

Sur le procédé

Kalzip® Concave-Convexe

Famille de produit/Procédé : Couverture en bac métallique autoportant à joints sertis ou à emboîtement

Titulaire : **Société Kalzip GmbH**
Internet : www.kalzip.com

Distributeur : **Société Kalzip France – SAS**
Internet : www.kalzip.com

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V4	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 5.1/19-2572_V3. Elle intègre les modifications suivantes : Correction du tableau 15.	Marc AUGÉAI	François MICHEL
V3	L'Avis Technique a été examiné par le Groupe Spécialisé n° 5.1 « Produits et procédés de couverture » en date du 30 janvier 2023. Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 5.1/19-2572_V2. Elle intègre les modifications suivantes : Ajout de nouvelles matières constitutives des pattes métal-composite, déposées au CSTB.	Marc AUGÉAI	François MICHEL
V2	L'Avis Technique a été examiné par le Groupe Spécialisé n° 5.1 « Produits et procédés de couverture » en date du 30 mai 2022. Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 5.1/19-2572_V1. Elle intègre les modifications suivantes : - Passage de l'intégralité du dossier sur le principe des états limites (Eurocodes), avec tableaux de charges à comparer désormais aux charges de neige en pression selon la norme NF EN 1991-1-3 et Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et de vent en dépression selon le <i>E-cahier CSTB n°3804_V2</i> d'octobre 2021. - Mise à jour du paragraphe sur les fixations. - Mise à jour concernant le polyamide des sabots et des pattes métal-composite. - Augmentation de l'épaisseur du complexe isolant, en jouant uniquement sur la taille de l'oméga écarteur, et nouveaux tableaux de valeurs de ponts thermiques intégrés. - Ajout du tableau de charge n°15, avec patte aluminium sur bac Kalzip® 400. - Ajout de la pose en Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) selon les conditions particulières du § 2.5.	Marc AUGÉAI	François MICHEL

Descripteur :

Système de couverture en bacs profilés en alliage d'aluminium cintrés dont l'assemblage longitudinal est réalisé par sertissage. La fixation au support est réalisée par des attaches dissimulées entre bacs selon une technique voisine de celle des couvertures à joint debout.

Le procédé Kalzip® Concave-Convexe est destiné à la réalisation de couvertures cintrées de formes concaves, convexes ou une combinaison des deux, pour des bâtiments dont l'hygrométrie est faible ou moyenne, situés en France métropolitaine et dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM, cf. § 2.5), en climat de plaine (altitude ≤ 900 mètres), quelles que soient leurs destinations.

En France métropolitaine, il est associé à une isolation thermique est mis en œuvre en couverture « chaude », suivant les préconisations prévues par le § 2.3.1.2. Il peut être mis en œuvre en couverture « froide ventilée » en France métropolitaine sur bâtiments ouverts non isolés suivant les préconisations prévues par le § 2.3.1.2, ou en DROM sur bâtiments ouverts ou fermés suivant les préconisations prévues par le § 2.5.

Les configurations admises et limites d'emploi en fonction de la zone géographique sont récapitulées au tableau 0 (cf. § 1.1.2).

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	6
1.1.	Domaine d'emploi accepté	6
1.1.1.	Zone géographique.....	6
1.1.2.	Ouvrages visés.....	6
1.2.	Appréciation	6
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	6
1.2.2.	Durabilité	8
1.2.3.	Données environnementales	8
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	9
2.	Dossier Technique.....	10
2.1.	Mode de commercialisation	10
2.1.1.	Coordonnées.....	10
2.1.2.	Mise sur le marché	10
2.1.3.	Identification des constituants.....	10
2.2.	Description	10
2.2.1.	Principe.....	10
2.2.2.	Éléments et matériaux constitutifs du procédé	10
2.3.	Disposition de conception	14
2.3.1.	Conception du système	14
2.3.2.	Conception de l'enveloppe	15
2.3.3.	Portées d'utilisation des bacs	18
2.3.4.	Contact de l'aluminium avec d'autres matériaux	19
2.3.5.	Remarques sur les évacuations d'eau pluviales.....	19
2.4.	Disposition de mise en œuvre	19
2.4.1.	Manutention et stockage	19
2.4.2.	Mise en œuvre des bacs	20
2.4.3.	Points singuliers	21
2.4.4.	Assemblage transversal des bacs Kalzip®	21
2.4.5.	Accidents de toiture	22
2.5.	Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM)	22
2.5.1.	Généralités	22
2.5.2.	Éléments constitutifs du procédé	22
2.5.3.	Dispositions de conception.....	23
2.5.4.	Mise en œuvre	23
2.6.	Entretien et réparation	24
2.6.1.	Entretien de la couverture	24
2.6.2.	Remplacement d'un bac Kalzip®	24
2.7.	Assistance technique et formation	24
2.7.1.	Assistance technique	24
2.7.2.	Formation.....	24
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication	24
2.8.1.	Principes de fabrication des bacs Kalzip® cintrés	24
2.8.2.	Fabrication des accessoires.....	24
2.8.3.	Possibilité de transport.....	24
2.8.4.	Contrôle de fabrication en usine	24
2.8.5.	Contrôle de fabrication sur chantier	25
2.8.6.	Contrôles des accessoires	25

2.9.	Mention des justificatifs.....	25
2.9.1.	Références	25
2.9.2.	Résultats Expérimentaux	25
2.10.	Annexe du Dossier Technique	27
1.1	Vérification de la forme générique pour des formes complexes	74
1.2	Diagramme récapitulatif de conception de l'enveloppe	75
1.3	Types de formes génériques complexes pour l'enveloppe	76
1.4	Vérification de la forme générique complexe.....	77

Document non valide

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé, qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Le procédé est visé pour une mise en œuvre en France métropolitaine et en climat de plaine (altitude ≤ 900 mètres).

Il peut également être mis en œuvre dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM), selon les prescriptions particulières du § 2.5.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé Kalzip® Concave-Convexe est destiné à la réalisation de couvertures cintrées de formes concaves, convexes ou une combinaison des deux, pour des bâtiments dont l'hygrométrie est faible ou moyenne, quelles que soient leurs destinations, en construction neuve ou rénovation totale (jusqu'au support).

En France métropolitaine, le système Kalzip® Concave-Convexe associé à une isolation thermique est mis en œuvre en couverture « chaude », suivant les préconisations prévues par le § 2.3.1.3.

Il peut être mis en œuvre en couverture « froide ventilée » en France Métropolitaine sur bâtiments ouverts non isolés suivant les préconisations prévues par le § 2.3.1.2, ou en DROM sur bâtiments ouverts ou fermés non isolés suivant les préconisations prévues par le § 2.5.

Les joints longitudinaux entre les bacs Kalzip® sont orientés dans le sens de la plus grande pente, sauf en cas dévers (cf. 2.3.2.4.2), et les génératrices sont parallèles entre elles.

Les longueurs de bacs et de rampant maximales, pentes minimales, admises, et types de bâtiments admis, en fonction de la zone géographique, sont récapitulées dans le tableau 0 ci-dessous :

Tableau 0 – Configurations admises et limites d'emploi

		France métropolitaine		DROM	
Type de couverture		Couverture chaude	Couverture froide ventilée	Couverture chaude	Couverture froide ventilée
Bâtiment fermé	isolé	Admis	Non admis	Non admis	Admis
	non isolé	Non admis			
Bâtiment ouvert		Admis		Admis	
Pente minimale		3 % (cf. § 2.3.2.4.1)		5 % (cf. § 2.5.3.2)	
Franchissement possible du faîtage (voûte)	Bâtiment fermé	Admis	Non admis	Non admis	Non admis
	Bâtiment ouvert		Admis, si Longueur entre pignons ≤ 12 m (cf. § 2.3.1.2)		Admis, si Longueur entre pignons ≤ 12 m (cf. § 2.5.3.2)
Longueur maximale de bacs et de rampant	Bâtiment fermé	Profils Kalzip® 65 : 100 m (50 m maximum du point fixe) Profils Kalzip® 50 : 50 m		40 m	
	Bâtiment ouvert			Profils Kalzip® 65 : 100 m (50 m maximum du point fixe) Profils Kalzip® 50 : 50 m	

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

Elle peut être considérée comme normalement assurée dans les conditions d'emploi préconisées par le Dossier Technique étant entendu que l'Avis ne concerne que le cas où les pattes de couverture sont disposées au droit de la structure porteuse et fixées sur celle-ci, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une ossature intermédiaire (oméga), sans contribution mécanique de la peau inférieure éventuelle.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Cette couverture, y compris avec revêtement prélaqué Polyester 26 μm , PVDF (70/30) bicouche 25 μm , DURAGLOSS® 5000 35 à 55 μm , ou Kalzip HPC 35 à 55 μm (+ envers de bande 5 μm), (revêtement organique dont le PCS est inférieur à 4,0 MJ/m² selon essais), répond aux exigences de performance vis-à-vis du feu venant de l'extérieur selon l'arrêté du 14 février 2003.

Le classement de réaction au feu du procédé, y compris avec revêtement prélaqué Polyester 26 μm , PVDF (70/30) bicouche 25 μm , DURAGLOSS® 5000 35 à 55 μm , ou Kalzip HPC 35 à 55 μm (+ envers de bande 5 μm), selon la norme NF EN 13501-1 est A1, selon les rapports d'essais de classement mentionnés au § 2.9.2.

Le classement de réaction au feu du procédé avec régulateur de condensation Aquasine ou avec les autres revêtements définis au tableau 2 n'est pas connu.

1.2.1.3. Pose en zone sismique

Selon la réglementation sismique définie par :

- Le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Le décret n° 2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- 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 ».

Le procédé peut être mis en œuvre, en respectant les prescriptions du Dossier Technique sur des bâtiments de catégorie d'importance I, II, III et IV, situés en zone de sismicité 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modérée), 4 (moyenne) et 5 (forte), sur des sols de classe A, B, C, D et E.

1.2.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

La résistance en charge centrée de ce système a fait l'objet de justification expérimentale.

Lors des opérations d'entretien, il y a lieu de respecter les dispositions réglementaires relatives à la protection contre les chutes de hauteur.

1.2.1.5. Étanchéité à l'eau

On peut considérer que cette couverture est étanche à l'eau dans les conditions de pose prévues dans le domaine d'emploi (cf. § 1.1).

1.2.1.6. Isolation thermique

Elle est disposée dans l'espace compris entre la sous-face de la couverture et le support continu de celle-ci, selon les dispositions de traitement des "toitures chaudes" prévues par le Dossier Technique.

Les bâtiments équipés de ce procédé soumis à la réglementation thermique, doivent faire l'objet d'études énergétiques pour vérifier le respect des réglementations thermiques en vigueur, pour les bâtiments neufs et existants selon le cas.

Ces études tiennent compte du coefficient de transmission surfacique global d'une paroi U_p (en W/(m².K)), ponts thermiques intégrés pris en compte. Un exemple de calcul des valeurs des ponts thermiques intégrés et des coefficients de transmission surfaciques U_p est disponible en Annexe 2.

1.2.1.7. Complexité de couverture

Ce procédé est destiné à la réalisation de couvertures cintrées concave, convexe ou une combinaison des deux, comportant peu de pénétrations et dont les génératrices sont parallèles entre elles.

1.2.1.8. Hygrométrie des locaux et risques de condensation

L'emploi de ce procédé est limité aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie.

Dans le cas des "toitures chaudes", il convient en outre d'apporter un soin particulier à la mise en œuvre du pare-vapeur, tel que prévu par le Dossier Technique.

Dans le cas des "toitures froides", pour les bâtiments ouverts en France métropolitaine, et pour les bâtiments ouverts et fermés en DROM, un régulateur de condensation en sous-face des bacs, est à prévoir systématiquement.

1.2.1.9. Accessibilité

Ce procédé, comme c'est le cas général pour les couvertures en aluminium, présente une relative sensibilité au marquage.

Le procédé ne visant pas les chemins de circulation permanents, le maître d'ouvrage devra en tenir compte en cas de présence en toiture d'équipements dont la surveillance ou l'entretien doivent être assurés régulièrement.

Comme pour tous les procédés de cette famille, la fixation de potelets, ou de lignes de vie sur le profilé (tant en plage que sur le bourrelet) ou dans le bac inférieur support est à proscrire.

1.2.1.10. 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 produits pouvant contenir des 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.

1.2.1.11. Acoustique

Les performances acoustiques des systèmes constituent des données nécessaires à l'examen de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de la réglementation acoustique en vigueur :

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux bâtiments d'habitation ;
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif aux hôtels, établissements d'enseignement et de santé ;
- Arrêté du 13 avril 2017 relatif aux travaux de rénovation en zones exposées au bruit ;

Le passage de la performance du système à la performance de l'ouvrage peut être réalisé à l'aide d'une des trois approches suivantes :

- Le calcul selon la norme NF EN 12354-1 à 6, objet du logiciel ACOUBAT ;
- Le référentiel QUALITEL ;
- Les Exemples de Solutions Acoustiques, de janvier 2014.

Aucun élément permettant de justifier des performances acoustiques du procédé n'a été fourni.

Cette couverture doit être considérée comme bruyante sous l'effet du vent, de la grêle, et des variations rapides de température (choc thermique).

1.2.1.12. Adaptation du revêtement des bacs Kalzip®

Vis-à-vis des ambiances intérieures

On se référera aux dispositions prévues par le paragraphe 2.14 du DTU 40.36.

Vis-à-vis des atmosphères extérieures

Cas des couvertures de pente supérieure ou égale à 5 %

Les dispositions du guide de choix (chapitre 2 du DTU 40.36) s'appliquent à ce système. Le § 2.2.2.1.3 du Dossier Technique récapitule les dispositions à considérer en fonction de l'exposition atmosphérique extérieure.

Cas des couvertures de pente comprise entre 3 et 5 % (hors DROM)

Dans ces conditions de pente (ainsi qu'en zones sommitales de couvertures convexes dont le faîtage à pente ≤ 3 %) et en raison des risques de stagnation de dépôts sur la couverture qu'elles peuvent entraîner, l'assistance technique du fabricant doit être systématiquement requise pour préciser la nature d'un revêtement complémentaire éventuel.

1.2.1.13. Fabrication et contrôle

La fabrication des bacs fait appel aux techniques habituelles de profilage et de cintrage des tôles d'aluminium qui est réalisé sur le chantier ou en usine. Dans l'un et l'autre cas, le contrôle des produits fabriqués est à la charge de la Société Kalzip GmbH. Dans le cas de fabrication sur le site, il convient de disposer d'une aire de travail adaptée.

Cet Avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique.

1.2.1.14. Mise en œuvre

La mise en œuvre de ce système est effectuée exclusivement par des entreprises instruites et agréées par la Société Kalzip GmbH. Le titulaire devra tenir une liste à jour de ces entreprises et pouvoir la mettre à disposition d'un éventuel demandeur.

La réalisation des raccordements sur chantier par soudure nécessite une qualification particulière (cf. § 2.4.4.2).

Le levage des éléments et les manutentions de bacs doivent être effectués avec précaution afin d'éviter les déformations.

L'assistance technique de la Société Kalzip GmbH doit être requise.

1.2.2. Durabilité

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis, on peut considérer que la durabilité de cette couverture est comparable en France métropolitaine à celle des couvertures de référence visées par le DTU 40.36, et en DROM au vu de l'expérience du demandeur dans ces conditions climatiques. L'utilisation de l'alliage EN AW-6025 a été jugée favorablement sur la base de l'expérience acquise depuis 1995.

La composition de la patte métal-composite (acier/polyamide, pour la France métropolitaine) a été déposée au CSTB.

1.2.3. Données environnementales

Le procédé ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale ⁽¹⁾ (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 (produit).

(1) Non visé par l'Avis.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Généralités

Comme pour l'ensemble des procédés de cette famille, le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le fait que ce procédé est destiné à la réalisation de couvertures :

- Sur support homogène ;
- Avec peu de pénétrations et de dimensions limitées ;

Afin de conserver une ligne de points fixes continue.

La charpente du bâtiment devra être conçue en tenant compte de la charge transmise par les pattes du procédé, notamment au droit des points fixes (cf. § 2.3.2.3).

Comme pour tous les procédés de cette famille, il est rappelé, spécifiquement dans le cas de pannes minces, que les charges apportées par le procédé sont ponctuelles.

La composition de la patte métal-composite a été déposée au CSTB.

La soudure sur aluminium (réalisée avec le procédé TIG ou MIG) nécessite le recours à un soudeur qualifié dans ce domaine suivant les préconisations de la norme EN ISO 9606-2.

Les coefficients de sécurité du procédé par rapport à la ruine n'ont pas été modifiés suite au passage du dossier aux états limites, soit, en charge ascendante (dépression) et descendante (pression) :

- Flèche inférieure au 1/200^{ème} de la portée ;
- Coefficient de sécurité de 2 par rapport à la ruine des bacs,
- Coefficient de sécurité de 2 par rapport à la ruine des pattes de fixation ;
- Coefficient de sécurité de 2,5 sur la rupture des pattes métal-composite en traction.

Le Groupe Spécialisé admet la rédaction du § 2.2.2.5.1, concernant le bac non porteur support d'isolant et la référence au NF DTU 40.35, faute de référentiel technique approprié pour cette utilisation aux états limites.

Couvertures cintrées

Comme pour tous les systèmes de couverture métallique cintrée, la charpente métallique doit présenter une tolérance d'implantation permettant la mise en œuvre et le bon fonctionnement du procédé (cf. § 2.3.1.1).

Dans le cas de cintrage naturel, un effet de facettage n'est pas à exclure. Un effet de pochage dans la plage des bacs n'est également pas à exclure. Ces effets ne sont toutefois pas préjudiciables au bon fonctionnement et à la durabilité du procédé. Le facettage peut être réduit en réduisant les portées des bacs.

L'effort supplémentaire d'arrachement dû au cintrage naturel des bacs a fait l'objet d'une justification particulière.

Dans le cas de couverture chaude isolée cintrée, le bac non porteur support d'isolation, tout comme le bac Kalzip®, est à choisir en fonction de ses capacités de cintrage. Selon les cas, il peut être nécessaire de poser ce bac support non porteur sur deux appuis, et de réaliser une facettisation de la sous-face de la couverture.

Sécurité

Comme pour tous les procédés de cette famille, la fixation de potelets, ou de lignes de vie sur le profilé (tant en plage que sur le bourrelet) ou dans le bac inférieur support est à proscrire.

Comme pour tous les procédés de cette famille, et bien que non présenté au Dossier Technique, le demandeur commercialise des solutions de sur-couverture ou de modules photovoltaïques assujetties aux recouvrements longitudinaux à l'aide de pinces ou d'étriers. Le Groupe Spécialisé estime qu'en l'état actuel, les justifications apportées sur cette technologie sont insuffisantes pour considérer que la pérennité de la performance mécanique, de l'étanchéité à l'eau et de la sécurité des travailleurs soient assurées.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société Kalzip GmbH
August-Horch-Str.20-22
D-56070 Koblenz
Tél. : 00 49 (0) 261 98340
Fax : 00 49 (0) 261 9834100

Distributeur : Société Kalzip France – SAS
11 rue de Courtalin
Bâtiment B
FR - 77700 Magny-le-Hongre
Tél. : 01 60 43 57 10
Email : France@kalzip.com
Internet : www.kalzip.com

2.1.2. Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n° 305/2011, le produit « Système à joint debout Kalzip® » fait l'objet d'une Déclaration de Performances (DdP) établie par la Société Kalzip GmbH sur la base de la norme NF EN 14782 : 2006.

2.1.3. Identification des constituants

Les bacs profilés Kalzip® 65/305, Kalzip® 65/333, Kalzip® 65/400, Kalzip® 65/500, Kalzip® AF 65/333, Kalzip® AF 65/434, Kalzip® AS 65/422, Kalzip® AF 65/537, Kalzip® 50/333, Kalzip® 50/429 et Kalzip® 50/528 sont caractérisés par la géométrie particulière de leur section transversale, illustrée par les figures 3 à 3 ter du Dossier Technique.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé Kalzip® Concave-Convexe est un système autoportant en alliage d'aluminium à joint debout libre en dilatation, il est destiné à la réalisation de couvertures cintrées de formes concaves, convexes ou une combinaison des deux, sur des bâtiments de faible ou de moyenne hygrométrie.

Il est composé de bacs Kalzip® dont les joints debout longitudinaux sont parallèles entre eux. Les bourrelets des joints debout sont assemblés et sertis longitudinalement (cf. figure 1), ils sont raccordés à la structure ou à la charpente par l'intermédiaire de pattes Kalzip® rendues invisibles par construction.

Le bourrelet male du bac Kalzip® est emboîté sur la tête de la patte Kalzip® de fixation. Il est ensuite coiffé par le bourrelet femelle du bac Kalzip® mitoyen, puis sertis mécaniquement en utilisant une sertisseuse électrique portable spécifique et homologuée par le fabricant (cf. figure 2).

2.2.2. Éléments et matériaux constitutifs du procédé

2.2.2.1. Bacs Kalzip®

2.2.2.1.1. Gamme de profils

Les bacs profilés Kalzip® sont caractérisés par la géométrie particulière de leur section transversale, illustrée par les figures 3 à 3 ter.

Les profils suivants sont concernés :

- Kalzip® 65/305, Kalzip® 65/333, Kalzip® 65/400 et Kalzip® 65/500 ;
- Kalzip® AF 65/333, Kalzip® AF 65/434, Kalzip® AS 65/422 et Kalzip® AF 65/537 ;
- Kalzip® 50/333, Kalzip® 50/429 et Kalzip® 50/528.

Le bac Kalzip® est marqué CE selon la norme NF EN 14782.

Les bacs 65/500, AF 65/537, 50/528 ne sont pas visés en DROM.

2.2.2.1.2. Caractéristiques mécaniques des alliages

Les bacs sont profilés à partir de bobines d'alliage d'aluminium EN AW-3004, EN AW-3005 et EN AW-6025 selon la norme NF EN 485-2, et dont l'état métallurgique est :

- EN AW-3004 H36, EN AW-3005 H28, EN AW-6025 H36, conformes à la norme NF EN 485-2, dans le cas d'aluminium nu ;

- EN AW-3004 H46, EN AW-3005 H48, conformes à la norme NF EN 1396, dans le cas de prélaquage (cf. § 2.2.2.1.3)

Les caractéristiques mécaniques minimales sont données en tableau 1 en fin de dossier. Kalzip se charge de vérifier que les caractéristiques mentionnées au tableau 1 sont respectées à chaque bobine (cf. § 2.8).

2.2.2.1.3. Adaptation du matériau aux contraintes atmosphériques extérieures

Les dispositions du guide de choix (chapitre 2 du DTU 40.36) s'appliquent à ce système. Le tableau 2 en fin de dossier récapitule les dispositions à considérer en fonction de l'exposition atmosphérique extérieure et du type de finition.

2.2.2.1.4. Caractéristiques géométriques des éléments et tolérances (cf. figure 3 à 3 ter)

- Largeur utile des bacs :
 - 305 mm (+1, - 0), 333 mm (+ 1, - 0), 400 mm (+ 1, - 0) et 500 mm (+ 1, - 0) pour le Kalzip® standard hauteur 65,
 - 333 mm (+ 1, - 0), 434 mm (+ 1, - 0), 537 mm (+1 ; -0) pour le Kalzip® de type « AF » ou « AS »,
 - 333 mm (+ 1, - 0), 428 mm (+ 1, - 0) et 528 mm (+ 1, - 0) pour le Kalzip® standard hauteur 50 ;
- Hauteur des relevés latéraux :
 - 64 mm (+ 1,5 mm, - 1,5 mm) et 65 mm (+ 1,5 mm, - 1,5 mm) pour les profils hauteur 65 et type AF ou AS,
 - 49 mm (+ 1,5 mm, - 1,5 mm) et 50 mm (+ 1,5 mm, - 1,5 mm) pour les profils hauteur 50 ;
- Épaisseurs :
 - 0,9 mm et 1,0 mm avec une tolérance de $\pm 0,03$ mm,
 - 1,2 mm avec une tolérance de $\pm 0,04$ mm ;
- Longueur (cf. tableau 3) :
 - jusqu'à 50 mètres de longueur par rapport au point fixe,
 - pour les bacs de hauteur 65 uniquement, jusqu'à 100 m de longueur, si la distance entre les extrémités du bac et son point fixe n'excède pas 50 m. Dans ce cas, l'assistance technique du fabricant est requise pour la validation des principes de conception et de réalisation de l'ouvrage.

2.2.2.1.5. Aspect de surface

Pour des raisons d'aspect, le métal peut recevoir un traitement de surface (finition patinée « AluPlusPatina », laquage avec les revêtements mentionnés au tableau 2, ou être livré en aspect naturel « nu lisse » ou gravé « Stucco ».

Dans le cas de fourniture « nue » le métal, bien que naturellement durable, peut recevoir lors des opérations de laminage un revêtement de protection complémentaire constitué d'alliage d'aluminium du type EN AW-7072 d'une épaisseur minimale de 4 % de l'épaisseur nominale sur chaque face et dont le rôle est de limiter et répartir les effets de corrosion de surface, tout en uniformisant la patine de vieillissement du matériau. Ce colaminage, propre aux laminés en alliage d'aluminium, est dénommé ALCLAD. L'alliage EN AW-6025 est uniquement produit en ALCLAD.

Aspect AluPlusPatina

L'aluminium subit un traitement de surface spécial réduisant significativement sa brillance. Le résultat obtenu correspond à une surface métallique patinée par le temps. Les coloris sont produits en une couche de 5 µm au moyen de passivation électrolytique et sont proposés à la fois en aluminium Stucco et lisse.

2.2.2.1.6. Régulateur de condensation

En cas de toiture froide sur bâtiment ouvert non isolé, l'envers des bacs est revêtu lors de la fabrication d'un absorbeur auto-adhésif Aquasine d'une capacité d'absorption-désorption d'une valeur de 525 g/m² (selon NF P 15-203-1, réf. DTU 27-2, valeur moyenne en fin de phase d'absorption).

Caractéristiques du régulateur de condensation Aquasine :

- Épaisseur : 0,8 à 1,1 mm ;
- Poids : 114 g/m² (non-tissé 95 g/m², colle 19 g/m²).

2.2.2.2. Pattes de fixation et sabots

Les bacs, dont la partie supérieure (les bourrelets) est assemblée et sertie, sont liés au support par les pattes de fixation spécifiques. Il y a deux types de pattes et de sabots :

2.2.2.2.1. Pattes de fixation en aluminium (cf. figures 4 et 4 ter)

Les pattes de fixation (L-clips) sont fabriquées par extrusion d'alliage d'aluminium EN AW-6060 T66 ou EN AW-6061 T6, dont la limite d'élasticité à 0,2 % est au minimum 220 N/mm².

Les pattes de fixation sont symétriques par construction. Elles sont disponibles en plusieurs hauteurs, dénommées L10 à L150, choisies en fonction de l'épaisseur de l'isolant envisagé et du type de profil de bac. L'embase de la patte est percée de 6 trous (4 trous de diamètre 6,1 mm et 2 trous de diamètre 7,0 mm) pour leur fixation dans les différents supports envisagés.

2.2.2.2.2. Sabots polyamide (cf. figure 4)

Les pattes de fixation en aluminium sont équipées de sabots en polyamide, formant rupture de pont thermique et permettant la fixation sur tous les supports. Le sabot polyamide est disponible en hauteur 5 mm (TK5) et 15 mm (TK15).

2.2.2.2.3. Pattes métal-composite (cf. figures 4 bis et 4 ter)

Les pattes métal-composite de fixation (E-clips) sont composées d'une âme en acier galvanisé recouverte d'une couche de polyamide. La composition de la patte métal-composite a été déposée au CSTB.

Les pattes de fixation sont symétriques par construction. Elles sont disponibles en plusieurs hauteurs, dénommées E5 à E180, choisies en fonction de l'épaisseur de l'isolant envisagé et du type de profil de bac. L'embase de la patte est percée de 6 trous (4 trous de diamètre 6,1 mm et 2 trous de diamètre 7,0 mm) pour leur fixation dans les différents supports envisagés.

2.2.2.2.4. Sabots d'écartement (cf. figure 4 bis)

Les pattes métal-composite peuvent être équipées de sabots d'écartement en polyamide pour adapter la hauteur de la patte en pas de 5 mm. Le sabot d'écartement est disponible en hauteur 5 mm (DK5) et 10 mm (DK10) et peuvent être combinés ensemble pour des écartements de 5 mm, 10 mm ou 15 mm maximum. Les sabots d'écartement DK ne sont compatibles qu'avec les pattes métal-composite.

2.2.2.2.5. Caractéristiques du polyamide (sabots et pattes métal-composite)

- Densité : $\geq 1,13 \text{ g/cm}^3$ (NF EN ISO 1183) ;
- Contrainte de rupture en traction : $\geq 65 \text{ MPa}$ (NF EN ISO 527) ;
- Allongement à la rupture en traction : $\geq 2.2 \%$ (NF EN ISO 527).

2.2.2.3. Visserie

2.2.2.3.1. Généralités

Les vis référencées aux § 2.2.2.3.2 à 2.2.2.3.5 ci-dessous ne nécessitent pas de justification particulière.

Si d'autres vis sont utilisées, l'assistance technique de la société Kalzip est nécessaire, et elles doivent justifier à minima :

- Soit d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'ensemble « patte + 2 vis » P_k (selon norme NF P 30-310, dans acier S235 minimum) $\geq 4,27 \text{ kN}$.
- Soit d'une résistance caractéristique à l'arrachement par vis P_k (selon norme NF P 30-310, dans acier S280GD minimum) $\geq 2,52 \text{ kN}$.

2.2.2.3.2. Panne acier ou écarteur d'épaisseur $1,5 \text{ mm} \leq t \leq 2,5 \text{ mm}$

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne ou l'écarteur avec 2 vis auto-perceuses en acier inoxydable austénitique A2 de diamètre 6,0 mm SFS SDK3-S-377 - 6,0 x 30 mm.

Il est également possible d'utiliser des vis en acier inoxydable austénitique A2 Ø 6,5 mm avec rondelles inox vulcanisées de Ø 16 mm SFS TDA-S-S16-6,5xL, avec pré-perçage selon la fiche technique de la vis, disposé dans les trous de Ø 7,0 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte, à partir d'un acier galvanisé d'une épaisseur minimale de 2,0 mm ($P_k = 3,80 \text{ kN/vis}$, selon norme NF P 30-310, dans acier S280GD minimum).

2.2.2.3.3. Panne acier d'épaisseur $2,5 \text{ mm} < t \leq 4,0 \text{ mm}$

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne acier ou l'écarteur avec 2 vis auto-perceuses en acier inoxydable austénitique A2 de diamètre Ø 5,5 mm SFS SX5-S16 - 5,5 x L mm, prémontées avec une rondelle d'étanchéité conique en inox austénitique de Ø 16 mm et joint EPDM vulcanisé monobloc (70 shore, épaisseur 3 mm). La longueur de vis est adaptée en fonction des caractéristiques particulières du chantier en respectant un dépassement minimal sous le support correspondant au diamètre de la fixation.

2.2.2.3.4. Panne acier d'épaisseur $t > 4,0 \text{ mm}$

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne acier ou l'écarteur avec 2 vis auto-taraudeuses en acier inoxydable austénitique A2 de diamètre Ø 6,3 mm SFS TDB-S-S16 - 6,3 x L mm, prémontées avec une rondelle d'étanchéité conique en inox austénitique de Ø 16 mm et joint EPDM vulcanisé monobloc (70 shore, épaisseur 3 mm). La longueur de vis est adaptée en fonction des caractéristiques particulières du chantier en respectant un dépassement minimal sous le support correspondant au diamètre de la fixation.

2.2.2.3.5. Fixations sur panne bois

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne bois avec 2 vis auto-taraudeuses en acier inoxydable austénitique A2 de diamètre 6,5 mm SFS TDA-S-S16 - 6,5 x L mm, prémontées avec une rondelle d'étanchéité conique en inox austénitique de Ø 16 mm et joint EPDM vulcanisé monobloc (70 shore, épaisseur 3 mm), et ancrées de 50 mm minimum dans une panne bois de densité 350 kg/m³ minimum.

2.2.2.4. Accessoires de montage spécifique

Le système Kalzip® est conçu avec ses accessoires de montage spécifiquement adapté aux points singuliers. L'utilisation de ces accessoires d'origine, à l'exception de tout autre, est requise pour une parfaite fonctionnalité du système.

2.2.2.4.1. Accessoires d'égout (cf. figure 6)

2.2.2.4.1.1. Closoir d'égout et compribande

Le closoir d'égout en mousse obture l'espace entre les bourrelets des bacs Kalzip® voisins, il est complété par un compribande. Le closoir d'égout n'est plus nécessaire lorsque la pente est supérieure à 10 %, le compribande lorsque la pente est supérieure à 20 %.

2.2.2.4.1.2. Cornière d'égout

Profil continu complémentaire (en aluminium et de longueur unitaire de 6 mètres) situé sous le Kalzip® en extrémité basse, cet accessoire permet le maintien et rigidifie la plage plane du bac Kalzip®. Il est systématiquement mis en place à l'égout.

2.2.2.4.2. Accessoires de faîtage (cf. figures 7 et 7 bis)

2.2.2.4.2.1. Closoir de faîtage en aluminium

Il obture l'extrémité haute du rampant. Il crée une chambre de décompression et maintient le complément d'étanchéité de faîtage. Il est en alliage d'aluminium (même alliage que les bacs Kalzip®), il est obligatoire lorsqu'il y a un faîtage. Ce dispositif est complété par le relevé des parties planes en extrémité de bacs, à l'aide d'une pelle spécialisée.

2.2.2.4.2.2. Complément d'étanchéité de faîtage

Closoir mousse qui renforce l'étanchéité à l'air et à l'eau, il se place derrière le closoir de faîtage. Le complément d'étanchéité de faîtage n'est plus nécessaire lorsque la pente est supérieure à 10 % en France métropolitaine. En DROM, il est systématiquement mis en œuvre, quelle que soit la pente (cf. § 2.5).

2.2.2.4.2.3. Profil de calage de faîtière

Profil continu complémentaire (en aluminium de longueur unitaire de 6 m), fixé dans le bourrelet, cet accessoire permet de supporter la faîtière et empêche les déformations permanentes.

2.2.2.4.2.4. Patte coulissante de faîtage (cf. figure 7 bis)

En cas de faîtage coulissant (lorsque le point fixe n'est pas localisé au faîtage), la patte coulissante permet la libre dilatation, bien que la faîtière soit fixée dessus. Elle est en aluminium.

2.2.2.4.3. Accessoires de rive (cf. figure 8)

2.2.2.4.3.1. Profil de rive

Profil continu (en aluminium de longueur unitaire de 6 mètres), cet accessoire permet de réaliser la fixation de rive en l'absence d'emboîtement et de sertissage du bourrelet supérieur des bacs, ainsi que le renfort de la rive dans une zone soumise à des contraintes mécaniques accrues.

Le profil est cintré naturellement sur le chantier ou, si cela n'est pas possible, il sera encoché à intervalles réguliers afin de permettre son cintrage.

2.2.2.4.3.2. Patte de rive

Cette patte se fixe en rive au droit de chaque patte de fixation Kalzip® ; elle a pour rôle de maintenir en place le profil de rive à clipper tout en permettant la dilatation en rive du bac. Elle est en aluminium.

2.2.2.4.3.3. Support de rive à clipper

Profil continu complémentaire (en aluminium de longueur unitaire de 6 mètres), cet accessoire permet la mise en œuvre de rives avec une tolérance de pose accrue. Celui-ci sera sectionné en petits éléments dans le cas de cintrages de petits rayons.

2.2.2.4.3.4. Profils de rive « tout-en-un » (cf. figure 8 bis)

Profil continu (en aluminium de longueur unitaire de 3 mètres), cet accessoire permet la mise en œuvre de rives pour des couvertures cintrées d'un rayon de > 100 m (cf. § 2.4.3.3).

