

Sur le procédé

Kalzip ® Trapèze Droit ou Cintré

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

Titulaire(s) : Société KALZIP GmbH

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.

Groupe Spécialisé n° 5.1 - Produits et procédés de couvertures

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V7	<p>L’Avis Technique a été examiné par le Groupe Spécialisé n° 5.1 « Produits et procédés de couverture » en date du 9 mars 2026.</p> <p>Cette version annule et remplace l’Avis Technique n° 5.1/17-2552_V6. Elle intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nouvelles nuances d’aluminium pour les pattes de fixation en aluminium. • Mise à jour des revêtements. • Mise à jour du paragraphe sur les fixations. • Nouvel organisme extérieur de contrôle de fabrication. • Description de la sous-structure tubulaire. • Mises à jour diverses. 	AUGEAI Marc	MICHEL François
V6	<p>Cette version annule et remplace l’Avis Technique n° 5.1/17-2552_V5. Elle intègre les modifications suivantes :</p> <p>Correction du tableau 12.</p>	AUGEAI Marc	MICHEL François
V5	<p>Il s'agit de la 5ème version :</p> <p>L’Avis Technique a été examiné par le Groupe Spécialisé n° 5.1 « Produits et procédés de couverture » en date du 30 janvier 2023.</p> <p>Cette version annule et remplace l’Avis Technique n° 5.1/17-2552_V4. Elle intègre les modifications suivantes :</p> <p>Ajout de nouvelles matières constitutives des pattes métal-composite, déposées au CSTB.</p>	AUGEAI Marc	MICHEL François

Descripteur :

Système de couverture autoportant en alliage d’aluminium à joint debout libre en dilatation. Il est composé de bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés dont les joints debout longitudinaux ne sont pas parallèles entre eux mais coniques*. Les bourrelets des joints debout sont assemblés et sertis longitudinalement, ils sont raccordés à la structure ou à la charpente par l’intermédiaire de pattes Kalzip® rendues invisibles par construction.

Le procédé Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés est destiné à la réalisation de couvertures de formes gironnées droites et gironnées cintrées, ou une combinaison des deux, pour des bâtiments dont l’hygrométrie est faible ou moyenne, situés en France métropolitaine et climat de plaine (altitude ≤ 900 mètres), quelles que soient leurs destinations.

Il est 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.

Les configurations admises et limites d’emploi en fonction de la zone géographique sont récapitulées au tableau 1 (cf. § 1.1.2).

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté	5
1.1.1.	Zone géographique	5
1.1.2.	Ouvrages visés	5
1.2.	Appréciation	5
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	5
1.2.2.	Durabilité	8
1.2.3.	Impacts environnementaux	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	10
2.2.	Description	10
2.2.1.	Principe	10
2.2.2.	Caractéristiques des composants	14
2.3.	Dispositions de conception	27
2.3.1.	Conception du système	27
2.3.2.	Conception de l'enveloppe	29
2.3.3.	Portées d'utilisation des bacs	42
2.3.4.	Contact de l'aluminium avec d'autres matériaux	51
2.3.5.	Remarques sur les évacuations d'eau pluviales	51
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	51
2.4.1.	Dispositions générales	51
2.4.2.	Manutention et stockage	52
2.4.3.	Fixations des pattes Kalzip®	53
2.4.4.	Points singuliers	54
2.4.5.	Assemblage transversal des bacs Kalzip®	60
2.4.6.	Accidents de toiture	63
2.5.	Entretien et réparation	66
2.5.1.	Entretien de la couverture	66
2.5.2.	Remplacement d'un bac Kalzip®	66
2.6.	Assistance technique et formation	66
2.6.1.	Assistance Technique	66
2.6.2.	Formation	66
2.7.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication	66
2.7.1.	Fabrication et contrôle des bacs	66
2.7.2.	Fabrication et contrôles des accessoires	67
2.7.3.	Possibilité de transport	67
2.8.	Mention des justificatifs	68
2.8.1.	Résultats expérimentaux	68
2.8.2.	Références chantiers	69
	Annexe 1 - Exemples de calcul	70
	Annexe 1.1 : Exemple de calcul des portées en France Métropolitaine	70
	Annexe 1.2 - Exemple de calcul d'un point fixe – Charges dans le point fixe	72
	Annexe 1.3 : Exemple de calcul du point fixe - Transmission des charges	74

Annexe 2 - Ponts thermiques	76
Annexe 3 - Géométrie de l'enveloppe.....	81
Annexe 4 - Lexique	86

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 \leq 900 mètres).

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré est destiné à la réalisation de couvertures de formes gironnées droites et gironnées cintrées, pour des bâtiments dont l'hygrométrie est faible ou moyenne, situés en France métropolitaine et en climat de plaine (altitude \leq 900 mètres), quelles que soient leurs destinations, en construction neuve ou rénovation totale (jusqu'au support).

Le système Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré 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 » sur bâtiments ouverts non isolés suivant les préconisations prévues par le § 2.3.1.2.

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

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 1 ci-dessous.

Configurations		France métropolitaine	
Type de couverture		Couverture chaude	Couverture froide ventilée
Bâtiment fermé	isolé	Admis	Non admis
	non isolé	Non admis	
Bâtiment ouvert		Admis	
Pente minimale		3 % (cf. § 2.3.2.4.1)	
Franchissement possible du faîtage (voûte)	Bâtiment fermé	Admis	Non admis
	Bâtiment ouvert		Admis, si Longueur entre pignons \leq 12 m (cf. § 2.3.1.2)
Longueur maximale de bacs et de rampant	Bâtiment fermé	100 m (50 m maximum du point fixe)	
	Bâtiment ouvert		

Tableau 1 – Configurations admises et limites d'emploi

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 avec bacs nus ou avec revêtement prélaqué Polyester 26 µm, PVDF (70/30) bicouche 25 µm, PVDF (70/30) tricouche 46 µm, DURAGLOSS® 5000 35 à 52 µm, ou Kalzip HPC 35 à 52 µm (+ envers de bande 5 µm), (revêtement organique dont le PCS est inférieur à 4,0 MJ/m² selon essais, cf. § 2.8.1), 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 bac Kalzip® avec revêtement prélaqué Polyester 26 µm, PVDF (70/30) bicouche 25 µm, PVDF (70/30) tricouche 46 µm, DURAGLOSS® 5000 bicouche 35 à 46 µm, ou Kalzip HPC bicouche 35 à 46 µm (+ envers de bande 5 µm), selon la norme NF EN 13501-1 est A1, selon les rapports d'essais de classement mentionnés au § 2.8.1.

Le classement de réaction au feu du bac Kalzip® avec revêtement prélaqué DURAGLOSS® 5000 tricouche 52 µm, ou Kalzip HPC tricouche 52 µm (+ envers de bande 5 µm), selon la norme NF EN 13501-1 est « A2-s1,d0 », selon le rapport d'essai de classement mentionné au § 2.8.1.

Le classement de réaction au feu du bac Kalzip® avec revêtement prélaqué Polyester 26 µm (+ envers de bande 5 µm) et régulateur de condensation Aquasine®, selon la norme NF EN 13501-1 est « A2-s1,d0 », selon le rapport d'essai de classement mentionné au § 2.8.1.

Le classement de réaction au feu du bac Kalzip® avec les autres revêtements définis au tableau 4 n'est pas connu.

1.2.1.3. Pose en zones sismiques

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 de formes gironnées droites et gironnées cintrées, comportant peu de pénétration, et dont les génératrices ne sont pas parallèles entre elles (bacs en forme de trapèzes).

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 de l'ouvrage pare-vapeur, tel que prévu par le Dossier Technique.

Dans le cas des "toitures froides", pour les bâtiments ouverts non isolés, un régulateur de condensation en sous-face des bacs est à prévoir systématiquement. En fonction de l'utilisation du local, de son hygrométrie et des variations thermiques et climatiques, il existe un risque de condensation en sous-face de la couverture. C'est pourquoi l'usage d'un régulateur de condensation (cf. § 2.2.2.1.11) en sous-face des bacs, est obligatoire dans ce cas de figure. Les applications du procédé en toiture froides ventilées requièrent une étude préalable, à l'instigation du maître d'ouvrage afin d'étudier la faisabilité de l'installation vis-à-vis des risques de condensation. A défaut d'étude, des conditions météorologiques particulières pourraient conduire à la saturation du régulateur de condensation, amenant des condensations inévitables.

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 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. Ceux-ci doivent être obligatoirement fixés dans la charpente, qui devra être vérifiée apte à cet usage, en respectant les principes d'étanchéité à l'eau des pénétrations par soudure (cf. § 2.4.6.3).

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 2.1.4 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 § 2.2.2.1.8 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 %

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 manutention et la mise en œuvre de ce système est effectuée exclusivement par des entreprises formées 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 raccords sur chantier par soudure nécessite une qualification particulière (cf. § 2.4.6.3).

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

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 à celle des couvertures de référence visées par le DTU 40.36. 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. Impacts environnementaux

Le système Kalzip®, composé des bacs Kalzip® 65/305, Kalzip® 65/333, Kalzip® 65/400, Kalzip® 65/500 ou Kalzip® 65/537, avec revêtement nu ou prélaqué polyester, PVDF ou HPC, avec leurs pattes et fixations, fait l'objet d'une Déclaration Environnementale ⁽¹⁾ (DE) individuelle. Cette DE « Système de toiture et de bardage à joint debout en aluminium - Kalzip® » a été établie en octobre 2025, et est déposée sur le site [INIES](https://base-inies.fr/consultation/infos-produit/43379) sous l'id 43379 (<https://base-inies.fr/consultation/infos-produit/43379>).

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits visés sont susceptibles d'être intégrés.

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, afin de conserver une ligne de points fixes continue, 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 ;
- 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 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.
- La composition de la patte métal-composite a été déposée au CSTB.
- Les coefficients de sécurité du procédé par rapport à la ruine ont été conservés suite au passage du dossier aux états limites, soit :
- Flèche inférieure au 1/200ème de la portée en charge descendante ;
- 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.
- Dans le cas des toitures chaudes, le support d'isolation non porteur en peau inférieure ne reprend que le poids de l'isolant. Dans le cas d'utilisation d'une tôle d'acier nervurée, cette dernière est positionnée avec les nervures saillantes vers le haut.
- Le Groupe Spécialisé admet la rédaction du § 2.2.2.5.1, concernant le bac (ou sous face intérieure) non porteur support d'isolant et la référence au NF DTU 40.35, faute de référentiel technique approprié adapté aux Eurocodes.
- Les chéneaux intérieurs sont des ouvrages de conception et de réalisation délicate (pente, étanchéité à l'eau, corrosion, évacuation des eaux, entretien, etc.) qui nécessitent une consultation du Maître d'Ouvrage par le Maître d'Œuvre, en vue d'obtenir son accord sur la conception et la réalisation d'un tel ouvrage.
- Comme pour tous les procédés de cette famille, et bien que non présenté au Dossier Technique, le demandeur commercialise des solutions de sur-couverture, d'équipements de protection individuels, ou de modules photovoltaïques, assujetties aux recouvrements longitudinaux des bacs 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. Ainsi :
- la fixation de solutions de sur-couverture (habillage non étanches, panneaux de bardage, etc...) sur les joints debout est exclue.
- la fixation de modules photovoltaïques n'est pas visée, et relève de la procédure d'Avis Technique du GS 21.
- L'emploi de ce procédé de couverture en climat de montagne (altitude > 900 m) n'est pas visé par le présent document.
- Les tableaux pré-calculés de valeurs de ponts thermiques intégrés de l'Annexe 2, sont basés sur une conductivité thermique de l'isolant de 0,035 W/(m.K).

Couvertures cintrées

- Dans le cas de cintrage naturel, un effet de facetage 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 facetage 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 facetisation de la sous-face de la couverture.

Charpente

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

Sécurité

- Comme pour tous les procédés de cette famille, la fixation d'équipements de protection individuels (potelets, de lignes de vie, etc...) sur le profilé, le joint debout, ou dans le support d'isolation inférieur non porteur est proscrite. Ces éléments sont ancrés dans la charpente, qui devra être vérifiée apte à cet usage, en respectant les principes d'étanchéité à l'eau des pénétrations par soudure (cf. § 2.4.6.3.).

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
DE-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, les produits « Système à joint debout Kalzip » font l'objet d'une Déclaration des Performances (DdP) établie par la société Kalzip GmbH, sur la base de la norme NF EN 14782:2006. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

2.1.3. Identification

Les bacs profilés Kalzip® 65/305, Kalzip® 65/333, Kalzip® 65/400, Kalzip® 65/500, Kalzip® AF 65/333, Kalzip® AF 65/434, , Kalzip® AF 65/537, sont caractérisés par la géométrie particulière de leur section transversale, illustrée par la figure 5 du Dossier Technique.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré est un système autoportant en alliage d'aluminium à joint debout libre en dilatation, il est destiné à la réalisation de couverture de formes gironnées droites et gironnées cintrées, sur bâtiments de faible ou de moyenne hygrométrie.

Il est composé de bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés dont les joints debout longitudinaux ne sont pas parallèles entre eux mais coniques*. 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 portative spécifique et homologuée par le fabricant (cf. figure 2).

