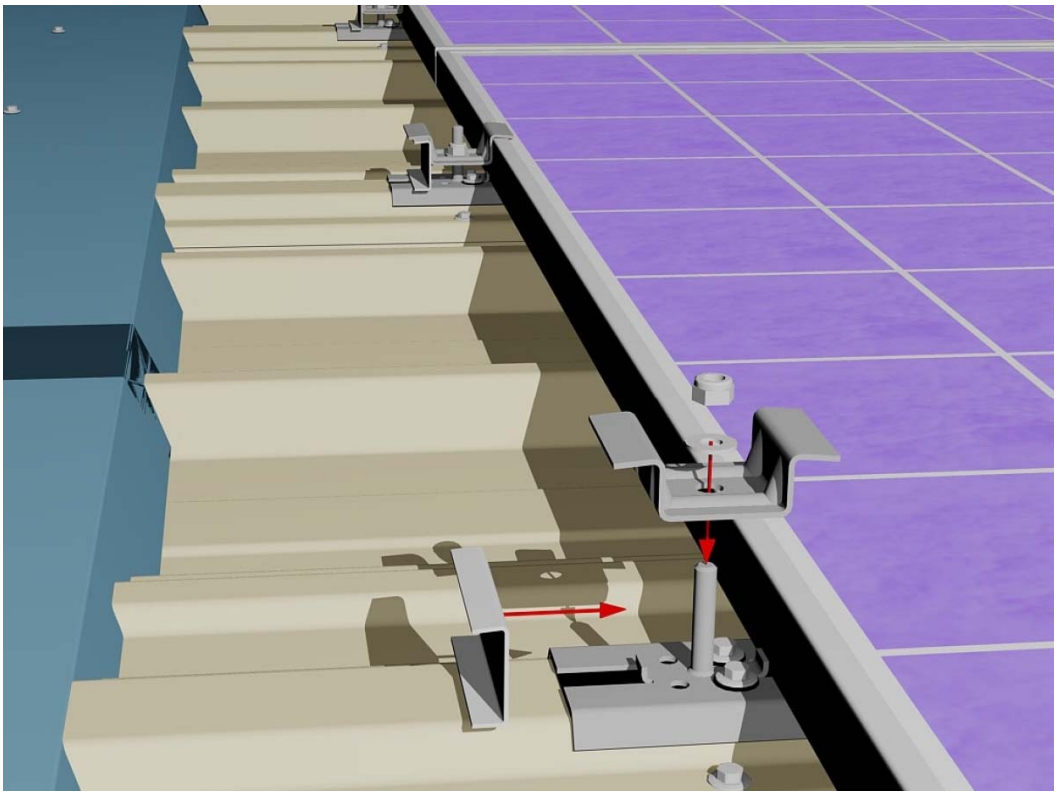


Figure 35 - Mise en place des cales sur la dernière rangée de clames

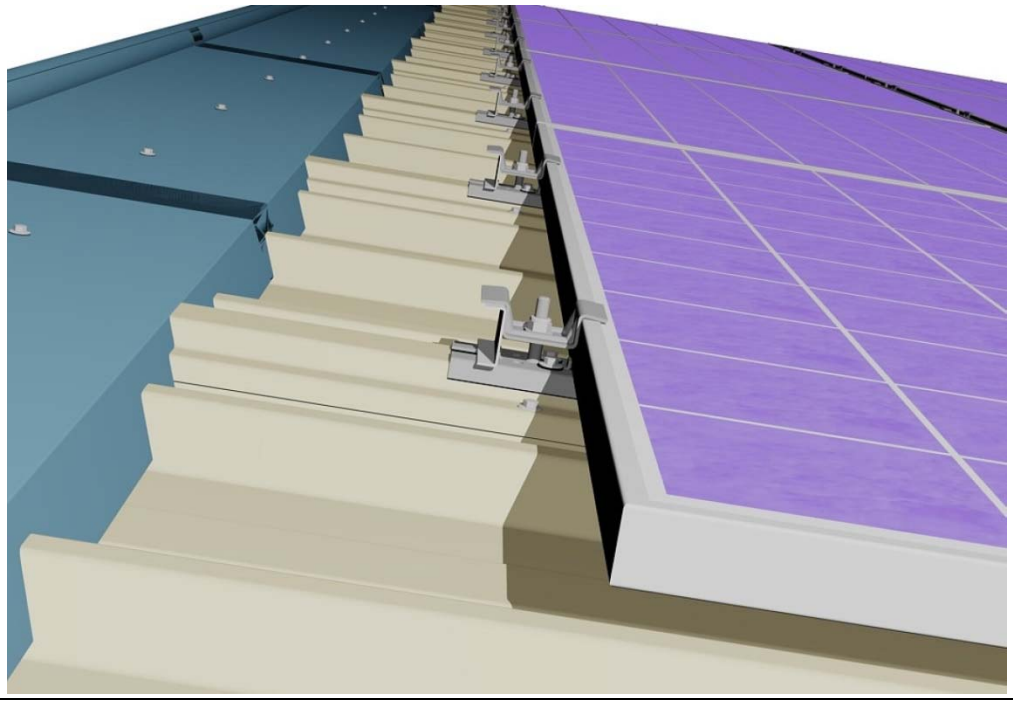


Figure 36 - Mise en place des modules photovoltaïques

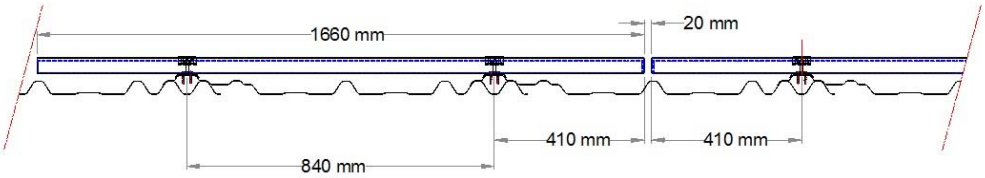


Figure 37 – Vue latérale du procédé photovoltaïque