2.2.2.5. Accessoires de montage auxiliaires

Ces accessoires ne font pas partis de la gamme Kalzip®, mais ils sont nécessaires à la réalisation du complexe de couverture.

2.2.2.5.1. Bac support

En toiture chaude, il est mis en œuvre un bac non porteur support d'isolation (tôle nervurée pleine ou perforée), faisant l'objet d'une fiche technique et conforme aux DTU 40.35 ou 40.36.

2.2.2.5.2. Pare-vapeur

Le pare-vapeur dépend des performances hygrothermiques du bâtiment considéré. Le traitement des périphéries (rives latérales, égout, faîtage), ainsi que des pénétrations, doit être tout particulièrement soigné afin d'éviter tout risque de migration de la vapeur d'eau dans le complexe.

Dans tous les cas de complexe de couverture chaude, la fonction pare-vapeur doit être assurée de manière continue :

- Soit, par recouvrement par bandes décrites ci-après ;
- Soit, par film indépendant rendu continu à ses recouvrements.
- La performance sera conforme au respect de la classification décrite à l'annexe B3 du DTU 40.36 pour le domaine d'emploi considéré. Lorsqu'il est constitué de bandes assemblées, il doit être lié de façon à former une surface parfaitement continue. Tous les dégâts de montage et perforations accidentelles de la première peau constituée de tôles d'acier nervurées doivent être réparés.

La peau inférieure du complexe, lorsqu'elle est constituée de bacs métalliques pleins, peut être assimilée à un pare-vapeur à condition que ses recouvrements longitudinaux et transversaux soient couturés et étanchés à l'aide de bandes auto-adhésives.

Ces bandes auto-adhésives de largeur minimale 0,12 m sont constituées, soit :

- De cire microcristalline armée d'un voile de verre, papier kraft ou similaire, auto protégée par une feuille d'aluminium d'épaisseur minimale 0,04 mm ;
- D'un autre liant auto-adhésif revêtu d'une feuille d'aluminium d'épaisseur minimale 0,04 mm.

Elles sont appliquées sur les recouvrements longitudinaux et transversaux des tôles d'acier nervurées sèches et exemptes de poussière. Dans le sens transversal, la bande adhésive doit suivre la forme du profil. Dans le sens longitudinal, elle épouse la forme de la nervure avec des retours d'environ 0,04 m sur les plages planes adjacentes.

Lorsque la peau inférieure du complexe est constituée de bacs métalliques perforés, le pare-vapeur sera composé d'un voile de verre 60 g/m² minimum, collé sur une feuille d'aluminium d'épaisseur 40 µm minimum.

2.2.2.5.3. Étrier

L'étrier est un élément ponctuel en acier S 250 GD galvanisé Z275 selon la norme NF EN 10346, d'épaisseur minimale 2,5 mm, de type Oméga. Il sert de structure porteuse pour le profil écarteur.

L'étrier est fixé ponctuellement au droit des éléments de charpente par au minimum deux vis de fixation en acier inoxydable adaptées au support. La résistance de l'étrier devra faire l'objet d'une justification particulière selon la norme NF EN 1993-1-3/NA, au cas par cas.

2.2.2.5.4. Profil écarteur

Le profil écarteur est un élément continu en acier S 250 GD galvanisé Z275 selon la norme NF EN 10346, d'épaisseur minimale 1,5 mm de type Oméga et il sert de structure intermédiaire.

L'étrier est fixé ponctuellement au droit des éléments de charpente par au minimum deux vis de fixation en acier inoxydable adaptées au support. La résistance de l'étrier devra faire l'objet d'une justification particulière selon la norme NF EN 1993-1-3/NA, au cas par cas.

2.2.2.5.5. Isolation thermique

Il convient de comprimer légèrement l'isolant en sous-face du bac Kalzip®.

Le type de patte de fixation est déterminé en fonction de la hauteur de l'isolant comprimé (cf. figure 4 ter).

Les caractéristiques et épaisseurs de l'isolant sont conformes au DTU 40.35. L'isolant possède un classement WS (absorption d'eau à court terme ≤ 1 kg/m² selon la norme NF EN 13162).

À l'égout, au faîtage et autour des pénétrations, un isolant en laine minérale haute densité possédant une contrainte de compression à 10 % ≥ 50 kPa (CS (10)\50, selon NF EN 826), de classe de compressibilité C (selon Guide UEAtc), et de masse volumique supérieur ou égale à 130 kg/m³, doit être mis en œuvre.

Les ponts thermiques liés aux étriers sont à évaluer selon l'Annexe 2.

2.3. Disposition de conception

2.3.1. Conception du système

2.3.1.1. Charpente et structure support

2.3.1.1.1. Conditions relatives à la réception de la structure par le charpentier

Le contreventement de la charpente doit être prévu sans contribution de la couverture.

Les tolérances de la classe 1 de fabrication de la norme NF EN 1090-2 sont compatibles avec le procédé. Les tolérances de montage de classe 2 de cette même norme sont nécessaires.

De ce fait, un travail en amont en collaboration avec le charpentier est nécessaire pour tenir compte des points suivants

- Dédoublage potentiel des pannes en zones périphériques (dans le cas où les espacements entre étriers sont prévus différents en partie courante et en zone de rives selon le *E-cahier CSTB n°3804_V2* d'octobre 2021).
- Le dimensionnement de la charpente, au droit du point fixe de la couverture, doit tenir compte des efforts reportés sur la charpente (cf. « *Réalisation du point fixe* » ci-dessous).
- Disposer d'une surface d'appui suffisante pour les pattes Kalzip® (cf. § 2.4.2.4.1) ou les étriers (cf. § 2.3.1.1.3).

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

- Acier, conformément à la norme NF EN 1993-1-1/NA. 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 ;
- 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 NF EN 1995-1-1/NA ;
- Béton, conformément aux normes NF EN 1992-1-1, NF EN 1992-1-1/NA, NF DTU 21 ou NF DTU 23.3, avec inserts métalliques ancrés conformément au DTU 43.3.

La charpente devra être contrôlée et réceptionnée par le maître d'ouvrage et par l'entreprise de couverture avant la mise en œuvre du système de couverture Kalzip® (cf. § 2.3.1.1.2).

2.3.1.1.2. Conditions relatives à la réception du support par le couvreur

La réception de la charpente, support du système Kalzip®, avant la mise en œuvre de la couverture, doit être réalisée par le maître d'ouvrage et l'entreprise de couverture. Cette dernière aura suivi la formation Kalzip® sur les couvertures en aluminium à joint debout. L'entreprise doit s'assurer avant tout de la conformité de la charpente avec les plans étudiés :

- Entre-axes des pannes ;
- Altimétrie des surfaces d'appuis ;
- Géométrie des surfaces d'appuis ;
- Rayons de cintrages.

La structure support de la couverture Kalzip® Concave-Convexe devra être contrôlée et réceptionnée par un géomètre.

2.3.1.1.3. Conditions relatives à la réception de la structure secondaire éventuelle

L'étude technique de conception Kalzip® précisera en fonction de la forme de la couverture et de la charpente, si une structure secondaire intermédiaire entre la charpente et le système Kalzip® est nécessaire. Il convient alors de prévoir une structure intermédiaire appropriée, en fonction de la complexité de la géométrie et du niveau d'exigence esthétique souhaité.

Les DPM indiqueront systématiquement si cette structure secondaire est oui ou non à prévoir, et quel en sera le lot titulaire. Ceci implique une prise en charge du projet par le bureau d'étude Kalzip® dès la phase conception, avant signature des marchés.

Dans tous les cas, la résistance de l'ensemble de la structure intermédiaire (écarteurs, étriers, vis de fixations) devra faire l'objet d'un dimensionnement selon la norme NF EN 1993-1-3/NA et d'une justification calculée dans chaque cas d'application. Dans le cas d'emploi d'une telle ossature, la largeur appui des pannes doit être adaptée en conséquence et précisée dans les DPM.

2.3.1.2. Toiture froide ventilée non isolée

En France métropolitaine, le procédé Kalzip® Concave-Convexe permet la réalisation de couverture froide sans isolation de bâtiments ouverts uniquement (cf. figure 2 ter).

En DROM, le procédé Kalzip® Concave-Convexe peut être utilisé sur bâtiments ouverts et fermés, dans les conditions particulières énoncées au § 2.5.

La conception de l'ouvrage et de la charpente doit tenir compte d'une ventilation de la sous-face de la couverture suivant les principes et le dimensionnement du DTU 40.36, § 3.8.

Dans le cas de couverture froide cintrée sur bâtiment ouvert avec voûte continue au faîtage, la distance maximale du bâtiment de pignon à pignon est de 12 m.

En complément de la ventilation, et afin de limiter les risques de condensation, la sous-face des bacs doit toujours être traitée avec un régulateur de condensation (cf. § 2.2.2.1.6).

La toiture froide est constituée par l'assemblage des éléments constitutifs suivants :

- Éléments structurels de charpente (fermes, pannes ou autres) ;
- Pattes de fixation avec éventuels sabots isolants ;
- Lame d'air de ventilation continue, y compris au niveau des pannes, entre la charpente et la sous face des bacs (lame d'air minimale de 25 mm) ;
- Bacs Kalzip® cintrés avec traitement régulateur de condensation en sous-face (cf. § 2.2.2.1.6).

2.3.1.3. Toiture chaude isolée (cf. figure 2 bis)

Le procédé Kalzip® Concave-Convexe permet la réalisation de couverture chaude avec isolation thermique.

La conception du complexe doit tenir compte des principes et des recommandations du DTU 40.36.

La toiture chaude est constituée généralement par l'assemblage des éléments constitutifs suivants :

- Éléments structurels de charpente (fermes, pannes ou autres) ;
- Sous-face intérieure, ayant pour simple rôle le maintien en place des divers composants du complexe. Cette sous-face peut être constituée par un bac métallique (tôle nervurée pleine ou perforée, faisant l'objet d'une fiche technique et conforme au DTU 40.35 ou 40.36), un platelage bois, une dalle béton (avec inserts métalliques ancrés conformément au DTU 43.3.), un grillage métallique, un feutre tendu ou toute autre forme de produit capable de reprendre son propre poids et le poids des composants de l'isolation rapportée ;
- Une barrière pare-vapeur, ayant pour rôle d'empêcher la migration de la vapeur d'eau dans le complexe positionnée au niveau du bac non porteur support, ou au pire des cas au 2/3 - 1/3 de la résistance thermique totale du complexe isolant (2/3 au-dessus du pare-vapeur, 1/3 en dessous). Afin d'assurer la continuité de celle-ci, les lés seront posés en recouvrement et jointés à l'aide d'un adhésif adapté au pare-vapeur utilisé ;
- Dispositif écarteur éventuel (type oméga) solidaire des pannes par l'intermédiaire d'étriers, permettant de s'affranchir de la sous-face intérieure et de contrôler la répartition des efforts sur la structure porteuse. Les pattes Kalzip® sont alors fixées sur cet écarteur ;
- Isolant thermique souple, selon DTU 40.36 et possédant un classement WS (absorption d'eau à court terme $\leq 1 \text{ kg/m}^2$ selon NF EN 13162). La résistance thermique dépend des performances requises pour le chantier. L'épaisseur d'isolant doit être légèrement augmentée (surépaisseur courante de 15 à 30 mm environ) afin de pouvoir être comprimé lors de la pose du bac Kalzip®. À l'égout, au faîtage et autour des pénétrations, un isolant haute densité possédant une contrainte de compression à 10 % $\geq 50 \text{ kPa}$ (CS (10) \ 50, selon la norme NF EN 826), de classe de compressibilité C (selon Guide UEAtc), et de masse volumique supérieur ou égale à 130 kg/m^3 doit être mis en œuvre ;
- Bacs Kalzip® extérieurs avec leurs pattes de fixation.

2.3.2. Conception de l'enveloppe

2.3.2.1. Généralités

La validation de l'étude de conception passe nécessairement par une étude technique de faisabilité réalisée par le bureau d'études Kalzip.

2.3.2.2. Dilatation des bacs Kalzip®

L'aluminium, comme tout matériau, subi lors des variations de température une modification de son volume. Le coefficient théorique de dilatation de l'aluminium est de $\alpha_t = 24 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Pour la gestion de la dilatation des bacs Kalzip®, seule la variation de la longueur sera prise en compte.

En pratique, il conviendra de retenir comme valeur de référence pour la dilatation, la valeur de 1,5 mm/m.

Afin de gérer la dilatation et d'assurer le glissement sans générer de contrainte dans les bacs, il est impératif d'aligner correctement les pattes Kalzip®. Chaque élément Kalzip® doit avoir un seul point fixe qui dirige la dilatation longitudinalement.

Par conception au niveau de l'assemblage du système Kalzip®, un jeu de fonctionnement minimum de $2 \times 1,25 \text{ mm}$, soit 2,5 mm subsiste entre les pattes Kalzip® et le bac après sertissage pour absorber la dilatation transversale du bac (cf. figure 1 bis).

2.3.2.3. Points fixes

2.3.2.3.1. Rôle du point fixe

Le rôle du point fixe est de diriger la dilatation et de compenser la charge tangentielle de la couverture.

Le principe et le dimensionnement des fixations du point fixe, destinées à s'opposer au glissement de la couverture devront faire l'objet d'une justification calculée dans chaque cas d'application par le couvreur. De même, le dimensionnement de la charpente au droit des points fixes de la couverture devra faire l'objet d'une justification calculée par le charpentier dans chaque cas d'application. Celle-ci doit être spécifiée dans les DPM.

2.3.2.3.2. Conception et réalisation

Chaque bac Kalzip®, unique ou reconstitué (cf. § 2.4.4) doit recevoir un seul point fixe. Il est réalisé par fixation mécanique. Il y a trois modes de réalisation en fonction des contraintes auxquelles il est soumis (cf. figure 9) :

- Fixation du petit bourrelet du bac Kalzip® par rivet à rupture de tige en aluminium ou en inox dans la tête de la patte, type SFS-PolyGrip-S- 4,8 x 10 rivet alu/inox ;
- Fixation des joints debout du bac Kalzip® par boulon inox ($\varnothing > 6 \text{ mm}$) avec rondelles d'étanchéité dans l'âme de la patte Kalzip® ;
- Fixation traversant directement la plage des bacs pour se fixer sur la structure porteuse, uniquement lorsque le point fixe se trouve en haut de rampant et qu'il est protégé par la tôle de faîtage.

En fonction des contraintes auxquelles il est soumis, le recours à une patte Kalzip® double en aluminium ou de longueur supérieure est possible. Dans le cas d'une couverture cintrée, la longueur de celle-ci est limitée à 200 mm.

Dans le cas des boulons, le nombre est limité à deux.

Le point fixe doit être réalisé à l'avancement des opérations de pose, dès qu'un bac a été mis en place.

La tenue du point fixe doit faire objet d'une justification par calcul dans chaque cas d'application (cf. § 2.3.2.3.4).

Il convient de vérifier la reprise des charges au droit du point fixe dans la charpente.

Le bureau d'études du fabricant assiste l'entreprise dans le choix du positionnement et du dimensionnement du point fixe.

2.3.2.3.3. Positionnement du point fixe

Les points fixes sont alignés sur une ligne perpendiculaire aux joints debout, et positionnés dans la mesure du possible au faîtage.

Le point fixe est placé à 50 m maximum des extrémités du bac.

Le point fixe doit être réalisé de préférence au faîtage lorsque la longueur du bac Kalzip® est inférieure ou égale à 50 mètres. Pour les longueurs comprises entre 50 mètres et 100 mètres, il peut être réalisé dans une zone intermédiaire, de sorte que la distance le séparant des extrémités soit $< 50 \text{ m}$. Dans ce cas, il faut prévoir au faîtage l'accessoire (cf. figure 7 bis) permettant de réaliser un faîtage coulissant.

Pour les formes cintrées à rayons multiples et dans le cas de cintrage mécanique, le point fixe doit être réalisé sur le secteur qui est cintré au plus petit rayon.

Pour les formes mixtes concave-convexe (cf. figure 15c), il doit être positionné de préférence au point de tangence (cf. figure 17).

2.3.2.3.4. Calcul de l'effort au point fixe

Composante tangentielle des charges permanentes (poids propre + neige) sur un bac Kalzip® d'après la formule :

$$T_d = (\gamma_g \cdot g_k + \gamma_q \cdot S \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot L \cdot b.$$

Soit :

- T_d : la composante tangentielle (valeur de calcul en [daN]) ;
- γ_g : le coefficient partiel pour actions permanentes ($\gamma_g = 1,35$)
- g_k : le poids propre du bac (valeur caractéristique en [daN/m²]) ;
- γ_q : le coefficient partiel pour actions variables ($\gamma_q = 1,50$)
- $S = \text{MAX} \{S_k ; S_{AK}\}$
- S_k : la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol pour le site considéré, selon la norme NF EN 1991-1-3/NA en [daN/m²] ;
- $S_{AK} = S_{AD}/1.5$
- S_{AD} : la valeur de calcul de la charge exceptionnelle de neige sur le sol pour le site considéré selon la norme NF EN 1991-1-3/NA en [daN/m²] ;
- α : la pente de la couverture (en [°]) ;

- L : la longueur du bac par rapport au point fixe (en [m]) ;
- b : la largeur du profil Kalzip® (en [m]).

Le calcul du point fixe est réalisé de la façon suivante :

- Un premier calcul, avec une charge de neige de 50 % sur la zone de couverture située à gauche du point fixe et une charge de 100 % sur la zone de couverture située à droite ;
- Un second calcul, avec une charge de neige de 100 % sur la zone de couverture située à gauche du point fixe et une charge de 50 % sur la zone de couverture située à droite.

La valeur déterminante retenue pour réaliser le point fixe est la valeur de la composante tangentielle la plus défavorable obtenue en effectuant ces deux calculs. Dans le cas où la couverture est constituée d'un seul rampant, il est évident que le cas de 100 % de neige est déterminant.

À noter que la charge sur le point fixe est indépendante de sa position.

Un exemple de calcul du point fixe est disponible en Annexe 1.1.

2.3.2.4. Pente de la couverture

2.3.2.4.1. Pente

De façon générale, en France métropolitaine (cf. § 2.5 pour les DROM), la pente doit être égale ou supérieure à 3 % en tout point de la couverture pour assurer l'évacuation de l'eau de ruissellement (cf. tableau 3).

Dans le cas d'une couverture continue en forme de voûte, la présence d'une zone où la pente est inférieure à 3 % est admise, si sa longueur maximale est de 5 mètres à partir de la ligne de faîtage (soit un rayon convexe de courbure maximal de 167 mètres), et dans la mesure où les bacs Kalzip® sont d'un seul tenant dans cette zone (cf. figure 16).

Cas particuliers : couverture courbe convexe avec zone de pente > 173 %

Dans le cas particulier de couverture courbe convexe, l'utilisation de ce procédé sur certains types de bâtiments peut amener à considérer une partie de la couverture comme un procédé de protection des parois verticales. Le procédé peut ainsi être utilisé dans des zones de pente > 173 %, si le point fixe est situé dans une zone de pente < 173 %.

Le risque sismique n'est cependant pas différent du procédé de couverture, qui peut être mis en œuvre dans ce cas particulier en parois verticales dans les mêmes conditions qu'au § 1.2.1.3.

Il est rappelé que du fait des mouvements de dilatations importants des bacs, ce procédé n'admet que peu de pénétrations et en dimensions limitées. Les prescriptions du § 2.4.5 seront à respecter.

Les bacs métalliques en aluminium sont naturellement sensibles aux chocs de petits corps dur (0,5 kg/3 J et 1kg/10 J). Si les DPM définissent des exigences particulières du point de vue de la résistance aux chocs, les vérifications doivent être effectuées par la réalisation d'un essai choc selon la norme P08-302 « Résistance aux chocs », la note d'information n° 5 « Modalités des essais de chocs de performance sur les bardages rapportés, vêtements et vêtements », et le *Cahier du CSTB 3546-V2* « Note d'information n° 11 : Résistance aux chocs des bardages rapportés, vêtements et vêtements ».

2.3.2.4.2. Dévers

Dans le cas particulier d'une couverture pourvue d'un dévers, l'assistance du fabricant est systématiquement requise concernant la conception, ainsi que la justification de l'écoulement des eaux pluviales par une note de calcul spécifique en référence au NF DTU 60.11 P3 (cf. figure 14).

La conception doit être telle qu'il n'y ait pas de retenue d'eau en partie courante.

Le bac Kalzip® se comporte comme un chéneau de section trapézoïdale. En fonction de l'importance du dévers, cette section peut devenir triangulaire.

Conformément au NF DTU 60.11 P3, relatif au dimensionnement des gouttières et chéneaux, les sections données au tableau 1 du NF DTU 60.11 P3 doivent être majorées de 10 % dans le cas de chéneaux de sections rectangulaires ou trapézoïdales et de 20 % pour des sections triangulaires.

En DROM, le principe est similaire, mais les sections seront à calculer selon la formule du paragraphe 5.2 de la norme NF DTU 60.11 P3, en appliquant la pluviométrie prévue par cette même norme pour les DROM.

La hauteur d'eau dans le chéneau devra être inférieure à la hauteur du petit bourrelet minorée de 30 % (cf. exemple figure 14).

2.3.2.5. Rayons de cintrage

2.3.2.5.1. Généralités

Les bacs Kalzip® profilés droits peuvent être cintrés selon trois méthodes distinctes en fonction du rayon de courbure de la structure :

- Cintrage naturel ;
- Cintrage mécanique lisse ;
- Cintrage mécanique par croquage.

Les limites se trouvent dans le tableau 4.

2.3.2.5.2. Cintrage naturel

Dans le cas de cintrage naturel, afin de limiter l'effet de facetage lors de la pose des éléments, l'espacement entre appuis des pattes de fixation doit être réduit, selon le coefficient mentionné dans les tableaux 5 à 15, en fonction du rayon de cintrage. Cette réduction est d'autant plus importante que le rayon de courbure est faible.

2.3.2.5.3. Précintrage mécanique lisse

Après profilage, les bacs Kalzip® sont pré-cintrés mécaniquement :

- Soit, en usine ;
- Soit, sur chantier.

Ces opérations ne modifient pas la géométrie du profil des bacs, qui restent notamment lisses en plage et en relevés. De même, l'espacement entre appuis des pattes de fixation doit être réduit, selon le coefficient mentionné dans les tableaux 5 à 15, en fonction du rayon de cintrage.

2.3.2.5.4. Cintrage convexe par croquage

Après fabrication, les bacs Kalzip® sont cintrés par croquage des plages des bacs au moyen d'un outillage spécialement conçu pour cette opération qui ne peut être réalisée qu'en usine. Le rayon convexe minimal de pré-cintrage par croquage est de 450 mm.

Dans ces cas-là, une étude spécifique du titulaire de l'Avis sera requise.

2.3.2.6. Formes de l'enveloppe

2.3.2.6.1. Généralités

L'enveloppe du bâtiment est composée de bacs Kalzip® juxtaposés dont la forme suit la forme de la couverture. Afin de réaliser la fabrication et d'assurer la libre dilatation des éléments Kalzip®, il faut respecter et vérifier certaines conditions en fonction des formes.

2.3.2.6.2. Forme cintrée simple convexe ou concave

L'enveloppe courbe est bombée vers l'extérieur (cf. figure 15a) ou l'intérieur du bâtiment (cf. figure 15b). Il faut vérifier les rayons de cintrage (cf. § 2.3.2.5), ainsi que la pente minimale (cf. § 2.3.2.4).

2.3.2.6.3. Forme complexe

La forme de l'enveloppe est composée de formes successives (cf. figure 15c), continues et tangentielles entre elles (cf. figure 17). Chacune de ces formes successives est :

- Soit, droite ;
- Soit, cintrée d'un rayon constant.

Dans ce cas, le support du bureau d'étude Kalzip France est requis.

2.3.2.6.4. Conditions à remplir quelle que soit la forme (cf. Annexe 4)

Pour permettre une libre dilatation des profils Kalzip® cintrés concave-convexe, il faut remplir les conditions suivantes.

La longueur à partir du point fixe jusqu'aux extrémités du bac représente la longueur dilatable L_{PFE} . L'angle δ_{PFE} correspond à la somme des angles au centre des formes successives associées à la position du point fixe.

Les jonctions transversales entre deux bacs (par soudure ou par rivets) unissent mécaniquement les deux bacs en un seul.

Pour assurer la libre dilatation des bacs Kalzip® sur les pattes, il faut respecter les conditions suivantes :

1. L_{PFE} (longueur dilatable) ne dépasse pas 50 mètres. Donc la longueur totale du bac ne dépasse pas 100 mètres (50 mètres maximum pour les bacs de hauteur 50).
2. À partir du point fixe vers l'extrémité ou les extrémités du bac, la somme des angles au centre $\Sigma \delta = \delta_{PFE}$ (la somme des angles au centre des formes successives) ne doit pas dépasser 90 °.
3. Si les rayons de cintrage sont uniquement naturels, on peut avoir une succession de formes de rayons concave et/ou convexe (limites des rayons) (cf. tableau 4).
4. Si sur la forme générale, il y a au moins une forme où le rayon est réalisé par cintrage mécanique, le point fixe doit être effectué systématiquement sur la forme où le rayon absolu est le plus petit. Lorsque l'on s'éloigne du point fixe vers l'extrémité du bac, la valeur absolue du rayon ou des rayons suivants (qu'ils soient concaves ou convexes) ne doit pas être plus faible que le rayon précédent.
5. À proximité du point fixe, si L_{PFE} est faible (inférieure à 4 mètres), la dilatation n'est plus significative, et les règles de 1 à 4 ne s'appliquent pas.
6. Dans le cas particulier d'une forme cintrée réalisé par croquage, le point fixe doit être effectué impérativement sur cette zone.

Si les conditions énoncées ci-dessus ne sont pas remplies, il faut modifier la forme ou faire une interruption dans la couverture. Cette interruption sera réalisée par la mise en place d'un chéneau intermédiaire ou d'un ressaut (cf. figure 12). Un deuxième bac est alors nécessaire (avec son propre point fixe).

La vérification de la forme géométrique et des exemples se trouvent en Annexe 4.

2.3.3. Portées d'utilisation des bacs

Les portées maximales entre appuis pour des bacs Kalzip® cintrés sont déterminées en fonction du type de cintrage, du type de profil, du nombre d'appuis considérés et des charges uniformément réparties, à l'Etat Limite de Service (ELS), admises par l'ouvrage de couverture (bac + pattes + fixations).

Les charges uniformément réparties, à l'Etat Limite de Service (ELS), admises par l'ouvrage de couverture (bac + pattes + fixations), données aux tableaux 5 à 15, sont à comparer directement aux charges :

- descendantes de neige (S) en pression, selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA ;
- ascendantes de vent caractéristique (W_k) en dépression, selon le *E-cahier CSTB n°3804_V2* d'octobre 2021 (cf. exemple en Annexe 1.2).

Le calcul au cas par cas des actions de vent en dépression reste possible selon la norme NF EN 1991-1-4 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA, en utilisant les coefficients d'orographie, de direction, de saison, structural, de probabilité et de pression intérieure et extérieure mentionnés dans le *e-cahier CSTB n°3804_V2* d'octobre 2021.

Les charges de vent prises en compte peuvent entraîner des portées de bacs, donc des distances entre pannes, différentes en zone de rive et en partie courante de toiture, selon le *E-cahier CSTB n°3804_V2* d'octobre 2021.

Les valeurs des tableaux de charges sont données en fonction des critères suivants :

- Flèche inférieure au 1/200^{ème} de la portée ;
- Coefficient de pondération des charges permanentes : $\gamma_g = 1,35$;
- Coefficient de pondération des charges d'exploitation : $\gamma_q = 1,5$;
- Coefficient de réduction de la résistance des bacs : $\gamma_M = 1,3$;
- Coefficient de réduction de la résistance des fixations : $\gamma_M = 1,33$;
- Coefficient de réduction de la résistance des pattes métal-composite en traction : $\gamma_M = 1,67$;
- Portées maximales selon résistance au charges concentrées selon NF EN 1090-5:2017, Annexe B.6.3 ;
- Le poids propre du profil bac Kalzip® est déjà pris en compte dans le tableau ;

Et intègrent les vérifications de tenue :

- Du bac Kalzip®, en pression et dépression ;
- De la stabilité de la patte Kalzip® de fixation, en pression et dépression, quelle que soit la hauteur et le type de patte (aluminium ou métal-composite), à l'exception du tableau 15 dédié uniquement aux pattes aluminium ;
- De la fixation de la patte Kalzip® avec deux vis de résistance caractéristique à l'arrachement conformes au § 2.2.2.3.

Les bacs de rayon de cintrage supérieur à 100 mètres sont considérés comme des éléments droits. La portée des bacs cintrés à un rayon inférieur à 75 mètres sont réduites à 75 %. Pour les valeurs de rayon intermédiaire, on applique l'interpolation linéaire (exemple : pour un rayon de cintrage de 92 m, la portée est réduite à 92 % de la valeur du bac Droit ($R \geq 100$ m), soit dans ce cas pour les premières lignes des tableaux 5 à 15, les charges sont valables pour une portée de 0,92 m au lieu de 1,00 m). Dans les tableaux de portée, il y a une colonne pour chaque cas d'utilisation.

Un exemple de calcul de portées est présenté en Annexe 1.2.

Pour les valeurs de portées intermédiaires, une interpolation linéaire reste possible.

En ce qui concerne les effets de la neige, on peut considérer que la notion de charge exceptionnelle est implicitement vérifiée lorsque la charge de neige s_k est supérieure ou égale à :

- 70 daN/m² pour les zones A2 et B1,
- 90 daN/m² pour les zones B2 et C2,
- 120 daN/m² pour la zone D.

Pour une zone de neige donnée, lorsque la charge de neige s_k est inférieure à la valeur indiquée ci-dessus, il y a lieu de remplacer la valeur s_k par la valeur indiquée pour la vérification des bacs.

2.3.4. Contact de l'aluminium avec d'autres matériaux

On se reportera aux dispositions du paragraphe 3.13 du DTU 40.36, qui interdit principalement le contact direct de l'aluminium avec le plomb, le cuivre, l'étain et l'acier non protégé.

Les contacts suivants sont interdits :

- Pour le bois : les contacts directs avec le chêne, le châtaignier, ainsi que les bois traités avec des oxydes métalliques de cuivre ;
- Pour les métaux : le cuivre, le plomb, l'étain, l'acier non protégé, ainsi que les revêtements de protection contenant du plomb, du cuivre, du fer ou du mercure.
- Lorsqu'il s'agit d'un support en plâtre ou en mortier de ciment, le contact direct avec le plâtre et le ciment est interdit. Toutefois, ces interdictions ne s'appliquent pas aux ouvrages localisés tels que solins, engravures....

Les contacts autorisés sont les suivants : le zinc, l'acier inoxydable, l'acier galvanisé ou protégé d'un revêtement contenant du zinc.

2.3.5. Remarques sur les évacuations d'eau pluviales

La mise en place de gouttières accrochées directement sur l'extrémité des bacs Kalzip® n'est pas envisageable.

2.4. Disposition de mise en œuvre

2.4.1. Manutention et stockage

Les colis de bacs Kalzip®, qu'ils soient livrés directement d'usine ou fabriqués sur site, doivent être protégés des intempéries et entreposés si possible dans un endroit couvert et sec ou protégé par bâchage.

Les colis doivent être surélevés par rapport au niveau du sol afin de permettre une bonne ventilation. Afin d'empêcher d'éventuelle stagnation d'eau à l'intérieur des produits, les colis doivent être stockés avec une légère inclinaison (cf. figure 19).

2.4.2. Mise en œuvre des bacs

2.4.2.1. Généralités

La Société Kalzip® France n'assure pas elle-même la mise en œuvre du procédé, qui est faite par des entreprises formées et qualifiées (cf. § 2.7.2). Elle peut apporter son assistance technique à leur demande.

Une reconnaissance préalable du support (alignement, planéité, orientation de la structure, cintrage de la structure, etc.), doit être effectuée avant de débiter la pose des bacs Kalzip® (cf. § 2.3.1.1).

Les éléments Kalzip® en aluminium sont livrés avec un film adhésif de protection, qui doit être retiré si possible à l'avancement du chantier, une exposition prolongée au soleil peut rendre l'enlèvement du film difficile.

2.4.2.2. Points particuliers importants

La qualité de la structure porteuse devra tout particulièrement être contrôlée et réceptionnée avant mise en œuvre de la couverture (cf. § 2.3.1.1).

Pendant l'opération de cintrage mécanique du bac Kalzip®, lors d'un changement de forme ou de rayon, une zone de transition est inévitable. Il est impératif de ne pas positionner de patte Kalzip®, dans cette zone transitoire. Cette zone est de 500 mm (± 250 mm) dans le cas d'un changement de rayon (elle est au maximum de 1 200 mm (± 600 mm) dans le cas d'un changement de sens de cintrage). Toutefois, il existe une exception lorsque l'on réalise le point fixe au niveau du point d'inflexion. De même dans les zones de réalisation d'une soudure, il ne faut pas placer de patte Kalzip® de fixation (cf. figure 18).

2.4.2.3. Dispositions générales en Couverture cintrée

Les bacs Kalzip® sont sertis aux pattes Kalzip® de fixation, qui sont fixées à la charpente ou à la structure intermédiaire. Les bourrelets d'assemblages sont tournés vers le haut emboîtés male/femelle et sertis mécaniquement à l'aide d'une machine électrique spéciale ou tout autre dispositif mécanique autorisé par le fabricant.

Dans le cas d'une couverture cintrée et afin de faciliter la mise en place des bacs Kalzip® sur les pattes de fixation, le pas de pose sera augmenté de 3 mm. Exemple pour un bac de 65/400, le pas de pose sera de 403 mm.

2.4.2.4. Fixations des pattes Kalzip®

2.4.2.4.1. Généralités

La fixation des pattes Kalzip® sur la charpente ou la structure intermédiaire nécessite une largeur d'appui compatible avec la largeur de l'embase de la patte : 60 mm minimum avec patte aluminium seule, 64 mm avec sabot isolant, 65 mm minimum avec pattes composites (cf. figures 4 à 4 ter).

L'axe vertical des pattes doit être perpendiculaire au plan de la couverture au point d'intersection. La répartition des pattes doit permettre la répartition des efforts sur l'ensemble de la structure porteuse.

Les vis de fixation sont impérativement en inox austénitique A2. Il faut au minimum deux vis par patte disposées de chaque côté de l'âme (cf. figures 5 et 5 bis).

2.4.2.4.2. Fixations sur panne acier

2.4.2.4.2.1. Panne acier ou écarteur d'épaisseur $1,5 \text{ mm} \leq t \leq 2,5 \text{ mm}$

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne ou l'écarteur avec 2 vis définies au § 2.2.2.3.2.

La mise en œuvre des vis de Ø 6,0 mm s'effectue avec l'adaptateur type SFS DS K37 pour les vis de type SFS SDK3-S-377-6.0xL, de part et d'autre de l'âme de la patte dans les trous de Ø 6,1 mm positionnés aux angles (cf. figure 5).

L'utilisation des vis de Ø 6,5 mm reste possible dans les trous de Ø 7 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte (cf. figure 5bis).

2.4.2.4.2.2. Panne acier d'épaisseur $2,5 \text{ mm} < t \leq 4,0 \text{ mm}$

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne avec 2 vis définies au § 2.2.2.3.3.

La mise en œuvre s'effectue avec une visseuse professionnelle avec butée de profondeur dans les trous de Ø 7 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte (cf. figure 5 bis).

2.4.2.4.2.3. Panne acier d'épaisseur $t > 4,0 \text{ mm}$

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne avec 2 vis définies au § 2.2.2.3.4.