** : Voir définition en Annexe 4.

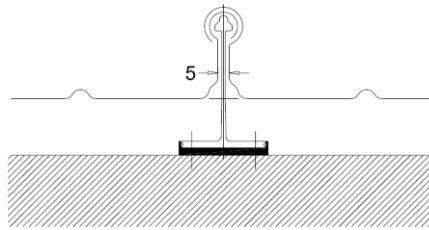


Figure 1 – Les bourrelets du Kalzip®

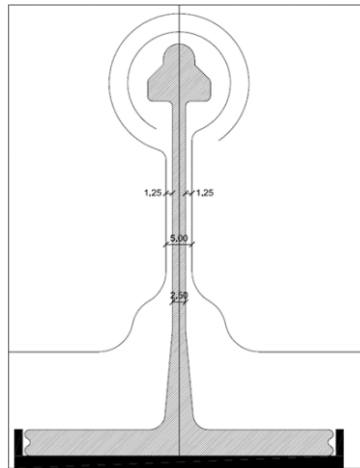


Figure 1 bis – Jeu fonctionnel théorique

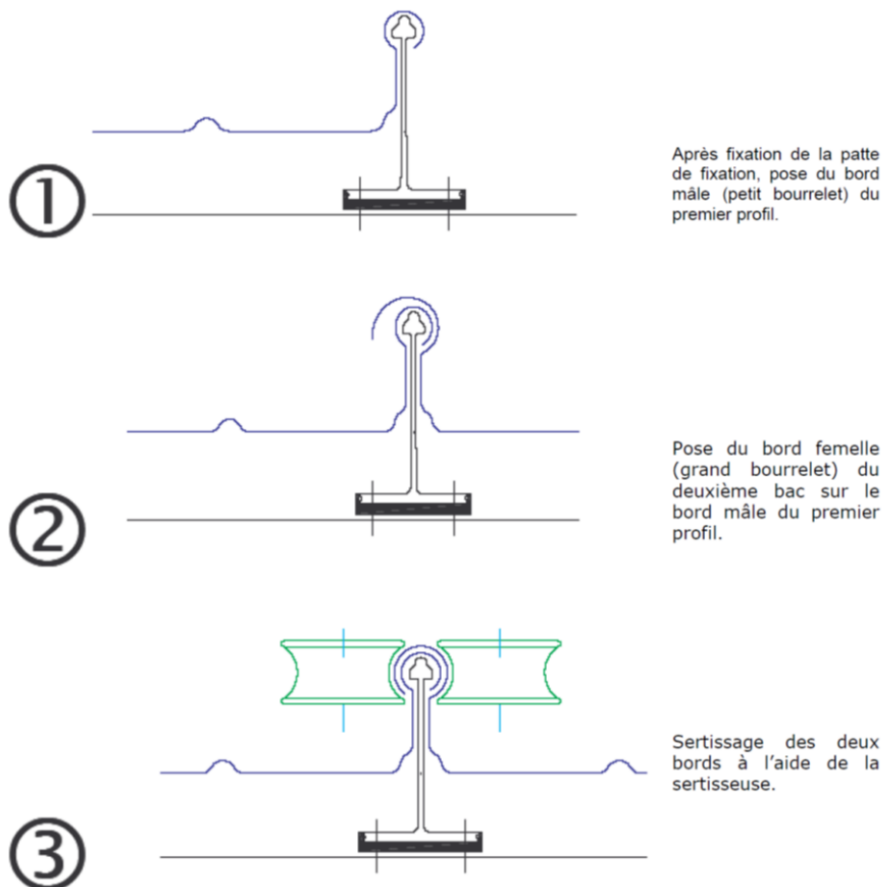


Figure 2 – Principe Kalzip®

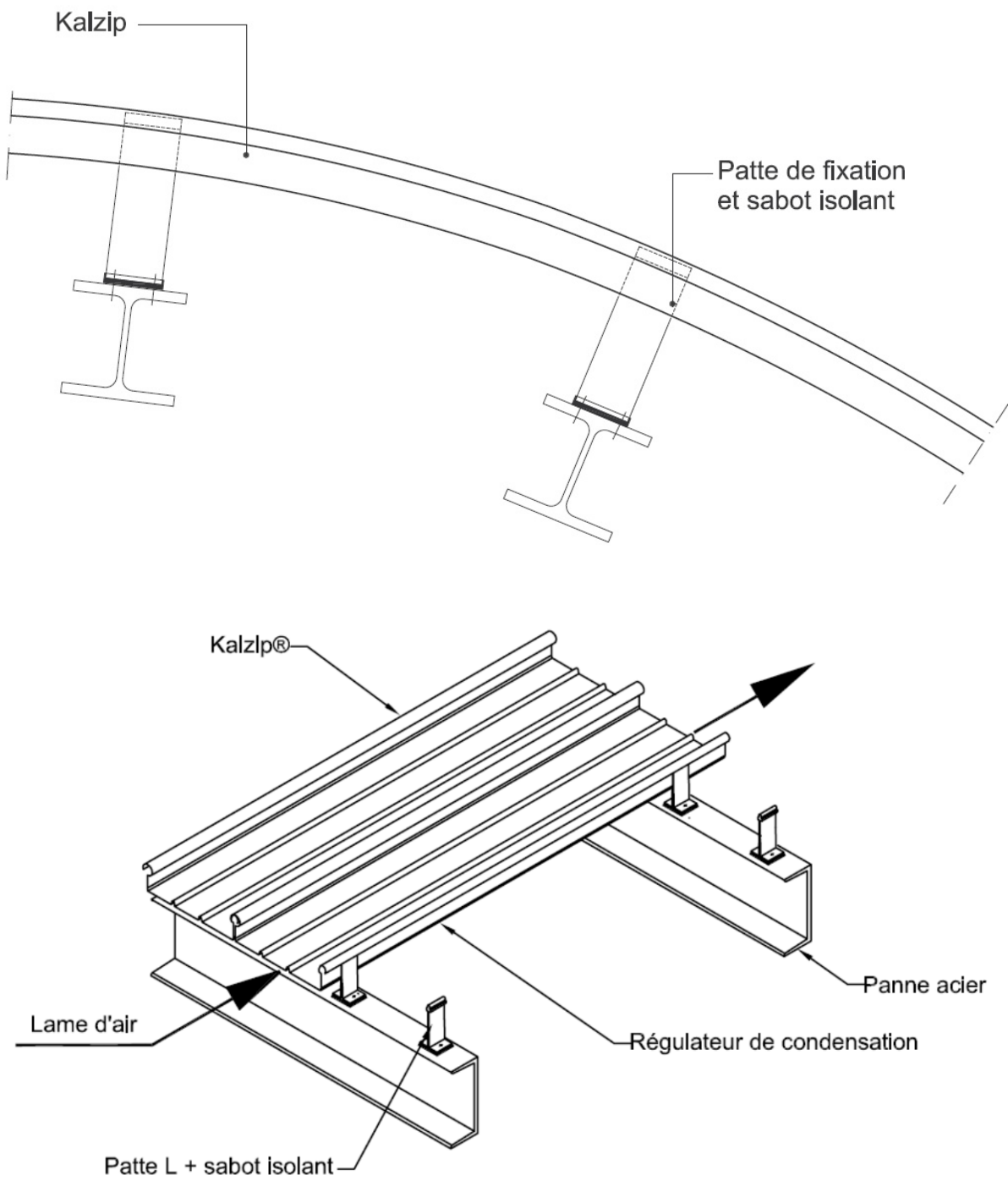


Figure 3 – Principe toiture froide (bâtiment ouvert non isolé)

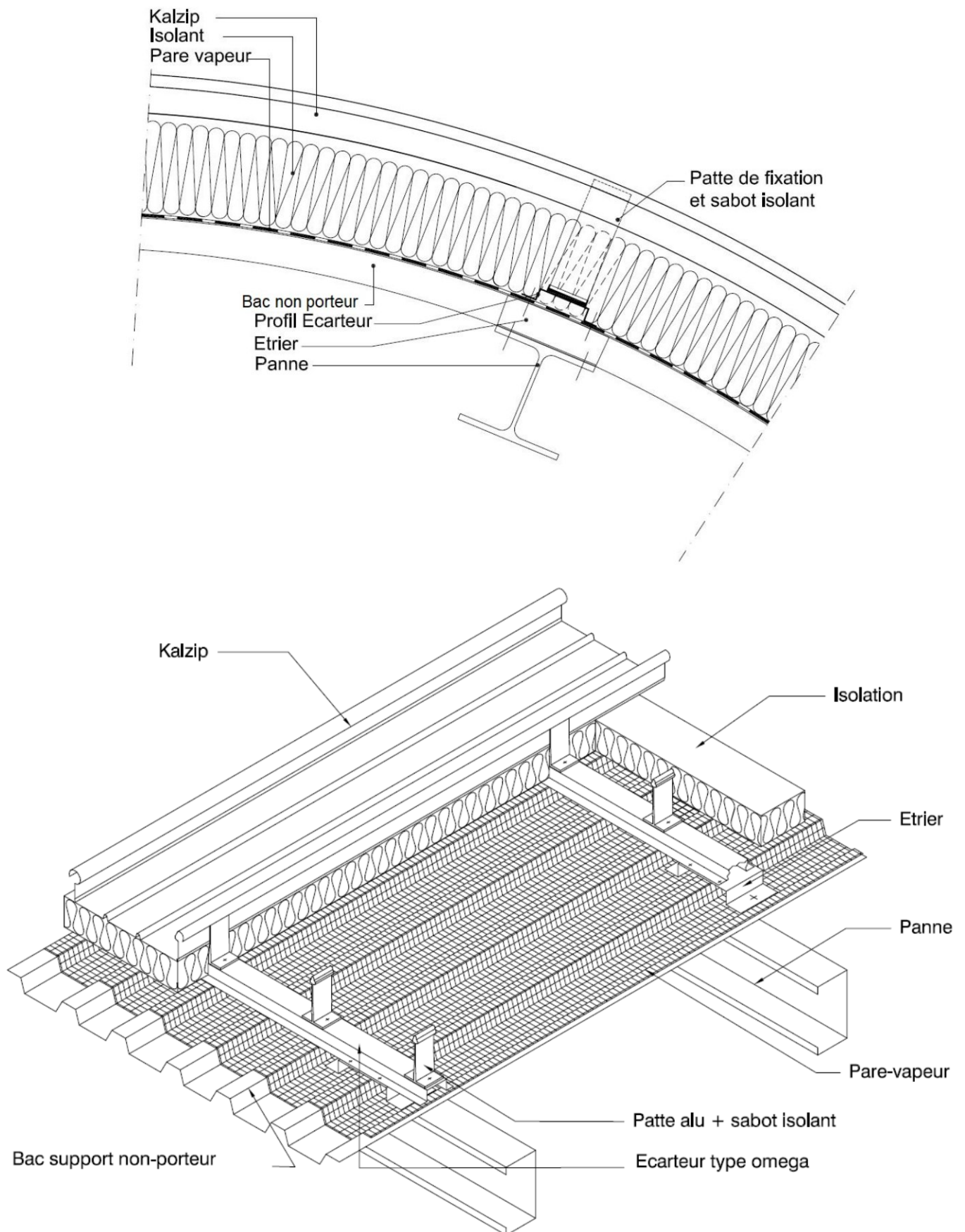


Figure 4 - Principe toiture chaude avec écarteurs et étriers

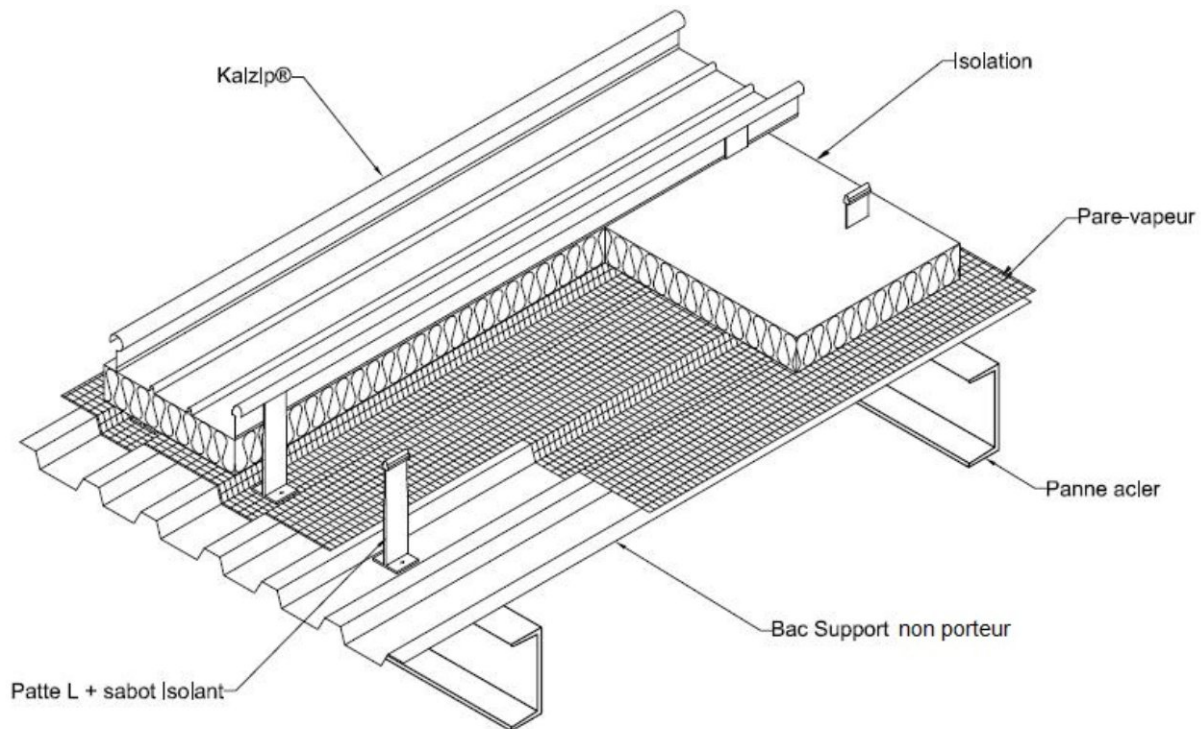


Figure 4 bis – Principe toiture chaude sans écarteurs et étriers

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Bacs Kalzip® Trapèzes

2.2.2.1.1. Gamme de profils Trapèzes

Les profils standards Kalzip® 65 et Kalzip® AF 65 sont concernés par la possibilité de réalisation de bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés (cf. figure 5).

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

2.2.2.1.2. Définition d'un bac Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré

Par conception, les bacs fabriqués Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés sont de forme isocèles* (qui a deux côtés égaux, deux angles à la base égaux, et un axe de symétrie).

Les bourrelets et les joints debout, des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés ont la même géométrie et les mêmes dimensions que les bacs Kalzip® 65 ou Kalzip® AF 65 standards, seule la largeur de la plage du bac Kalzip® varie progressivement.

2.2.2.1.3. Caractéristique d'un bac Kalzip® Trapèze Droit (cf. figure 6)

- Le type de bac : Kalzip® 65 ou Kalzip® AF 65 ;
- L'épaisseur du bac ;
- La longueur du bac ;
- La largeur de la petite base ;
- La largeur de la grande base.

2.2.2.1.4. Caractéristique d'un bac Kalzip® Trapèze Cintré (cf. figure 7)

- Le type de bac : Kalzip® 65 ou Kalzip® AF 65 ;
- L'épaisseur du bac ;
- La longueur du bac ;
- Le ou les rayons de cintrage ;
- La largeur de la petite base ;
- La largeur de la grande base.

* : Voir définition en Annexe 4.

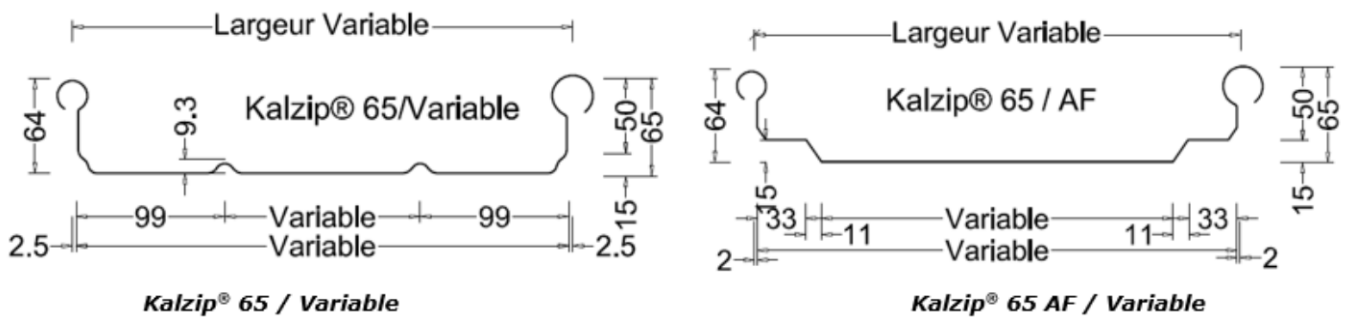


Figure 5 – Profils Kalzip® Trapèze (cf. largeurs limites au tableau 2)

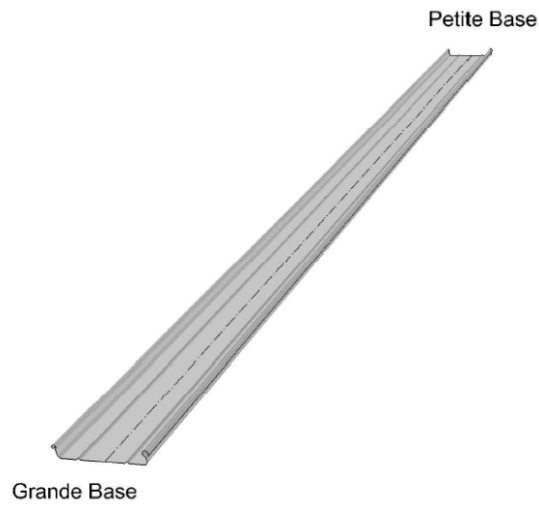


Figure 6 – Bacs Kalzip® Trapèze Droit

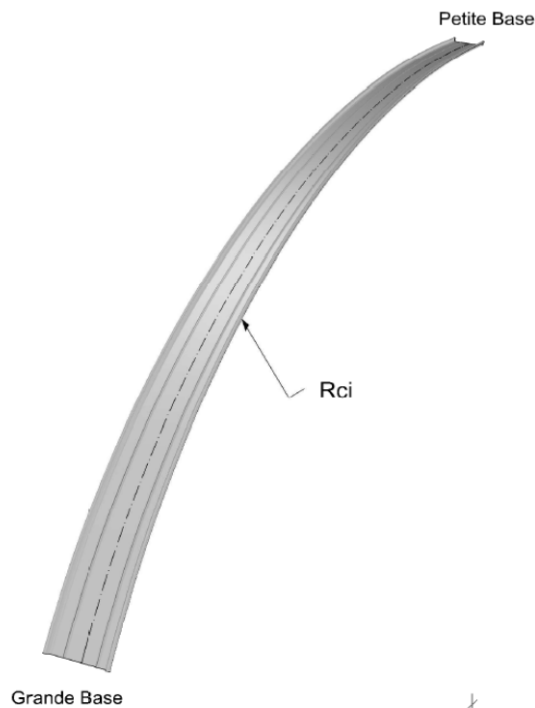


Figure 7 – Bacs Kalzip® Trapèze Cintré

2.2.2.1.5. Dénomination d'un bac Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré

Pour définir un type de bac Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré la dénomination sera la suivante :

- Le type de Kalzip® /cote petite base / cote grande base / épaisseur du bac.