La mise en œuvre s'effectue avec une visseuse professionnelle avec butée de profondeur dans les trous de Ø 7 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte (cf. figure 5 bis).

2.4.2.4.2.4. Fixations sur panne bois

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne bois avec 2 vis définies au § 2.2.2.3.5.

La mise en œuvre s'effectue avec une visseuse professionnelle avec butée de profondeur dans les trous de Ø 7 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte (cf. figure 5 bis).

La longueur de vis est adaptée en fonction des caractéristiques particulières du chantier en respectant un ancrage minimum de 50 mm.

2.4.3. Points singuliers

2.4.3.1. Égout (cf. figure 6)

À l'égout, on réalise un larmier à l'aide d'une pince spécifique. Ce dispositif est complété systématiquement d'une cornière en aluminium filante, rivetée à l'aide de rivets aluminium à tige inox, en retrait de 20 mm en sous-face des bacs.

Deux types de cornière sont disponibles :

- L = 40 x 20 x 2 mm représente la cornière standard ;
- Dans le cas d'un égout biais (portée entre joints debouts > 400 mm), l'utilisation de la cornière L = 70 x 30 x 2 mm est impérative.

La fixation de la cornière d'égout ne doit pas venir liasonner deux bacs ayant une dilatation différente (bacs en aval de lanternaux notamment).

Pour les pentes inférieures à 10 %, un closoir en mousse préformée accompagné d'un compribande est disposé entre la cornière d'égout et le dessous des bacs. Dans le cas d'une pente comprise entre 10 % et 20 %, seul le compribande est interposé. Dans le cas d'une pente supérieure à 20 %, il n'y a plus de compribande (cf. tableau 3).

Le porte-à-faux du bac Kalzip® au niveau de l'égout, par rapport à la patte de fixation, ne peut être inférieur à 100 mm, ni supérieur à 275 mm (cf. figure 6).

2.4.3.2. Faîtage (cf. figures 7 et 7bis)

Dans le cas d'une voute convexe, le bac Kalzip® peut être continu en faîtage, une panne faîtière est positionnée au faîtage, la zone de pente en dessous de 3 % est conforme aux dispositions du § 2.3.2.4.

Dans le cas d'un faîtage simple, on procède à un relevé de la plage à l'extrémité du bac Kalzip à l'aide d'une pince spécifique. On pose ensuite un closoir en aluminium formant chambre de décompression, avec interposition d'un complément d'étanchéité en mousse (cf. § 2.2.2.4.2.2) pour les pentes inférieures à 10 %.

Le porte-à-faux du bac Kalzip® débordant du faîtage ne peut être supérieur à 275 mm.

2.4.3.3. Rives latérales (cf. figure 8)

Les rives latérales sont réalisées par assemblage du profil de rive, maintenu par la patte de rive vissée solidairement au droit de chaque patte de fixation. Le dispositif peut être complété par un support de rive à clipper. L'habillage de la rive en aluminium est alors réalisé par l'entreprise de pose en respectant les recommandations du DTU 40.36. La rive latérale aura par ailleurs une pente transversale de 10 % déversant sur la surface de couverture courante.

Les rives latérales des couvertures cintrées d'un rayon ≥ 100 m peuvent être réalisées avec des profils de rives « tout-en-un », en aluminium et de longueur 3 m maximum (cf. figure 8bis). Le profil Kalzip® est placé dans le profil de rive « tout-en-un » sans pattes de fixation. La fixation des profils de rives « tout-en-un » se fait avec au minimum autant de vis que pour une fixation avec pattes classiques. Un habillage de rive est ensuite réalisé conformément au paragraphe précédent.

2.4.4. Assemblage transversal des bacs Kalzip®

L'assemblage transversal n'est pas envisagé lors de la conception des ouvrages. Il demeure toutefois un recours :

- Lorsqu'il est difficile de produire ou de transporter le bac Kalzip® en un seul élément ;
- Lorsqu'une géométrie particulière est imposée par l'ouvrage (cf. § 2.3.2.6).

2.4.4.1. Par recouvrement transversal triple barrière (pente ≥ 7 %) (cf. figure 10)

L'assemblage transversal par recouvrement est réalisable pour des pentes supérieures ou égales à 7 % minimum. Il doit être situé à au moins 100 mm au-dessus d'une patte de fixation Kalzip® et au plus à 200 mm de celle-ci. La longueur minimale du recouvrement est de 200 mm.

Le raccordement transversal est obtenu par superposition des profils après coupure de la petite nervure supérieure, avec recours systématique à un complément d'étanchéité disposé en triple barrière.

2.4.4.2. Par soudure (cf. figure 10 bis)

En dessous de 7 % le recours à un assemblage par cordon de soudure est impératif (pentes entre 3 % et 7 %). Il doit être situé à au moins 100 mm au-dessus d'une patte de fixation Kalzip®.

La soudure sur l'aluminium doit être effectuée avec le procédé soudure à l'arc (soudure TIG* ou MIG*).

L'étanchéité d'un bac raccordé par soudure équivaut à celle d'un bac continu.

La soudure doit être réalisée par un soudeur qualifié ayant suivi une formation spécifique (soudure TIG* et MIG* suivant la norme EN ISO 9606-2) certifiée par un centre agréé dans ce domaine.

Dans les zones de soudure, il ne faut pas placer de patte Kalzip® de fixation à moins de 250 mm de la soudure, afin de ne pas entraver la dilatation (cf. figure 10 bis).

2.4.4.3. Ressaut (cf. figure 12)

Dans le cas d'une longueur de rampant trop importante ou lorsque la forme l'exige (cf. § 2.3.2.6 et Annexe 4), un ressaut doit être intégré dans la couverture. Le ressaut peut s'exécuter à partir d'une pente minimale de 3 % à condition que la plage plane soit relevée en extrémité haute, et après avoir placé le closoir en aluminium, le closoir mousse et le profil de calage de faîtière de façon similaire à la réalisation d'un faîtage.

Le débord de l'élément supérieur sur l'élément inférieur est au minimum de 150 mm, le porte à faux de l'élément supérieur par rapport à la dernière patte de fixation ne dépassant pas 275 mm.

Une bavette de ressaut sera mise en place sur l'extrémité de l'élément inférieur. Elle empêche la remontée de l'eau de ruissellement, elle sera réalisée de façon à créer une chicane entre la partie inférieure et la partie supérieure.

L'extrémité basse de l'élément supérieur sera réalisée comme un égout standard, avec la mise en place d'un closoir mousse, réalisation du larmier à la pelle, puis pose de la cornière d'égout et du compribande d'étanchéité.

2.4.4.4. Chéneau (cf. figure 13)

Les chéneaux sont réalisés conformément au NF DTU 60.11 P3, aux principes du DTU 40.5, et conformément à la figure 13.

2.4.5. Accidents de toiture

Un accident de toiture est une pénétration dans la couverture. Il est raccordé au profil Kalzip® soit par recouvrement ou soit par soudure (cf. § 2.4.4.2 et 2.4.5.2).

Ce procédé est destiné à la réalisation de couvertures avec peu de pénétrations et de dimensions limitées.

Afin de suivre les principes du système Kalzip® et d'assurer la libre dilatation, l'accident de toiture ne doit pas créer de deuxième point fixe.

Il convient de toujours tenir compte de la valeur de la dilatation dans la conception des détails.

Les costières doivent présenter des parties cintrées adaptées au rayon de cintrage du chantier.

Elles sont réalisées en tôle d'aluminium d'épaisseur minimum de 1 mm. Dans le cas d'une largeur de pénétration supérieure à 1 200 mm, il est conseillé de réaliser une besace (voir DTU 40.36 - figure 36) pour favoriser l'évacuation de l'eau de ruissellement. Prévoir un dégagement d'eau latéral minimum de 60 mm.

Dans le cas d'une couverture chaude, la présence d'un support périphérique de costière en isolant haute densité est conseillée. Les bacs Kalzip® doivent être supportés par des pattes Kalzip® en amont et en aval de la costière aluminium.

2.4.5.1. Par recouvrement (cf. figure 11 bis)

Les pénétrations de couverture pour les pentes $\geq 7\%$ peuvent être réalisées par recouvrement d'étanchéité en triple barrière (cf. § 2.4.4.1).

2.4.5.2. Par soudure (cf. figure 11)

En dessous de 7 % de pente, les accidents de toiture sont obligatoirement raccordés à la couverture Kalzip® par soudure (cf. § 2.4.4.2).

2.5. Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM)

2.5.1. Généralités

Sous certaines restrictions et conditions supplémentaires énoncées dans la suite de ce § 2.5 et en Annexe 3, le procédé peut être mis en œuvre dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) de Mayotte, La Martinique, La Guadeloupe, Guyane, et La Réunion, uniquement en couverture froide ventilée (« toiture froide ventilée » selon les dispositions prévues dans le Cahier des Clauses Techniques du DTU 40.36 paragraphe 3.7), sur bâtiments ouverts ou fermés.

Un régulateur de condensation (cf. § 2.2.2.1.6) appliqué en usine et une ventilation en sous-face des profils Kalzip® sont systématiquement mis en œuvre.

En bâtiments fermés, afin de s'assurer d'une correcte ventilation en sous-face de la toiture froide ventilée, la longueur de rampant sera limitée à 40 m. De plus, la pente de couverture sera obligatoirement supérieure à 5 % en tout point de la couverture (cf. § 2.5.3.2). Les voutes avec faitage continu et pente nulle ne sont donc pas admises en bâtiments fermés en DROM.

Une attention particulière sera également portée au dimensionnement des gouttières et chéneaux, qui seront dimensionnées selon la norme NF DTU 60.11 P3.

En cas de locaux climatisés, ces derniers devront nécessairement se trouver dans un volume fermé isolé, sans obstruer la ventilation en sous face de la couverture Kalzip®.

2.5.2. Eléments constitutifs du procédé

2.5.2.1. Caractéristiques géométriques des éléments

Les épaisseurs des bacs dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) sont limitées aux épaisseurs supérieures ou égales à 0,9 mm.

Les profils utilisables dans les DROM sont uniquement les profils avec une largeur utile < 500 mm (cf. tableau 3.1) :

- Kalzip® 65/305, Kalzip® 65/333 et Kalzip® 65/400.
- Kalzip® AF 65/333, Kalzip® AF 65/434 et Kalzip® AS 65/422.
- Kalzip® 50/333 et Kalzip® 50/429.

2.5.2.2. Revêtement éventuel

En cas d'emploi d'un traitement de surface en polyester ou PVDF, ce dernier doit être de performance minimale Rc3 Ruv4 selon la norme NF EN 1396.

2.5.2.3. Patte de fixation et sabots

Dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM), la mise en œuvre du procédé se fait exclusivement avec les pattes de fixation en aluminium (cf. § 2.2.2.2.1) et sabots polyamide (cf. § 2.2.2.2.2).

2.5.2.4. Accessoires de montage auxiliaires : étriers et profils écarteurs

En aggravation des § 2.2.2.5.3 et 2.2.2.5.4, les profilés écarteurs et étriers seront protégés contre la corrosion par revêtement métallique ALUZINC AZ 185 (selon ETPM-18/0049 de la Société ArcelorMittal Dudelange LIBERTY LIEGE-DUDELANGE (LU) S.A), avec consultation et accord de Kalzip.

Les profilés métalliques pourront également être galvanisés à chaud Z 350, Z 450, ZA 275 ou ZA 350 en fonction de la distance au littoral, selon la norme NF P 24-351, atmosphères extérieures protégées et ventilées, avec consultation et accord de la société Kalzip lorsque nécessaire.

2.5.3. Dispositions de conception

2.5.3.1. Point fixe

En DROM, en l'absence de neige (sauf exigence particulière dans les DPM, assistance technique nécessaire dans ce cas), un autre calcul de T , avec $T' = \gamma_g \cdot g_k \cdot L \cdot b$, permet de s'assurer d'une résistance du point fixe aux efforts sismiques (cf. § 2.3.2.3.4).

2.5.3.2. Pente

La pente est au minimum de 5 % en tout point de la couverture en DROM (cf. tableau 3 bis).

Toutefois, sur bâtiment ouvert non isolé uniquement, dans le cas particulier de couverture froide cintrée avec faîtage continue en forme de voute (cf. 2.3.2.4.1 alinéa 2), et avec une distance maximale du bâtiment de pignon à pignon de 12 m, la présence d'une zone où la pente est inférieure à 5 % est admise, dans la limite d'un rayon convexe de courbure maximal de 167 mètres, et dans la mesure où les bacs Kalzip® sont d'un seul tenant dans cette zone.

En cas de dévers, se reporter au § 2.3.2.4.2. Les sections seront à calculer selon la formule du paragraphe 5.2 de la norme NF DTU 60.11 P3, en appliquant la pluviométrie prévue par cette même norme pour les DROM.

2.5.3.3. Longueur maximale de rampant et de bac

Les longueurs de bacs et de rampant maximales admises en DROM, sont récapitulées dans le tableau 0 (cf. § 1.1.2).

2.5.3.4. Portées d'utilisation des bacs

Les portées maximales admissibles des bacs Kalzip® entre appuis sont déterminées par les tableaux 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13 et 15 en fin de dossier, épaisseur 0,9 à 1,2 mm uniquement, en fonction du type de profil, du nombre d'appuis considérés et des charges uniformément réparties (cf. § 2.3.3).

Les charges de vent à prendre en compte sont celles du *e-cahier CSTB n°3804_V2* d'octobre 2021 appliquées aux Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) visés, soit la zone de vent 5 pour Mayotte, La Martinique, La Guadeloupe et La Réunion, et la zone 1 pour la Guyane.

2.5.3.5. Formes de l'enveloppe

La géométrie des profils Kalzip dans le cas d'un cintrage concave-convexe doit être conforme aux principes de tangentialité décrits dans la figure 17, et illustrés en DROM dans l'exemple en Annexe 3, figure 3.1.

2.5.4. Mise en œuvre

2.5.4.1. Fixations

Conformément au § 2.2.2.3, les vis de fixation des pattes sont impérativement en inox austénitique A2. En bord de mer et/ou front de mer, l'inox austénitique A4 est requis.

2.5.4.2. Points singuliers

2.5.4.2.1. Égout (cf. Annexe 3, figure 3.2)

Quelle que soit la pente, le closoir en mousse préformée accompagné d'un compribande est disposé entre la cornière d'égout et le dessous des bacs.

2.5.4.2.2. Faîtage (cf. Annexe 3, figure 3.3)

Au faîtage, l'opération de relevé par pliage de la plage du bac et la mise en place du closoir mousse sont systématiquement réalisées, quelle que soit la pente.

2.5.4.3. Assemblage transversal (cf. tableau 3 bis)

Dans les DROM, afin de limiter le risque d'infiltrations, dans les cas où un assemblage transversal ne saurait être évité, ce dernier sera réalisé par soudure (cf. § 2.4.4.2) pour des pentes de 5 % à 10 %.

Pour des pentes supérieures à 10 %, il est possible également de réaliser l'assemblage par recouvrement (cf. § 2.4.4.1).

2.5.4.4. Accident de toiture (cf. tableau 3 bis)

Lorsque la couverture nécessite des pénétrations, le traitement sera obligatoirement réalisé par soudure pour des pentes de 5 % à 10 % (cf. § 2.4.5.2).

Pour les pentes supérieures à 10 %, il pourra être réalisé par recouvrement (cf. § 2.4.5.1).

2.5.4.5. Ventilation

Les sections et dispositions de ventilation de la sous-face de la couverture froide ventilée doivent respecter les préconisations du DTU 40.36.

Le régulateur de condensation (cf. § 2.2.2.1.6) appliqué en usine est systématiquement mis en œuvre.

2.6. Entretien et réparation

2.6.1. Entretien de la couverture

Les dispositions de l'annexe A2 du DTU 40.36 s'appliquent à ce système.

Si besoin, la couverture peut être nettoyée suivant les préconisations ci-dessous :

- Dans le cas de salissures importantes, un simple nettoyage à l'eau savonneuse suivi d'un rinçage à l'eau claire est suffisant ;
- Dans le cas d'utilisation d'un agent mouillant, celui-ci doit présenter un pH neutre ou légèrement acide, ne jamais utilisé un produit basique.

2.6.2. Remplacement d'un bac Kalzip®

Si besoin, et si un bac venait à être endommagé pendant le montage ou après la pose de la couverture, le remplacement de l'élément ou des éléments abîmés peut être facilement réalisé.

La machine spéciale qui effectue le sertissage permet en l'équipant du diabolos spécifique de ré-ouvrir le gros bourrelet sur toute sa longueur. Une fois cette opération réalisée sur les deux gros bourrelets situés de chaque côté de l'élément endommagé, celui-ci peut être retiré des pattes Kalzip® et remplacé. Après remplacement, sertir les gros bourrelets des bacs remplacés. L'opération est terminée.

À noter qu'un bac ne peut être desserti que deux fois.

2.7. Assistance technique et formation

2.7.1. Assistance technique

Afin de contribuer à une mise en œuvre conforme aux présentes spécifications, la Société Kalzip® France met à disposition la compétence de son bureau d'études et une assistance technique, disponible sur demande.

2.7.2. Formation

Le fabricant a développé un centre de formation agréé par le Ministère du travail et des affaires sociales. Il permet d'instruire et d'agréer des entreprises de pose.

La mise en œuvre de ce système relève de la compétence des entreprises agréées par le fabricant. Le « Badge Kalzip® » est décerné nominativement aux personnes des entreprises agréées.

Pour les soudeurs, le fabricant organise à la demande une formation spécifique prodiguée par un centre de formation. Cette formation de deux à quatre jours vise exclusivement la technique et la pratique des soudures étanches sur des pièces Kalzip®.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Principes de fabrication des bacs Kalzip® cintrés

La fabrication des bacs Kalzip® cintrés peut se faire suivant trois modes opératoires équivalents :

- Les bacs Kalzip® sont profilés sur une profileuse à galets puis cintrés dans l'usine. Le transport est assuré en sortie d'usine jusqu'au site du chantier par tout moyen adapté ;
- Les bacs Kalzip® peuvent être profilés en usine, acheminés sur site puis cintrés si nécessaire sur le chantier à l'aide d'une cintruse du fabricant, par son personnel et sous son unique responsabilité. Les bacs Kalzip® cintrés sont alors seulement mis à la disposition de l'entreprise de pose ;
- Les bacs Kalzip® peuvent être profilés sur chantier au moyen d'une profileuse à galets transportable similaire à celle employée en usine, puis cintrés si nécessaire sur le chantier. Cette machine est montée sur une remorque équipée d'une grue de manutention, d'un générateur électrique autonome, d'une cisaille permettant de couper les bacs à longueur. Les bacs Kalzip® cintrés sont alors seulement mis à la disposition de l'Entreprise de pose.

2.8.2. Fabrication des accessoires

Les accessoires de montage auxiliaires Kalzip® sont fournis par des entreprises spécialisées en profilés extrudés. Un certificat de réception type 3.1 selon EN 10204 accompagne la livraison de chaque lot décrivant la composition et caractéristiques du matériau utilisé pour la fabrication de ces derniers.

2.8.3. Possibilité de transport

Le colisage et le transport des profils Kalzip produits en usine sont optimisés en fonction des longueurs des profils et du type de transport. En règle générale, la longueur du profil transporté est limitée à 21 m pour éviter d'avoir recours au convois exceptionnels nécessitant des autorisations administratives spécifiques. Dans le cas de longueurs > 21 m, il est préférable d'avoir recours à une production sur site.

2.8.4. Contrôle de fabrication en usine

Parallèlement au contrôle qualité interne conforme à la norme NF EN 14782, la fabrication des profils Kalzip® et des pattes de fixations Kalzip® est supervisée par un organisme extérieur au fabricant, « l'Institut des Matériaux de Construction et du contrôle des matériaux de l'université de technique de Hanovre » et porte sur :

- Les épaisseurs de tôle ;
- Les caractéristiques du métal (cf. tableau 1) ;
- L'épaisseur du placage ou l'épaisseur du prélaquage et de leur qualité (les bacs peuvent recevoir une application par prélaquage ou post-laquage selon la gamme de couleurs RAL international, qualités et épaisseurs selon nécessité) ;
- Les caractéristiques dimensionnelles des bacs.

Sur chaque unité d'emballage, un étiquetage collé contenant des indications sur l'usine de fabrication, l'année de fabrication, la référence du profilé, l'épaisseur de tôle et le matériau des composants.

2.8.5. Contrôle de fabrication sur chantier

L'élément de base, la bobine, subit en ce qui concerne le contrôle les trois premiers points du paragraphe ci-dessus.

Le contrôle des caractéristiques dimensionnelles des bacs est assuré par Kalzip GmbH représenté obligatoirement sur le chantier pendant toute la durée de la fabrication par son représentant de fabrication.

2.8.6. Contrôles des accessoires

Le contrôle des accessoires Kalzip® s'effectue à chaque livraison de deux manières :

- Contrôle des documents, avec un certificat de réception type 3.1 selon EN 10204, disponible et fourni pour chaque lot livré ;
- Contrôle visuel, dimensionnel et d'aspect.

Contrôle sur patte métal-composite

Des essais de traction selon EN ISO 527-4 sont réalisés sur au minimum 2 pattes métal-composite à chaque livraison, et font l'objet d'une fiche de contrôle : charge à la rupture > 15 kN.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Références

Les premières applications du système Kalzip® remontent à 1967.

Les premières applications du système Kalzip® cintré remontent à 1975.

La surface totale réalisée dépasse 100 millions de mètres carrés.

La surface posée en France pour le système Concave-Convexe est de l'ordre de 330 000 m².

La surface actuellement réalisée en bacs Kalzip dans les DROM est supérieure à 30 000 m².

La première utilisation de l'alliage EN AW-6025 remonte à l'année 1995. Aujourd'hui, son utilisation représente environ 1 500 tonnes par an.

Les pattes métal-composites sont utilisées en Allemagne depuis 2005, et dans l'ensemble des autres pays européens depuis 2011.

2.9.2. Résultats Expérimentaux

- Institut officiel de contrôle des matériaux pour le bâtiment auprès de l'institut d'études et de contrôle des matériaux de l'Université de Hanovre :
 - essais de charge répartie en pression descendante et ascendante, et essai de dégrafage de l'assemblage serti sur bacs Kalzip® 305,
 - Essais en compression et en traction des pattes Kalzip® (Certificat de contrôle 287a/89 du 16 août 1989),
 - Essais d'accessibilité des toitures Kalzip® (Certificat de contrôle 1414/85 du 4 avril 1986),
 - Essais de capacité de charge sur profil Kalzip® 400 (certificat de contrôle 287/89 du 16 août 1989) ;
- Essais de charge répartie en pression descendante et ascendante sur Kalzip® 305 (CR 13504 du 28 septembre 1978) – Origine CSTB ;
- Essais de charge répartie en pression descendante et ascendante et essais de fatigue en pression ascendante alternée sur Kalzip® 305 (CR 1407 du CTAL du 19 janvier 1976 et CR 515 du 5 octobre 1978) ;
- Essais de glissement sur les fixations de la toiture Kalzip® (rapport 87 0080 du 5 mai 1987 de l'Institut d'essais pour l'acier, le bois, la pierre de l'Université de Karlsruhe) ;
- Enquête relative à l'étude de la corrosion de l'alliage d'aluminium 3004 plaqué AlZn1 après plus de 20 années d'exposition réelle (rapport d'enquête 1.4/11416 N1 du BAM de Berlin, section corrosion et protection contre la corrosion du 26 avril 1993) ;
- Essais de flexion statique et dynamique sur bacs Kalzip® 333 standard et Kalzip® 333 type AF, selon la norme NF P 34-504 (juillet à octobre 1997) ;
- Essais de flexion statique et dynamique sur bacs Kalzip® cintrés convexes 65/305, 65/333, 65/400, selon la norme NF P 34-504 (février à juin 2001). Rayons à 60, 40, 20, 10 et 6 m ;
- Essais sur le comportement et mesures de dilatations sur frottements cumulés de pattes sur Kalzip® cintré 65/400 de longueur 50 m, rayon de 120 m sur maquette Échelle 1. Cycle annuel (mars 2001 à 2002) ;
- Essais de flexion statique et dynamique sur bacs Kalzip® cintrés concaves 65/305, 65/333, 65/400, selon la norme NF P 34-504 (janvier 2004). Rayons à 60 et 10 m ;

- Essais sur le comportement et mesures de dilatations sur frottements cumulés de pattes sur Kalzip® cintré concave 65/400, double rayon R = 60 (convexe et concave), puis R = 10 m (convexe et concave) en forme de vagues (voûtes et contre voûtes) sur maquette Échelle 1. Cycle de chauffage avec ΔT° de 50 °C ;
- Essai d'arrachement de la patte coulissante de faîtage – 31 mars 2009 et 06 avril 2009 – Origine Kalzip GmbH Koblenz ;
- Essais sur le comportement à la corrosion de l'alliage ENAW-6025 – Essais internes Corus 23 avril 2002 – Essais laboratoire ALERIS – 14 août 2008 ;
- Rapport CSTB de calcul des ponts thermiques intégrés et des coefficients de transmission surfaciques U_p n° DIR/HTO-2014-010-AD/LS du 20 janvier 2014.
- Rapport CSTB de calcul des ponts thermiques intégrés et des coefficients de transmission surfaciques U_p n° DEB/HTO-2020-096-FaL/LB du 29 juillet 2020.
- Rapport CSTB n° RA07-0182 de réaction au feu du revêtement polyester sur tôle aluminium du 14 mai 2007.
- Rapport MFPA Leipzig GmbH n° KB 3.1/11-194-1 de réaction au feu du revêtement PVDF sur tôle aluminium du 27 juin 2011.
- Rapport CSTB n° RA16-0184 de réaction au feu du revêtement polyester DG500 sur tôle aluminium du 9 février 2018.
- Rapport CSTB n° RA08-0171 de réaction au feu du revêtement PVDF sur tôle aluminium du 9 février 2018.

Document non valide

2.10. Annexe du Dossier Technique

Tableau 1 – Caractéristiques mécaniques des alliages d'aluminium

Contrainte de rupture en traction	Minimum 220 N/mm ²				
Limite d'élasticité à 0,2 %	Minimum 185 N/mm ²				
Allongement à la rupture selon NF EN 545 à partir d'une éprouvette en tôle plane 12,5 x 50 mm	Épaisseur métal				
	0,7 mm	0,8 mm	0,9 mm	1,0 mm	1,2 mm
	3 %	3,5 %	3,8 %	4,0 %	4,0 %

Tableau 2 – Exposition atmosphérique extérieure pour les pentes supérieures ou égales à 5 % ⁽¹⁾

Revêtement	Classement selon NF EN 1396		Exposition atmosphérique extérieure								
	Indice de résistance à la corrosion Rc	Catégorie de résistance aux UV Ruv	Rurale non polluée	Industrielle ou urbaine		Marine			Spéciale		
				Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer < 3 km ⁽⁴⁾	Mixte	Fort UV	Particulière
Aluminium nu lisse, Stucco ou ALCLAD ⁽²⁾	Sans objet	Sans objet	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
Laquage Polyester 26 µm	Rc2	Ruv3	■	□	-	-	-	-	-	-	-
Laquage PVDF (70/30) bicouche 25 µm	Rc3	Ruv4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
Laquage PVDF (70/30) 3 ou 4 couches 40 à 62 µm	Rc3	Ruv4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
DURAGLOSS® 500 (Polyester spécial) 35 à 55 µm	Rc3	Ruv4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
Kalzip HPC (Polyester spécial) 35 à 55 µm	Rc3	Ruv4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
FEVE (Fluoroéthylvinylether) 25 µm	Rc3	Ruv4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
Kalzip Protek (Fluoroéthylvinylether) 25 µm	Rc3	Ruv4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
SUPRAAL (Polyuréthane-Polyamide) 45 µm	Rc3	Ruv4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□

(1) Pentes < 5 %, consulter la Société Kalzip GmbH.

(2) Par référence aux expositions atmosphériques définies par l'annexe B.1 du D.T.U. 40.36.

(3) Du fait de leurs âmes en acier, l'emploi des pattes métal-composite est exclu en bord de mer sur bâtiments ouverts.

(4) Hors Front de mer, où l'accord du fabricant est obligatoire.

■ Matériaux adaptés à l'exposition.

□ Matériaux dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques doivent être arrêtées après consultation et accord du fabricant.

- Non adapté.

Tableau 3 – Assemblages et pénétrations des bacs Kalzip® en fonction des pentes de couvertures en France Métropolitaine

	$3 \leq P \leq 7 \%$ *	$7 < P \leq 10 \%$	$10 < P \leq 20 \%$	$P > 20 \%$
Jonctions transversales par soudures	Oui	Oui	Oui	Oui
Pénétration : assemblage par soudure	Oui	Oui	Oui	Oui
Jonctions transversales par rivets étanches + triple complément d'étanchéité	Non	Oui	Oui	Oui
Pénétration : assemblage par rivets étanches + triple complément d'étanchéité	Non	Oui	Oui	Oui
Closoir mousse égout nécessaire	Oui	Oui	Non	Non
Compribande égout nécessaire	Oui	Oui	Oui	Non
Closoir mousse faîtage	Oui	Oui	Non	Non
* : § 2.3.2.4 du Dossier Technique à respecter.				

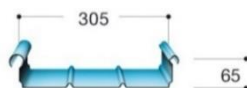
Tableau 3 bis – Assemblages et pénétrations des bacs Kalzip® en fonction des pentes de couvertures en DROM

	$5 \leq P \leq 10 \%$	$10 \% < P$
Jonctions transversales par soudures	Oui	Oui
Pénétration : assemblage par soudure	Oui	Oui
Jonctions transversales par rivets étanches + triple complément d'étanchéité	Non	Oui
Pénétration : assemblage par rivets étanches + triple complément d'étanchéité	Non	Oui
Closoir mousse égout nécessaire	Oui	Oui
Compribande égout nécessaire	Oui	Oui
Closoir mousse faîtage	Oui	Oui

Tableau 4 - Rayons minimaux de cintrage en [m] en fonction du type de profil Kalzip® et du type de cintrage

	Épaisseur en [mm]	Cintrage convexe			Cintrage concave	
		Rayon naturel	Cintrage mécanique lisse	Cintrage par croquage	Rayon naturel	Cintrage mécanique lisse
65/305, 65/333, 65/400, 65/500	0,9	40	5	0,45	45	14
	1,0	48	1,5		50	10
	1,2	55	1,5		60	10
AF 65/333, AF 65/434, AF 65/537	0,9	40*	8		45*	14*
	1,0	48*	3,5		50*	10*
	1,2	55*	3		60*	7*
AS 65/422	0,9	55	8		55	16
	1,0	60	3,5		60	10
	1,2	70	3		70	8
50/333, 50/429, 50/528	0,9	37	5		40	10
	1,0	40	1,3		42	7
	1,2	43	1,3		45	6

* Dans le cas de cintrage naturel des profils AF, un risque de pochage de la plage plane n'est pas à exclure.

Tableau 5 - Kalzip® 65/305 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

Profil admis en DROM

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	2	Pression	7,46	9,12	9,90
				Dépression	8,59	8,99	8,99
			3	Pression	3,94	3,94	3,93
				Dépression	3,45	3,61	3,62
			≥ 4	Pression	4,32	4,31	4,31
				Dépression	3,87	3,95	3,95
1,25	1,08	0,94	2	Pression	4,77	5,83	6,88
				Dépression	5,51	6,90	7,20
			3	Pression	3,15	3,15	3,14
				Dépression	2,77	2,89	2,90
			≥ 4	Pression	3,45	3,44	3,44
				Dépression	3,03	3,16	3,17
1,50	1,28	1,13	2	Pression	3,30	4,04	4,77
				Dépression	3,83	4,80	5,69
			3	Pression	2,62	2,62	2,61
				Dépression	2,31	2,42	2,42
			≥ 4	Pression	2,87	2,86	2,86
				Dépression	2,52	2,64	2,64
1,75	1,49	1,31	2	Pression	2,42	2,96	3,49
				Dépression	2,82	3,53	4,19
			3	Pression	2,24	2,24	2,23
				Dépression	1,98	2,07	2,08
			≥ 4	Pression	2,45	2,45	2,44
				Dépression	2,17	2,27	2,27
2,00	1,70	1,50	2	Pression	1,84	2,25	2,66
				Dépression	2,16	2,71	3,22
			3	Pression	1,96	1,95	1,95
				Dépression	1,73	1,82	1,82
			≥ 4	Pression	2,14	2,14	2,13
				Dépression	1,90	1,99	1,99
2,25	1,91	1,69	2	Pression	1,45	1,69	2,03
				Dépression	1,71	2,15	2,55
			3	Pression	1,74	1,73	1,73
				Dépression	1,39	1,62	1,62
			≥ 4	Pression	1,90	1,90	1,89
				Dépression	1,61	1,77	1,77
2,50	2,13	1,88	2	Pression	1,10	1,22	1,47
				Dépression	1,39	1,74	2,07
			3	Pression	1,42	1,56	1,55
				Dépression	1,15	1,46	1,46
			≥ 4	Pression	1,67	1,70	1,70
				Dépression	1,33	1,59	1,60
2,75	2,34	2,06	2	Pression	0,82	0,91	1,09
				Dépression	1,16	1,45	1,71
			3	Pression	1,17	1,37	1,40
				Dépression	0,95	1,22	1,33
			≥ 4	Pression	1,37	1,55	1,54
				Dépression	1,11	1,41	1,46
3,00	2,55	2,25	2	Pression	0,82	0,89	0,83
				Dépression	0,97	1,22	1,45
			3	Pression	0,98	1,15	1,28
				Dépression	0,80	1,04	1,23
			≥ 4	Pression	1,15	1,35	1,41
				Dépression	0,93	1,20	1,34
3,25	2,76	2,44	2	Pression		0,54	0,64
				Dépression		1,04	1,24
			3	Pression	0,83	0,98	1,18
				Dépression	0,69	0,89	1,13
			≥ 4	Pression	0,96	1,07	1,28
				Dépression	0,80	1,03	1,24
3,50	2,98	2,63	2	Pression			0,51
				Dépression			1,07
			3	Pression		0,84	1,01
				Dépression		0,77	0,98
			≥ 4	Pression		0,85	1,02
				Dépression		0,90	1,14

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 6 - Kalzip® 65/333 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

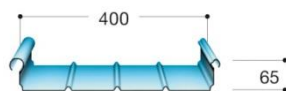
Profil admis en DROM

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	2	Pression	7,02	8,61	9,06
				Dépression	7,88	8,23	8,24
			3	Pression	3,61	3,61	3,60
				Dépression	3,17	3,31	3,31
			≥ 4	Pression	3,95	3,95	3,94
				Dépression	3,46	3,62	3,62
1,25	1,06	0,94	2	Pression	4,48	5,50	6,48
				Dépression	5,20	6,52	6,60
			3	Pression	2,88	2,88	2,87
				Dépression	2,54	2,65	2,66
			≥ 4	Pression	3,16	3,15	3,15
				Dépression	2,77	2,90	2,90
1,50	1,28	1,13	2	Pression	3,10	3,81	4,49
				Dépression	3,62	4,54	5,36
			3	Pression	2,40	2,39	2,39
				Dépression	2,12	2,21	2,22
			≥ 4	Pression	2,63	2,62	2,62
				Dépression	2,31	2,42	2,42
1,75	1,49	1,31	2	Pression	2,27	2,79	3,29
				Dépression	2,66	3,34	3,95
			3	Pression	2,05	2,05	2,04
				Dépression	1,82	1,90	1,91
			≥ 4	Pression	2,25	2,24	2,24
				Dépression	1,99	2,08	2,08
2,00	1,70	1,50	2	Pression	1,73	2,13	2,51
				Dépression	2,04	2,56	3,03
			3	Pression	1,79	1,79	1,78
				Dépression	1,59	1,67	1,67
			≥ 4	Pression	1,96	1,96	1,95
				Dépression	1,74	1,82	1,83
2,25	1,91	1,69	2	Pression	1,36	1,59	1,91
				Dépression	1,62	2,03	2,40
			3	Pression	1,59	1,59	1,58
				Dépression	1,33	1,48	1,49
			≥ 4	Pression	1,74	1,74	1,73
				Dépression	1,54	1,62	1,63
2,50	2,13	1,88	2	Pression	1,03	1,15	1,38
				Dépression	1,32	1,65	1,95
			3	Pression	1,36	1,42	1,42
				Dépression	1,10	1,34	1,34
			≥ 4	Pression	1,56	1,56	1,55
				Dépression	1,27	1,46	1,47
2,75	2,34	2,06	2	Pression	0,77	0,85	1,03
				Dépression	1,09	1,37	1,62
			3	Pression	1,12	1,29	1,28
				Dépression	0,91	1,17	1,22
			≥ 4	Pression	1,31	1,41	1,41
				Dépression	1,06	1,33	1,34
3,00	2,55	2,25	2	Pression	0,58	0,65	0,78
				Dépression	0,92	1,15	1,36
			3	Pression	0,93	1,09	1,17
				Dépression	0,77	0,99	1,12
			≥ 4	Pression	1,10	1,28	1,29
				Dépression	0,89	1,15	1,23
3,25	2,76	2,44	2	Pression		0,50	0,60
				Dépression		0,99	1,17
			3	Pression	0,79	0,93	1,08
				Dépression	0,66	0,85	1,04
			≥ 4	Pression	0,90	1,00	1,19
				Dépression	0,77	0,99	1,13
3,50	2,98	2,63	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression		0,80	0,97
				Dépression		0,74	0,94
			≥ 4	Pression		0,79	0,95
				Dépression		0,86	1,06

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 7 - Kalzip® 65/400 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

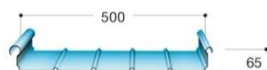
Profil admis en DROM

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	2	Pression	6,03	7,39	7,54
				Dépression	6,56	6,86	6,86
			3	Pression	3,00	3,00	2,99
				Dépression	2,64	2,76	2,76
			≥ 4	Pression	3,29	3,28	3,28
				Dépression	2,88	3,01	3,02
1,25	1,06	0,94	2	Pression	3,85	4,72	5,56
				Dépression	4,46	5,49	5,50
			3	Pression	2,40	2,39	2,39
				Dépression	2,11	2,21	2,22
			≥ 4	Pression	2,62	2,62	2,61
				Dépression	2,31	2,42	2,42
1,50	1,28	1,13	2	Pression	2,66	3,27	3,85
				Dépression	3,11	3,90	4,58
			3	Pression	1,99	1,99	1,98
				Dépression	1,77	1,85	1,85
			≥ 4	Pression	2,18	2,18	2,17
				Dépression	1,93	2,02	2,02
1,75	1,49	1,31	2	Pression	1,95	2,39	2,82
				Dépression	2,29	2,87	3,39
			3	Pression	1,70	1,70	1,69
				Dépression	1,52	1,59	1,59
			≥ 4	Pression	1,87	1,86	1,86
				Dépression	1,66	1,73	1,74
2,00	1,70	1,50	2	Pression	1,49	1,82	2,15
				Dépression	1,76	2,20	2,60
			3	Pression	1,49	1,48	1,48
				Dépression	1,33	1,39	1,40
			≥ 4	Pression	1,63	1,63	1,62
				Dépression	1,45	1,52	1,52
2,25	1,91	1,69	2	Pression	1,17	1,38	1,66
				Dépression	1,39	1,74	2,06
			3	Pression	1,32	1,32	1,31
				Dépression	1,18	1,24	1,24
			≥ 4	Pression	1,44	1,44	1,44
				Dépression	1,29	1,35	1,36
2,50	2,13	1,88	2	Pression	0,90	1,00	1,20
				Dépression	1,13	1,42	1,68
			3	Pression	1,18	1,18	1,17
				Dépression	0,98	1,12	1,12
			≥ 4	Pression	1,30	1,29	1,29
				Dépression	1,13	1,22	1,22
2,75	2,34	2,06	2	Pression	0,67	0,74	0,89
				Dépression	0,94	1,18	1,39
			3	Pression	0,98	1,07	1,06
				Dépression	0,82	1,02	1,02
			≥ 4	Pression	1,15	1,17	1,17
				Dépression	0,95	1,11	1,12
3,00	2,55	2,25	2	Pression	0,51	0,56	0,68
				Dépression	0,79	0,99	1,17
			3	Pression	0,82	0,96	0,97
				Dépression	0,69	0,89	0,94
			≥ 4	Pression	0,96	1,07	1,07
				Dépression	0,80	1,02	1,02
3,25	2,76	2,44	2	Pression			0,52
				Dépression			1,00
			3	Pression	0,70	0,82	0,89
				Dépression	0,59	0,76	0,87
			≥ 4	Pression	0,78	0,87	0,98
				Dépression	0,69	0,88	0,95
3,50	2,98	2,63	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression		0,70	0,83
				Dépression		0,66	0,81
			≥ 4	Pression		0,69	0,83
				Dépression		0,77	0,88

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 8 - Kalzip® 65/500 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	2	Pression	4,55	5,55	6,03
				Dépression	5,25	5,49	5,49
			3	Pression	2,40	2,40	2,39
				Dépression	2,11	2,21	2,21
			≥ 4	Pression	2,63	2,62	2,62
				Dépression	2,31	2,41	2,42
1,25	1,06	0,94	2	Pression	2,90	3,54	4,19
				Dépression	3,38	4,23	4,40
			3	Pression	1,91	1,91	1,90
				Dépression	1,69	1,77	1,78
			≥ 4	Pression	2,10	2,09	2,09
				Dépression	1,85	1,94	1,94
1,50	1,28	1,13	2	Pression	2,01	2,45	2,90
				Dépression	2,35	2,94	3,47
			3	Pression	1,59	1,59	1,58
				Dépression	1,42	1,48	1,48
			≥ 4	Pression	1,74	1,74	1,73
				Dépression	1,55	1,62	1,62
1,75	1,49	1,31	2	Pression	1,47	1,79	2,12
				Dépression	1,73	2,17	2,56
			3	Pression	1,36	1,36	1,35
				Dépression	1,22	1,27	1,28
			≥ 4	Pression	1,49	1,49	1,48
				Dépression	1,33	1,39	1,39
2,00	1,70	1,50	2	Pression	1,12	1,36	1,62
				Dépression	1,33	1,67	1,96
			3	Pression	1,19	1,18	1,18
				Dépression	1,07	1,12	1,12
			≥ 4	Pression	1,30	1,30	1,29
				Dépression	1,16	1,22	1,22
2,25	1,91	1,69	2	Pression	0,88	1,07	1,27
				Dépression	1,06	1,32	1,56
			3	Pression	1,05	1,05	1,04
				Dépression	0,95	0,99	1,00
			≥ 4	Pression	1,15	1,15	1,14
				Dépression	1,04	1,09	1,09
2,50	2,13	1,88	2	Pression	0,71	0,84	1,00
				Dépression	0,86	1,07	1,27
			3	Pression	0,94	0,94	0,93
				Dépression	0,80	0,90	0,90
			≥ 4	Pression	1,03	1,03	1,03
				Dépression	0,92	0,98	0,98
2,75	2,34	2,06	2	Pression	0,56	0,62	0,74
				Dépression	0,71	0,89	1,05
			3	Pression	0,79	0,85	0,85
				Dépression	0,67	0,82	0,82
			≥ 4	Pression	0,92	0,93	0,93
				Dépression	0,78	0,89	0,90
3,00	2,55	2,25	2	Pression			0,56
				Dépression			0,89
			3	Pression	0,66	0,77	0,77
				Dépression	0,57	0,73	0,76
			≥ 4	Pression	0,77	0,85	0,85
				Dépression	0,66	0,82	0,82
3,25	2,76	2,44	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression		0,65	0,71
				Dépression		0,63	0,70
			≥ 4	Pression	0,65	0,73	0,78
				Dépression	0,57	0,73	0,76
3,50	2,98	2,63	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression		0,56	0,66
				Dépression		0,55	0,65
			≥ 4	Pression		0,58	0,69
				Dépression		0,64	0,71

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 9 - Kalzip® 65/333 AF - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

Profil admis en DROM

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	2	Pression	4,66	8,10	8,09
				Dépression	6,00	7,33	8,24
			3	Pression	1,85	3,22	3,21
				Dépression	3,02	3,31	3,31
			≥ 4	Pression	2,02	3,52	3,52
				Dépression	3,30	3,61	3,62
1,25	1,06	0,94	2	Pression	3,72	6,47	6,47
				Dépression	3,85	4,70	5,89
			3	Pression	1,47	2,57	2,56
				Dépression	2,42	2,65	2,66
			≥ 4	Pression	1,61	2,81	2,81
				Dépression	2,64	2,90	2,90
1,50	1,28	1,13	2	Pression	3,10	4,65	5,38
				Dépression	2,68	3,27	4,10
			3	Pression	1,22	2,14	2,13
				Dépression	2,02	2,21	2,22
			≥ 4	Pression	1,34	2,34	2,33
				Dépression	2,20	2,42	2,42
1,75	1,49	1,31	2	Pression	2,65	3,40	4,09
				Dépression	1,97	2,41	3,02
			3	Pression	1,04	1,83	1,82
				Dépression	1,69	1,90	1,90
			≥ 4	Pression	1,14	2,00	1,99
				Dépression	1,89	2,08	2,08
2,00	1,70	1,50	2	Pression	2,05	2,27	2,73
				Dépression	1,52	1,85	2,32
			3	Pression	0,91	1,59	1,59
				Dépression	1,34	1,64	1,67
			≥ 4	Pression	1,00	1,75	1,74
				Dépression	1,54	1,82	1,82
2,25	1,91	1,69	2	Pression	1,43	1,59	1,90
				Dépression	1,20	1,47	1,84
			3	Pression	0,81	1,41	1,41
				Dépression	1,09	1,34	1,49
			≥ 4	Pression	0,88	1,55	1,54
				Dépression	1,26	1,54	1,62
2,50	2,13	1,88	2	Pression	1,03	1,15	1,38
				Dépression	0,98	1,19	1,49
			3	Pression	0,72	1,23	1,26
				Dépression	0,90	1,09	1,34
			≥ 4	Pression	0,79	1,39	1,38
				Dépression	1,05	1,27	1,46
2,75	2,34	2,06	2	Pression	0,77	0,85	1,02
				Dépression	0,81	0,99	1,24
			3	Pression	0,65	1,04	1,14
				Dépression	0,75	0,90	1,22
			≥ 4	Pression	0,72	1,20	1,26
				Dépression	0,87	1,05	1,33
3,00	2,55	2,25	2	Pression	0,58	0,65	0,78
				Dépression	0,69	0,84	1,05
			3	Pression	0,60	0,89	1,00
				Dépression	0,63	0,78	1,12
			≥ 4	Pression	0,66	1,02	1,15
				Dépression	0,74	0,89	1,23
3,25	2,76	2,44	2	Pression		0,50	0,60
				Dépression		0,72	0,89
			3	Pression		0,76	0,86
				Dépression		0,65	0,97
			≥ 4	Pression		0,89	1,00
				Dépression		0,76	1,11
3,50	2,98	2,63	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression		0,65	0,75
				Dépression		0,57	0,85
			≥ 4	Pression		0,77	0,87
				Dépression		0,66	0,98

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 10 - Kalzip® 65/434 AF et Kalzip® 65/422 AS - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis



Profil admis en DROM

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Solllicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
						0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	0,60	2	Pression	3,57	6,21	6,20
					Dépression	4,89	5,97	6,33
				3	Pression	1,41	2,47	2,46
					Dépression	2,45	2,54	2,55
				≥ 4	Pression	1,55	2,70	2,69
					Dépression	2,68	2,78	2,78
1,25	1,06	0,94	0,75	2	Pression	2,85	4,96	4,95
					Dépression	3,14	3,83	4,78
				3	Pression	1,12	1,97	1,96
					Dépression	1,97	2,04	2,04
				≥ 4	Pression	1,23	2,15	2,15
					Dépression	2,15	2,23	2,23
1,50	1,28	1,13	0,90	2	Pression	2,37	3,76	4,12
					Dépression	2,19	2,66	3,32
				3	Pression	0,93	1,63	1,63
					Dépression	1,67	1,70	1,71
				≥ 4	Pression	1,02	1,79	1,78
					Dépression	1,79	1,86	1,86
1,75	1,49	1,31	1,05	2	Pression	2,03	2,76	3,34
					Dépression	1,61	1,96	2,45
				3	Pression	0,80	1,40	1,39
					Dépression	1,37	1,46	1,47
				≥ 4	Pression	0,87	1,53	1,52
					Dépression	1,54	1,60	1,60
2,00	1,70	1,50	1,20	2	Pression	1,73	1,91	2,30
					Dépression	1,24	1,51	1,88
				3	Pression	0,69	1,22	1,21
					Dépression	1,09	1,28	1,29
				≥ 4	Pression	0,76	1,33	1,33
					Dépression	1,25	1,40	1,40
2,25	1,91	1,69	1,35	2	Pression	1,20	1,34	1,60
					Dépression	0,98	1,20	1,49
				3	Pression	0,61	1,08	1,07
					Dépression	0,89	1,09	1,15
				≥ 4	Pression	0,67	1,18	1,18
					Dépression	1,02	1,25	1,25
2,50	2,13	1,88	1,50	2	Pression	0,87	0,96	1,16
					Dépression	0,80	0,97	1,21
				3	Pression	0,55	0,97	0,96
					Dépression	0,73	0,88	1,03
				≥ 4	Pression	0,60	1,06	1,06
					Dépression	0,85	1,03	1,13
2,75	2,34	2,06	1,65	2	Pression	0,65	0,72	0,86
					Dépression	0,66	0,81	1,01
				3	Pression		0,66	0,87
					Dépression		0,73	0,94
				≥ 4	Pression	0,55	0,96	0,96
					Dépression	0,71	0,83	1,03
3,00	2,55	2,25	1,80	2	Pression		0,54	0,65
					Dépression		0,68	0,85
				3	Pression		0,74	0,80
					Dépression		0,62	0,87
				≥ 4	Pression		0,65	0,87
					Dépression		0,72	0,94
3,25	2,76	2,44	1,95	2	Pression			0,51
					Dépression			0,73
				3	Pression		0,64	0,72
					Dépression		0,53	0,79
				≥ 4	Pression		0,74	0,80
					Dépression		0,62	0,87
3,50	2,98	2,63	2,10	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			0,63
					Dépression			0,69
				≥ 4	Pression		0,64	0,73
					Dépression		0,54	0,80

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 11 - Kalzip® 65/537 AF - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	2	Pression	2,88	5,01	5,01
				Dépression	3,75	4,56	5,12
			3	Pression	1,14	1,99	1,98
				Dépression	1,88	2,06	2,06
			≥ 4	Pression	1,25	2,18	2,17
				Dépression	2,05	2,25	2,25
1,25	1,06	0,94	2	Pression	2,30	4,00	4,00
				Dépression	2,41	2,93	3,66
			3	Pression	0,91	1,59	1,58
				Dépression	1,50	1,65	1,65
			≥ 4	Pression	0,99	1,74	1,73
				Dépression	1,64	1,80	1,81
1,50	1,28	1,13	2	Pression	1,91	2,88	3,33
				Dépression	1,68	2,04	2,55
			3	Pression	0,75	1,32	1,31
				Dépression	1,26	1,38	1,38
			≥ 4	Pression	0,82	1,44	1,44
				Dépression	1,37	1,51	1,51
1,75	1,49	1,31	2	Pression	1,64	2,11	2,55
				Dépression	1,28	1,50	1,88
			3	Pression	0,64	1,12	1,12
				Dépression	1,05	1,18	1,19
			≥ 4	Pression	0,70	1,23	1,23
				Dépression	1,18	1,29	1,30
2,00	1,70	1,50	2	Pression	1,34	1,61	1,94
				Dépression	0,95	1,16	1,45
			3	Pression	0,56	0,98	0,97
				Dépression	0,84	1,02	1,04
			≥ 4	Pression	0,61	1,07	1,07
				Dépression	0,96	1,13	1,14
2,25	1,91	1,69	2	Pression	1,03	1,15	1,38
				Dépression	0,76	0,92	1,15
			3	Pression		0,87	0,86
				Dépression		0,84	0,93
			≥ 4	Pression	0,54	0,95	0,95
				Dépression	0,79	0,96	1,01
2,50	2,13	1,88	2	Pression	0,74	0,83	0,99
				Dépression	0,62	0,75	0,93
			3	Pression		0,78	0,77
				Dépression		0,68	0,84
			≥ 4	Pression		0,85	0,85
				Dépression		0,79	0,92
2,75	2,34	2,06	2	Pression	0,55	0,61	0,74
				Dépression	0,51	0,62	0,78
			3	Pression		0,69	0,70
				Dépression		0,57	0,77
			≥ 4	Pression		0,77	0,77
				Dépression		0,66	0,83
3,00	2,55	2,25	2	Pression			0,56
				Dépression			0,66
			3	Pression			0,64
				Dépression			0,70
			≥ 4	Pression		0,68	0,70
				Dépression		0,56	0,77
3,25	2,76	2,44	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression			0,57
				Dépression			0,61
			≥ 4	Pression			0,65
				Dépression			0,70
3,50	2,98	2,63	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression			
				Dépression			
			≥ 4	Pression			0,58
				Dépression			0,61

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum ;
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 12 - Kalzip® 50/333 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

Profil admis en DROM

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
						0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	0,60	2	Pression	5,99	6,98	8,49
					Dépression	4,89	5,78	7,86
				3	Pression	3,39	3,38	3,38
					Dépression	2,84	3,31	3,31
				≥ 4	Pression	3,71	3,70	3,70
					Dépression	3,10	3,61	3,62
1,25	1,06	0,94	0,75	2	Pression	3,82	4,46	5,42
					Dépression	3,14	3,71	5,04
				3	Pression	2,70	2,70	2,69
					Dépression	2,28	2,65	2,66
				≥ 4	Pression	2,96	2,96	2,95
					Dépression	2,49	2,90	2,90
1,50	1,28	1,13	0,90	2	Pression	2,65	2,96	3,55
					Dépression	2,19	2,58	3,51
				3	Pression	2,25	2,24	2,24
					Dépression	1,90	2,21	2,22
				≥ 4	Pression	2,46	2,46	2,45
					Dépression	2,08	2,42	2,42
1,75	1,49	1,31	1,05	2	Pression	1,67	1,85	2,22
					Dépression	1,61	1,90	2,58
				3	Pression	1,71	1,92	1,91
					Dépression	1,55	1,90	1,90
				≥ 4	Pression	1,99	2,10	2,10
					Dépression	1,78	2,08	2,08
2,00	1,70	1,50	1,20	2	Pression	1,11	1,23	1,47
					Dépression	1,24	1,46	1,98
				3	Pression	1,32	1,56	1,67
					Dépression	1,22	1,67	1,67
				≥ 4	Pression	1,54	1,82	1,83
					Dépression	1,41	1,82	1,82
2,25	1,91	1,69	1,35	2	Pression	0,77	0,85	1,02
					Dépression	0,98	1,16	1,57
				3	Pression	1,04	1,23	1,39
					Dépression	0,98	1,33	1,49
				≥ 4	Pression	1,22	1,44	1,62
					Dépression	1,13	1,55	1,82
2,50	2,13	1,88	1,50	2	Pression	0,55	0,61	0,73
					Dépression	0,80	0,94	1,28
				3	Pression	0,83	0,99	1,12
					Dépression	0,81	1,09	1,26
				≥ 4	Pression	0,98	1,16	1,32
					Dépression	0,93	1,26	1,45
2,75	2,34	2,06	1,65	2	Pression			0,54
					Dépression			1,06
				3	Pression		0,81	0,92
					Dépression		0,91	1,07
				≥ 4	Pression		0,90	1,08
					Dépression		1,05	1,23
3,00	2,55	2,25	1,80	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			0,77
					Dépression			0,92
				≥ 4	Pression			0,82
					Dépression			1,06
3,25	2,76	2,44	1,95	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			
					Dépression			
				≥ 4	Pression			
					Dépression			
3,50	2,98	2,63	2,10	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			
					Dépression			
				≥ 4	Pression			
					Dépression			

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 13 - Kalzip® 50/429 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

Profil admis en DROM

Portée $R \geq 100$ m	Portée $R = 85$ m(*)	Portée $R \leq 75$ m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
						0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	0,60	2	Pression	4,88	5,73	6,59
					Dépression	4,01	4,75	6,40
				3	Pression	2,62	2,62	2,61
					Dépression	2,21	2,57	2,58
				≥ 4	Pression	2,87	2,87	2,86
					Dépression	2,41	2,81	2,81
1,25	1,06	0,94	0,75	2	Pression	3,12	3,66	4,43
					Dépression	2,57	3,05	4,14
				3	Pression	2,09	2,09	2,08
					Dépression	1,77	2,06	2,07
				≥ 4	Pression	2,29	2,29	2,28
					Dépression	1,93	2,25	2,26
1,50	1,28	1,13	0,90	2	Pression	2,16	2,43	2,91
					Dépression	1,79	2,12	2,88
				3	Pression	1,74	1,74	1,73
					Dépression	1,48	1,72	1,73
				≥ 4	Pression	1,91	1,90	1,90
					Dépression	1,61	1,88	1,88
1,75	1,49	1,31	1,05	2	Pression	1,37	1,52	1,82
					Dépression	1,32	1,57	2,12
				3	Pression	1,49	1,48	1,48
					Dépression	1,27	1,48	1,48
				≥ 4	Pression	1,63	1,63	1,62
					Dépression	1,39	1,61	1,62
2,00	1,70	1,50	1,20	2	Pression	0,91	1,00	1,20
					Dépression	1,02	1,20	1,63
				3	Pression	1,23	1,30	1,29
					Dépression	1,00	1,30	1,30
				≥ 4	Pression	1,42	1,42	1,41
					Dépression	1,15	1,42	1,42
2,25	1,91	1,69	1,35	2	Pression	0,63	0,70	0,83
					Dépression	0,81	0,96	1,30
				3	Pression	0,98	1,15	1,14
					Dépression	0,80	1,09	1,16
				≥ 4	Pression	1,14	1,26	1,25
					Dépression	0,93	1,26	1,27
2,50	2,13	1,88	1,50	2	Pression			0,60
					Dépression			1,05
				3	Pression	0,79	0,95	1,02
					Dépression	0,66	0,89	1,04
				≥ 4	Pression	0,89	0,99	1,12
					Dépression	0,77	1,04	1,14
2,75	2,34	2,06	1,65	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			0,88
					Dépression			0,88
				≥ 4	Pression			0,88
					Dépression			1,01
3,00	2,55	2,25	1,80	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			
					Dépression			
				≥ 4	Pression			
					Dépression			
3,25	2,76	2,44	1,95	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			
					Dépression			
				≥ 4	Pression			
					Dépression			
3,50	2,98	2,63	2,10	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			
					Dépression			
				≥ 4	Pression			
					Dépression			

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 14 - Kalzip® 50/528 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis

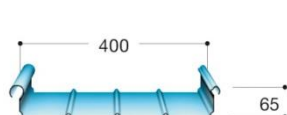
Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
						0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	0,60	2	Pression	3,78	4,40	5,35
					Dépression	3,09	3,66	4,97
				3	Pression	2,13	2,12	2,12
					Dépression	1,80	2,09	2,10
				≥ 4	Pression	2,33	2,33	2,32
					Dépression	1,98	2,29	2,29
1,25	1,06	0,94	0,75	2	Pression	2,41	2,81	3,42
					Dépression	1,99	2,35	3,19
				3	Pression	1,70	1,69	1,69
					Dépression	1,44	1,68	1,68
				≥ 4	Pression	1,88	1,88	1,85
					Dépression	1,57	1,83	1,84
1,50	1,28	1,13	0,90	2	Pression	1,66	1,94	2,36
					Dépression	1,39	1,64	2,22
				3	Pression	1,41	1,41	1,40
					Dépression	1,20	1,40	1,41
				≥ 4	Pression	1,54	1,54	1,54
					Dépression	1,31	1,53	1,54
1,75	1,49	1,31	1,05	2	Pression	1,15	1,28	1,47
					Dépression	1,02	1,21	1,64
				3	Pression	1,20	1,20	1,20
					Dépression	0,98	1,20	1,21
				≥ 4	Pression	1,32	1,32	1,31
					Dépression	1,13	1,32	1,32
2,00	1,70	1,50	1,20	2	Pression	0,76	0,85	0,97
					Dépression	0,79	0,93	1,26
				3	Pression	1,05	1,05	1,04
					Dépression	0,77	1,05	1,06
				≥ 4	Pression	1,15	1,15	1,14
					Dépression	0,89	1,15	1,16
2,25	1,91	1,69	1,35	2	Pression	0,53	0,59	0,67
					Dépression	0,63	0,74	1,00
				3	Pression	0,91	0,93	0,92
					Dépression	0,62	0,84	0,95
				≥ 4	Pression	1,02	1,02	1,01
					Dépression	0,72	0,98	1,03
2,50	2,13	1,88	1,50	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression	0,74	0,83	0,83
					Dépression	0,51	0,69	0,80
				≥ 4	Pression	0,75	0,83	0,91
					Dépression	0,59	0,80	0,92
2,75	2,34	2,06	1,65	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			0,75
					Dépression			0,68
				≥ 4	Pression			0,71
					Dépression			0,78
3,00	2,55	2,25	1,80	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			
					Dépression			
				≥ 4	Pression			
					Dépression			
3,25	2,76	2,44	1,95	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			
					Dépression			
				≥ 4	Pression			
					Dépression			
3,50	2,98	2,63	2,10	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression			
					Dépression			
				≥ 4	Pression			
					Dépression			

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.2.2.3.1.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composite).

Tableau 15 - Kalzip® 65/400 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²], en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis, uniquement avec pattes de fixation aluminium (cf. § 2.2.2.2.1)



Profil admis en DROM

Portée R ≥ 100 m	Portée R = 85 m(*)	Portée R ≤ 75 m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
						0,9	1,0	1,2
1,00	0,85	0,75	0,60	2	Pression	6,03	7,39	7,54
					Dépression	6,96	8,74	9,66
				3	Pression	3,00	3,00	2,99
					Dépression	3,54	3,88	3,88
				≥ 4	Pression	3,29	3,28	3,28
					Dépression	3,87	4,24	4,24
1,25	1,06	0,94	0,75	2	Pression	3,85	4,72	5,56
					Dépression	4,46	5,60	6,62
				3	Pression	2,40	2,39	2,39
					Dépression	2,84	3,11	3,11
				≥ 4	Pression	2,62	2,62	2,61
					Dépression	3,10	3,39	3,40
1,50	1,28	1,13	0,90	2	Pression	2,66	3,27	3,85
					Dépression	3,11	3,90	4,61
				3	Pression	1,99	1,99	1,98
					Dépression	2,37	2,59	2,60
				≥ 4	Pression	2,18	2,18	2,17
					Dépression	2,59	2,83	2,84
1,75	1,49	1,31	1,05	2	Pression	1,95	2,39	2,82
					Dépression	2,29	2,87	3,39
				3	Pression	1,70	1,70	1,69
					Dépression	1,87	2,23	2,23
				≥ 4	Pression	1,87	1,86	1,86
					Dépression	2,16	2,43	2,44
2,00	1,70	1,50	1,20	2	Pression	1,49	1,82	2,15
					Dépression	1,76	2,20	2,60
				3	Pression	1,49	1,48	1,48
					Dépression	1,47	1,88	1,95
				≥ 4	Pression	1,63	1,63	1,62
					Dépression	1,70	2,13	2,13
2,25	1,91	1,69	1,35	2	Pression	1,17	1,38	1,66
					Dépression	1,39	1,74	2,06
				3	Pression	1,32	1,32	1,31
					Dépression	1,19	1,51	1,74
				≥ 4	Pression	1,44	1,44	1,44
					Dépression	1,37	1,75	1,90
2,50	2,13	1,88	1,50	2	Pression	0,90	1,00	1,20
					Dépression	1,13	1,42	1,68
				3	Pression	1,18	1,18	1,17
					Dépression	0,98	1,24	1,57
				≥ 4	Pression	1,30	1,29	1,29
					Dépression	1,13	1,44	1,71
2,75	2,34	2,06	1,65	2	Pression	0,67	0,74	0,89
					Dépression	0,94	1,18	1,39
				3	Pression	0,98	1,07	1,06
					Dépression	0,82	1,04	1,33
				≥ 4	Pression	1,15	1,17	1,17
					Dépression	0,95	1,21	1,55
3,00	2,55	2,25	1,80	2	Pression	0,51	0,56	0,68
					Dépression	0,79	0,99	1,17
				3	Pression	0,82	0,86	0,97
					Dépression	0,69	0,89	1,13
				≥ 4	Pression	0,96	1,07	1,07
					Dépression	0,80	1,03	1,31
3,25	2,76	2,44	1,95	2	Pression			0,52
					Dépression			1,00
				3	Pression	0,70	0,82	0,89
					Dépression	0,59	0,76	0,97
				≥ 4	Pression	0,78	0,87	0,98
					Dépression	0,69	0,88	1,13
3,50	2,98	2,63	2,10	2	Pression			
					Dépression			
				3	Pression	0,60	0,70	0,83
					Dépression	0,51	0,66	0,84
				≥ 4	Pression	0,62	0,69	0,83
					Dépression	0,60	0,77	0,98

(*) Pour les valeurs de R comprises entre 100 m et 75 m, appliquer l'interpolation linéaire (cf. § 2.3.3).

Notes :

- Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.
- Les valeurs de charges admises du tableau sont à comparer en pression aux charges de neige (S) selon la norme NF EN 1991-1-3 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-3/NA, et en dépression aux charges de vent caractéristique (W_k) selon le E-cahier CSTB n°3804_V2 d'octobre 2021. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement des vis de fixations (2 par pattes) conforme au § 2.4.3.
- Les valeurs du tableau sont valables pour les pattes aluminium uniquement.

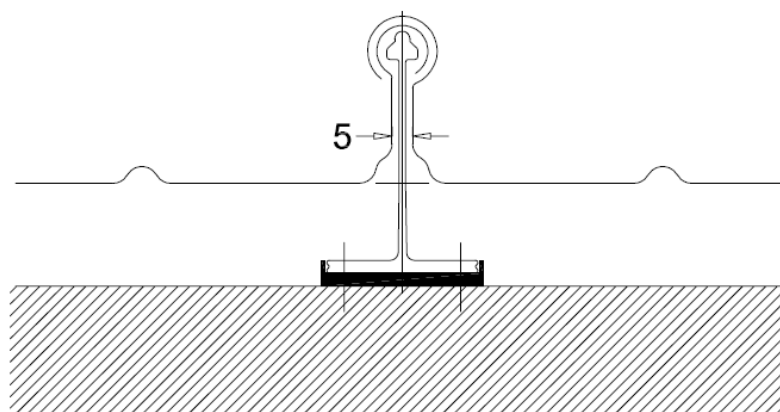


Figure 1 – Les bourrelets du Kalzip®

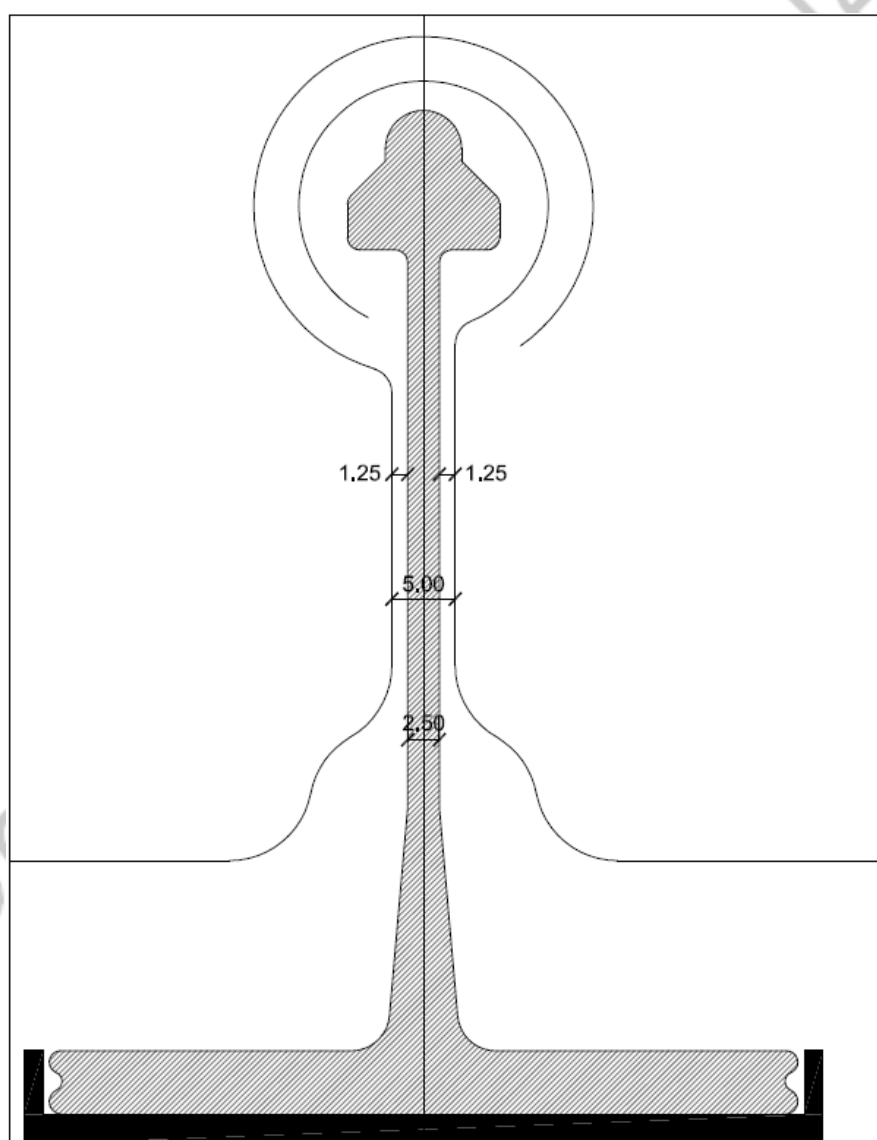
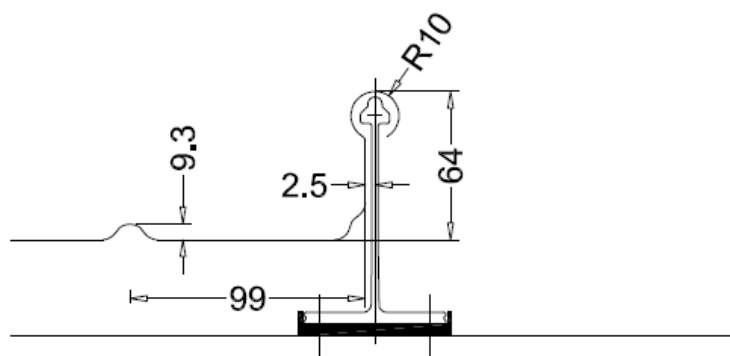


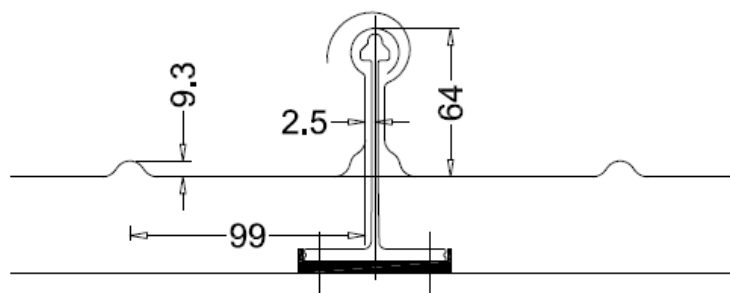
Figure 1bis – Jeu fonctionnel théorique

1



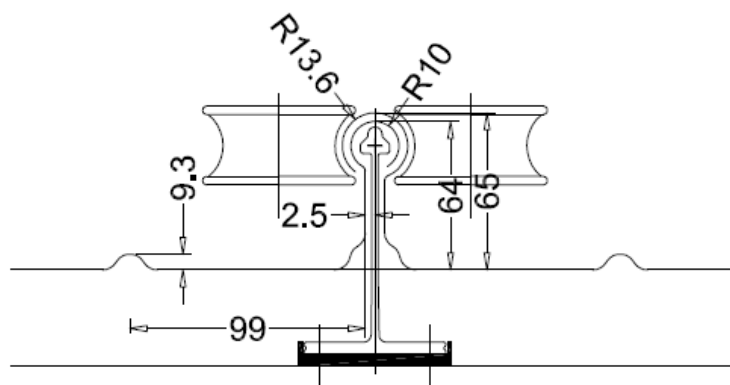
Après fixation de la patte de fixation, pose du bord mâle (petit bourrelet) du premier profil.