Exemple : bac Kalzip® AF 65 Trapèze Cintré 65/230/-500/1,0.

2.2.2.1.6. Possibilités de dimensions des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés

Les possibilités de dimensions des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés sont récapitulées au tableau 2.

Pour les bacs Kalzip® Trapèzes Cintrés, les possibilités de cintrage naturel ou mécanique sont données au tableau 5.

Bac Trapèze	Kalzip® 65		Kalzip® AF 65	
	Droit	Cintré	Droit	Cintré
Minimum petite base (en mm)	230 mm	230 mm	170 mm	230 mm
Maximum grande base (en mm)	500 mm	500 mm	537 mm	537 mm

Tableau 2 - Possibilités de dimensions des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés

2.2.2.1.7. 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 ou NF EN 1396.

Les caractéristiques mécaniques minimales sont données en tableau 3. Kalzip se charge de vérifier que les caractéristiques mentionnées au tableau 3 sont respectées à chaque bobine (cf. § 2.7.1).

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 minimum selon NF EN 545 à partir d'une éprouvette en tôle plane 12,5 x 50 mm	Épaisseur métal		
	0,9 mm	1,0 mm	1,2 mm
	3,8 %	4,0 %	4,0 %

Tableau 3 – Caractéristiques mécaniques des alliages d'aluminium

2.2.2.1.8. 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 4 récapitule les dispositions à considérer en fonction de l'exposition atmosphérique extérieure et du type de finition.

Revêtement	Classement selon NF EN 1396		Exposition atmosphérique extérieure								
	Indice de résistance à la corrosion R _c	Catégorie de résistance aux UV R _{UV}	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	R _c 2	R _{UV} 3	■	□	-	-	-	-	-	-	-
Laquage PVDF (70/30) bicouche 25 µm	R _c 3	R _{UV} 4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
Laquage PVDF (70/30) 3 ou 4 couches 40 à 62 µm	R _c 3	R _{UV} 4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
DURAGLOSS® 5000 (Polyester spécial) bicouche ou tricouche 35 à 52 µm	R _c 3	R _{UV} 4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
Kalzip HPC (Polyester spécial) bicouche ou tricouche 35 à 52 µm	R _c 3	R _{UV} 4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
FEVE (Fluoroéthylvinylether) 25 µm	R _c 3	R _{UV} 4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
Kalzip Protek (Fluoroéthylvinylether) 25 µm	R _c 3	R _{UV} 4	■	■	□	■	■	■ ⁽³⁾	□	■	□
SUPRAAL (Polyuréthane-Polyamide) 45 µm	R _c 3	R _{UV} 4	■	■	□	■	■	■ ⁽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-composites 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 4 – Exposition atmosphérique extérieure pour les pentes supérieures ou égales à 5%⁽¹⁾

2.2.2.1.9. Caractéristiques géométriques des éléments et tolérances (cf. figure 5)

- Largeur utile des bacs Kalzip® Trapèzes :
 - minimum Petite base : 170 mm ou 230 mm (-0, +1) (cf. tableau 2),
 - maximum Grande base : 500 mm ou 537 mm (-0, +1) (cf. tableau 2) ;
- Hauteur des relevés latéraux :
 - côté petit bourrelet 64 mm (± 1,5 mm),
 - côté gros bourrelet 65 mm (±1,5 mm) ;
- Épaisseurs :
 - 0,9 mm et 1,0 mm avec une tolérance de ± 0,03 mm,
 - 1,2 mm avec une tolérance de ± 0,04 mm ;
- Longueur :
 - jusqu'à 50 mètres de longueur maximale par rapport à la position du point fixe. Soit, jusqu'à 100 m de longueur, lorsque le point fixe est positionné au milieu du bac. L'assistance technique du fabricant est requise pour la validation des principes de conception et de réalisation de l'ouvrage.

2.2.2.1.10. Aspect de surface

Le profil Kalzip peut être livré en aspect naturel « nu lisse » ou gravé « Stucco ». Pour des raisons d'aspect, le métal peut recevoir un traitement de surface, soit un laquage avec les revêtements mentionnés au tableau 4, soit une finition patinée « AluPlusPatina ».

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.

Dans le cas de l'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.

2.2.2.1.11. 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® (marque propre au titulaire).

Caractéristiques du régulateur de condensation Aquasine® :

- capacité d'absorption-désorption (selon NF P 15-203-1, réf. DTU 27-2, valeur moyenne en fin de phase d'absorption) : ≥ 525 g/m²;
- 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 : cf. figures 8 à 10.

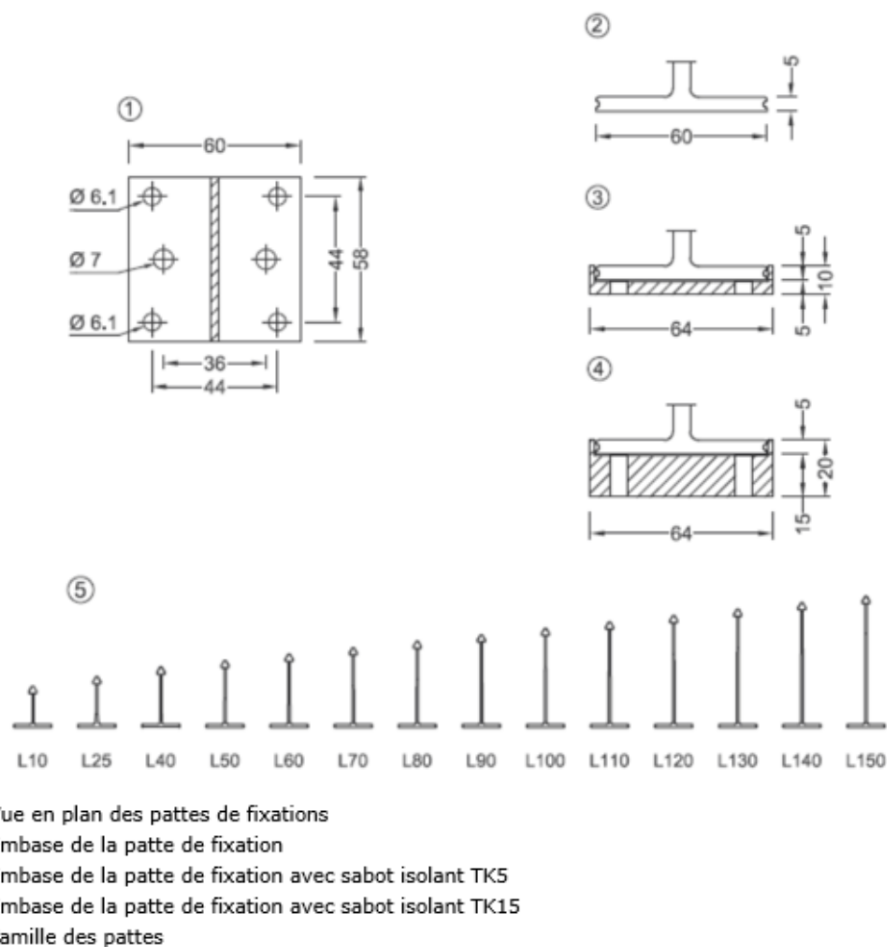


Figure 8 – Pattes de fixations Kalzip® en aluminium et sabots isolants TK5 et TK15

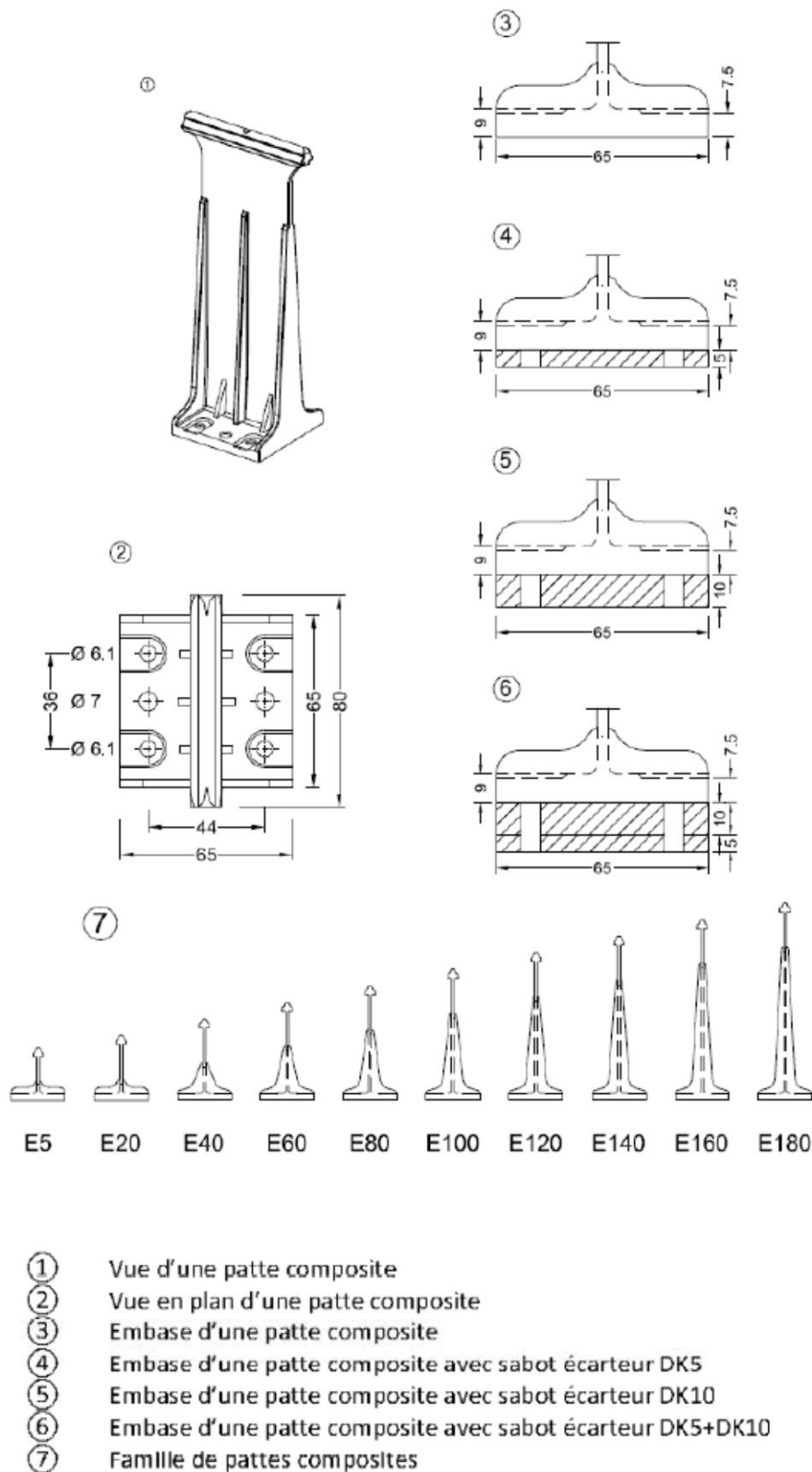


Figure 9 – Pattes métal-composites Kalzip® et sabots d'écartement DK5 et DK10

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

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

(2) Pattes non standards (non disponibles en stock) nécessite systématiquement l'assistance technique du titulaire du DTA.

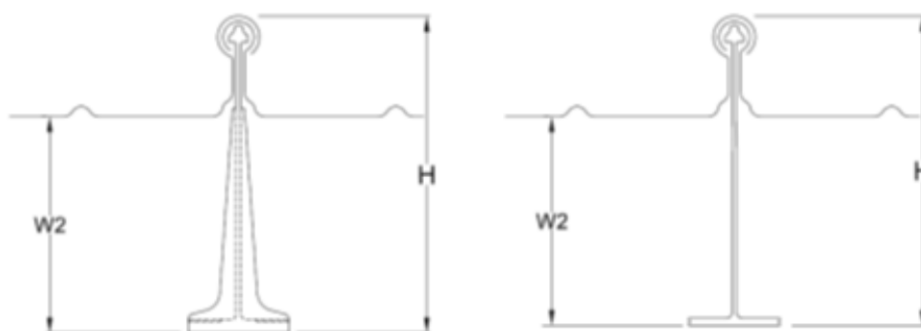


Figure 10 – Hauteur des pattes de fixation

2.2.2.2.1. Pattes de fixation en aluminium (cf. figures 8 et 10)

Les pattes de fixation en aluminium (L-clips) sont fabriquées par extrusion d'alliage d'aluminium dont la limite d'élasticité à 0,2 % ($R_{p0,2 \text{ mini}}$) et la résistance à la traction ($R_{m \text{ mini}}$) sont au minimum de 220 N/mm² :

- EN AW-6060 état T6 ou T66.
- EN AW-6061 état T6.
- EN AW-6063 état T66.

Kalzip se charge de vérifier que les caractéristiques de limite d'élasticité à 0,2 % et de résistance à la traction de 220 N/mm² minimum sont respectées à chaque livraison (cf. § 2.7.2.2).

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 isolants (cf. figure 8)

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). Les sabots polyamide TK ne sont compatibles qu'avec les pattes de fixation en aluminium, et ne peuvent être combinés entre eux que dans la limite de 15 mm maximum.

2.2.2.2.3. Pattes métal-composites (cf. figures 9 et 10)

Les pattes métal-composites 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 polyamide 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 9)

Les pattes métal-composites 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 peut être combiné à un écartement de 5 mm, 10 mm ou 15 mm maximum. Les sabots d'écartement DK ne sont compatibles qu'avec les pattes métal-composites.

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

- Densité : $\geq 1.13 \text{ g/cm}^3$ (NF EN ISO 1183) ;
- Force 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. Fixation des pattes Kalzip

2.2.2.3.1. Généralités

Les vis de fixation sont impérativement en inox austénitique A2 (A4 en front de mer). Il faut au minimum deux vis par patte disposées de chaque côté de l'âme.

Les vis référencées aux § 2.2.2.3.2 à 2.2.2.3.6 conduisent toutes au fait que la résistance caractéristique à l'arrachement P_K (selon NF P 30-310) de l'assemblage « patte + 2 vis » est supérieure à 427 daN, comme retenu dans les tableaux de portées. Ces vis ne nécessitent pas de justification particulière.

Si d'autres vis sont utilisées, et elles doivent justifier à minima :

- Soit d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'ensemble « patte aluminium + 2 vis » P_K (selon norme NF P 30-310) $\geq 427 \text{ daN}$ dans le support considéré ;
- Soit d'une résistance caractéristique à l'arrachement par vis P_K (selon norme NF P 30-310) $\geq 252 \text{ daN}$ dans le support considéré.

Les vis peuvent être de type auto-perceuses ou auto-taraudeuses.

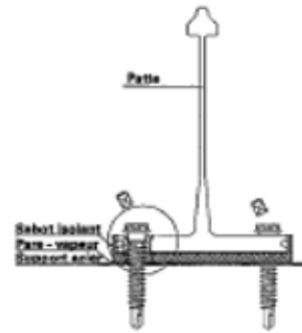
La capacité de perçage mentionnée sur la fiche technique devra être en adéquation avec l'épaisseur du support.