2



Pose du bord femelle (grand bourrelet) du deuxième bac sur le bord mâle du premier profil.

3



Sertissage des deux bords à l'aide de la sertisseuse.

Figure 2 – Principe Kalzip®

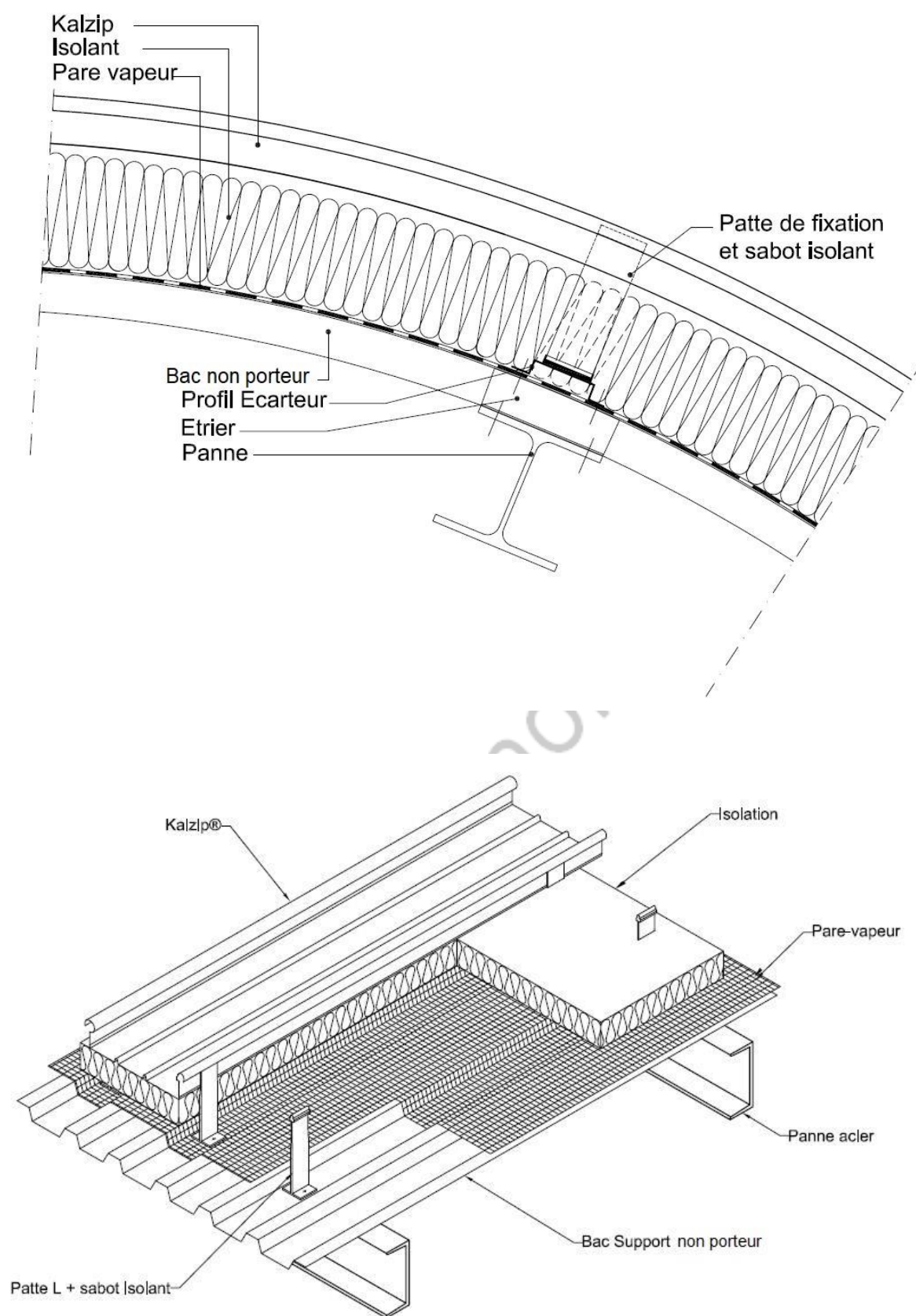


Figure 2bis – Principe toiture chaude en France métropolitaine

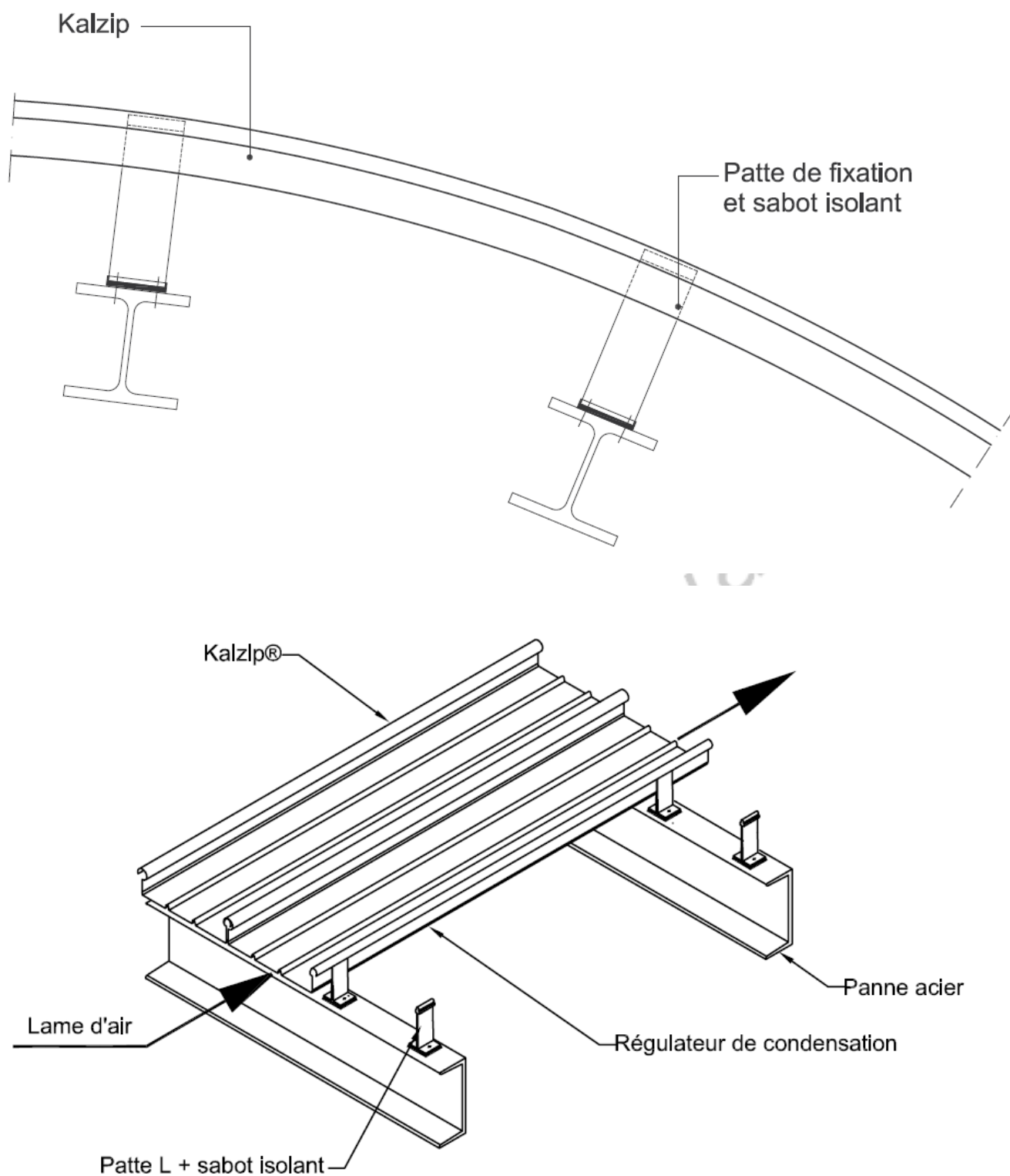


Figure 2ter – Principe toiture froide (bâtiment ouvert, ou fermé en DROM)

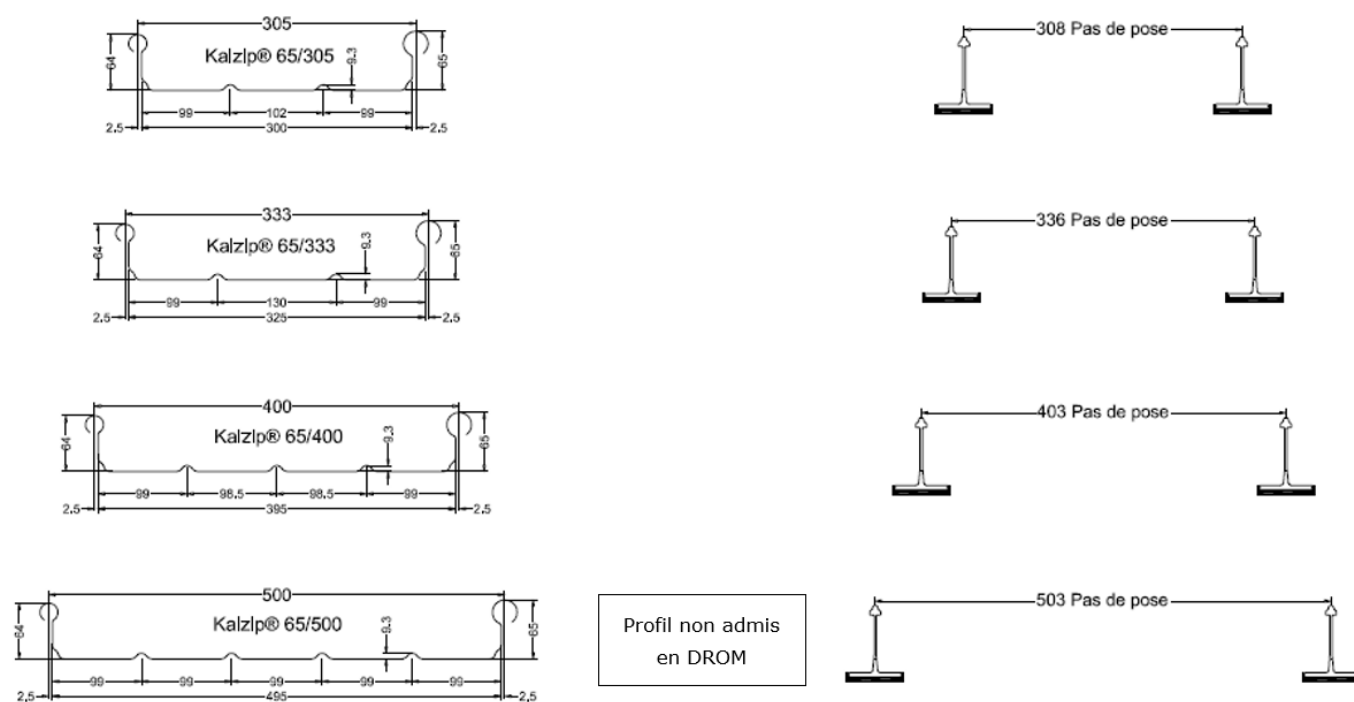


Figure 3 – Profils Kalzip® hauteur 65

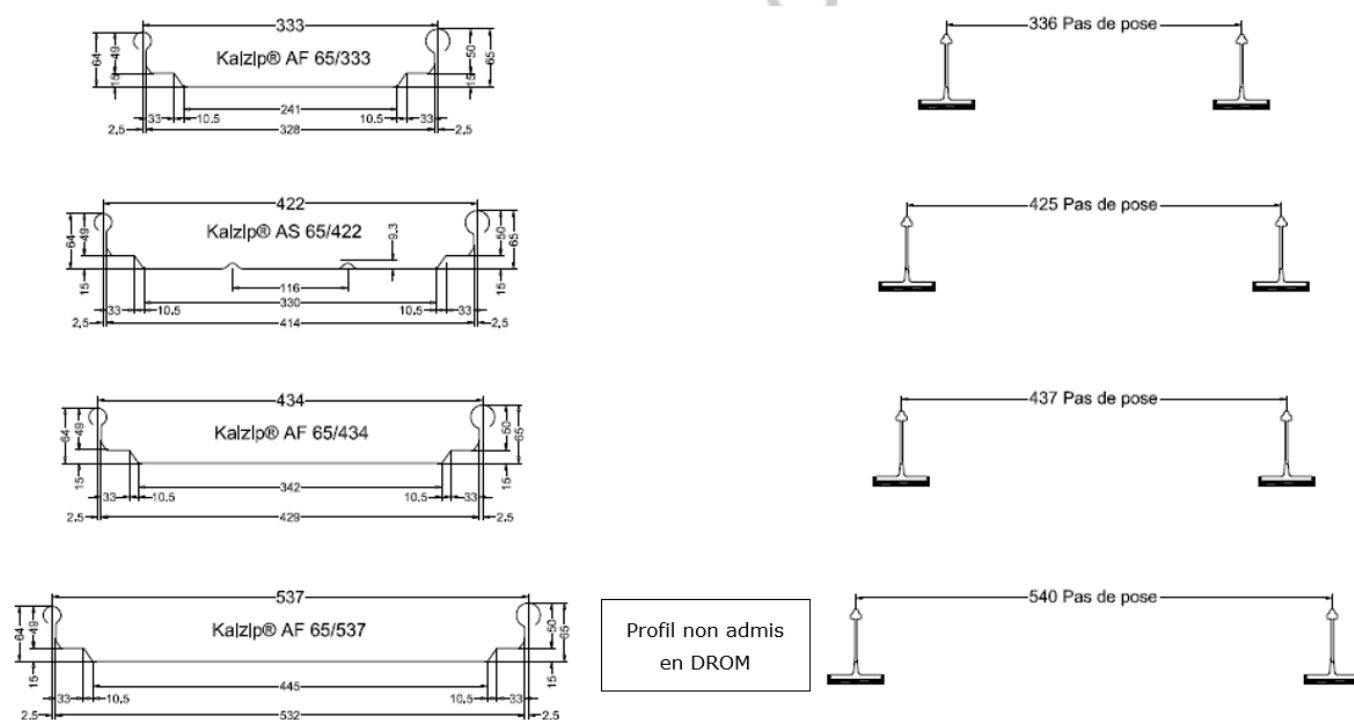


Figure 3 bis – Profils Kalzip® type « AF » ou « AS »

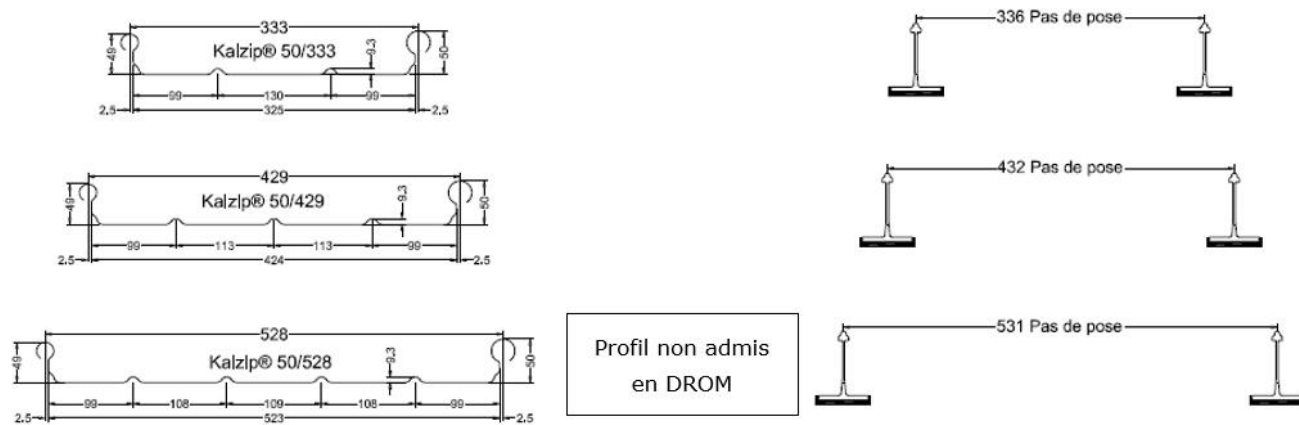
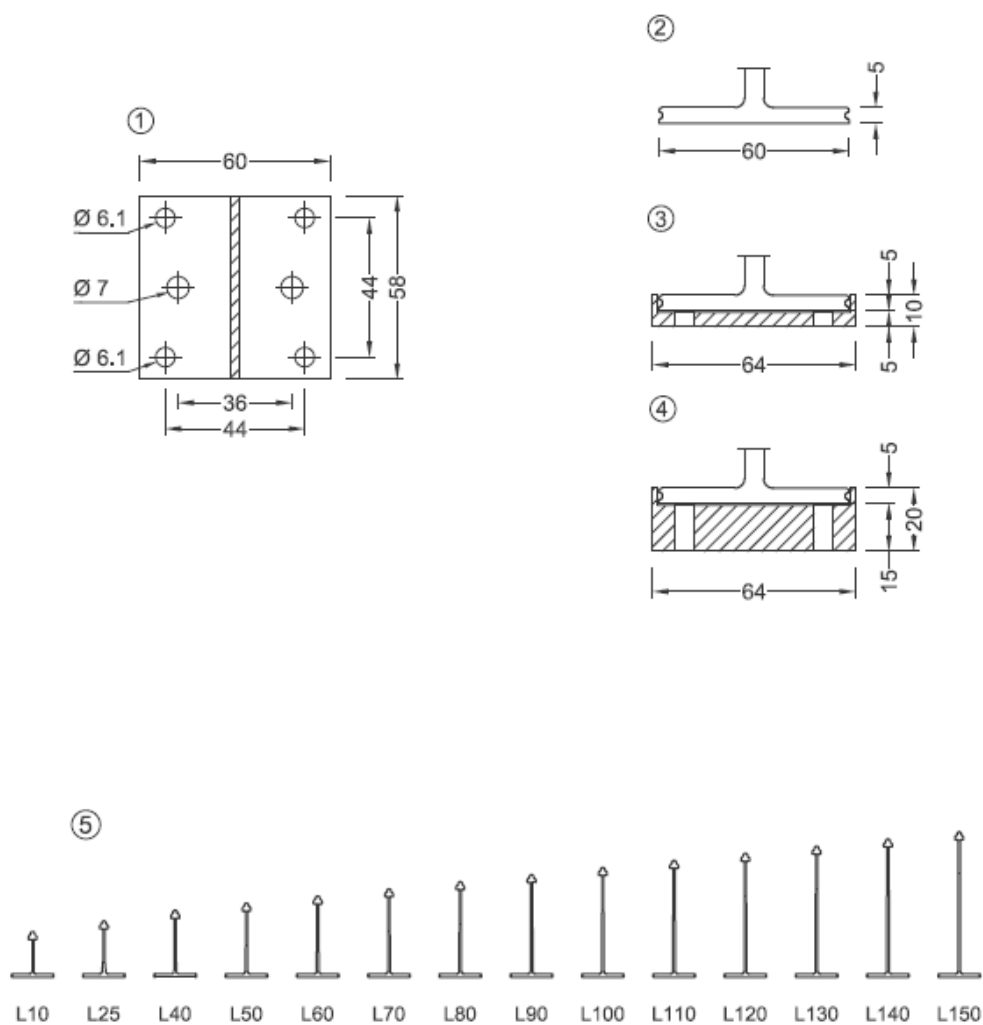
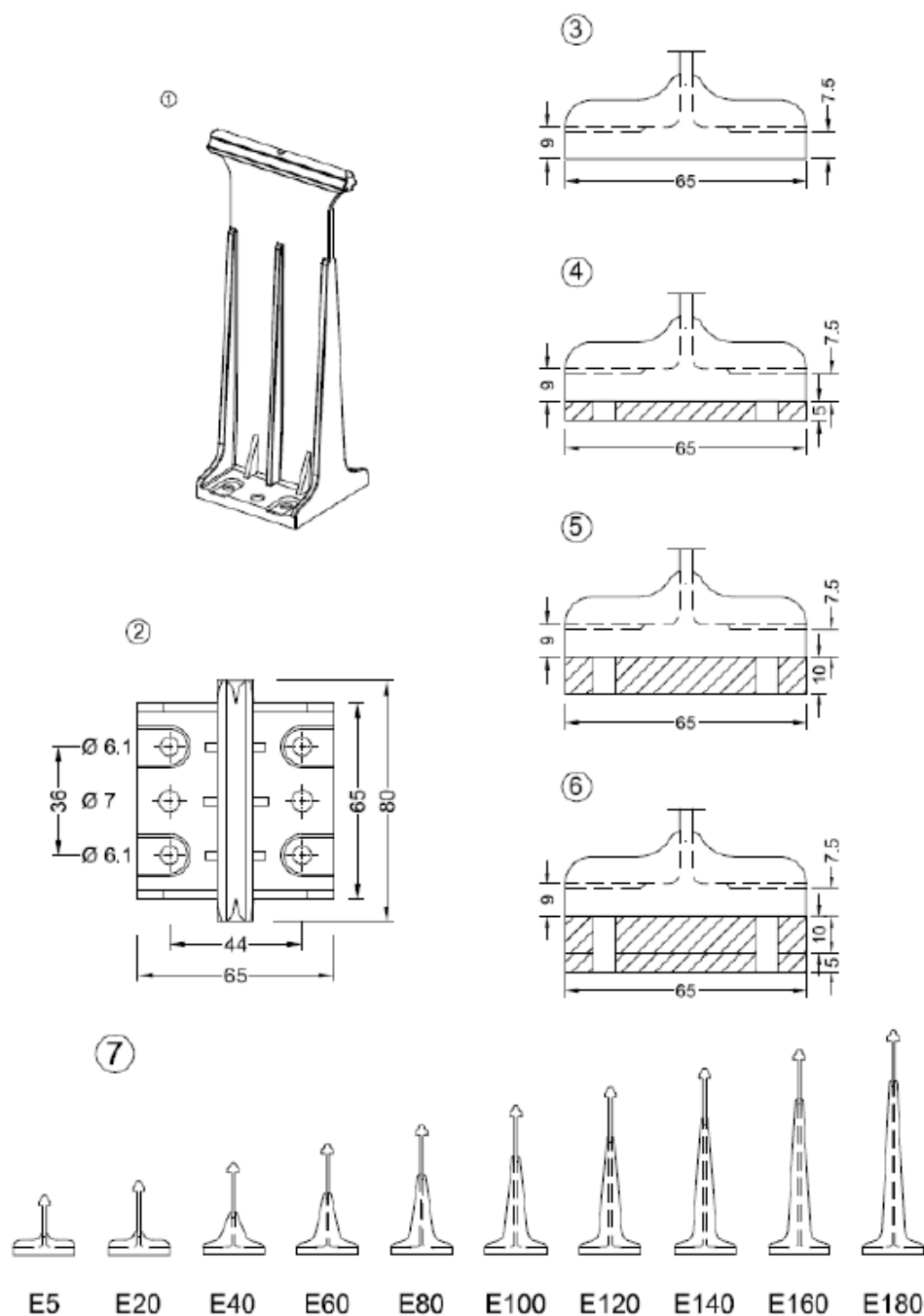


Figure 3 ter – Profils Kalzip® 50



- ① Vue en plan des pattes de fixations
- ② Embase de la patte de fixation
- ③ Embase de la patte de fixation avec sabot isolant TK5
- ④ Embase de la patte de fixation avec sabot isolant TK15
- ⑤ Famille des pattes

Figure 4 – Pattes de fixations Kalzip® en aluminium et sabots polyamides TK5 et TK15**Figure 4 bis – Pattes métal-composite Kalzip® et sabots d'écartement DK5 et DK10**

Pattes en aluminium	Pattes En métal-composite ⁽¹⁾	Hauteur totale H [mm]	Distance w2 [mm] pour Kalzip® ⁽²⁾		
			Type 65	Type AF 65	Type 50
L10	E5	66	X	5	20
L10+TK5	E5+DK5	71	X	10	25
	E5+DK10	76	X	15	30
L25	E20	81	20	20	35
L25+TK5	E20+DK5	86	25	25	40
	E20+DK10	91	30	30	45
L40	E20+DK10+DK5	96	35	35	50
L40+TK5	E40	101	40	40	55
L50	E40+DK5	106	45	45	60
L50+TK5	E40+DK10	111	50	50	65
L60	E40+DK10+DK5	116	55	55	70
L60+TK5	E60	121	60	60	75
L70	E60+DK5	126	65	65	80
L70+TK5	E60+DK10	131	70	70	85
L80	E60+DK10+DK5	136	75	75	90
L80+TK5	E80	141	80	80	95
L90	E80+DK5	146	85	85	100
L90+TK5	E80+DK10	151	90	90	105
L100	E80+DK10+DK5	156	95	95	110
L100+TK5	E100	161	100	100	115
L110	E100+DK5	166	105	105	120
L110+TK5	E100+DK10	171	110	110	125
L120	E100+DK10+DK5	176	115	115	130
L120+TK5	E120	181	120	120	135
L130	E120+DK5	186	125	125	140
L130+TK5	E120+DK10	191	130	130	145
L140	E120+DK10+DK5	196	135	135	150
L140+TK5	E140	201	140	140	155
150	E140+DK5	206	145	145	160
L150+TK5	E140+DK10	211	150	150	165
	E140+DK10+DK5	216	155	155	170
L150+TK15	E160	221	160	160	175
	E160+DK5	226	165	165	180
	E160+DK10	231	170	170	185
	E160+DK10+DK5	236	175	175	190
	E180	241	180	180	195

(1) Exclu dans le cas d'emploi en DROM (cf. § 2.5.2.3)

(2) Distance w2 décrit la distance entre la sous-face du profil et la sous-face de la patte de fixation (compris DK ou TK).

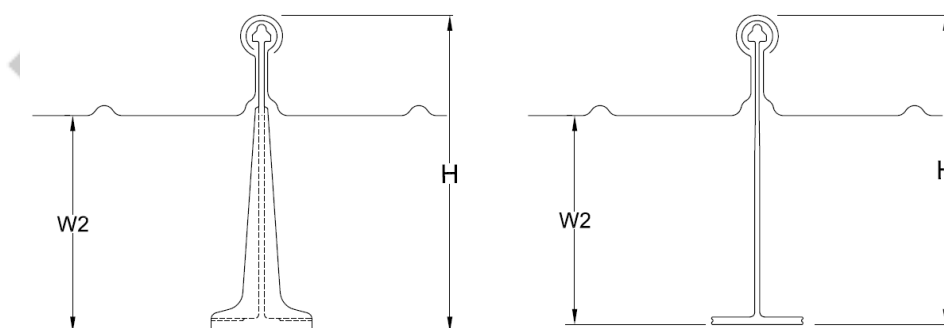
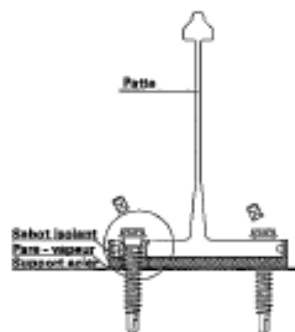
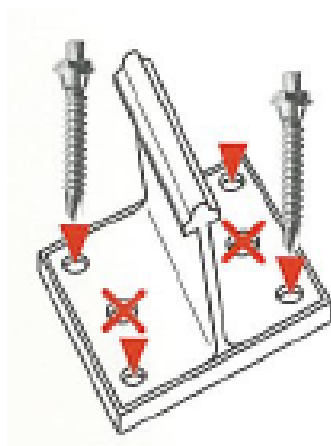


Figure 4 ter - Hauteur des pattes de fixation

Placement des vis
uniquement dans les trous
aux angles opposés
de la patte de fixation

La rupture du carré d'entraînement
est un moyen de contrôle visuel



Adaptateur DS-K265 longueur 265 mm



Figure 5 – Fixation des vis SFS SDK

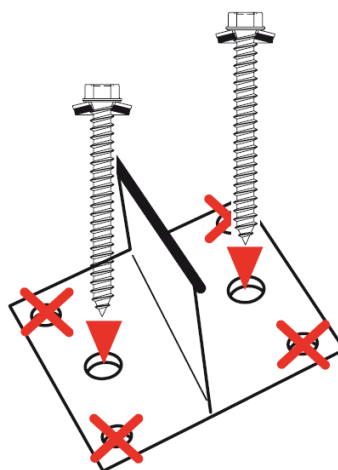
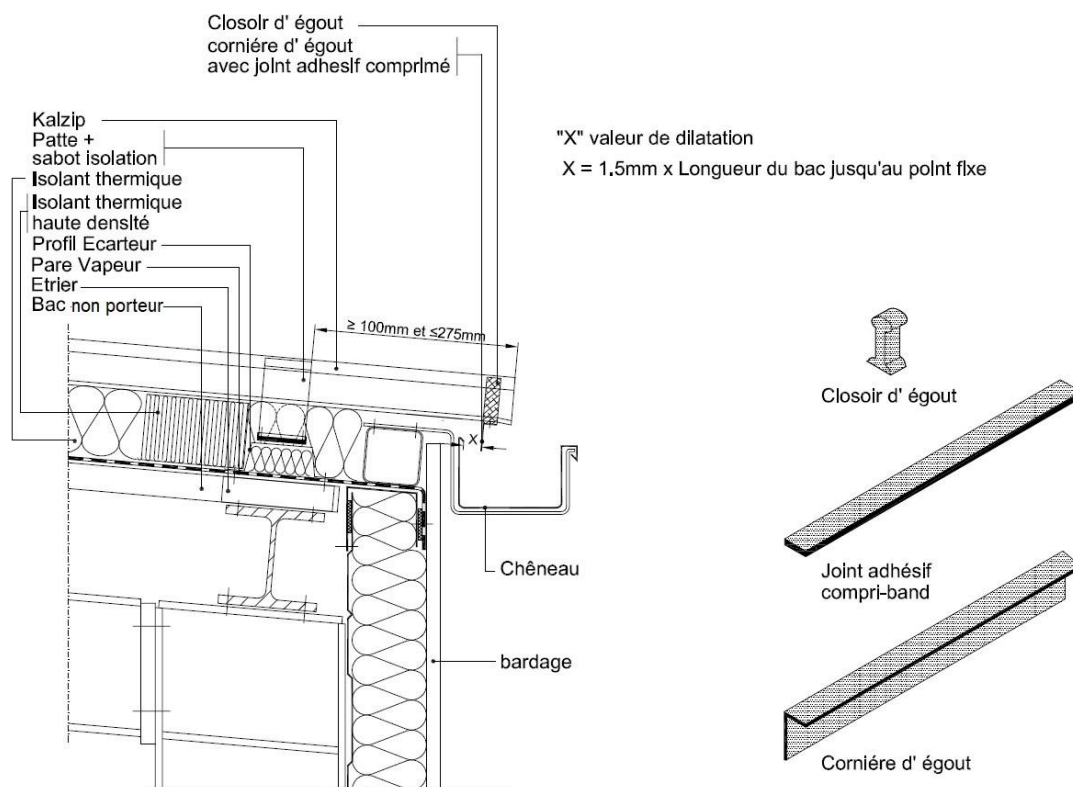


Figure 5bis – Fixation des vis SFS TDA, TDB ou SX (sauf SDK)



Le tube support du chéneau est relié à la structure du bâtiment.

Cornière d'égout fixée tous les 100 mm.

Figure 6 – Détail de l'égout

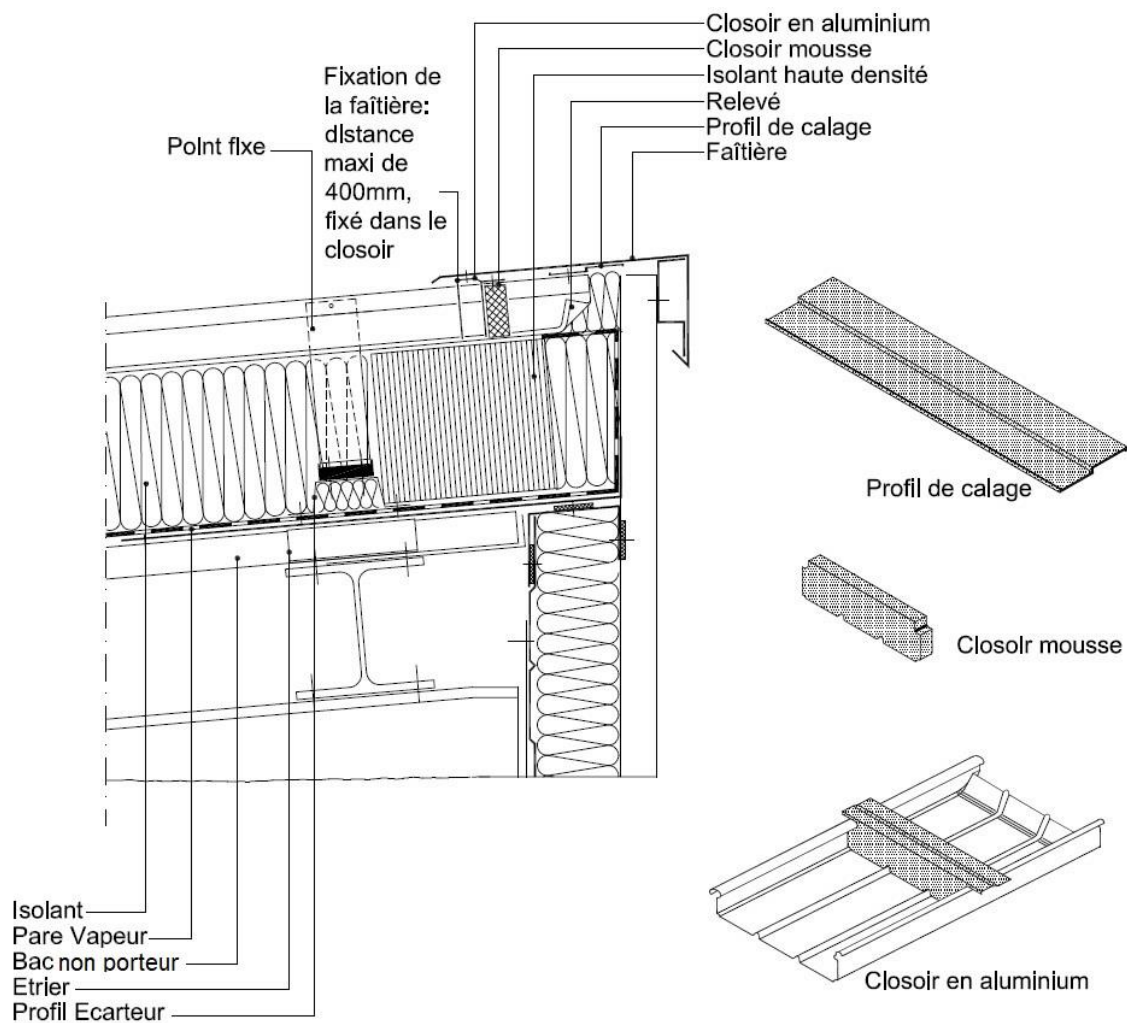


Figure 7 – Détail du faîtage normal (pente $\geq 3\%$)

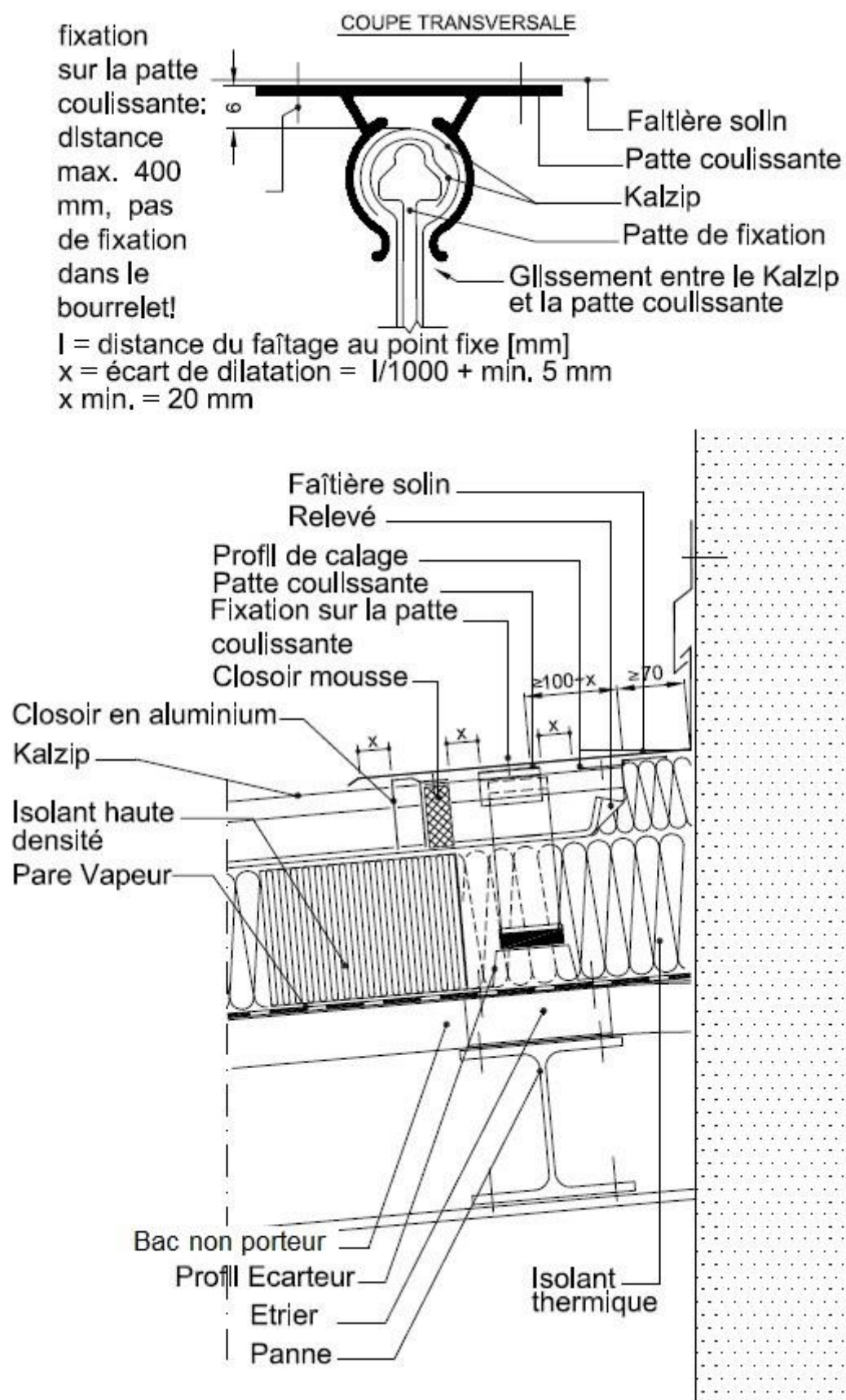
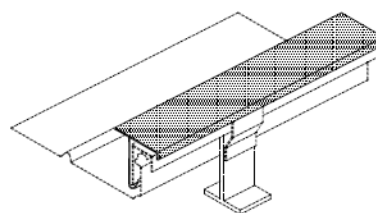
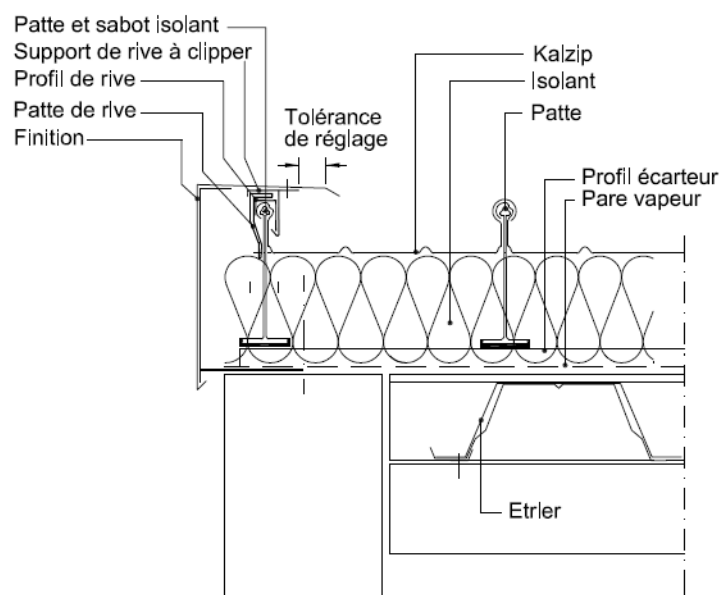
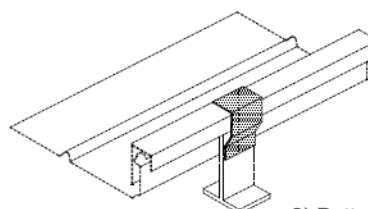


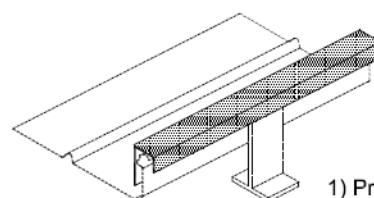
Figure 7bis - Détail du faîtage coulissant (pente $\geq 3\%$)



3) Support de rive à clipper

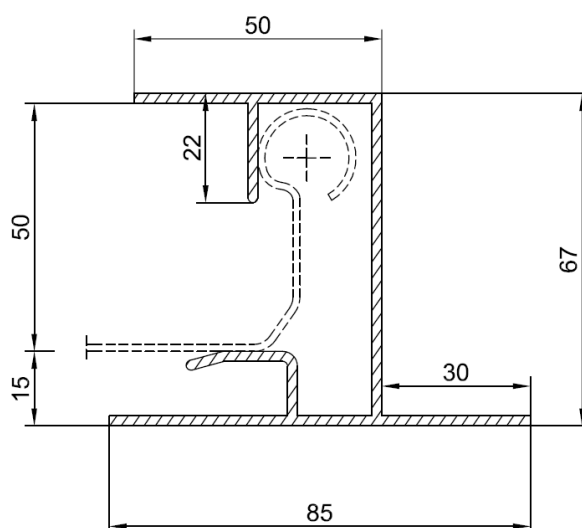
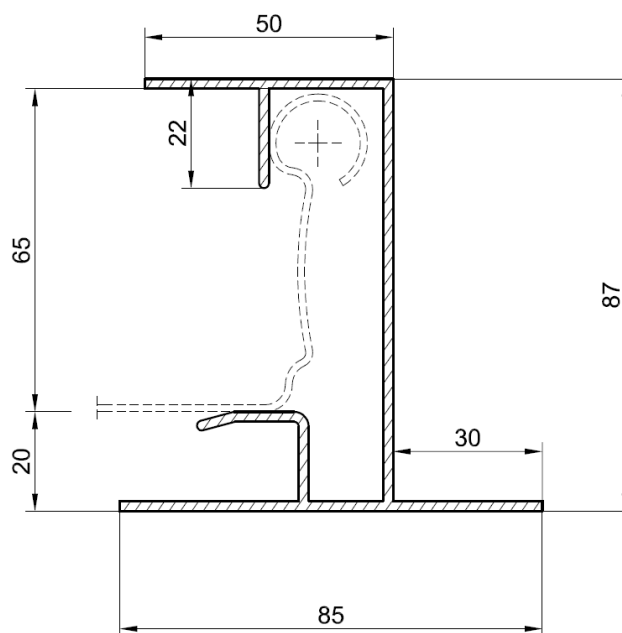


2) Patte de rive

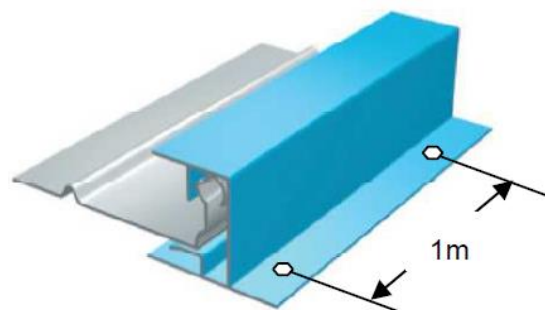


1) Profil de rive

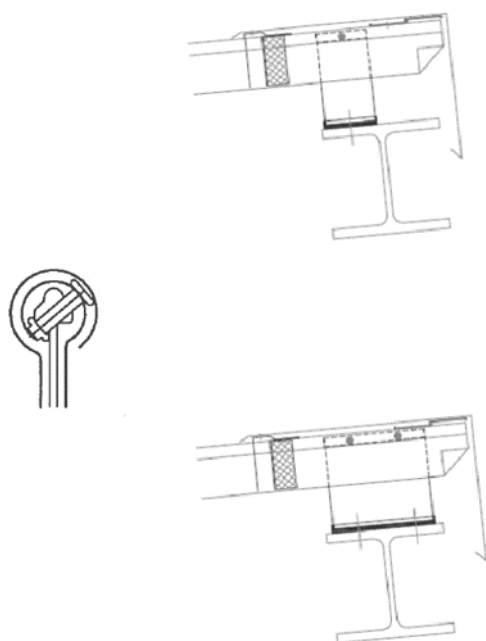
Figure 8 – Détail de rive



Longueur maximale : 3 m.



**Figure 8 bis – Profil de rive tout-en-un avec $R > 100$ m :
hauteur 50 pour les profils de type Kalzip® 50, AF 65 ou AS 65,
hauteur 65 pour les profils de type Kalzip® 65**



Détail du point fixe avec rivet pop :

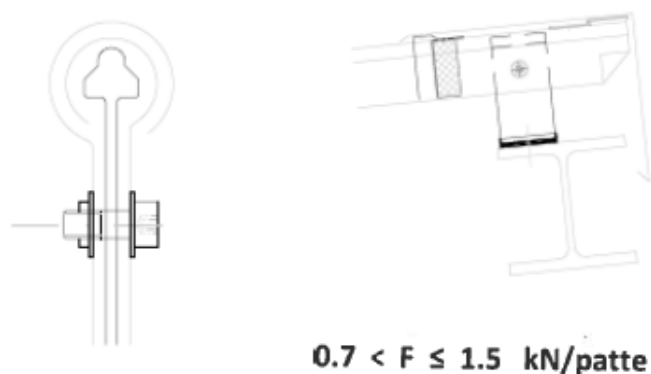
1) De faibles forces dans le point fixe peuvent être transmises par un rivet pop à travers le petit bourrelet dans la tête de la patte. Une patte de longueur simple est suffisante. En tout cas, le point fixe est à vérifier par calcul.

Le rivet pop est fixe à travers le petit bourrelet dans la tête de la patte de fixation sous un angle d'environ 45 ° avant de poser le grand bourrelet (le grand bourrelet n'est pas présenté)

2) De forces plus importantes dans le point fixe peuvent être transmises par deux ou trois rivets pop (voir note de calcul)

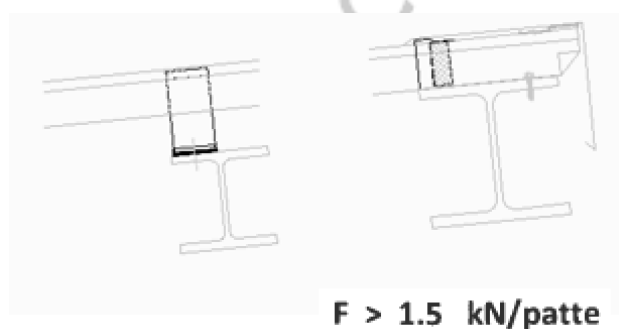
Une patte de double longueur est nécessaire.

Résistance caractéristique $V_{R,k}$ (cf. Zulassung Z-14.1-181)	1.50 kN
Coefficient de sécurité γ_M	1.33



3) De forces plus importantes dans le point fixe peuvent être transmises par un boulon traversant le joint debout et la patte de fixation. Une rondelle d'étanchéité de chaque côté est obligatoire.

$0.7 < F \leq 1.5$ kN/patte



$F > 1.5$ kN/patte

4) Le point fixe peut être réalisé directement à travers la plage des bacs au faîtage, avec protection de la tôle faîtière et du closoir de faîtage



Figure 9 – Point fixe

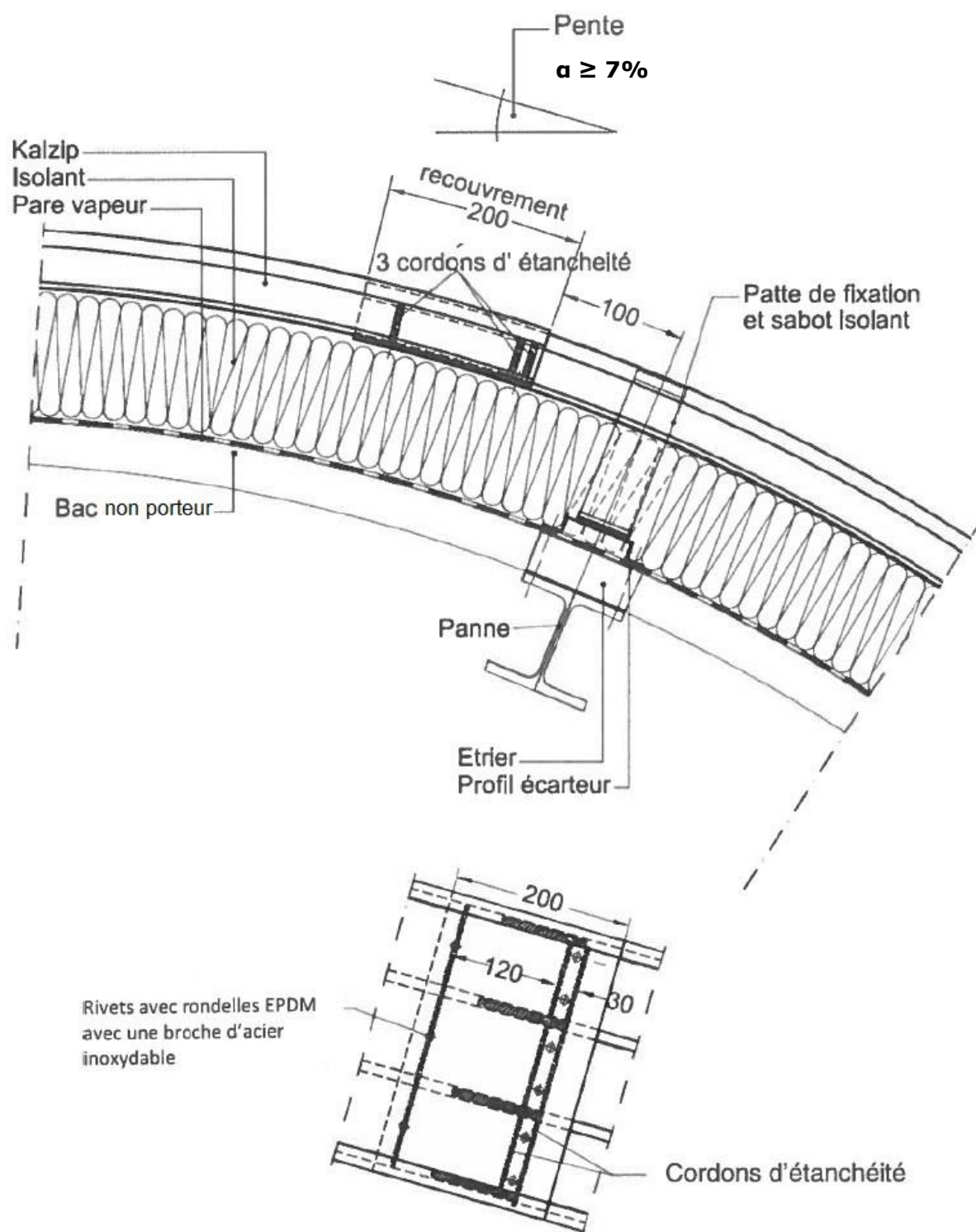


Figure 10 – Détail recouvrement transversal triple barrière (pente $\geq 7\%$)

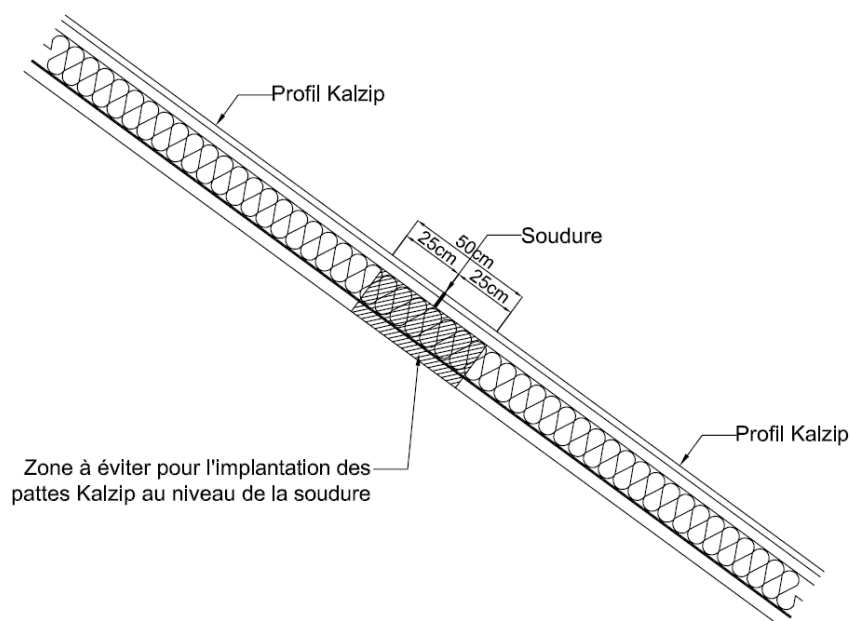


Figure 10 bis – Détail recouvrement par soudure

Attention la cote "X" correspond à la dilatation maximale au droit de la costière. Cette cote doit impérativement être respectée dans l'exécution de l'ouvrage

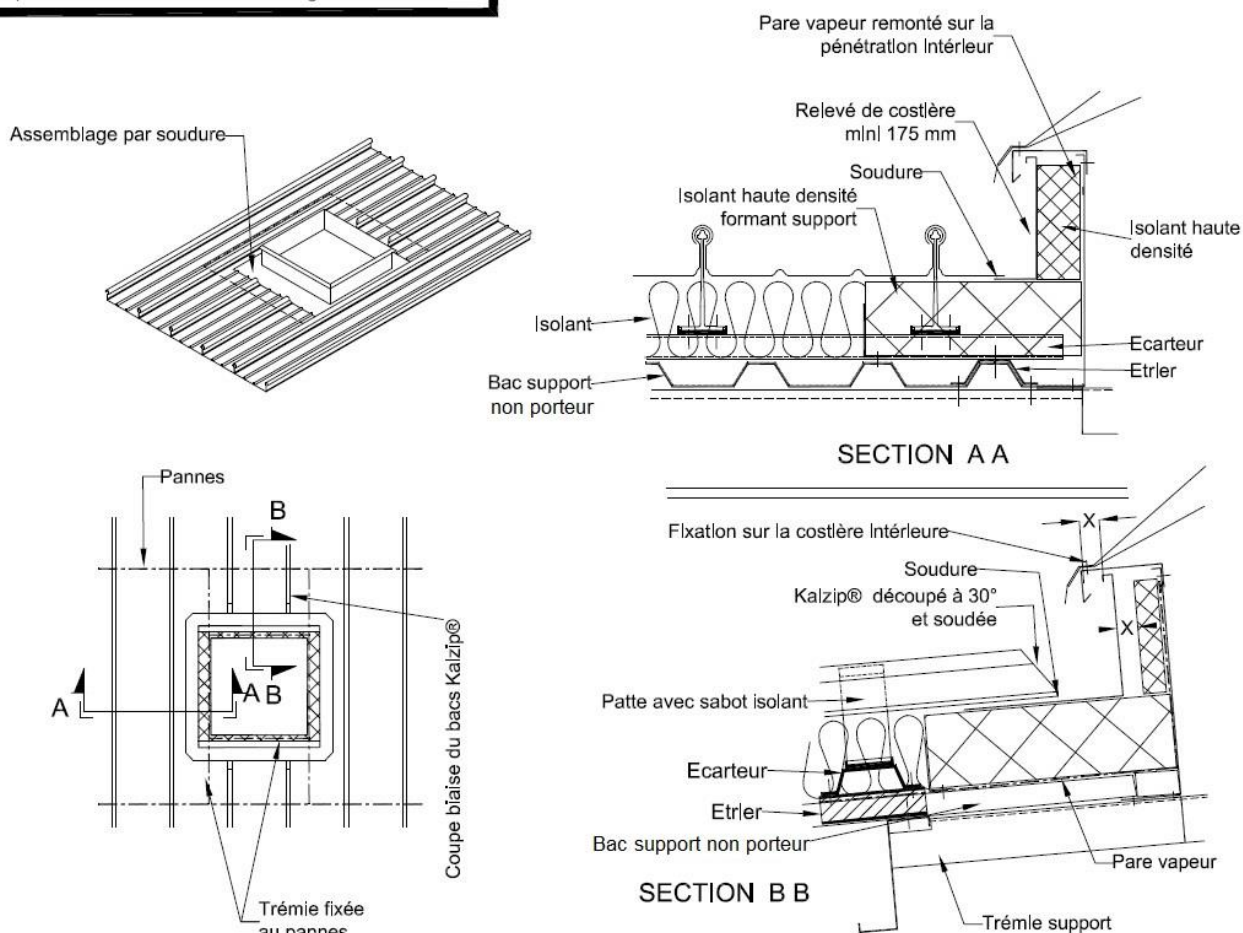


Figure 11 – Pénétration raccordée au Kalzip® par soudure

Attention la cote "X" correspond à de dilatation maximale au droit de la costière. Cette cote doit impérativement être respectée dans l'exécution de l'ouvrage

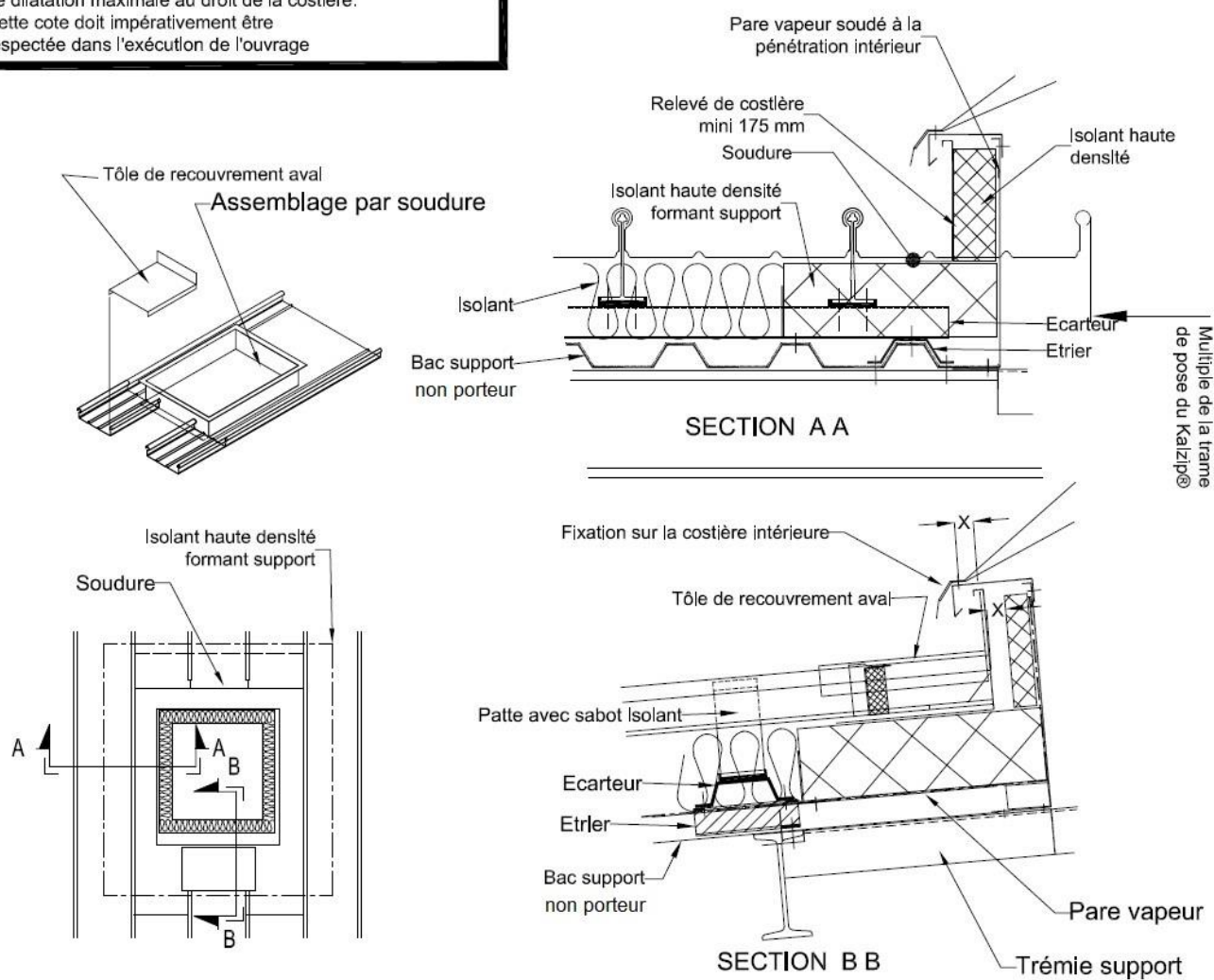


Figure 11bis - Pénétration avec recouvrement des bacs Kalzip®

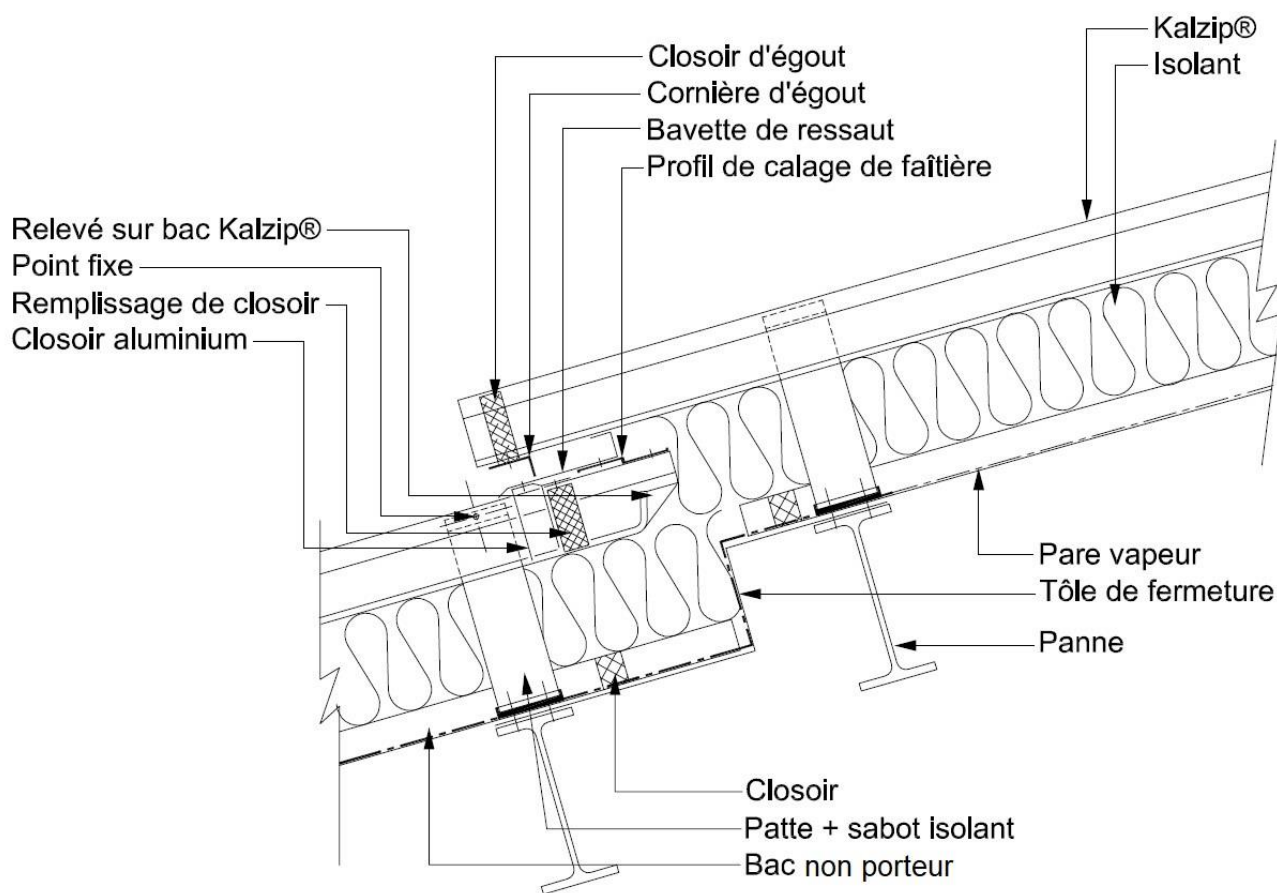


Figure 12 - Ressaut

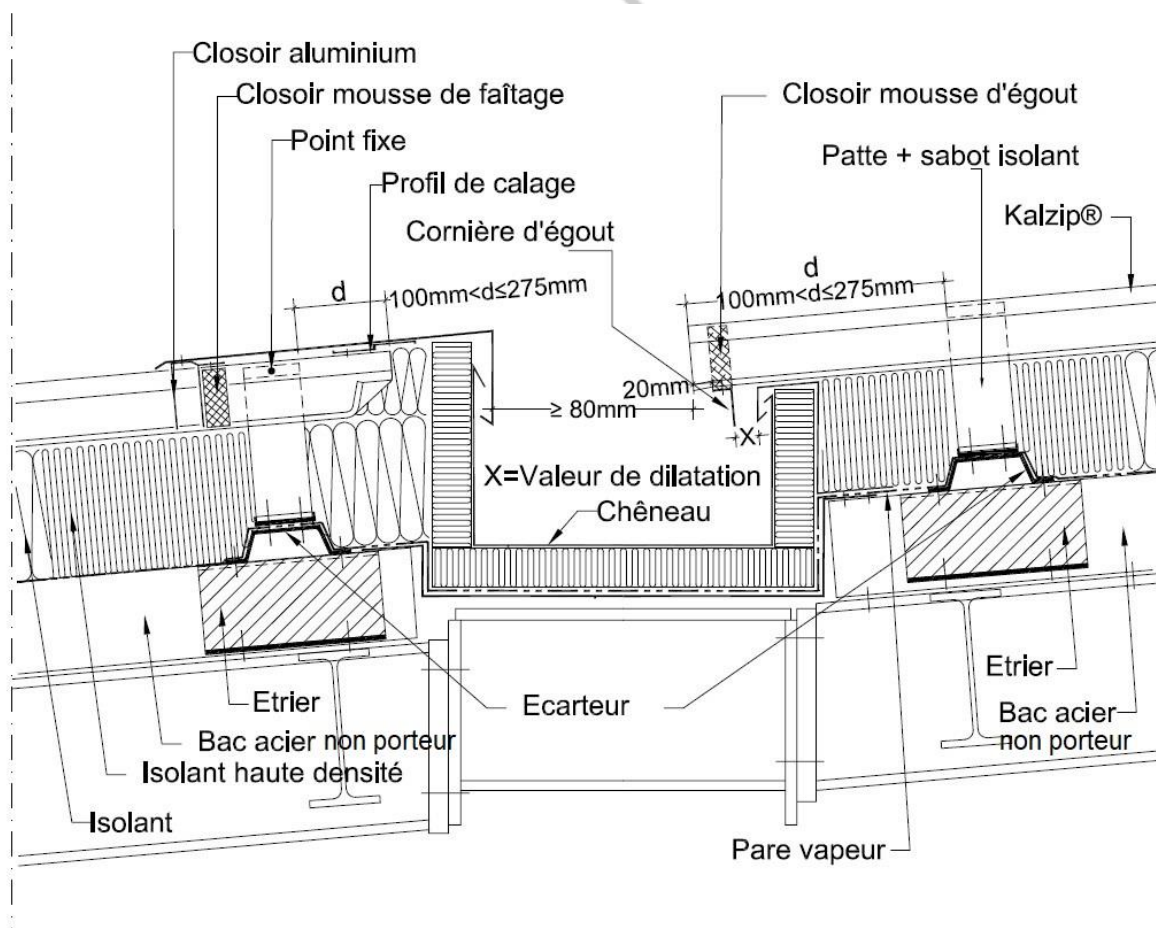
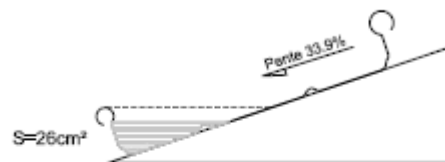
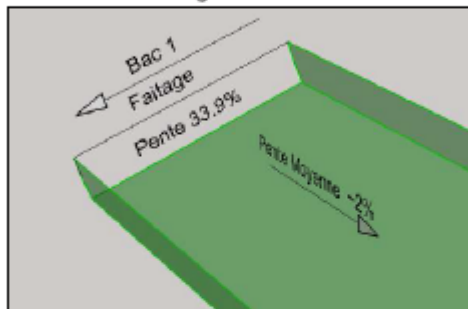


Figure 13 - Chéneau**Dévers**

Ecoulement des eaux pluviales
dans un bac Kalzip

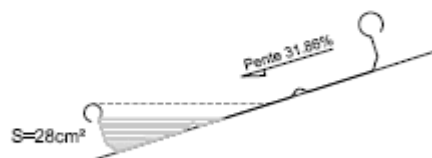
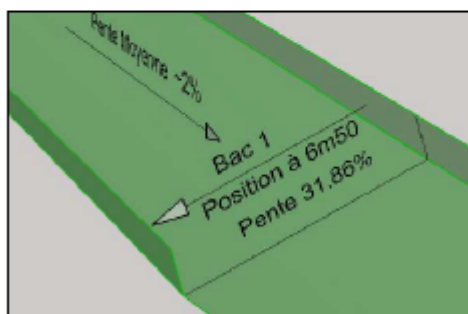
Etude d'exemple avec un bac 65/333

Devers au Faltage



Valeurs du bac Kalzip: Section = 26cm²
Pente Dev = 33,9%

Devers à l'Egout, à 6,5m du Faltage



Valeurs du bac Kalzip: Longueur = 6m50
Surface = 2,15m²
Section = 28cm²
Pente Dev. = 31,86%
Pente Long. = 2%

La section à l'égout dans cet exemple est de $S=28\text{cm}^2$ pour une surface évacuée de $2,15\text{m}^2$. Comme la section nécessaire pour évacuer une surface de 20m^2 est de 35cm^2 conformément à la norme "NF DTU 60.11 P3", majorée de 20% en raison de la forme triangulaire du chéneau, soit une section globale requise de 42cm^2 . On peut alors conclure que la section de 28cm^2 est suffisante pour évacuer une surface de couverture de $2,15\text{m}^2$, et le bac dans cette position de devers remplit parfaitement son rôle de chéneau et ne présente aucun risque de débordement des eaux pluviales.