La longueur de la vis devra respecter la valeur de dépassement minimal sous le support, correspondant au diamètre de la fixation utilisée sauf mention particulière.

L'assistance technique de la société Kalzip est requise pour valider d'autres modèles de vis techniquement définies ci-dessus, différentes de celles référencées aux § 2.2.2.3.2 à 2.2.2.3.6.

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 11 – Fixation des vis SFS SDK

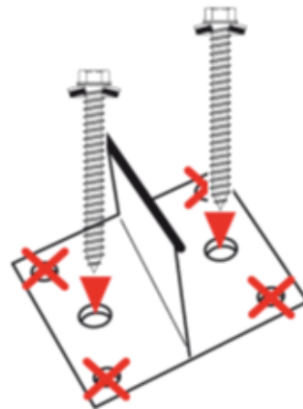


Figure 12 – Fixation des vis SFS TDA, TDB ou SX (sauf SDK ou SXK)

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 acier ou l'écarteur avec 2 vis auto-perceuses en acier inoxydable austénitique A2 de diamètre minimum 6,0 mm type SFS SDK3-S-377 - 6,0 x L mm ou SFS SXK3-D10-6,0x L mm.

A partir d'un acier galvanisé d'une épaisseur minimale de 2,0 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 de Ø 5,0 mm, disposées dans les trous de Ø 7,0 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte.

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 minimum Ø 5,5 mm type SFS SX5-S16 - 5,5 x L mm, pré-montées avec une rondelle d'étanchéité conique en inox austénitique de Ø 16 mm et joint EPDM vulcanisé monobloc (70 shore, épaisseur 3 mm).

2.2.2.3.4. Panne acier d'épaisseur $t > 4,0$ 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 minimum $\varnothing 6,3$ mm type SFS TDB-S-S16 - 6,3 x L, pré-montées avec une rondelle d'étanchéité conique en inox austénitique de $\varnothing 16$ mm et joint EPDM vulcanisé monobloc (70 shore, épaisseur 3 mm).

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 minimum 6,5 mm type SFS TDA-S-S16 - 6,5 x L disposée dans les trous de $\varnothing 7,0$ mm avec pré-perçage de $\varnothing 4,0$ mm, et ancrées de 50 mm minimum dans une panne bois de densité 350 kg/m² minimum, pré-montées avec une rondelle d'étanchéité conique en inox austénitique de $\varnothing 16$ mm et joint EPDM vulcanisé monobloc (70 shore, épaisseur 3 mm).

Il est également possible d'utiliser quatre vis de type SFS SDK2-S-377-6,0xL ou SFS SXX2-D10-6,0xL, sans pré-perçage, disposées dans les trous de $\varnothing 6,1$ mm de la patte de fixation, avec un ancrage minimal dans le bois de 30 mm (bois C24, densité $\rho \geq 350$ kg/m³).

Pour les vis SFS SDK2 et SFS SXX2, la longueur de la vis est calculée selon la formule :

$$L \geq L_c + L_p + L_i + L_{eff} + L_f$$

avec

L : Longueur de la vis.

L_c : Hauteur du cône qui sort de la patte (2 mm).

L_p : Hauteur de la patte de fixation

patte alu : 5 mm sans sabot isolant,

patte composite : 7 mm sans sabot d'écartement.

L_i : Hauteur d'un composant intermédiaire éventuel (sabot).

L_{eff} : Longueur effective d'ancrage dans le bois (≥ 30 mm).

L_f : Hauteur de la tête foreuse (7 mm).

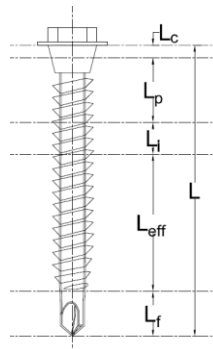


Figure 13 – Longueur des vis SFS SXX2

2.2.2.3.6. Fixation sur panne béton avec insert

La pose sur charpente béton se fait par l'intermédiaire d'inserts métalliques ancrés, conformes au DTU 40.35. Les fixations sont de même nature que sur support acier.

2.2.2.4. Accessoires de montage spécifique

2.2.2.4.1. Généralités

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 requis pour une parfaite fonctionnalité du système.

2.2.2.4.2. Accessoires d'égout (cf. figure 29)

2.2.2.4.2.1. Closoir d'égout et compriband

Le closoir d'égout en mousse obture l'espace intérieur entre les bourrelets des bacs Kalzip® voisins, il est complété par un compriband, pris en sandwich entre la sous-face du profil Kalzip® et la cornière d'égout. Le closoir d'égout n'est plus nécessaire lorsque la pente est supérieure à 10 %, le compriband lorsque la pente est supérieure à 20 %.

2.2.2.4.2.2. Cornière d'égout

Profil continu complémentaire (en aluminium et de longueur unitaire de 6 mètres) situé sous le profil 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.

2.2.2.4.3. Accessoires de faîtage (cf. figures 30 et 31)

2.2.2.4.3.1. 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 spécialisé.

Dans le cas des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés, la largeur de la petite ou de la grande base est variable, les closoirs aluminium de faîtage sont alors spéciaux et réalisés sur mesure. Leur conception est identique au closoir de faîtage standard (cf. Document Technique d'Application « Kalzip® Droit »).

2.2.2.4.3.2. 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 %.

Dans le cas des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés, la largeur de la petite ou de la grande base est variable, le complément d'étanchéité est fourni en longueur de 1 mètre et découpé à la bonne cote sur chantier.

2.2.2.4.3.3. 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.

2.2.2.4.3.4. Patte coulissante de faîtage (cf. figure 31)

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.

2.2.2.4.4. Accessoires de rive (cf. figures 32 et 33)

2.2.2.4.4.1. 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.

Dans le cas particulier de la couverture cintrée, 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.

2.2.2.4.4.2. 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.

2.2.2.4.4.3. 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.

2.2.2.4.4.4. Profils de rive « tout-en-un » (cf. figure 33)

Profil continu (en aluminium de longueur unitaire de 3 mètres), cet accessoire permet la mise en œuvre de rives pour des couvertures droites ou cintrés d'un rayon ≥ 100 m (cf. § 2.4.4.3).

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 ou sous-face intérieure

En toiture chaude, la sous-face intérieure, a pour simple rôle le maintien en place des isolants composants du complexe. Cette sous-face peut être :

- un bac métallique non porteur support d'isolation (tôle nervurée pleine ou perforée), faisant l'objet d'une fiche technique et conforme au DTU 40.35 (les tôles d'acier nervurées perforées étant admises dans les mêmes conditions), DTU 40.36 (posé conformément au DTU 40.35).
- un plâlage bois conforme au *e-cahier CSTB n° 3830* « Support en bois et panneaux à base de bois pour couverture en bac métallique totalement supporté sous Document Technique d'Application » ;
- une dalle béton conforme au DTU 20.12, avec ossature métallique intermédiaire ancrée par cheville chimique dans la dalle béton. L'ossature métallique intermédiaire est en acier S 250 GD galvanisé Z275 selon la norme NF EN 10346, d'épaisseur minimale 2,5 mm. La résistance cette ossature intermédiaire et l'ancrage des chevilles de fixations devra faire l'objet d'une justification particulière selon la norme NF EN 1993-1-3/NA, au cas par cas ;
- un feutre tendu sous ATEC/DTA.

2.2.2.5.2. Ouvrage pare-vapeur

L'ouvrage pare-vapeur est conforme à la norme NF DTU 43.3 +A1 sur support bac métallique, au DTU 43.4 sur platelage bois, au DTU 43.1 sur support dalle béton, ou selon l'ATEC/DTA du feutre tendu.

Lors de la pose, les déchirures sur le pare-vapeur doivent être réparées avant la mise en place de l'isolant.

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.

En rives et autour des pénétrations, l'ouvrage pare-vapeur est relevé et rabattu sur l'isolant, liaisonné à la pénétration. Entre la partie relevée du pare-vapeur et la costière périphérique, il sera positionné un cordon de mastic butyle.

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.

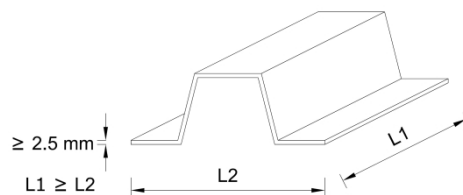


Figure 14 - Etrier

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.

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

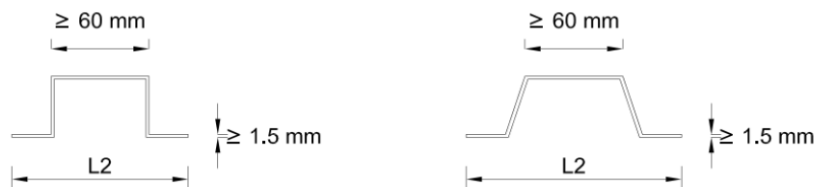


Figure 15 - Profils écarteurs

2.2.2.5.5. Isolation thermique en cas de couverture chaude

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 10).

L'isolant est conforme 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+A1).

À l'égout, au faîtage et autour des pénétrations, un isolant en laine minérale haute densité de classe de compressibilité C (selon Guide UEAtc, e-cahier du CSTB n°2662_V2), possédant un DTA de panneaux isolant support d'étanchéité du Groupe Spécialisé n° 5.2, doit être mis en œuvre.

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

2.2.2.5.6. Ossature intermédiaire tubulaire FlexiCon

Lorsque nécessaire (cf. § 2.3.1), l'ossature intermédiaire tubulaire réglable FlexiCon (fournie par Kalzip) est fixée à la charpente à l'aide des pattes équerres en forme de (L) ou de (U) (cf. figure 16), soit :

- en aluminium avec une limite d'élasticité $R_{p0,2} \geq 160 \text{ N/mm}^2$, d'épaisseur minimale 2.0 mm ;
- en acier S 250 GD galvanisé Z275 selon la norme NF EN 10346, d'épaisseur minimale 1.5 mm ;

fixées ponctuellement au droit des éléments de charpente par au minimum 2 vis de fixation en acier inoxydable adaptées au support.

Le tube est un profilé en aluminium extrudé (FlexiCon) cintré en usine, de $\varnothing=80 \text{ mm}$, en aluminium avec une limite d'élasticité $R_{p0,2} \geq 160 \text{ N/mm}^2$, d'épaisseur minimale 2.0 mm et de longueur maximale de 6.0 m, fixé sur les pattes équerres en forme de (L) ou de (U) par au minimum 2 vis en acier inoxydable adapté au support.

Chaque patte de fixation Kalzip, s'appuie sur le tube par l'intermédiaire d'un adaptateur (Saddle Clip), accessoire en aluminium extrudé, avec une limite d'élasticité $R_{p0,2} \geq 160 \text{ N/mm}^2$, d'épaisseur minimale 2.0 mm et de 125 mm de long, présentant une assise plane au-dessus pour recevoir la patte et une sous face cintrée pour s'adapter au tube (cf. figure 16).

Tous les éléments et fixations de l'ossature intermédiaire tubulaire FlexiCon doivent faire l'objet d'une justification particulière selon la norme NF EN 1993-1-3/NA ou NF EN 1999-1-1 et ses amendements et annexe nationale, au cas par cas.

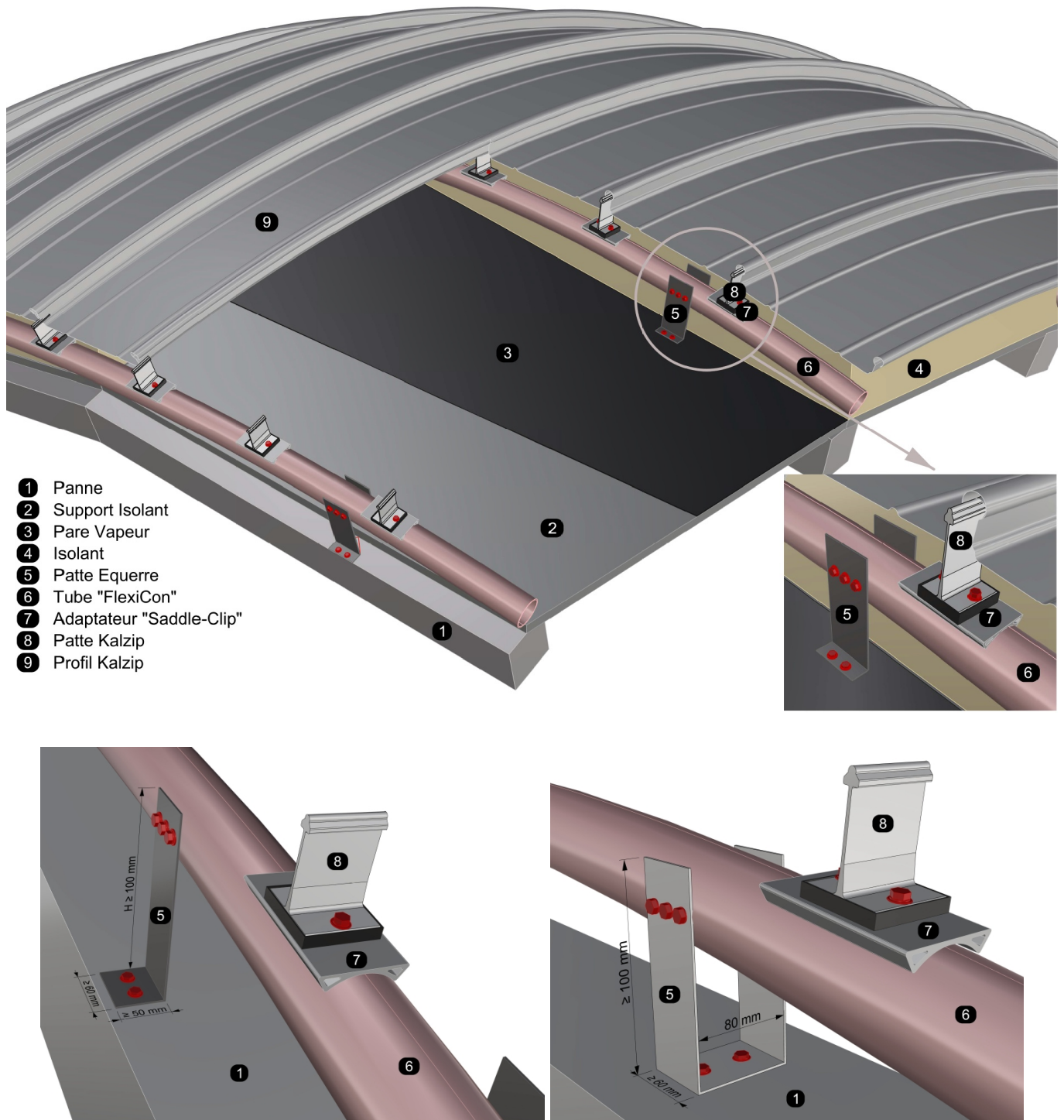


Figure 16 - Principe de géométrie double courbure avec ossature intermédiaire tubulaire FlexiCon

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Conception du système

2.3.1.1. La charpente

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.

Le respect des tolérances de construction concernant les structures porteuses est impératif et seront à prévoir dans les Documents et Pièces du Marché (DPM) du charpentier.

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_V3*).
- Le dimensionnement de la charpente, au droit du point fixe de la couverture, doit tenir compte des efforts reportés sur la charpente (cf. § 2.3.2.3).
- Disposer d'une surface d'appui suffisante pour les pattes Kalzip® ou les étriers (cf. § 2.4.3.1).

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.