Nota : Dans les DROM, un calcul au cas par cas est nécessaire selon les mêmes principes que ci-dessus mais en retenant l'intensité pluviométrique prescrite pour les DROM par le NF DTU 60.11 P3.

Figure 14 – Dévers

a) Convexe



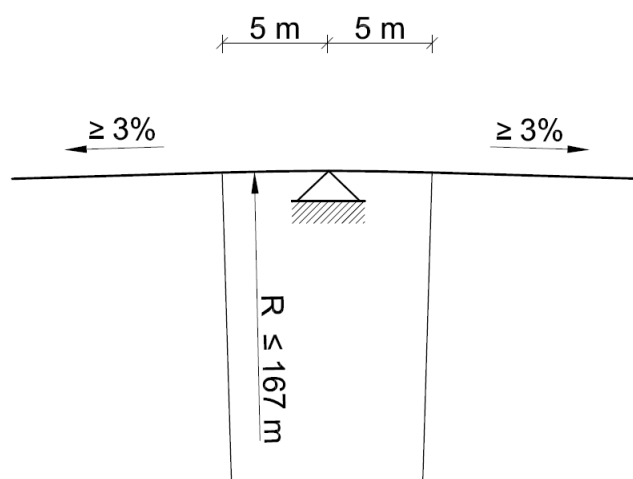
b) Concave



c) Concave - Convexe

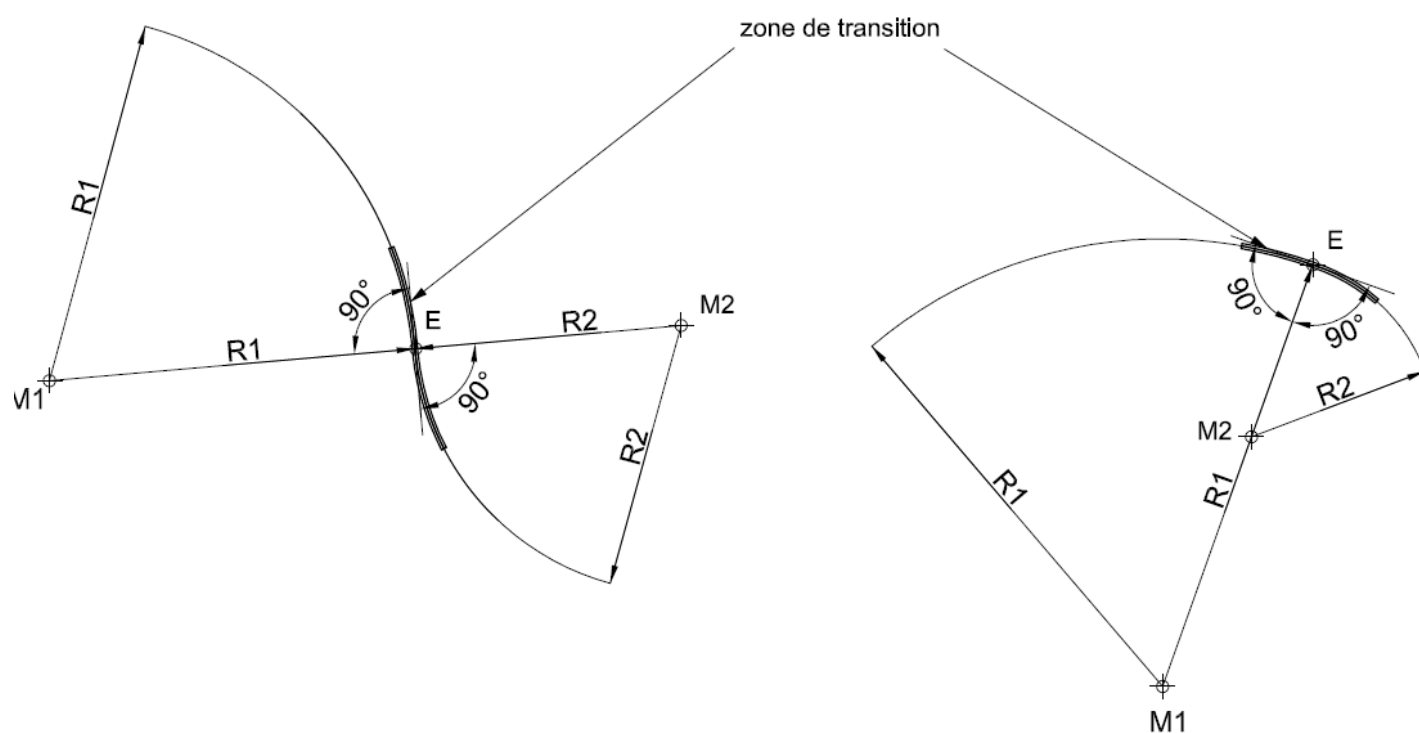


Figure 15 – Formes de l'enveloppe



Nota : Pour les conditions de franchissement de la couverture au faîtage : cf. tableau 0 du § 1.1.2.

Figure 16 – Rayon maximum au faîtage



Condition : dans tous les cas, les points $M1$ (centre du segment précédant), $M2$ (centre du segment suivant) et E (point de jonction ou tangence entre les deux segments) doivent être alignés

Figure 17 – Tangentialité : exemple de continuité entre les segments

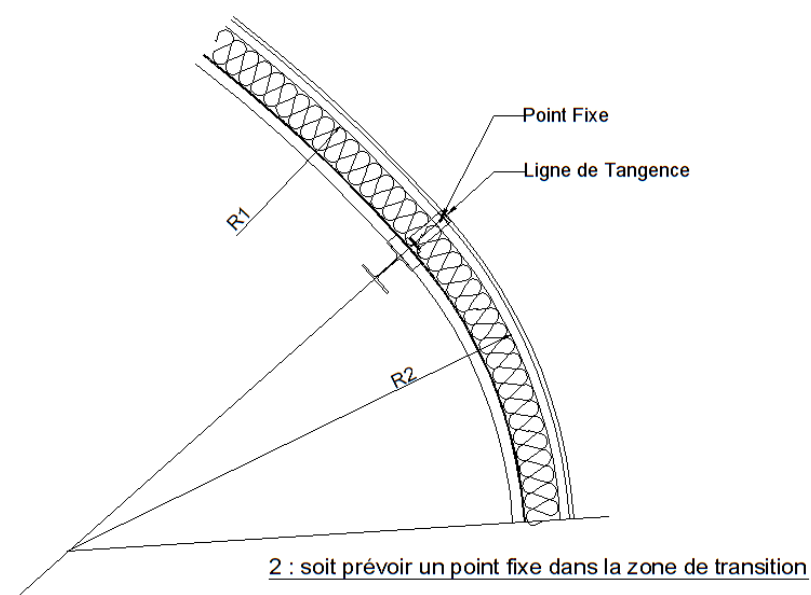
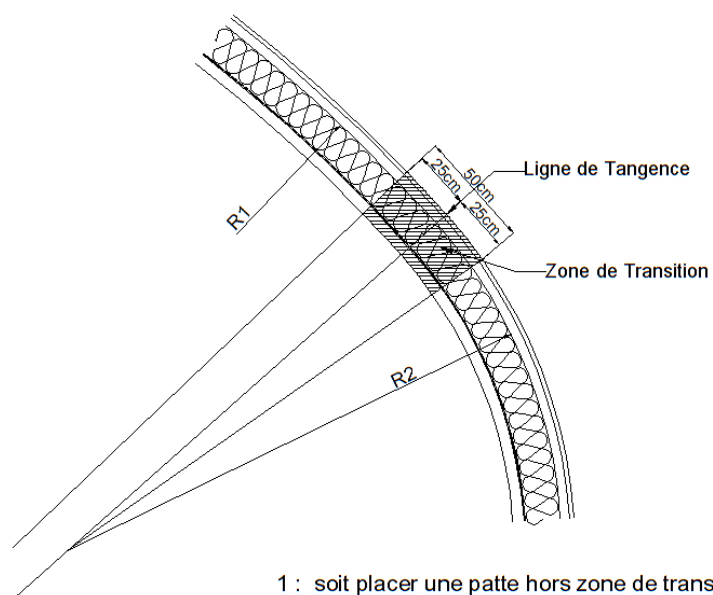


Figure 18 – Règles de mise en œuvre à la tangence de 2 rayons

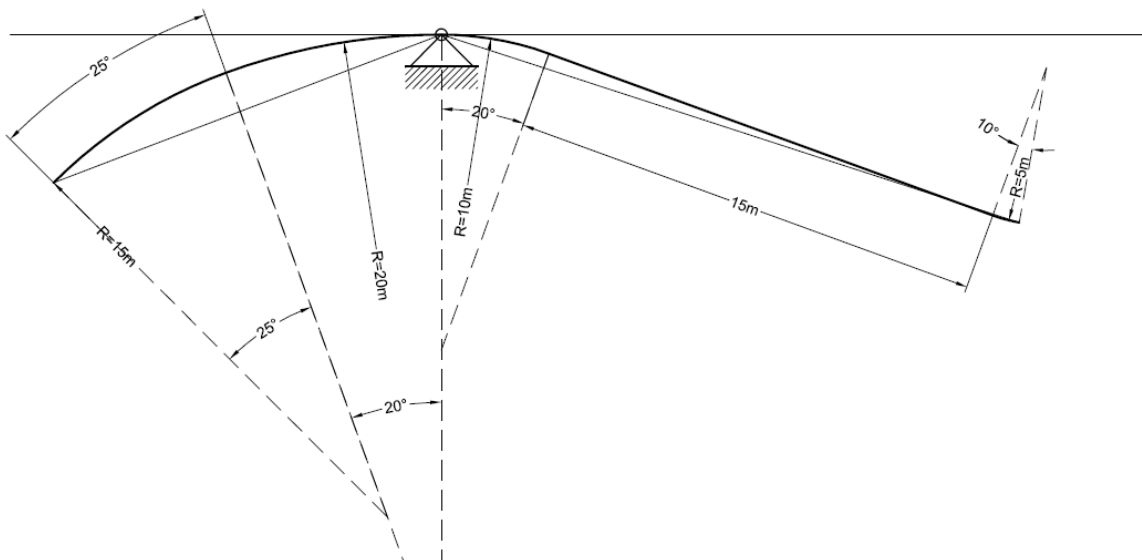


Figure 19 – Stockage des bacs Kalzip®

Annexe 1 - Exemples de calcul

Annexe 1.1 - Exemple de calcul d'un point fixe

Note : Exemple en France métropolitaine, dans le cas des DROM cf. § 2.5.3.1).



Soit :

Le profil Kalzip® 65/400/1,0.

Poids propre :

$g_k = 0,05 \text{ kN/m}^2$ (valeur caractéristique).

Charge de neige (valeur caractéristique, région C2, $A < 200 \text{ m}$) :

$s = \text{MAX} \{s_k ; s_{Ad}/1,5\}$

$s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$;

$s_{Ad} = 1,35 \text{ kN/m}^2$; $s_{Ad}/1,50 = 0,90 \text{ kN/m}^2$

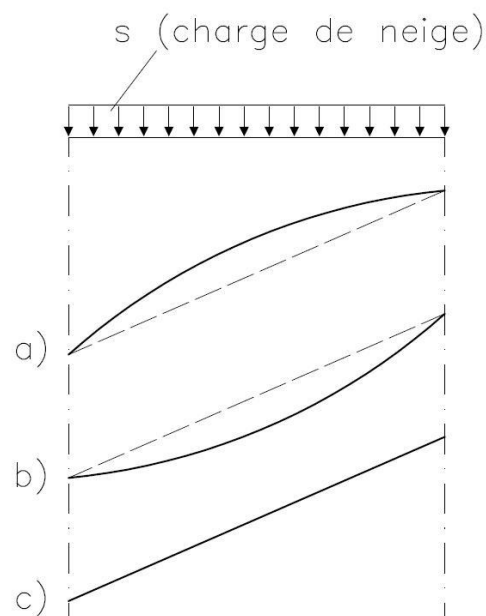
$s = 0,90 \text{ kN/m}^2$ (neige).

$T_d = (\gamma_g \cdot g_k + \gamma_q \cdot s \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot L \cdot b$.

Avec :

- T_d : la composante tangentielle (valeur de calcul en [daN]) ;
- γ_g : le coefficient partiel pour actions permanentes ($\gamma_g = 1,35$) ;
- g_k : le poids propre du bac (valeur caractéristique en [daN/m²]) ;
- γ_q : le coefficient partiel pour actions variables ($\gamma_q = 1,50$) ;
- α : la pente de la couverture (en [°]) ;
- L : la longueur du bac par rapport au point fixe (en [m]) ;
- b : la largeur du profil Kalzip® (en [m]).

La charge de neige s est indépendante de la forme de la couverture, elle correspond à une projection sur le plan horizontal (cf. exemple ci-contre : la charge de neige dans le point fixe est identique dans les 3 cas a, b et c).



Partie à **gauche** de la zone sommitale :

$$L_g = 6,54 + 6,98 = 13,52 \text{ m}$$

$$\alpha_{mg} = 21^\circ$$

Cas : poids propre + 100% charge de neige

$$T_{g100d} = (1,35 \cdot 0,05 + 1,50 \cdot 0,90 \cdot \cos 21^\circ) \cdot \sin 21^\circ \cdot 13,52 \cdot 0,4$$

$$T_{g100d} = 2,57 \text{ kN/patte}$$

Cas : poids propre + 50% charge de neige

$$T_{g50d} = (1,35 \cdot 0,05 + 1,50 \cdot 0,45 \cdot \cos 21^\circ) \cdot \sin 21^\circ \cdot 13,52 \cdot 0,4$$

$$T_{g50d} = 1,35 \text{ kN/patte}$$

Partie à **Droite** de la zone sommitale :

$$L_d = 3,49 + 15,00 + 0,87 = 19,36 \text{ m}$$

$$\alpha_{md} = 18^\circ$$

Cas : poids propre + 100% charge de neige

$$T_{d100d} = (1,35 \cdot 0,05 + 1,50 \cdot 0,90 \cdot \cos 18^\circ) \cdot \sin 18^\circ \cdot 19,36 \cdot 0,4$$

$$T_{d100d} = 3,23 \text{ kN/patte}$$

Cas : poids propre + 50% charge de neige

$$T_{d50d} = (1,35 \cdot 0,05 + 1,50 \cdot 0,45 \cdot \cos 18^\circ) \cdot \sin 18^\circ \cdot 19,36 \cdot 0,4$$

$$T_{d50d} = 1,70 \text{ kN/patte}$$

La patte de fixation est à dimensionner.

Pour 100 % de neige à droite + 50 % de neige à gauche

$$T_{res,d} = T_{d100d} - T_{g50d} = 3,23 - 1,35 = 1,88 \text{ kN/patte}$$

La charge linéaire pour la charpente est donc :

$$T_L = 1,88 \text{ kN/patte} / 0,400 \text{ m} = 4,70 \text{ kN/m}$$

Elle s'applique au niveau du bourrelet du profil Kalzip®.

a) Transmission de la charge du bac Kalzip® à la tête de la patte

La résistance caractéristique d'un rivet Gesipa Poly Grip Aluminium $\varnothing 4,8 \text{ mm}$ est de $V_{R,k} = 1,50 \text{ kN}$;

Le coefficient de sécurité γ_M sur les fixations est de 1.33 ;

La résistance de calcul est de $V_{R,d} = 1,13 \text{ kN}$.

Pour la force de 1,88 kN/patte, on a besoin de $1,88/1,13 = 1,66 < 2$ rivets par patte.

b) Transmission de la charge de la patte de fixation au profil écarteur $t=1,5 \text{ mm}$

La hauteur de la patte de fixation L25 avec sabot isolant TK5

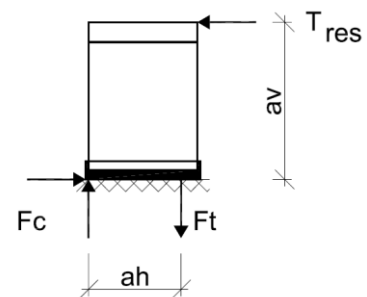
ce qui signifie que le bras de levier pour $T_{d,res}$ est de $av = 86 \text{ mm}$,

Le bras de levier entre les vis qui prennent la force de traction (F_t) et l'extrémité de la patte qui prend la force de compression est de $ah = 51 \text{ mm}$.

Pour des raisons d'équilibre on calcule :

$$F_{td} = T_{res,d} \cdot av / ah = 1,88 \cdot 86 / 51 = 3,17 \text{ kN}$$

$$F_{cd} = T_{res,d} = 1,88 \text{ kN/patte}$$



Pour une vis SFS SDK3-S-377-6,0x30 dans une sous structure en acier de $t=1,5 \text{ mm}$:

la résistance de calcul en traction

$$N_{R,d} = 1,61 \text{ kN/vis},$$

la résistance de calcul en cisaillement

$$V_{R,d} = 0,73 \text{ kN/vis (sans ou avec sabot isolant TK5 ou TK15)}.$$

Donc il faut :

$$n_t = 3,17 / 1,61 < 2 \text{ vis pour la charge de traction et}$$

$$n_c = 1,88 / 0,73 > 2 \text{ vis pour la charge de cisaillement.}$$

Recours à une patte double longueur :

$$F_{td} = T_{res,d} \cdot a_v / a_h = 1,88 \cdot 86 / 105 = 1,54 \text{ kN}$$

$$F_{Cd} = T_{res,d} = 1,88 \text{ kN/patte}$$

Donc il faut :

$$n_t = 1,54 / 1,61 = 0,96 < 1 \text{ vis pour la charge de traction et}$$

$$n_c = 1,88 / 0,73 = 2,57 < 3 \text{ vis pour la charge de cisaillement.}$$

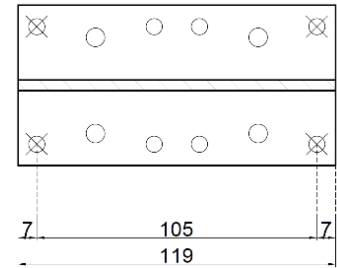
$$n_t + n_c = 1 + 3 = 4 \text{ vis SFS SDK3-S-377-6,0xL}$$

Le point fixe est réalisé comme suit :

une patte de fixation L25 (double longueur) avec sabot isolant TK5

fixation sur le profil d'écarteur d'épaisseur 15/10 mm

avec $(2 + 2) = 4$ vis SFS SDK3-S-377-6,0xL.



c) Transmission de la charge du profil écarteur t=1,5 mm à l'étrier t = 2,5 mm

La hauteur de l'écarteur est de 30 mm.

Le bras de levier pour T_{res} est de donc $a_v = 86 + 30 = 116$ mm.

Le bras de levier entre les vis, sollicitées par la force, est de $a_h = 150$ mm.

Pour des raisons d'équilibre on calcule :

$$F_t = T_{res,d} \cdot a_v / a_h = 1,88 \cdot 116 / 150 = 1,45 \text{ kN} = 3,63 \text{ kN/m}$$

$$F_c = T_{res,d} = 1,88 \text{ kN/patte} = 4,70 \text{ kN/m.}$$

Pour une vis SFS SX5/9-S16-6,0x29 dans une structure intermédiaire

en acier de $t=2,5$ mm soit :

$$\text{la valeur de calcul en traction} \quad N_{R,d} = 4,15/1,33 = 3,12 \text{ kN/vis et}$$

$$\text{la valeur de calcul en cisaillement} \quad V_{R,d} = 5,20/1,33 = 3,91 \text{ kN/vis.}$$

Donc il faut :

$$n_t = 3,63 / 3,12 = 1,20 \text{ vis/m} \rightarrow e_{vis} < 0,84 \text{ m}$$

$$n_c = 4,70 / 3,91 = 1,20 \text{ vis/m} \rightarrow e_{vis} < 0,83 \text{ m}$$

pour des raisons constructives, on dispose une vis de chaque côté tous les 0,50 m.

ce qui correspond à deux vis par étrier ($e=50$ cm).

d) Transmission de la charge de l'étrier t = 2,5 mm à une panne acier (HEB 160)

La hauteur de l'étrier est de 50 mm.

Le bras de levier pour $T_{res,d}$ est de donc $a_v = 116 + 50 = 166$ mm.

Le bras de levier entre les vis, sollicitées par la force, est de $a_h = 210$ mm.

Pour des raisons d'équilibre on calcule :

$$F_t = T_{res,d} \cdot a_v / a_h = 4,70 \cdot 166 / 210 = 3,72 \text{ kN/m}$$

$$F_c = T_{res,d} = 4,70 \text{ kN/m.}$$

Pour une vis SFS TDB-S-S16-6,3x25 dans une structure intermédiaire

en acier de $t= 6,0$ mm soit :

$$\text{la valeur de calcul en traction} \quad N_{R,d} = 5,90/1,33 = 4,43 \text{ kN/vis et}$$

$$\text{la valeur de calcul en cisaillement} \quad V_{R,d} = 7,30/1,33 = 5,48 \text{ kN/vis.}$$

Donc il faut :

$$n_t = 3,72 / 4,43 = 0,84 \text{ vis/m} \rightarrow e_{vis} < 1,19 \text{ m}$$

$$n_c = 4,70 / 5,48 = 0,86 \text{ vis/m} \rightarrow e_{vis} < 1,17 \text{ m}$$

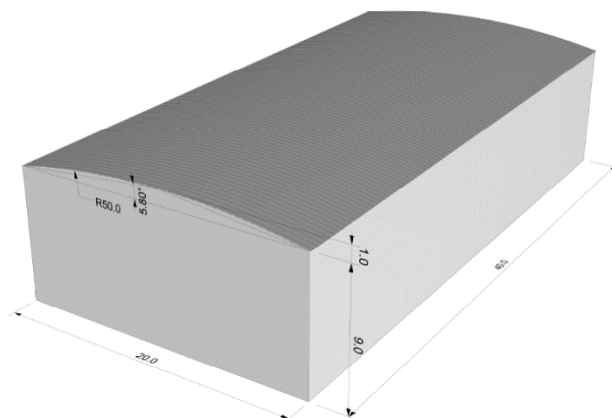
Pour des raisons constructives on dispose une vis de chaque côté tous les 0,50 m, ce qui correspond à deux vis par étrier ($e=50$ cm).

Annexe 1.2 - Exemple de calcul de portée

Bâtiment de base rectangulaire (dimensions cf. schéma ci-contre)
Situé à Perpignan (66 Pyrénées-Orientales),
Altitude 20 m.

Bâtiment fermé, couverture chaude,
Longueur : $l = 40$ m ;
largeur : $d = 20$ m,
hauteur de l'égout $h = 9$ m
hauteur du faîtage : $f + h = 10$ m,
rayon de cintrage : 50 m

Composition de la couverture : (du haut vers le bas)
Profil Kalzip 65/400/1,0
Pattes de fixation E60 fixées avec deux vis SFS SDK3 sur
Profil écarteur $t=1,5$ mm
Etrier $t=2,5$ mm
Panne acier



Charges descendantes :

Poids propre :

Le poids propre des profils Kalzip est déjà intégré dans les tableaux de charge (cf. § 2.3.3)

Charge de neige :

Selon NF EN 1991-1-3/NA (2007),

Tableau A1 : Région de neige = D

$S_k = 0,90$ kN/m² ($\Delta s = 0$ kN/m²)

$S_{Ad} / 1,5 = 1,80 / 1,50 = 1,20$ kN/m² → $S = 1,20$ kN/m²

Tableau 7 : Kalzip profil 65/400/1,0

Rayon de cintrage $R < 75$ m ; nombre d'appuis : ≥ 4 ; Sollicitation : pression

→ Portée maximale : 2,01 m (Interpolation entre 1,29 kN/m² et 1,17 kN/m²)

Charges ascendantes :

Poids propre : Négligé.

Charge de vent : Le calcul détaillé selon l'Eurocode 1 partie 1-4 « Actions de vent » (NF EN 1991-1-4) et son Annexe national (NF EN 1991-1-4/NA) est possible. Dans cet exemple la méthode simplifiée du E-Cahier 3804_V2 du CSTB est appliquée.

Selon E-Cahier 3804_V2 du CSTB, tableau 1.4 (Annexe 1) :

Région 3, Rugosité IIIb (zone industrielle), hauteur 10 m

Zone centrale ($c_p = -1,4$) : $W_k = c_p \cdot q_{p(z)} = 0,818$ kN/m²

Zone de rive ($c_p = -2,6$) : $W_k = c_p \cdot q_{p(z)} = 1,519$ kN/m²

Angles ($c_p = -3,8$) : $W_k = c_p \cdot q_{p(z)} = 2,221$ kN/m²

Les valeurs W_k sont à comparer aux valeurs du tableau 7 du présent document : Kalzip profil 65/400/1,0,

Rayon de cintrage < 75 m ; nombre d'appuis : ≥ 4 ; Sollicitation : dépression.

Nota : les vérifications de tenue des fixations sont incluses dans les tableaux de charges (cf. § 2.3.3)

Exemples :

Zone centrale : $W_k = 0,818$ kN/m²

Portée 3,25 m ($R > 100$ m) = 2,44 m ($R < 75$ m) répond à une charge de 0,88 kN/m²

Portée 3,50 m ($R > 100$ m) = 2,63 m ($R < 75$ m) répond à une charge de 0,77 kN/m²

par interpolation linéaire : → Portée maximale : 2,54 m.

Angles : $W_k = 2,221$ kN/m²

Portée 1,25 m ($R > 100$ m) = 0,94 m ($R < 75$ m) répond à une charge de 2,42 kN/m²

Portée 1,50 m ($R > 100$ m) = 1,13 m ($R < 75$ m) répond à une charge de 2,02 kN/m²

par interpolation linéaire : → Portée maximale : 1,03 m.

Annexe 2 - Exemple de calcul de ponts thermiques

Les bâtiments équipés de ce procédé soumis à la réglementation thermique, doivent faire l'objet d'études énergétiques pour vérifier le respect des réglementations thermiques en vigueur, pour les bâtiments neufs et existants selon le cas.

Ces études tiennent compte du coefficient de transmission surfacique global d'une paroi U_p (en $W/(m^2.K)$), ponts thermiques intégrés pris en compte, qui est calculé de la façon suivante :

$$U_p = U_c + \frac{\psi_1}{E_1} + n_1 \times \chi_1 + \frac{\chi_2}{E_1 \times E_2}$$

Avec :

- U_c : coefficient de transmission thermique en partie courante, en $W / (m^2.K)$;
- ψ_1 : coefficient de transmission linéique du pont thermique intégré lié à un écarteur Oméga, en $W/(m.K)$;
- E_1 : entraxe des écarteurs Oméga, en m ;
- n_1 : densité de pattes en aluminium avec sabot isolant, en m^{-2} ;
- χ_1 : coefficient de transmission ponctuel du pont thermique intégré lié à une patte en aluminium ou métal-composite associée à son sabot isolant, en W/K ;
- χ_2 : coefficient de transmission ponctuel du pont thermique intégré lié au croisement entre un écarteur Oméga et une nervure du bac acier, en W/K ;
- E_2 : entraxe des nervures du bac acier, en m.

La résistance thermique totale d'une paroi R (en $(m^2.K) / W$), ponts thermiques intégrés pris en compte, se fait de la façon suivante :

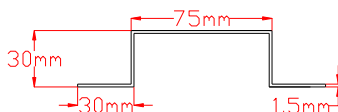
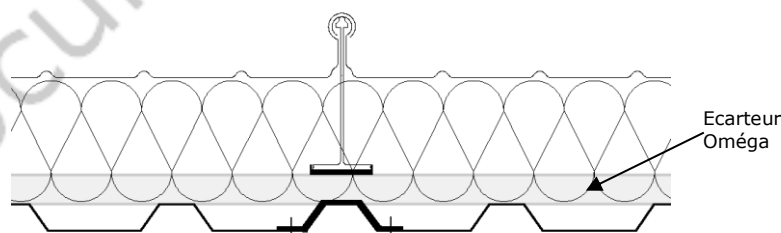
$$R = \frac{1}{U_p} - 0,2$$

Les valeurs suivantes ont été calculées (cf. rapports CSTB de calcul des ponts thermiques intégrés et des coefficients de transmission surfaciques U_p n° DIR/HTO-2014-010-AD/LS du 20 janvier 2014 et n° DEB/HTO-2020-096-FaL/LB du 29 juillet 2020) suivant la configuration ci-dessous qui se compose, de l'intérieur vers l'extérieur :

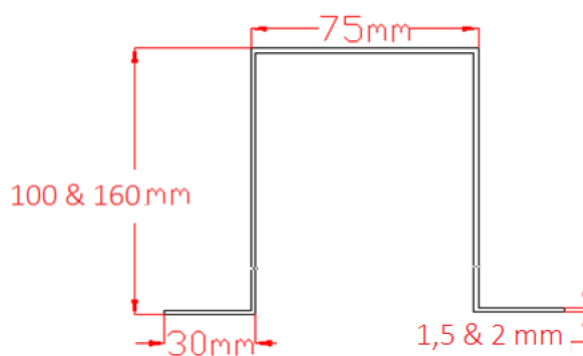
- D'un bac acier nervuré de type 45/150 de 0,75 mm d'épaisseur ;
- D'écarteurs Oméga de 30 mm de hauteur et de 1,5 mm d'épaisseur (cf. tableaux a. à e.), ou Oméga de 100 mm de hauteur et de 1,5 mm d'épaisseur ou de 160 mm de hauteur et de 2 mm d'épaisseur (cf. tableaux f. et g.) posés sur le bac acier ;
- De pattes supports de couverture de hauteur variable posées sur les écarteurs Oméga ;
- D'une isolation posée sur le bac support, la conductivité thermique utile de l'isolant étudié étant de 0,035 $W/(m.K)$;
- D'une couverture en bacs profilés en aluminium Kalzip® de 1 mm d'épaisseur et de hauteur égale à 50 ou 65 mm fixés sur les pattes ;

L'épaisseur utile d'isolation est déduite de la hauteur de l'écarteur Oméga, de la hauteur de la patte étudiée et de la hauteur de la couverture.

Cette configuration avec Omégas posés directement sur le bac est défavorable (ponts thermiques à chaque croisement nervure / Oméga) par rapport à la configuration réelle avec étrier ci-dessous :



Écarteur oméga de hauteur 30 mm et d'épaisseur 1,5 mm



**Écarteur oméga de hauteur 100 mm et d'épaisseur 1,5 mm
ou de hauteur 160 mm et d'épaisseur 2 mm.**

Les configurations étudiées sont les suivantes :

- Avec écarteur oméga de hauteur 30 mm et d'épaisseur 1,5 mm :
 - a. Patte en aluminium avec sabot isolant TK5 (sabot en polyamide de 5 mm d'épaisseur) ;
 - b. Patte en aluminium avec sabot isolant TK15 (sabot en polyamide de 15 mm d'épaisseur) ;
 - c. Patte métal-composite (acier recouvert de polyamide) sans sabot isolant ;
 - d. Patte métal-composite (acier recouvert de polyamide) avec sabot isolant DK5 (sabot en polyamide de 5 mm d'épaisseur) ;
 - e. Patte métal-composite (acier recouvert de polyamide) avec sabot isolant DK10 (sabot en polyamide de 10 mm d'épaisseur).
- Avec écarteur oméga de hauteur 100 mm et d'épaisseur 1,5 mm :
 - f. Patte métal-composite (acier recouvert de polyamide) sans sabot isolant ;
- Avec écarteur oméga de hauteur 160 mm et d'épaisseur 2 mm :
 - g. Patte métal-composite (acier recouvert de polyamide) sans sabot isolant ;

Tableau a. - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes en aluminium et sabot TK5 - Avec écarteur oméga de hauteur 30 mm et d'épaisseur 1,5 mm

Épaisseur utile d'isolation (mm)	U_c (W/(m ² .K))	Ψ_1 (W/(m.K))	χ_1 (W/K)	χ_2 (W/K)	$U_p^{(*)}$ (W/(m ² .K)) $n_1 = 1,25$	$U_p^{(*)}$ (W/(m ² .K)) $n_1 = 3$
50	0,638	0,061	0,093	0,003	0,79	0,96
65	0,501	0,035	0,092	0,002	0,64	0,80
75	0,438	0,025	0,091	0,001	0,57	0,73
80	0,412	0,022	0,091	0,001	0,54	0,70
85	0,389	0,019	0,091	0,001	0,52	0,68
90	0,369	0,017	0,091	0,001	0,49	0,65
95	0,350	0,015	0,090	0,000	0,47	0,63
100	0,334	0,014	0,090	0,000	0,45	0,61
105	0,318	0,012	0,090	0,000	0,44	0,59
110	0,305	0,011	0,090	0,000	0,42	0,58
115	0,292	0,010	0,090	0,000	0,41	0,57
120	0,280	0,009	0,089	0,000	0,40	0,55
125	0,269	0,009	0,088	0,000	0,38	0,54
130	0,259	0,008	0,087	0,000	0,37	0,52
135	0,250	0,007	0,086	0,000	0,36	0,51
140	0,242	0,007	0,085	0,000	0,35	0,50
145	0,233	0,006	0,084	0,000	0,34	0,49
150	0,226	0,006	0,083	0,000	0,33	0,48
155	0,219	0,005	0,082	0,000	0,32	0,47
160	0,212	0,005	0,081	0,000	0,32	0,46
165	0,206	0,005	0,080	0,000	0,31	0,45
170	0,200	0,004	0,079	0,000	0,30	0,44
175	0,195	0,004	0,078	0,000	0,29	0,43
180	0,189	0,004	0,077	0,000	0,29	0,42
190	0,180	0,003	0,075	0,000	0,27	0,41

(*) Exemples de coefficients U_p valables pour un entraxe de nervure du bac acier de $E_2 = 0,15$ m et un entraxe d'écarteur Oméga de $E_1 = 2$ m.

Tableau b. - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes en aluminium et sabot TK15 - Avec écarteur oméga de hauteur 30 mm et d'épaisseur 1,5 mm

Épaisseur utile d'isolation (mm)	U_c (W/(m².K))	Ψ_1 (W/(m.K))	χ_1 (W/K)	χ_2 (W/K)	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 1,25$	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 3$
60	0,539	0,041	0,070	0,002	0,65	0,78
75	0,438	0,025	0,070	0,001	0,54	0,66
85	0,389	0,019	0,070	0,001	0,49	0,61
90	0,369	0,017	0,070	0,001	0,47	0,59
95	0,350	0,015	0,070	0,000	0,45	0,57
100	0,334	0,014	0,070	0,000	0,43	0,55
105	0,318	0,012	0,070	0,000	0,41	0,53
110	0,305	0,011	0,069	0,000	0,40	0,52
115	0,292	0,010	0,069	0,000	0,38	0,50
120	0,280	0,009	0,069	0,000	0,37	0,49
125	0,269	0,009	0,069	0,000	0,36	0,48
130	0,259	0,008	0,069	0,000	0,35	0,47
135	0,250	0,007	0,069	0,000	0,34	0,46
140	0,242	0,007	0,068	0,000	0,33	0,45
145	0,233	0,006	0,067	0,000	0,32	0,44
150	0,226	0,006	0,067	0,000	0,31	0,43
155	0,219	0,005	0,066	0,000	0,30	0,42
160	0,212	0,005	0,066	0,000	0,30	0,41
165	0,206	0,005	0,065	0,000	0,29	0,40
170	0,200	0,004	0,065	0,000	0,28	0,40
175	0,195	0,004	0,064	0,000	0,28	0,39
180	0,189	0,004	0,063	0,000	0,27	0,38
185	0,184	0,004	0,063	0,000	0,27	0,38
190	0,180	0,003	0,062	0,000	0,26	0,37
200	0,171	0,003	0,061	0,000	0,25	0,36

(*) Exemples de coefficients U_p valables pour un entraxe de nervure du bac acier de $E_2 = 0,15$ m et un entraxe d'écarteur Oméga de $E_1 = 2$ m.

Tableau c. - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composite sans sabot - Avec écarteur oméga de hauteur 30 mm et d'épaisseur 1,5 mm

Épaisseur utile d'isolation (mm)	U_c (W/(m².K))	Ψ_1 (W/(m.K))	χ_1 (W/K)	χ_2 (W/K)	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 1,25$	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 3$
45	0,701	0,076	0,039	0,005	0,80	0,87
60	0,539	0,041	0,035	0,002	0,61	0,67
65	0,501	0,035	0,034	0,002	0,57	0,63
80	0,412	0,022	0,031	0,001	0,47	0,52
85	0,389	0,019	0,030	0,001	0,44	0,49
100	0,334	0,014	0,027	0,000	0,37	0,42
105	0,318	0,012	0,026	0,000	0,36	0,40
120	0,280	0,009	0,022	0,000	0,31	0,35
125	0,269	0,009	0,021	0,000	0,30	0,34
140	0,242	0,007	0,018	0,000	0,27	0,30
145	0,233	0,006	0,018	0,000	0,26	0,29
160	0,212	0,005	0,017	0,000	0,24	0,27
165	0,206	0,005	0,016	0,000	0,23	0,26
180	0,189	0,004	0,015	0,000	0,21	0,24
185	0,184	0,004	0,015	0,000	0,21	0,23
200	0,171	0,003	0,014	0,000	0,19	0,21
205	0,167	0,003	0,013	0,000	0,18	0,21
220	0,156	0,003	0,012	0,000	0,17	0,19

(*) Exemples de coefficients U_p valables pour un entraxe de nervure du bac acier de $E_2 = 0,15$ m et un entraxe d'écarteur méga de $E_1 = 2$ m.

Tableau d. - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composite avec sabot DK5- Avec écarteur oméga de hauteur 30 mm et d'épaisseur 1,5 mm

Épaisseur utile d'isolation (mm)	U_c (W/(m².K))	Ψ_1 (W/(m.K))	χ_1 (W/K)	χ_2 (W/K)	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 1,25$	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 3$
50	0,638	0,061	0,037	0,003	0,72	0,79
65	0,501	0,035	0,034	0,002	0,57	0,63
70	0,467	0,029	0,033	0,001	0,53	0,58
85	0,389	0,019	0,030	0,001	0,44	0,49
90	0,369	0,017	0,029	0,001	0,42	0,47
105	0,318	0,012	0,025	0,000	0,36	0,40
110	0,305	0,011	0,024	0,000	0,34	0,38
125	0,269	0,009	0,021	0,000	0,30	0,34
130	0,259	0,008	0,020	0,000	0,29	0,32
145	0,233	0,006	0,017	0,000	0,26	0,29
150	0,226	0,006	0,017	0,000	0,25	0,28
165	0,206	0,005	0,016	0,000	0,23	0,26
170	0,200	0,004	0,016	0,000	0,22	0,25
185	0,184	0,004	0,015	0,000	0,21	0,23
190	0,180	0,003	0,014	0,000	0,20	0,22
205	0,167	0,003	0,013	0,000	0,18	0,21
210	0,163	0,003	0,013	0,000	0,18	0,20
225	0,152	0,002	0,012	0,000	0,17	0,19

(*) Exemples de coefficients U_p valables pour un entraxe de nervure du bac acier de $E_2 = 0,15$ m et un entraxe d'écarteur Oméga de $E_1 = 2$ m.

Tableau e. - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composite avec sabot DK10 - Avec écarteur oméga de hauteur 30 mm et d'épaisseur 1,5 mm

Épaisseur utile d'isolation (mm)	U_c (W/(m².K))	Ψ_1 (W/(m.K))	χ_1 (W/K)	χ_2 (W/K)	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 1,25$	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 3$
55	0,584	0,049	0,035	0,003	0,66	0,72
70	0,467	0,029	0,032	0,001	0,53	0,58
75	0,438	0,025	0,031	0,001	0,49	0,55
90	0,369	0,017	0,028	0,001	0,42	0,46
95	0,350	0,015	0,028	0,000	0,39	0,44
110	0,305	0,011	0,025	0,000	0,34	0,39
115	0,292	0,010	0,024	0,000	0,33	0,37
130	0,259	0,008	0,021	0,000	0,29	0,33
135	0,250	0,007	0,020	0,000	0,28	0,31
150	0,226	0,006	0,017	0,000	0,25	0,28
155	0,219	0,005	0,016	0,000	0,24	0,27
170	0,200	0,004	0,015	0,000	0,22	0,25
175	0,195	0,004	0,015	0,000	0,22	0,24
190	0,180	0,003	0,014	0,000	0,20	0,22
195	0,175	0,003	0,014	0,000	0,19	0,22
210	0,163	0,003	0,013	0,000	0,18	0,20
215	0,159	0,003	0,013	0,000	0,18	0,20
230	0,149	0,002	0,012	0,000	0,17	0,19

(*) Exemples de coefficients U_p valables pour un entraxe de nervure du bac acier de $E_2 = 0,15$ m et un entraxe d'écarteur Oméga de $E_1 = 2$ m.

Tableau f. - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composite sans sabot - Avec écarteur oméga de hauteur 100 mm et d'épaisseur 1,5 mm

Épaisseur utile d'isolation (mm)	U_c (W/(m².K))	Ψ_1 (W/(m.K))	χ_1 (W/K)	χ_2 (W/K)	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 1,25$	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 3$
120	0,280	0,093	0,034	0,005	0,39	0,45
135	0,250	0,069	0,031	0,003	0,33	0,39
140	0,242	0,063	0,030	0,003	0,32	0,37
155	0,219	0,049	0,027	0,002	0,28	0,33
160	0,212	0,045	0,026	0,002	0,27	0,32
175	0,195	0,036	0,023	0,001	0,24	0,28
180	0,189	0,034	0,022	0,001	0,24	0,28
195	0,175	0,027	0,019	0,001	0,22	0,25
200	0,171	0,026	0,019	0,001	0,21	0,24
215	0,159	0,021	0,018	0,001	0,20	0,23
220	0,156	0,020	0,017	0,001	0,19	0,22
235	0,146	0,017	0,016	0,000	0,17	0,20
240	0,143	0,016	0,016	0,000	0,17	0,20
255	0,135	0,014	0,015	0,000	0,16	0,19
260	0,127	0,012	0,013	0,000	0,15	0,17
275	0,125	0,012	0,013	0,000	0,15	0,17
280	0,123	0,011	0,013	0,000	0,14	0,17
295	0,117	0,010	0,012	0,000	0,14	0,16

(*) Exemples de coefficients U_p valables pour un entraxe de nervure du bac acier de $E_2 = 0,15$ m et un entraxe d'écarteur méga de $E_1 = 2$ m.

Tableau g. - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composite sans sabot - Avec écarteur oméga de hauteur 160 mm et d'épaisseur 2 mm

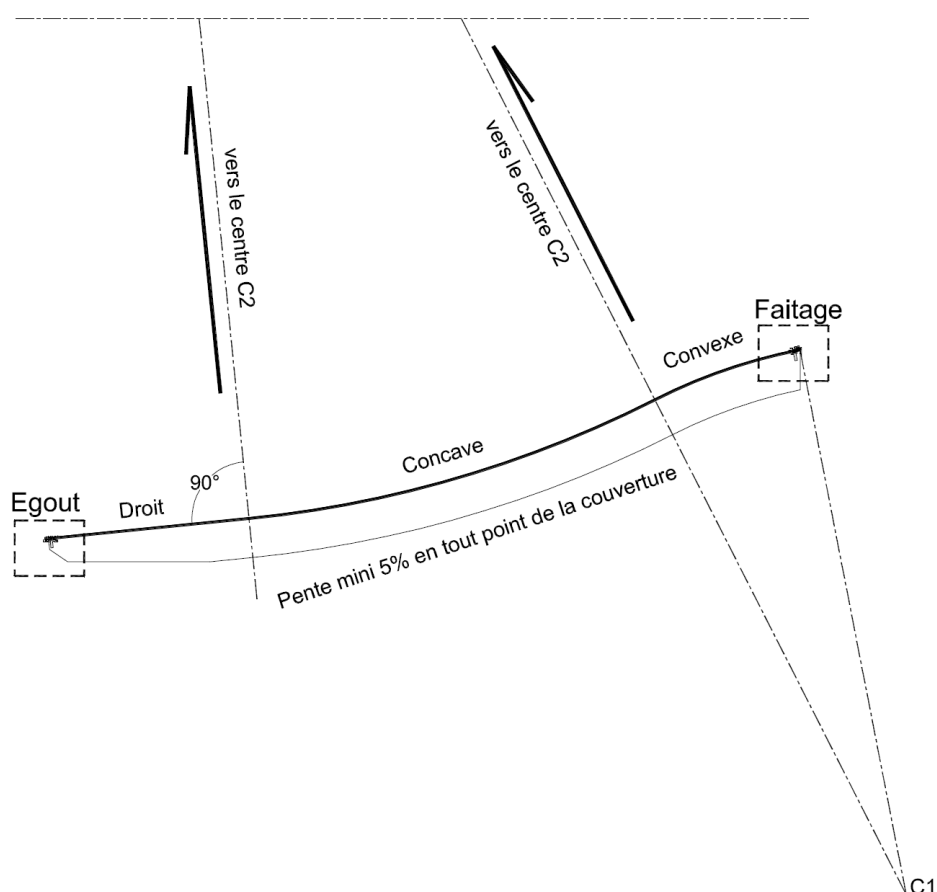
Épaisseur utile d'isolation (mm)	U_c (W/(m².K))	Ψ_1 (W/(m.K))	χ_1 (W/K)	χ_2 (W/K)	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 1,25$	$U_p^{(*)}$ (W/(m².K)) $n_1 = 3$
180	0,189	0,107	0,030	0,004	0,29	0,35
195	0,175	0,085	0,028	0,003	0,26	0,31
200	0,171	0,079	0,027	0,003	0,25	0,30
215	0,159	0,064	0,025	0,002	0,23	0,27
220	0,156	0,060	0,024	0,002	0,22	0,26
235	0,146	0,049	0,021	0,001	0,20	0,24
240	0,143	0,046	0,021	0,001	0,20	0,23
255	0,135	0,039	0,018	0,001	0,18	0,21
260	0,132	0,037	0,018	0,001	0,18	0,21
275	0,125	0,031	0,017	0,001	0,17	0,19
280	0,123	0,029	0,016	0,001	0,16	0,19
295	0,117	0,025	0,015	0,001	0,15	0,18
300	0,115	0,024	0,015	0,001	0,15	0,18
315	0,109	0,021	0,014	0,000	0,14	0,16
320	0,108	0,020	0,014	0,000	0,14	0,16
335	0,103	0,017	0,013	0,000	0,13	0,15
340	0,101	0,017	0,012	0,000	0,13	0,15
345	0,097	0,015	0,011	0,000	0,12	0,14

(*) Exemples de coefficients U_p valables pour un entraxe de nervure du bac acier de $E_2 = 0,15$ m et un entraxe d'écarteur méga de $E_1 = 2$ m.

Annexe 3 – Figures et détails particuliers propres aux Départements et Régions d’Outre-Mer (DROM)

Profil Kalzip®	Hauteur	Largeur	Tableau de charges	Epaisseur
Profil Kalzip®	65	305	Tableau 5	0.9 mm 1.0 mm 1.2 mm
		333	Tableau 6	
		400	Tableau 15	
	50	333	Tableau 12	
		429	Tableau 13	
	AF 65	333	Tableau 9	
		434	Tableau 10	
	AS 65	422	Tableau 10	
Pattes aluminium Kalzip®	De L10 à L150			

Tableau 3.1 – Eléments du système Kalzip admis en DROM



Note : En bâtiment ouvert, la couverture peut franchir la ligne de faîtage dans les conditions du 2.5.3.2 alinéa 2.

Figure 3.1 – Exemple de géométrie de toiture froide ventilée concave-convexe en DROM

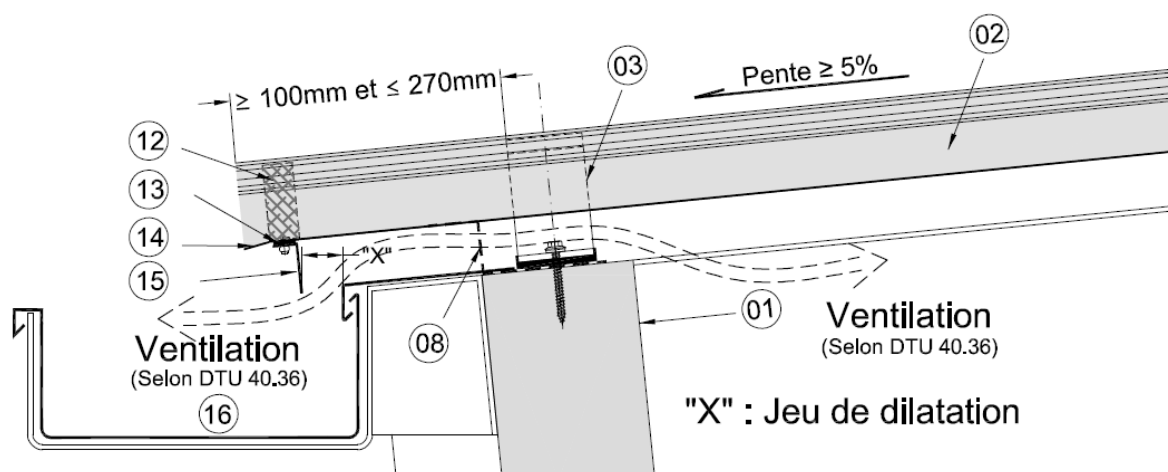


Figure 3.2 - Détail de l'égout toiture froide ventilée en DROM

LEGENDE

- | | |
|---|--|
| ① Panne | ⑨ Profil aluminium trapèze 50/167/0.8, L=150mm |
| ② Profil Kalzip | ⑩ Relevé de bord |
| ③ Patte Kalzip | ⑪ Point fixe |
| ④ Closoir aluminium | ⑫ Closoir mousse d'égout |
| ⑤ Closoir mousse | ⑬ Compribande |
| ⑥ Profil de calage | ⑭ Larmier |
| ⑦ Faitière | ⑮ Cornière d'égout |
| ⑧ Profil perforé anti-intrusion en aluminium, t = 2 mm ou acier AZ 185, de section de ventilation conforme au DTU 40.36 | ⑯ Gouttière supportée par la structure |
| | ⑰ Fixation de la faitière tous les 100 mm |

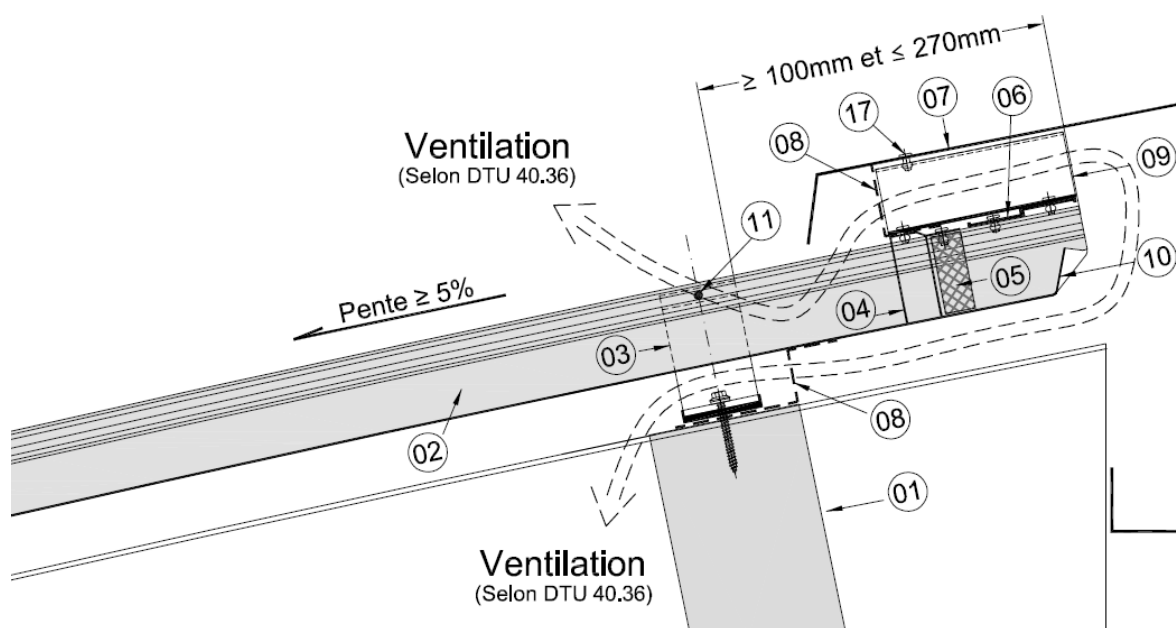


Figure 3.3 - Détail du faîtage toiture froide ventilée en DROM

Annexe 4 - Géométrie de l'enveloppe

Note : Dans le cas des DROM considérer le tableau 0 du § 1.1.2 pour les longueurs de bac, pente et distance au point fixe.

1.1 Vérification de la forme générique pour des formes complexes

Les formes complexes ne sont pas toutes possibles.

Pour vérifier les possibilités, il faut :

1. Vérifier la pente (cf. § 2.3.2.4.1) dans tous les points.
2. Vérifier que la ligne de la génératrice soit continue et *tangentielle* (cf. figure 17).
3. Vérifier les différents types de cintrages.
Marquer les différents types de cintrage en fonction des valeurs dans le tableau 4.

Par exemple :

- Repérer les zones de cintrage par croquage avec un « 3 ».
- Repérer les zones de cintrage mécanique avec un « 2 ».
- Repérer les zones de cintrage naturel ou droites avec un « 1 ».

Deux zones de cintrage par croquage dans un seul versant ne sont pas possible.

En fonction des chiffres on obtient trois types de lignes de plus grande pente :

- Type 1 : uniquement des segments droits ou de rayon naturel (chiffre « 1 » uniquement).
- Type 2 : des segments de rayon cintré mécanique et/ou de type 1 (chiffres « 1 » et « 2 »).
- Type 3 : un segment de cintrage par croquage et/ou de type 2 (chiffres « 1 » « 2 » et « 3 »).

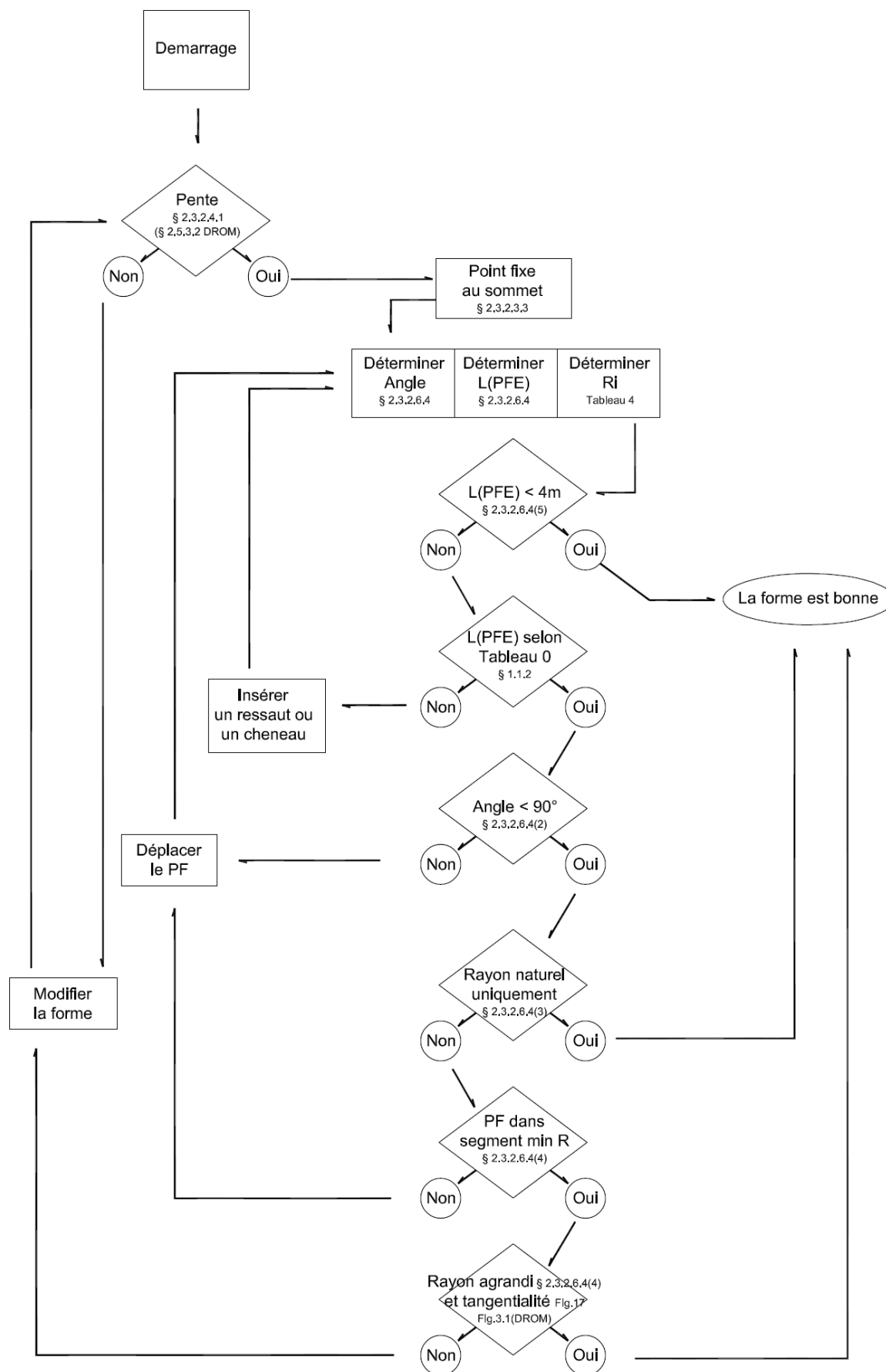
4. Placer la position du point fixe :
 - Première option :
placer le point fixe au sommet de la voûte.
 - En cas d'une zone de cintrage par croquage (type 3):
placer le point fixe dans cette zone.
 - Sinon, en cas d'une ou de plusieurs zones de cintrage mécanique (type 2):
placer le point fixe dans la zone où le rayon de cintrage est le plus faible.

Vérifier dans les cas de cintrage de type 2 ou 3, que lorsqu'on s'éloigne du point fixe vers l'extrémité du bac, la valeur absolue du ou des rayons de cintrage suivants (qu'ils soient concaves ou convexes), n'est pas plus faible que le rayon de cintrage précédent. Sinon, réaliser une rupture du bac et reprendre le point 4 pour chacun des deux bacs ainsi formés.

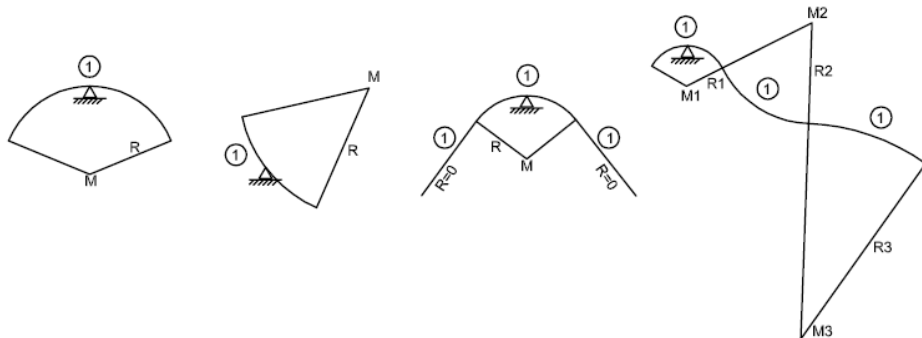
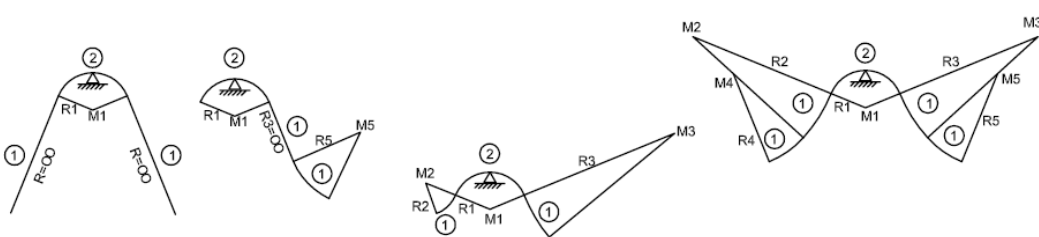
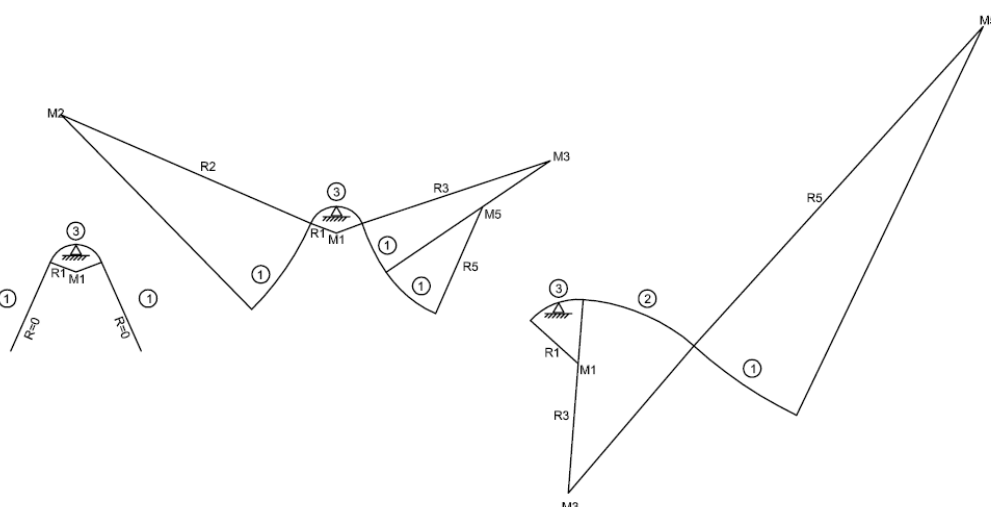
Garder en mémoire, que chaque bac doit recevoir un seul et unique point fixe !

5. Vérifier si la longueur le long du bac entre le point fixe et l'extrémité du bac reste en dessous de 4 m. Si oui, la vérification est terminée.
6. Vérifier que la longueur le long du bac entre le point fixe et l'extrémité du bac ne dépasse pas les 50 mètres et que la longueur totale du bac ne dépasse pas les 100 mètres (50 mètres maximum pour les bacs de hauteur 50).
Sinon déplacer le point fixe d'après les données du point 4 ci-dessus.
Si le respect des points 1 à 4 n'est pas possible, réaliser une rupture du bac et retourner au point 4 ci-dessus en réalisant un point fixe par bac.
7. Vérifier que la somme des angles au centre des zones cintrées ne dépasse pas les 90 °.
Sinon déplacer le point fixe dans les limites du point 4 ci-dessus, et retourner au point 5.
Si le respect des points 1 à 6 n'est pas possible, réaliser une rupture dans le bac et retourner au point 4 ci-dessus.

1.2 Diagramme récapitulatif de conception de l'enveloppe

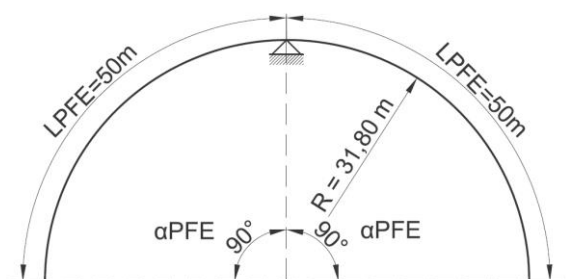


1.3 Types de formes génériques complexes pour l'enveloppe

Type 0	Bac court, distance maximale à partir du point fixe jusqu'à l'extrémité du bac de < 4 m
Type 1	Uniquement des segments droits ou de rayon naturel 
Type 2	Des segments de rayon cintré mécanique et/ou de type 1 
Type 3	Un segment de cintrage par croquage et/ou de type 2 

1.4 Vérification de la forme générique complexe

Basé sur les conditions du § 2.3.2, vérification des différents exemples de couvertures en France métropolitaine ci-dessous :



Exemple 1 (couverture chaude) :

- 1) La pente minimale est respectée d'après le § 2.3.2.4.1.
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il s'agit d'un segment de cintrage mécanique (type 2).
- 4) La première option pour la position du point fixe est au sommet.
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'aux extrémités du bac est de part et d'autre de 50 mètres (bacs 65 uniquement).
- 7) L'angle α_{PFE} est de 90° de part et d'autre du point fixe.

Conclusion :

La totalité des conditions est remplie.

Exemple 2a (couverture chaude) :

- 1) La pente minimale est respectée d'après le § 2.3.2.4.1.
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il existe un segment de cintrage mécanique (type 2).
- 4) La première option pour la position du point fixe est au sommet.
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'à extrémité gauche du bac est de 18,73 m, donc inférieure à 50 mètres. A droite elle est $18,73 + 45 = 63,73$ m donc supérieure à 50 mètres.

Conclusion :

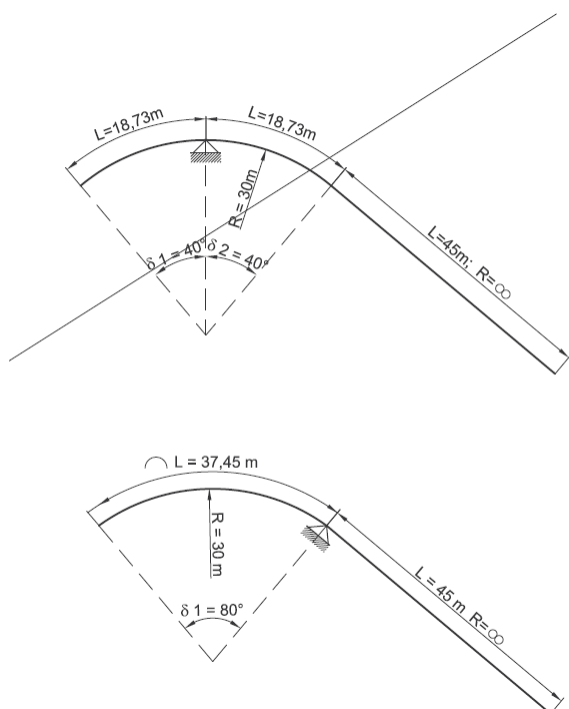
La totalité des conditions n'est pas remplie.

Exemple 2b (couverture chaude) :

- 1) La pente minimale est respectée d'après le § 2.3.2.4.1.
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il existe un segment de cintrage mécanique (type 2).
- 4) Le point fixe est positionné dans le segment ou le rayon est le plus faible.
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'aux extrémités du bac est de part et d'autre inférieure à 50 mètres.
- 7) L'angle δ_{PFE} à gauche du point fixe ($\delta 1$) est de 80° donc en dessous de 90° , à droite ($\delta 2$), il est de 0° ($< 90^\circ$).

Conclusion :

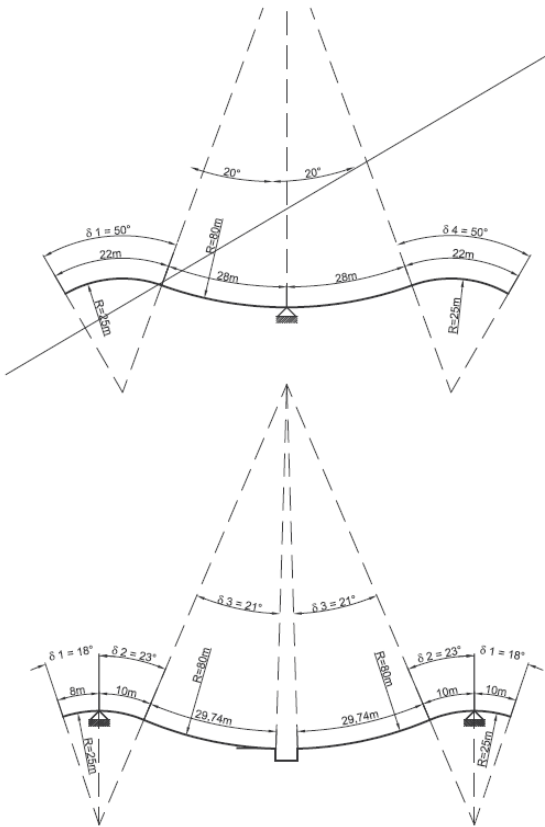
La totalité des conditions est remplie (pour les bacs 65 uniquement, car la longueur totale du bac est supérieure à 50 m).



Exemple 4a :

- 1) La pente minimale d'après le paragraphe 2.3.2.4.1 n'est pas respectée.

La pente dans le segment central est inférieure à 3 %. Cette zone est de forme concave, l'évacuation de l'eau de pluie n'est pas assurée. Comme indiqué dans le chapitre 2.3.2.6.4, il faut séparer le bac Kalzip® et prévoir un chéneau.

Exemple 4b :

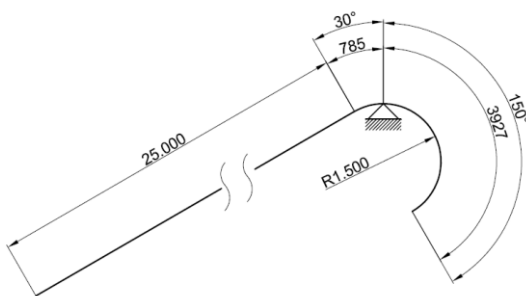
Comme la ligne de plus grande pente est symétrique par rapport au chéneau, il suffit de vérifier un des bacs

La pente d'après le paragraphe 2.3.2.4.1 est respectée :

- 1) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 2) Il existe un segment de cintrage mécanique (type 2).
- 3) La première option pour la position du point fixe est au sommet.
- 4) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'à extrémité gauche du bac est de 8 m, donc inférieure à 50 mètres. A droite elle est $10 + 29,74 = 40$ m donc inférieur de 50 mètres.
- 9) L'angle δ_{PFE} à gauche du point fixe (δ_1) est de 18° donc en dessous de 90° , à droite, il est de $23^\circ + 21^\circ = 44^\circ$ ($< 90^\circ$).

Conclusion :

La totalité des conditions est remplie.

Exemple 5

- 1) La pente d'après le paragraphe 2.3.2.4.1 est respectée.
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il existe un segment de cintrage mécanique (type 2).
- 4) La première option pour la position du point fixe est au sommet.
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres à gauche du point fixe ; par contre à droite elle est en dessous.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'à extrémité gauche du bac est de 25,8 m, donc inférieure à 50 mètres. À droite, elle est 4 m donc aussi inférieur de 50 mètres.
- 7) L'angle δ_{PFE} à gauche du point fixe est de 30° donc en dessous de 90° , à droite il est de 150° , donc au dessus de 90° .

Conclusion :

Bien que la condition 2 ne soit pas remplie à droite du point fixe, la forme est bonne, comme la longueur est en dessous de 4 m dans ce cas.