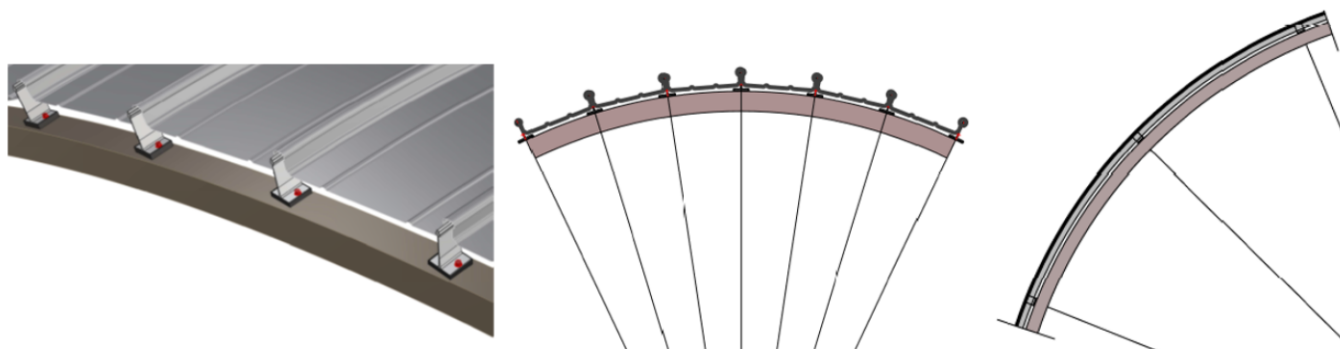
La charpente devra être contrôlée et réceptionnée par le maître d'ouvrage (ou son représentant) et par l'entreprise de couverture avant la mise en œuvre du système de couverture Kalzip® (cf. § 2.3.1.1.2).

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 : surface d'appui toujours parallèle à la surface des bacs Kalzip®(cf. figure 17).
- Rayons de cintrages et de girations.

La structure support de la couverture Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré devra être contrôlée et réceptionnée par un géomètre.



Nota : vue 3D, coupes perpendiculaire et parallèle au joint debout

Figure 17 - Exemple de surface d'appui parallèle à la surface des bacs Kalzip®

Pour les couvertures à double courbure (c'est-à-dire toutes les formes de couvertures gironnées cintrées, présentant un rayon de cintrage R_{ci} et des rayons de giration interne et externe R_{gi}/R_{ge}) notamment, ou pour obtenir une surface d'appui des pattes Kalzip parfaitement parallèle au plan de la couverture, il peut être nécessaire d'employer une ossature intermédiaire rayonnante tubulaire FlexiCon (cf. § 2.2.2.5.6 et 2.3.1.1.3).

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 les bacs 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.

La société Kalzip propose à ce titre une ossature intermédiaire rayonnante tubulaire FlexiCon (cf. § 2.2.2.5.6).

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, pattes équerres, tubes, vis de fixations, ...) devra faire l'objet d'un dimensionnement selon NF EN 1993-1-3/NA ou NF EN 1999-1-1 et ses amendements et annexe nationale, et d'une justification calculée dans chaque cas d'application. Les valeurs limites maximales à prendre en compte pour les flèches verticales et horizontales sont de L/200. Dans le cas d'emploi d'une telle ossature, la largeur d'appui des pannes doit être adaptée en conséquence (50 mm minimum), et précisée dans les DPM.

2.3.1.2. Toiture froide ventilée non isolée (cf. figure 3)

Le procédé Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré permet la réalisation de couverture froide sans isolation de bâtiments ouverts uniquement (cf. figure 3).

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.

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. § 2.2.2.1.10).

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® Trapèzes avec traitement régulateur de condensation en sous-face (cf. § 2.2.2.1.10).

2.3.1.3. Toiture chaude isolée (cf. figure 4)

Le procédé Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré 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, conforme au § 2.2.2.5.1.
- Un ouvrage pare-vapeur (cf. § 2.2.2.5.2), ayant pour rôle d'empêcher la migration de la vapeur d'eau dans le complexe positionnée :
 - au niveau du support d'isolation non porteur ;
 - ou, avec bac métallique non porteur support uniquement, au 2/3 - 1/3 de la résistance thermique totale du complexe isolant (2/3 au-dessus du pare-vapeur, 1/3 en dessous), ou au 3/4 - 1/4 de la résistance thermique totale du complexe isolant (3/4 au-dessus du pare-vapeur, 1/4 en dessous) en zone très froide.

NOTE : Une zone très froide est définie par une température de base strictement inférieure à - 15 °C (NF P 52-612/CN). Les départements de la zone très froide sont :

- Le Bas-Rhin, le Haut-Rhin, les Vosges, le Territoire de Belfort, la Moselle et la Meurthe et Moselle pour les altitudes > 400 m.

- Le Doubs pour les altitudes > 600 m.

- L'Ain, les Hautes-Alpes, l'Isère, le Jura, la Loire, la Nièvre, le Rhône, la Haute-Saône, la Saône-et-Loire, la Savoie et la Haute-Savoie pour les altitudes > 800 m.

- Dispositif écarteur éventuel (type oméga) solidaire des pannes par l'intermédiaire d'étriers et écarteurs, 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 les écarteurs ;
- Isolant thermique souple, selon DTU 40.35 et possédant un classement WS (absorption d'eau à court terme $\leq 1 \text{ kg/m}^2$ selon la norme NF EN 13162+A1. 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 faitage et autour des pénétrations, un isolant haute densité de classe de compressibilité C (selon Guide UEAtc, e-cahier du CSTB n°2662_V2), possédant un DTA de panneaux isolant support d'étanchéité du Groupe Spécialisé n° 5.2 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 (cf. § 2.3.2.3.4). 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. § 2.4.5) 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 18) :

- 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 faitage.

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

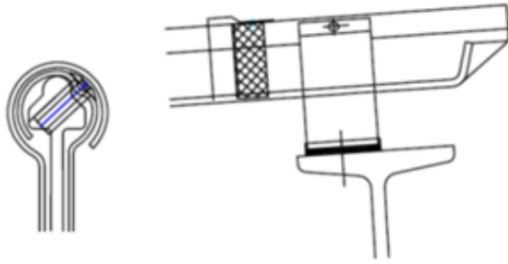
Dans le cas des boulons, le nombre est limité à deux.

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).

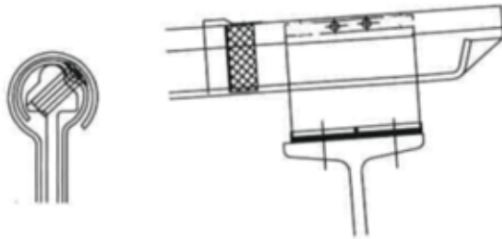
Il convient de vérifier la reprise des charges au droit du point fixe dans la charpente.

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

Détail du point fixe :

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).

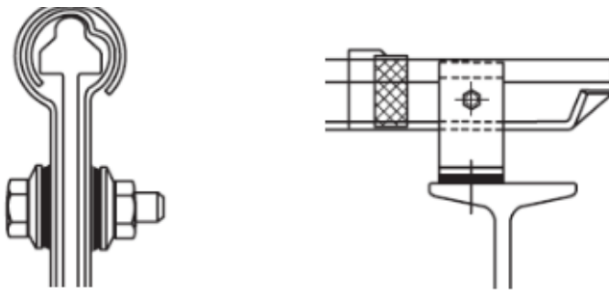


2) De forces plus importantes dans le point fixe peuvent être transmises par deux ou trois rivets pop.

Une patte de double longueur est nécessaire.

La force tranchante admise dans l'aluminium par rivet étanche \varnothing 4,8 mm :

Épaisseur de tôle (aluminium)	$t_{al} = 0,9$ mm	$t_{al} = 1,0$ mm	$t_{al} = 1,2$ mm
Résistance de calcul	1,02 kN	1,16 kN	1,42 kN



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.

La force tranchante admise dans l'aluminium par boulon traversant M6 :

Épaisseur de tôle (aluminium)	$t_{al} = 0,9$ mm	$t_{al} = 1,0$ mm	$t_{al} = 1,2$ mm
Résistance de calcul	2.38 kN	2.64 kN	3.17 kN



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



Figure 18 – 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 faitage.

Pour les formes gironnées droites, le point fixe doit être réalisé de préférence au faitage 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 en milieu de bac ou à 50 mètres de l'extrémité du bac située à l'égout.

Pour les formes gironnées cintrées en forme de voûte convexe (rayon cintrage unique, cf. figure 24), il doit être positionné au faitage (point le plus haut).

Pour les formes gironnées cintrées à rayons multiples (cf. figure 25) 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 gironnées mixtes droites et cintrées (cf. figure 26), il doit être positionné de préférence au point de tangence* (cf. § 2.3.2.6.4).

2.3.2.3.4. Calcul de l'effort au point fixe

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

$$T_d = (\gamma_g \cdot g_k + \gamma_q \cdot s \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot L_{\text{Kal}} \cdot b_{\text{Kal}}$$

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 : Charge de neige sur le toit, $s = \text{MAX} \{ \mu_i \cdot (s_k + \Delta s) ; \mu_i \cdot s_{Ad} / 1.5 \}$
- μ_i = coefficient de forme selon la norme NF EN 1991-1-3/NA § 5 et 6
- s_k : la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol, selon la norme NF EN 1991-1-3/NA en [daN/m²] ;
- Δs : Variation d'altitude selon la norme NF EN 1991-1-3/NA en [daN/m²] ;
- 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_{Kal} : la longueur du profil Kalzip® (en [m]) ;
- b_{Kal} : la largeur moyenne du profil Kalzip® Trapèze (grande base + petite base)/2 (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.

La composante T_d vient ensuite s'appliquer aux points fixes des bacs Kalzip, et doit être décomposée jusqu'à la charpente support (voir exemple en Annexes 1.2 et 1.3).

2.3.2.4. Pente de la couverture

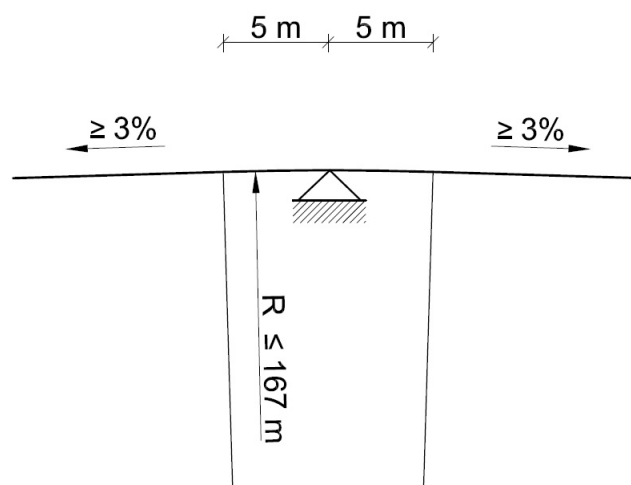
2.3.2.4.1. Pente

De façon générale, 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 5).

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 faitage (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 19).

	$3 \leq P \leq 7 \%$	$7 < P \leq 10 \%$	$10 < P \leq 20 \%$	$P > 20 \%$
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
Dessautage et assemblage transversal par soudure	Oui	Oui	Oui	Oui
Dessautage et assemblage transversal par rivets et complément d'étanchéité	Non	Oui	Oui	Oui
Closoir mousse égout nécessaire	Oui	Oui	Non	Non
Compribandé égout nécessaire	Oui	Oui	Oui	Non
Closoir mousse faitage	Oui	Oui	Non	Non

Tableau 5 – Longueurs, assemblages et pénétrations des bacs Kalzip® en fonction des pentes de couvertures



Nota : Pour les conditions de franchissement de la couverture au faitage : cf. tableau 1 du § 1.1.2.

Figure 19 – Rayon maximum au faitage

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 limités. Les prescriptions du § 2.4.6 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 20).

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.

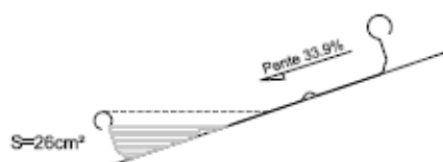
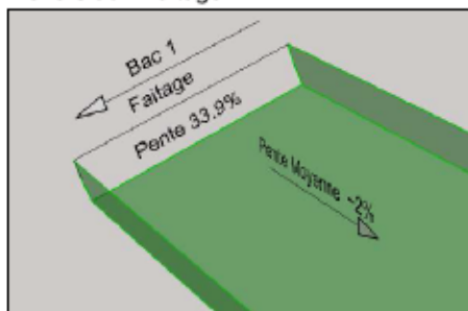
Conformément au NF DTU 60.11 P3, relatif au dimensionnement des gouttières et chéneaux, les sections données au tableau 1 du NF DTU 60.11 P3 doivent être majorées de 10 % dans le cas de chéneaux de sections rectangulaires ou trapézoïdales et de 20 % pour des sections triangulaires.

La hauteur d'eau dans le chéneau devra être inférieure à la hauteur du petit bourrelet minorée de 30 % (cf. exemple figure 20).

Dévers Ecoulement des eaux pluviales dans un bac Kalzip

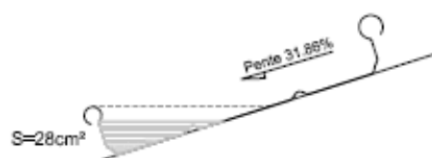
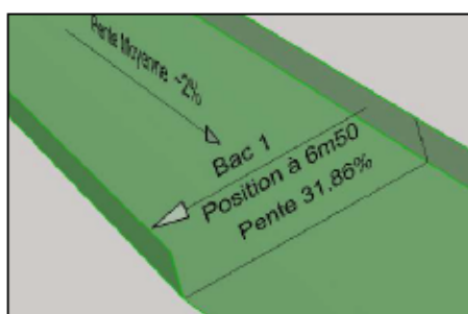
Etude d'exemple avec un bac 65/333

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 2.15m^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 2.15m^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.

Figure 20 – Devers

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 ;

Les limites se trouvent dans le tableau 6.

Profil Kalzip®	Épaisseur en [mm]	Cintrage convexe	
		Rayon naturel	Cintrage mécanique lisse
65/305, 65/333, 65/400, 65/500	0,9	40	5
	1,0	48	1,5
	1,2	55	1,5
AF 65/333, AF 65/434, AF 65/537	0,9	40*	8
	1,0	48*	3,5
	1,2	55*	3

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

Tableau 6 - Rayons minimaux de cintrage en [m] en fonction du type de profil Kalzip® et du type de cintrage

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 7 à 14, 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 7 à 14, en fonction du rayon de cintrage.

2.3.2.6. Formes de l'enveloppe

2.3.2.6.1. Généralités

Les formes de couvertures répondant au domaine d'application des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés sont nécessairement régies par des rayons de giration en plan, on parle alors de Couverture Gironnées. Les couvertures pourvues également d'un ou plusieurs rayons de cintrage sont alors appelées Couvertures Gironnées Cintrées.

La conicité des bacs Trapèzes Droits ou Cintrés est déterminée par les rayons Rgi* (rayon de giration intérieur) et Rge*(rayon de giration extérieur), en fonction des largeurs de la petite base et de la grande base. L'arc défini par le Rgi constitue la génératrice de la petite base du trapèze, alors que celui défini par le Rge représente la génératrice de la grande base (cf. § 2.2.2.1).

Il en résulte 3 types de formes pouvant être reconstituées de bacs Kalzip® Trapèzes :

- La forme gironnée droite ;
- La forme gironnée cintrée ;
- La forme gironnée mixte associant les couvertures gironnées droites avec des couvertures gironnées cintrées.

* : Voir définition en Annexe 4.

2.3.2.6.2. Forme Gironnée Droite (cf. figure 21)

Surface plane gironnée, avec une pente $\geq 3\%$, réalisée avec des bacs Kalzip® Trapèzes Droits.

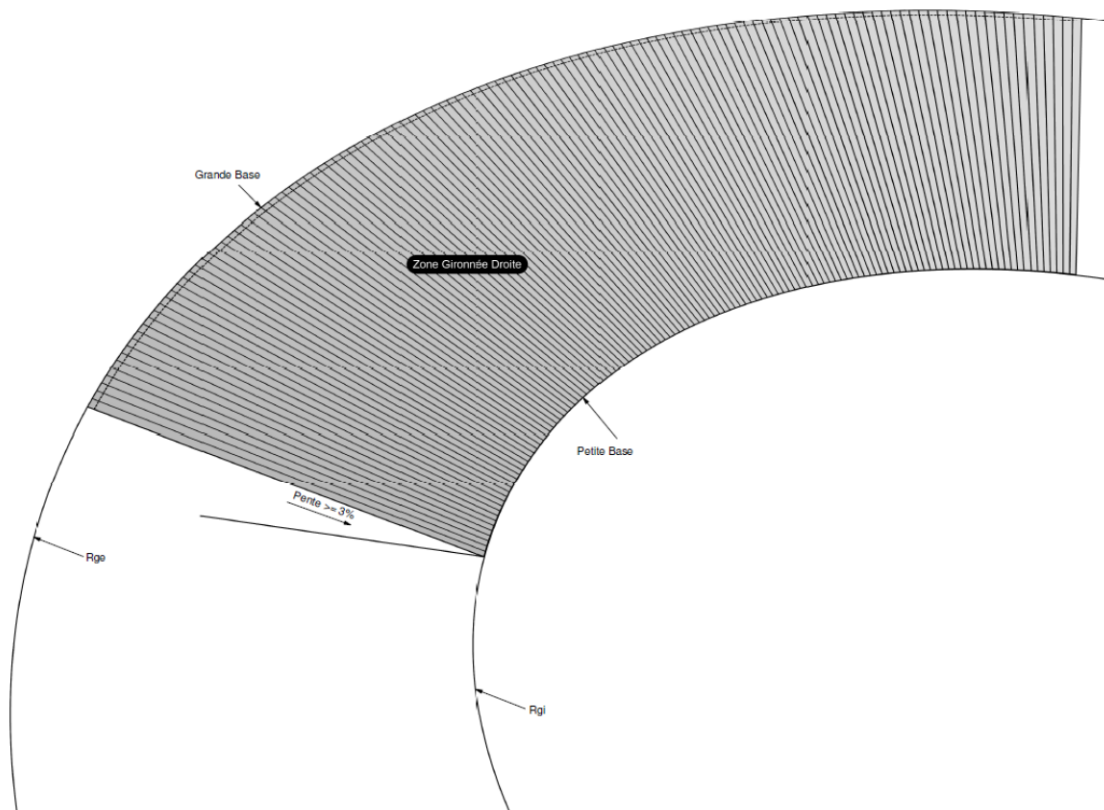


Figure 21 – Forme gironnée droite

2.3.2.6.3. Forme Gironnée Cintrée (cf. figure 22 à 24)

C'est une forme dont le profil de la section transversale présente sur le plan vertical un ou plusieurs cintrages naturels ou mécaniques des bacs Kalzip®, et qui s'organise autour d'un même centre de rayon de giration* sur le plan horizontal. Pour ces formes gironnées, il existe 2 types de cintrages : à rayon unique et à rayons multiples.

2.3.2.6.3.1. Cintrage à rayon unique (cf. figures 22 à 23)

Dans ce cas, la couverture cintrée à rayon unique R_{ci}^* (rayon de cintrage interne) dessine un angle de 180° , le parcours du bac Trapèze Cintré décrit 3 zones, d'un angle de 60° en moyenne chacune : la zone de giration sommitale au centre, la zone de giration intérieure et la zone de giration extérieure. Chaque zone est de la même façon pourvue d'un R_{gi} et d'un R_{ge} spécifiques.

- Zone de giration sommitale* (cf. figure 22) :
 - Cette zone centrale de couverture gironnée cintrée est située entre les zones de giration intérieure et extérieure. Elle décrit un angle de 60° obtenu de façon symétrique par rapport à une verticale qui passe par le centre du R_{ci} et le faîtage, (soit 30° de part et d'autre de celle-ci). Sur cette zone, le point fixe est recommandé au faîtage.
- Zone de giration intérieure* (cf. figure 22 bis) :
 - Zone intérieure de couverture gironnée cintrée qui est située le plus proche du centre de giration*. Elle décrit un angle de 60° par rapport à l'horizontale qui passe par le centre du R_{ci} . Elle est caractérisée par un rayonnement convergent*.
- Zone de giration extérieure* (cf. figure 22 ter) :
 - Zone extérieure de couverture gironnée cintrée qui est située le plus loin du point de giration*. Elle décrit un angle de 60° par rapport à l'horizontale passant par le centre R_{ci} . Elle est caractérisée par un rayonnement divergent*.

Exemple (cf. figure 23) :

- Longueur du bac $L = 100$ m, soit 50 m par rapport au point fixe ;
- Angle parcouru 180° ;
- $R_{ci} = 31,80$ m ;
- $R_{gi} = 50$ m ;
- $R_{ge} = 113,60$ m.

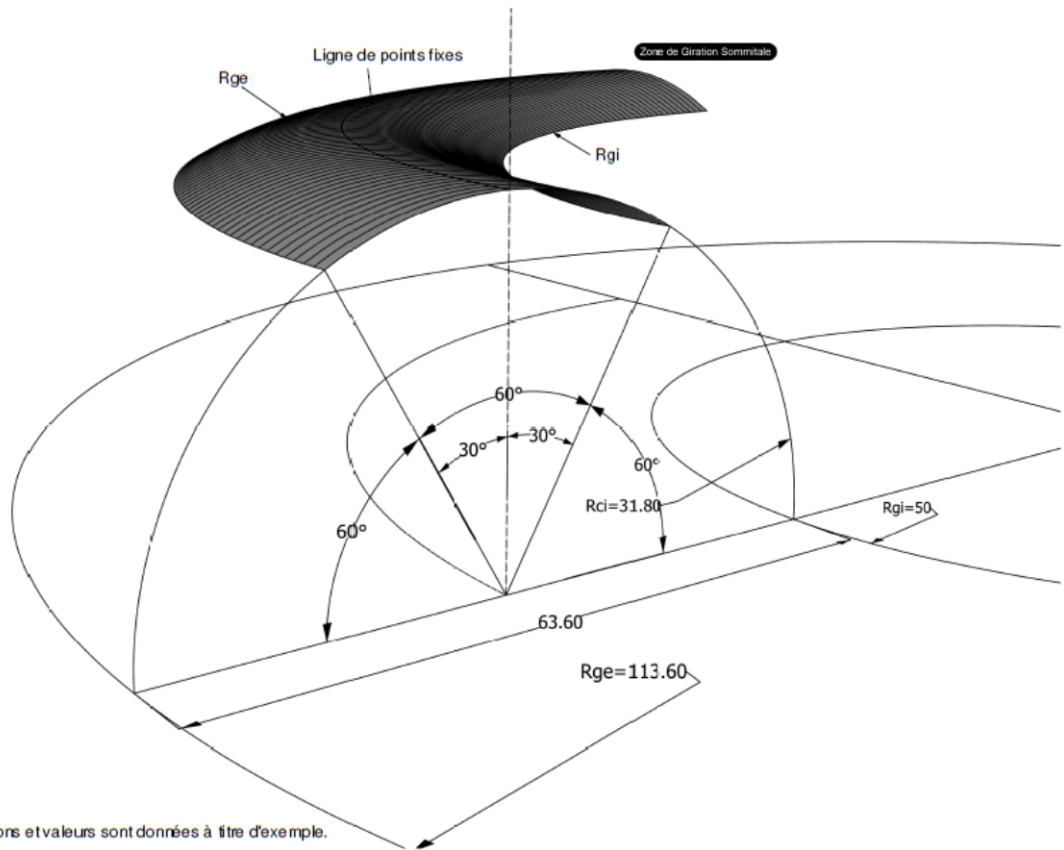


Figure 22 – Forme gironnée cintrée à rayon unique – Zone de giration sommitale

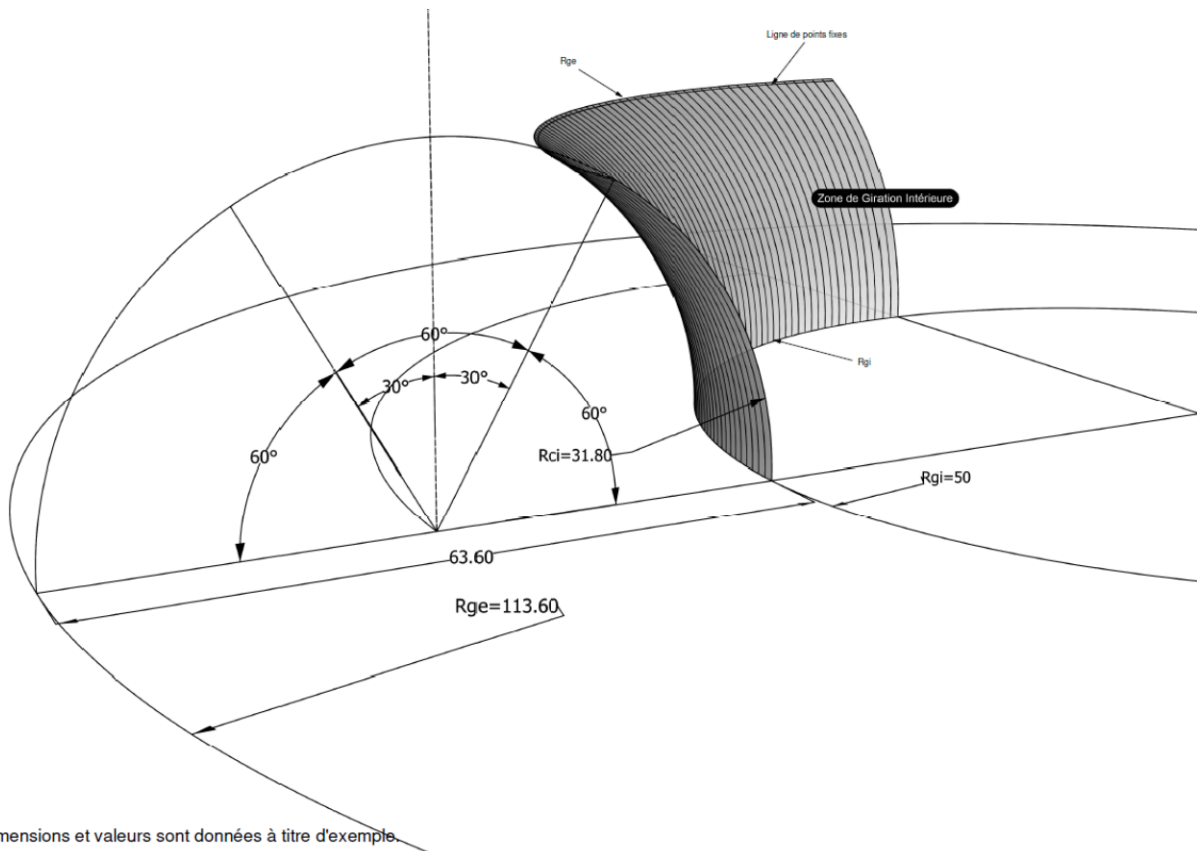
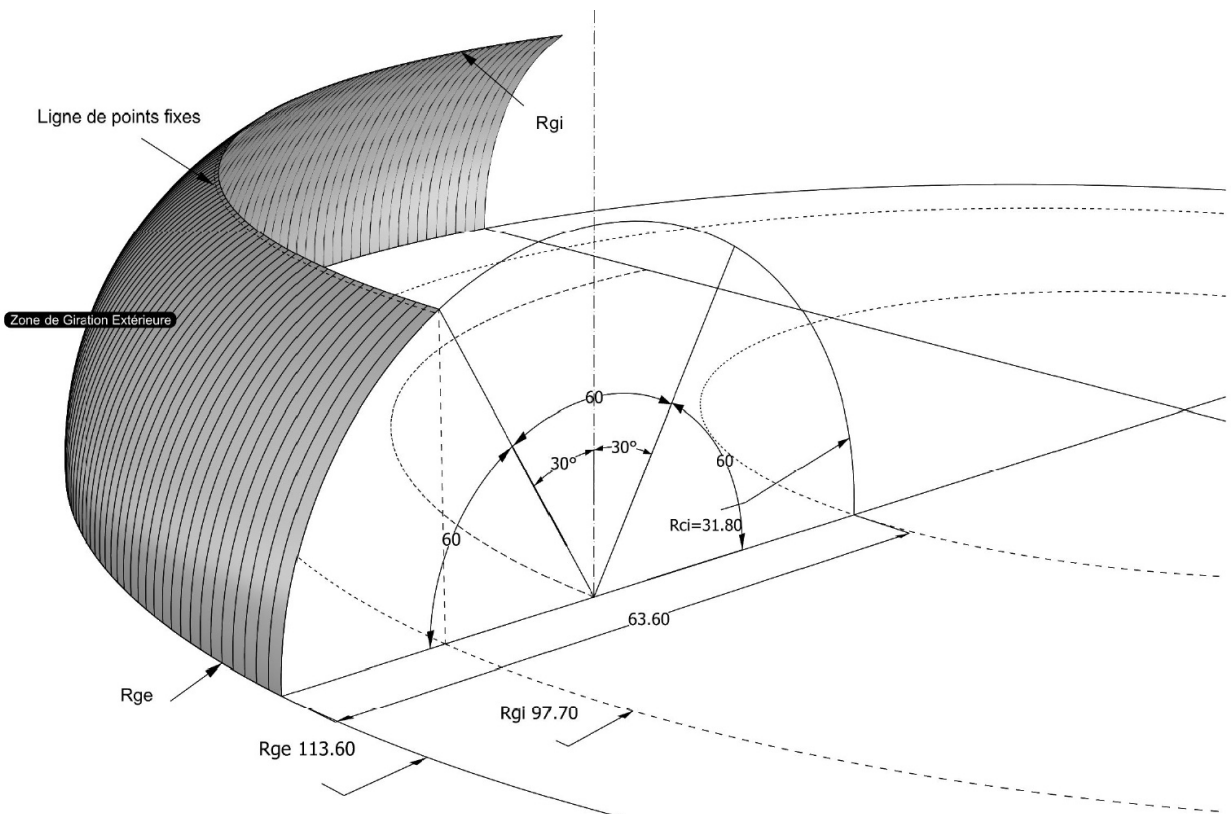
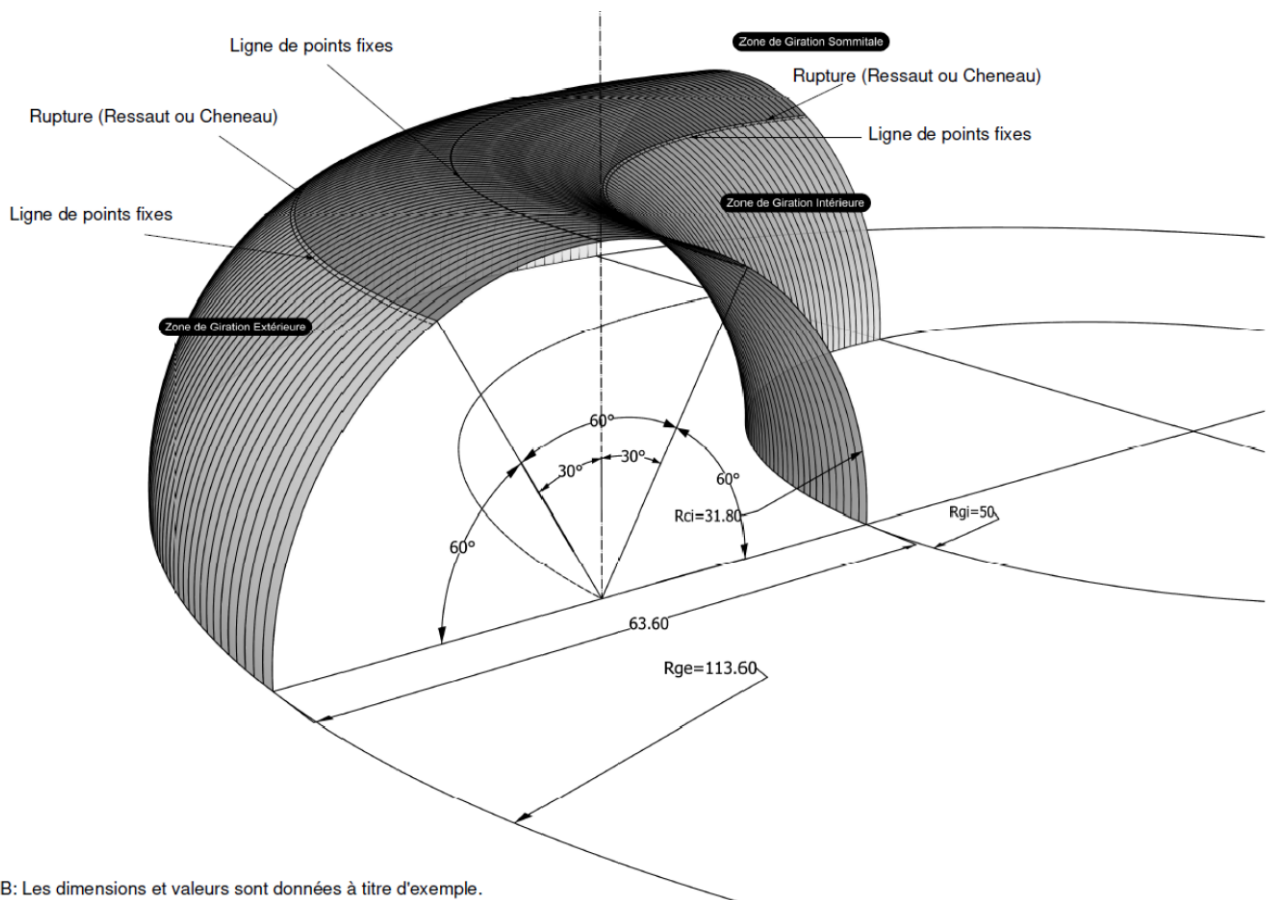


Figure 22 bis – Forme gironnée cintrée à rayon unique – Zone de giration interne



NB: Les dimensions et valeurs sont données à titre d'exemple.

Figure 22 ter – Forme gironnée cintrée à rayon unique – Zone de giration externe



NB: Les dimensions et valeurs sont données à titre d'exemple.

Figure 23 – Forme gironnée cintrée à rayon unique – Synthèse

2.3.2.6.3.2. Cintrage à rayons multiples (cf. figure 24)

Le cintrage de la couverture en section transversale peut présenter plusieurs rayons Rci successifs différents, on parle alors de cintrage à rayons multiples. Ces rayons Rci variables décrivent une courbe progressive et tangentielle, ce type de couverture, est caractérisé par l'existence d'au moins deux rayons, un rayon mini et un rayon maxi.

Exemple (cf. figure 24) :

Longueur développée du bac < 100 m, soit $L = 92$ m ;

Angle parcouru = 180° ;

Rci mini = 6,40 m ;

Rci maxi = 100 m ;

Rgi = 80 m ;

Rge = 160 m.

Comme dans le cas d'un cintrage à rayon unique, on observe aussi dans cet exemple un découpage en 3 zones, zone intérieure*, zone extérieure* et zone sommitale*, parcourant chacune un angle moyen de 60° (cf. figure 24).

Il faut réaliser une rupture dans la couverture entre les différentes zones, qui peut être soit à la limite des cintrages naturels et mécaniques, soit obtenues par répartition en angle moyen de 60° par rapport aux rayons de cintrage internes (Rci mini pour les zones intérieure* et extérieure*, Rci maxi pour la zone sommitale*, ou inversement).

Cette rupture se traduit par la réalisation d'un ressaut (cf. figure 39) ou par la mise en place d'un chéneau (cf. figure 34).

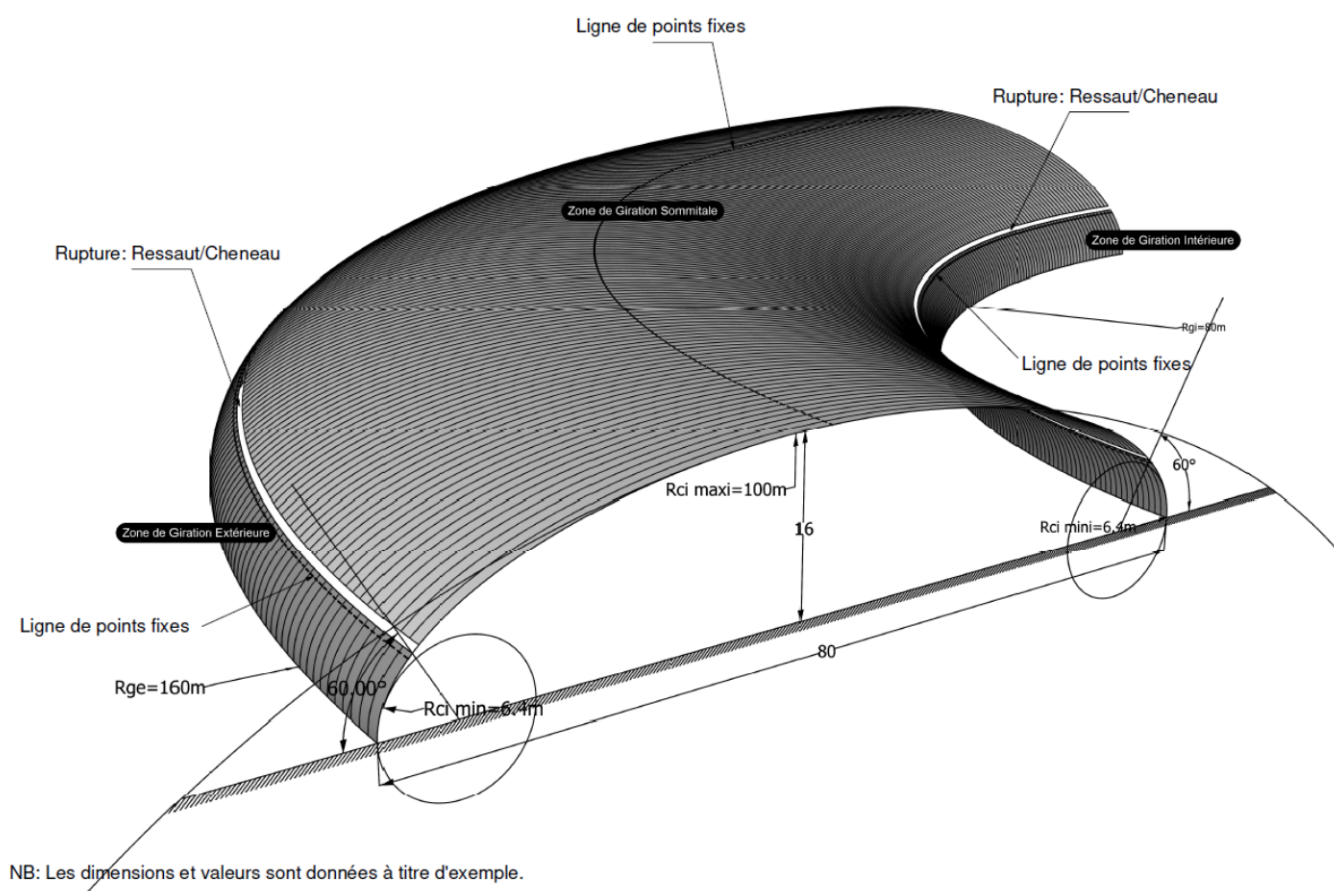
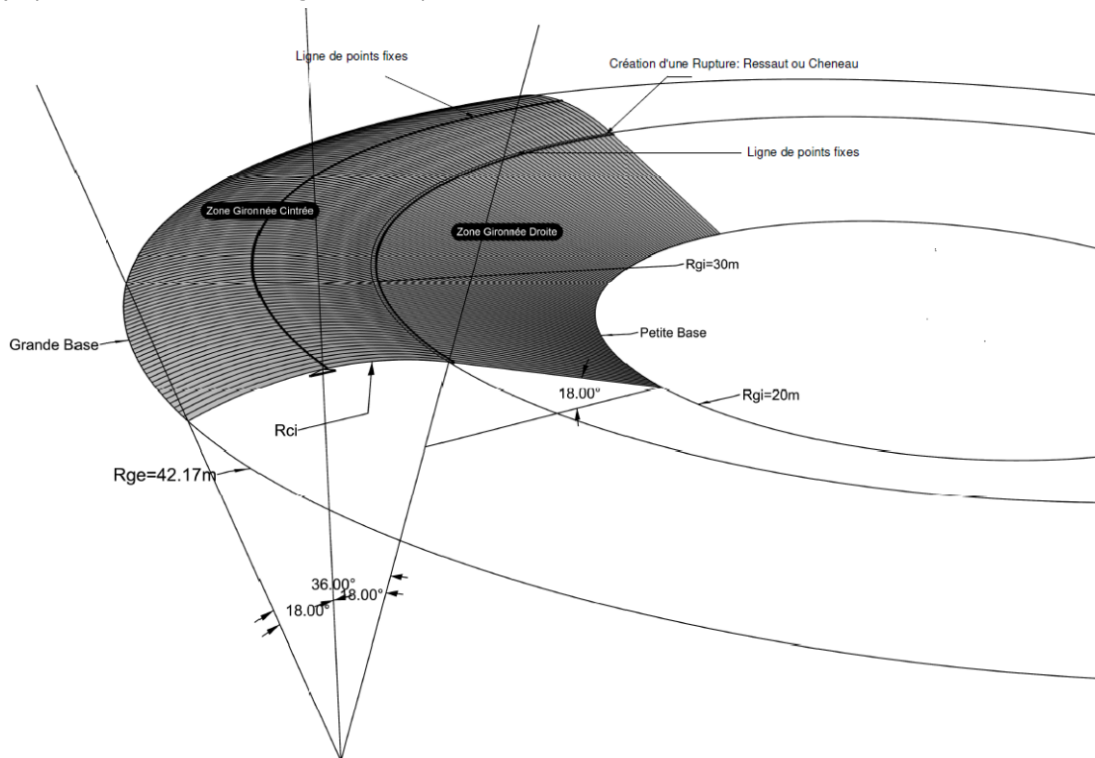


Figure 24 – Forme gironnée cintrée à rayons multiples

2.3.2.6.4. Formes gironnées mixte (cf. figure 25)

Les formes gironnées mixtes sont une association de formes gironnées cintrées (cf. § 2.3.2.6.3) avec une forme gironnée droite (cf. § 2.3.2.6.2) ayant le même centre de giration en plan.



NB: Les dimensions et valeurs sont données à titre d'exemple.

Figure 25 – Cas particulier de forme gironnée mixte

2.3.2.7. Conditions de faisabilité pour les formes gironnées droites* et les formes gironnées cintrées* (cf. Annexe 3)

L'assistance technique du fabricant est requise pour la validation de la faisabilité des formes de la couverture, le positionnement des points fixes et le positionnement des ruptures (chéneau ou ressaut).

2.3.2.7.1. Formes gironnées droites (cf. Annexe 3 – Diagramme 1)

Pour assurer la libre dilatation des bacs Trapèzes Droits ou Cintrés sur les pattes, il faut respecter les conditions suivantes :

1. Vérifier si la pente est supérieure à 3 % en tout point de la couverture.
2. Positionner un point fixe en fonction de la forme, de la configuration de la couverture et des conditions énoncées au § 2.3.2.6.2.
3. Déterminer la valeur des rayons de giration intérieur R_{gi}^* et extérieur R_{ge}^* de la couverture en plan (cf. figure 21).
4. Contrôler que la longueur développée du bac Kalzip® Trapèze LPFE (longueur dilatable) ne dépasse pas 50 mètres par rapport à la position du point fixe, qu'il s'agisse d'un bac trapèze unique ou d'un bac trapèze reconstitué.
 - Sinon, réaliser une rupture dans la couverture (ressaut ou chéneau), puis reprendre à l'étape 2 pour chacune des parties de couverture ainsi formées.
5. Vérifier la faisabilité dimensionnelle en fonction du type de bac Kalzip® 65 ou Kalzip® AF 65. Déterminer d'après la règle suivante les largeurs des petites et grandes bases en procédant au calepinage* rayonnant en plan et en respectant les valeurs mini et maxi de la petite base et de la grande base (cf. tableau 2) :

$$\frac{\text{Petite base}}{R_{gi}} = \frac{\text{Grande base}}{R_{ge}}$$

6. Procéder au calepinage de la couverture.

Si une ou plusieurs des conditions énoncées ci-dessus ne sont pas remplies, une ou plusieurs modifications dans la conception de la couverture sont à prévoir. Cela peut être :

- Modifier la pente de la couverture ;
- Réaliser une interruption dans la couverture par la mise en place d'un chéneau (cf. figure 34) ou d'un ressaut (cf. figure 39). Dans ce cas, il est alors nécessaire de vérifier les conditions de faisabilité pour chacune des deux parties de couverture ainsi formées.

* : Voir définition en Annexe 4.

2.3.2.7.2. Formes gironnées cintrées à rayon unique (cf. Annexe 3 – Diagramme 2)

Pour assurer la libre dilatation des bacs trapèzes droits ou cintrés sur les pattes, il faut respecter les conditions suivantes :

1. Procéder à une division de la couverture en 3 zones distinctes, en assurant une rupture (ressaut ou chéneau) entre les zones intérieure*, extérieure* et sommitale*. Cette division est obtenue en inscrivant la couverture dans un demi-cercle où chaque zone parcourt en moyenne un angle de 60 ° comme décrit au § 2.3.2.6.3.1.
2. Dans chaque zone, déterminer la valeur des rayons de giration intérieur R_{gi}^* et extérieur R_{ge}^* en plan, et du rayon de cintrage intérieur R_{ci}^* de la couverture. S'assurer de la condition $R_{ci} < R_{gi}$ dans le cas d'un cintrage mécanique pour les zones de giration intérieur et extérieur. Pour la zone de giration sommitale, la condition $R_{ci} < 167$ m au faîtage doit être vérifiée pour satisfaire le cas d'une voute dont la pente serait inférieure à 3 % sur une longueur maximale de 5 mètres à partir de la ligne de faîtage.
- Sinon, le rayon de cintrage intérieur R_{ci} est à modifier.
3. Positionner un point fixe au faîtage de chacune des zones de couverture ainsi obtenues en respectant les conditions énoncées au § 2.3.2.3.3.
4. Contrôler que la longueur développée du bac Kalzip® Trapèze LPFE (longueur dilatable) ne dépasse pas 50 mètres par rapport à la position du point fixe.
- Sinon, réaliser une rupture dans la couverture (ressaut ou chéneau), puis reprendre à l'étape 2 pour chacune des parties de couverture ainsi formées.
5. Vérifier la faisabilité dimensionnelle en fonction du type de bac Kalzip® 65 ou Kalzip® AF 65. Déterminer d'après la règle suivante les largeurs des petites et grandes bases en procédant au calepinage* rayonnant en plan et en respectant les valeurs mini et maxi de la petite base et de la grande base (cf. tableau 2) :

$$\frac{\text{Petite base}}{R_{gi}} = \frac{\text{Grande base}}{R_{ge}}$$

6. Procéder au calepinage de la couverture.

Si une ou plusieurs des conditions énoncées ci-dessus ne sont pas remplies, une ou plusieurs modifications dans la conception de la couverture sont à prévoir ; cela peut être :

- Déplacement du ou des point(s) fixe(s) pour répondre aux conditions ;
- Si possible, modifications de la valeur des rayons pour remplir les conditions ;
- Réaliser une interruption dans la couverture par la mise en place d'un chéneau (cf. figure 34) ou d'un ressaut (cf. figure 39). Dans ce cas, il est alors nécessaire de vérifier les conditions de faisabilité pour chacune des deux parties de couverture ainsi formées.

2.3.2.7.3. Formes gironnées cintrées à rayons multiples (cf. Annexe 3 – Diagramme 3)

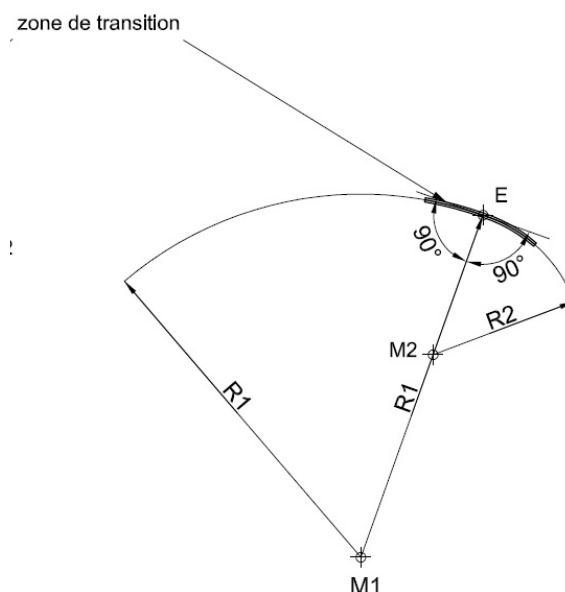
Pour assurer la libre dilatation des bacs trapèzes droits ou cintrés sur les pattes, il faut respecter les conditions suivantes :

1. Dans le cas d'une couverture gironnée cintrée à rayons multiples, vérifier la tangentialité de la courbe de la couverture, en s'assurant de l'alignement du point de rencontre et des centres Rci de deux arcs successifs (cf. figure 26).
 - Sinon, réaliser une rupture dans la couverture (ressaut ou chéneau) en ce point.
2. Procéder à une division de la couverture en 3 zones distinctes, en assurant une rupture (ressaut ou chéneau) entre les zones intérieure*, extérieure* et sommitale*, suivant la procédure décrite au § 2.3.2.6.3.1.
3. Dans chaque zone, déterminer la valeur des rayons de giration intérieur Rgi* et extérieur Rge* en plan, et du rayon de cintrage intérieur Rci* de la couverture. S'assurer de la condition $R_{ci} < R_{gi}$ dans le cas d'un cintrage mécanique pour les zones de giration intérieur et extérieur. Pour la zone de giration sommitale, la condition $R_{ci} < 167$ m au faîtage doit être vérifiée pour satisfaire le cas d'une voute dont la pente serait inférieure à 3 % sur une longueur maximale de 5 mètres à partir de la ligne de faîtage.
 - Sinon, le rayon de cintrage intérieur Rci est à modifier.
4. Positionner un point fixe au faîtage de chacune des zones des couvertures ainsi obtenues en respectant les conditions énoncées au § 2.3.2.3.3.
5. Dans le cas où les zones de couverture ainsi formées présentent des rayons de cintrage mécaniques, prévoir obligatoirement le point fixe sur la partie de couverture possédant le plus petit rayon de cintrage (cf. § 2.3.2.3.3).
 - Vérifier ensuite qu'au-delà du point fixe la progression des rayons Rci reste croissante, c'est-à-dire que lorsqu'on s'éloigne du point fixe vers l'extrémité du bac, la valeur absolue du rayon ou des rayons suivants ne doit pas être plus faible que le rayon précédent.
 - Sinon, réaliser une rupture dans la couverture (ressaut ou chéneau), puis reprendre à l'étape 3 pour chacune des parties de couverture ainsi formées.
6. Vérifier que la longueur développée du bac Kalzip® Trapèze LPFE (longueur dilatable) ne dépasse pas 50 mètres par rapport à la position du point fixe.
 - Sinon, réaliser une rupture dans la couverture (ressaut ou chéneau), puis reprendre à l'étape 3 pour chacune des parties de couverture ainsi formées.
7. Vérifier la faisabilité dimensionnelle en fonction du type de bac Kalzip® 65 ou Kalzip® AF 65. Déterminer d'après la règle suivante les largeurs des petites et grandes bases en procédant au calepinage* rayonnant en plan et en respectant les valeurs mini et maxi de la petite base et de la grande base (cf. tableau 2) :
 - $\frac{\text{Petite base}}{R_{gi}} = \frac{\text{Grande base}}{R_{ge}}$

8. Procéder au calepinage de la couverture.

Si une ou plusieurs des conditions énoncées ci-dessus ne sont pas remplies, une ou plusieurs modifications dans la conception de la couverture sont à prévoir ; cela peut être :

- Déplacement du ou des points fixe pour répondre aux conditions ;
- Si possible, modifications de la valeur des rayons pour remplir les conditions ;
- Réaliser une interruption dans la couverture par la mise en place d'un chéneau (cf. figure 34) ou d'un ressaut (cf. figure 39). Dans ce cas, il est alors nécessaire de vérifier les conditions de faisabilité pour chacune des deux parties de couverture ainsi formées.



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

Figure 26 – Tangentialité : exemple de continuité entre les segments

* : Voir définition en Annexe 4.

2.3.2.7.4. Formes gironnées mixtes

Dans le cas d'une forme gironnée mixte, le point fixe est idéalement positionné à la jonction des parties droites et cintrées.

Il convient cependant de vérifier la localisation de la partie cintrée. Si celle-ci se situe dans la zone sommitale, il est nécessaire de positionner le point fixe au faitage sur la zone sommitale et de réaliser une rupture (chêneau ou ressaut) entre les deux formes cintrées et droites (cf. figure 25). L'absence de rupture à cet endroit est cependant autorisée si la distance entre la ligne de faitage support du point fixe et le point d'inflexion entre les formes droites et cintrées est inférieure à 4 m.

Chaque partie de toiture, gironnée droite et gironnée à rayons unique ou multiples, doit respecter les conditions de faisabilité des paragraphes précédents.

2.3.3. Portées d'utilisation des bacs

Les portées maximales entre appuis pour des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou 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 7 à 14, 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_V3* (cf. exemple en Annexe 1).

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_V3*.

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_V3*.

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

- Flèche inférieure au 1/200ème de la portée sous charges descendantes ;
- 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-composites 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 14 dédié uniquement aux pattes aluminium ;
- De la fixation de la patte Kalzip® avec deux vis de résistance caractéristique à l'arrachement conformes au § 2.2.2.3.1

Dans le cas des bacs Kalzip® Trapèzes, l'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac. En fonction de cette valeur, il faut se reporter aux tableaux 7 à 14 et choisir le type de bac Kalzip® le plus proche mais dont la largeur est immédiatement supérieure à la largeur de la grande base du bac trapèze considéré.

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 7 à 14, 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.

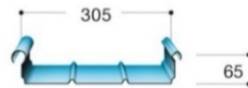
Un exemple de calcul de portées est présenté en Annexe 1.

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.



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	1,58	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	0,62	0,69	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).

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 (Wk) selon le e-cahier CSTB n°3804_V3. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage "patte +2 vis" (ou 4 vis dans le cas particulier du § 2.2.2.3.5) conforme au § 2.2.2.3.1.

L'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac.

Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composites).

Tableau 7 - Kalzip® 65/305 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées 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	7,02	8,81	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	1,08	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	1,48	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		0,88	1,06

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

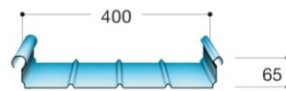
Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

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 (Wk) selon le e-cahier CSTB n°3804_V3. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage "patte +2 vis" (ou 4 vis dans le cas particulier du § 2.2.2.3.5) conforme au § 2.2.2.3.1.

L'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac.

Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composites).

Tableau 8 - Kalzip® 65/333 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées 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	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	1,08	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).

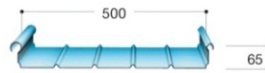
Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

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 (Wk) selon le e-cahier CSTB n°3804_V3. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage "patte +2 vis" (ou 4 vis dans le cas particulier du § 2.2.2.3.5) conforme au § 2.2.2.3.1.

L'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac.

Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composites).

Tableau 9 - Kalzip® 65/400 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées 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	1,08	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).

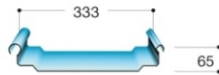
Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

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 (Wk) selon le e-cahier CSTB n°3804_V3. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage "patte +2 vis" (ou 4 vis dans le cas particulier du § 2.2.2.3.5) conforme au § 2.2.2.3.1.

L'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac.

Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composites).

Tableau 10 - Kalzip® 65/500 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées 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	4,66	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	1,08	0,94	2	Pression	3,72	6,47	6,47
				Dépression	3,85	4,70	5,99
			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	0,76	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).

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 (Wk) selon le e-cahier CSTB n°3804_V3. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage "patte +2 vis" (ou 4 vis dans le cas particulier du § 2.2.2.3.5) conforme au § 2.2.2.3.1.

L'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac.

Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composites).

Tableau 11 - Kalzip® 65/333 AF - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées et du nombre d'appuis



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		0,86	0,87
					Dépression		0,73	0,94
				≥ 4	Pression	0,55	0,66	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		0,85	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		0,63	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).

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 (Wk) selon le e-cahier CSTB n°3804_V3. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage "patte +2 vis" (ou 4 vis dans le cas particulier du § 2.2.2.3.5) conforme au § 2.2.2.3.1.

L'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac.

Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composites).

Tableau 12 - Kalzip® 65/434 AF - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées 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	1,08	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	1,88	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	1,81	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).

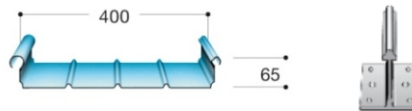
Le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

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 (Wk) selon le e-cahier CSTB n°3804_V3. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage "patte +2 vis" (ou 4 vis dans le cas particulier du § 2.2.2.3.5) conforme au § 2.2.2.3.1.

L'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac.

Les valeurs du tableau sont valables pour les deux types de pattes (aluminium et métal-composites).

Tableau 13 - Kalzip® 65/537 AF - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées 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	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	0,96	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).

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 (Wk) selon le e-cahier CSTB n°3804_V3. Elles tiennent compte d'une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage "patte +2 vis" (ou 4 vis dans le cas particulier du § 2.2.2.3.5) conforme au § 2.2.2.3.1.

L'élément de référence pour déterminer l'espacement entre appuis est la largeur réelle de la grande base du bac.

Les valeurs du tableau sont valables pour les pattes aluminium uniquement.

Tableau 14 - Kalzip® 65/400 - Charges réparties ELS admises en [kN/m²] en fonction des portées et du nombre d'appuis, sur pattes aluminium

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.
- Pour le plâtre : 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 ou 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. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Dispositions générales

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. § 2.6.2). Elle peut apporter son assistance technique à leur demande.

Une reconnaissance préalable du support (alignement, planéité, orientation 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.

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.

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).

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.

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 (\pm 250 mm) dans le cas d'un changement de rayon (elle est au maximum de 1 200 mm (\pm 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 27).

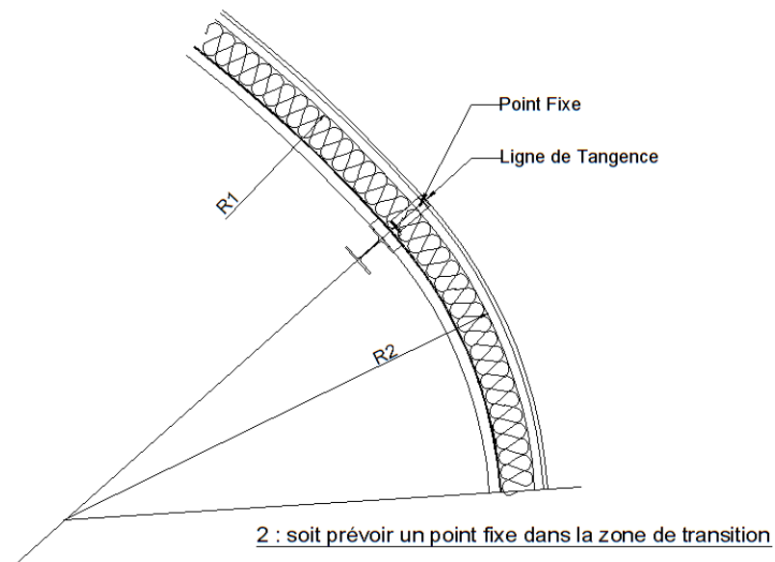
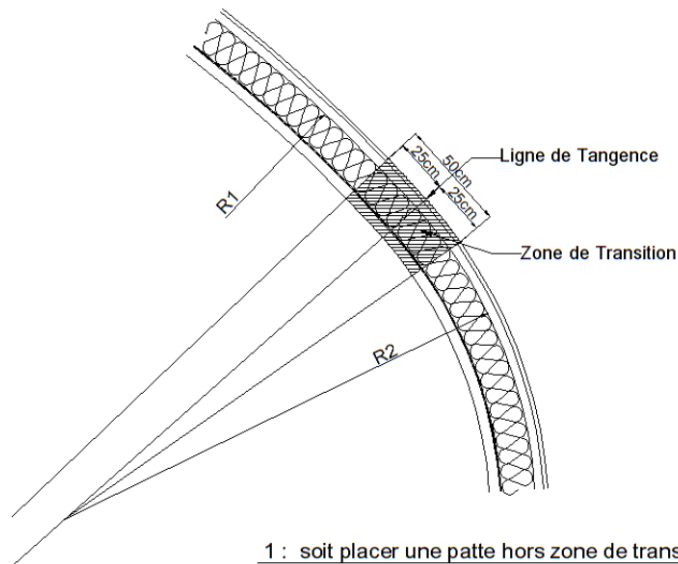


Figure 27 – Règles de mise en œuvre à la tangence de 2 rayons

2.4.2. 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 28).



Figure 28 – Stockage des bacs Kalzip®

2.4.3. Fixations des pattes Kalzip®

2.4.3.1. 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 (cf. figures 8 à 10). :

- 60 mm minimum avec patte aluminium seule ;
- 64 mm avec sabot isolant ;
- 65 mm minimum avec pattes composites.

Note : Dans tous les cas, la distance au bord des fixations doit être respectée.

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 (A4 en front de mer). Il faut au minimum deux vis par patte disposées de chaque côté de l'âme (cf. figures 11 et 12).

Le pré-perçage éventuel des trous s'effectue selon les recommandations de la fiche technique de la fixation.

2.4.3.2. Fixations sur panne acier

2.4.3.2.1. 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.

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, ou avec une visseuse professionnelle avec butée de profondeur pour les vis SXX3-D10-6.0xL munie d'une douille spécifique limitant le couple de serrage, 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 12).

2.4.3.2.2. 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.

La mise en œuvre s'effectue avec une visseuse professionnelle avec butée de profondeur munie d'une douille spécifique limitant le couple de serrage dans les trous de Ø 7 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte (cf. figure 12).

2.4.3.2.3. 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.

La mise en œuvre s'effectue avec une visseuse professionnelle avec butée de profondeur munie d'une douille spécifique limitant le couple de serrage dans les trous de Ø 7 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte (cf. figure 12).

2.4.3.3. Fixations sur panne bois

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne bois avec les vis définies au § 2.2.2.3.

La mise en œuvre des 2 vis de type SFS TDA s'effectue avec une visseuse professionnelle avec butée de profondeur munie d'une douille spécifique limitant le couple de serrage dans les trous de Ø 7 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte (cf. figure 12).

La mise en œuvre des 4 vis de type SFS SDK2-S-377-6.0xL s'effectue avec l'adaptateur type SFS DS K37, ou avec une visseuse professionnelle avec butée de profondeur munie d'une douille spécifique limitant le couple de serrage pour les vis de type SFS SXX2-D10-6.0xL, dans les trous de Ø 6,1 mm et positionnées aux angles (cf. figure 11).

La longueur de vis est adaptée en fonction des caractéristiques particulières du chantier en respectant un ancrage minimum de 50 mm dans le support bois dans le cas général, et 30 mm minimum dans le cas particulier d'utilisation des 4 vis de type SFS SDK2-S-377-6.0xL ou de type SFS SXX2-D10-6.0xL.

2.4.4. Points singuliers

2.4.4.1. Egout (cf. figure 29)

À l'égout, on réalise un larmier à l'aide d'une pince spécifique. Ce dispositif est complété systématiquement d'une cornière en aluminium (cf. § 2.2.2.4.2.2), rivetée à l'aide de rivets aluminium/inox, en retrait de 20 mm en sous-face des bacs.

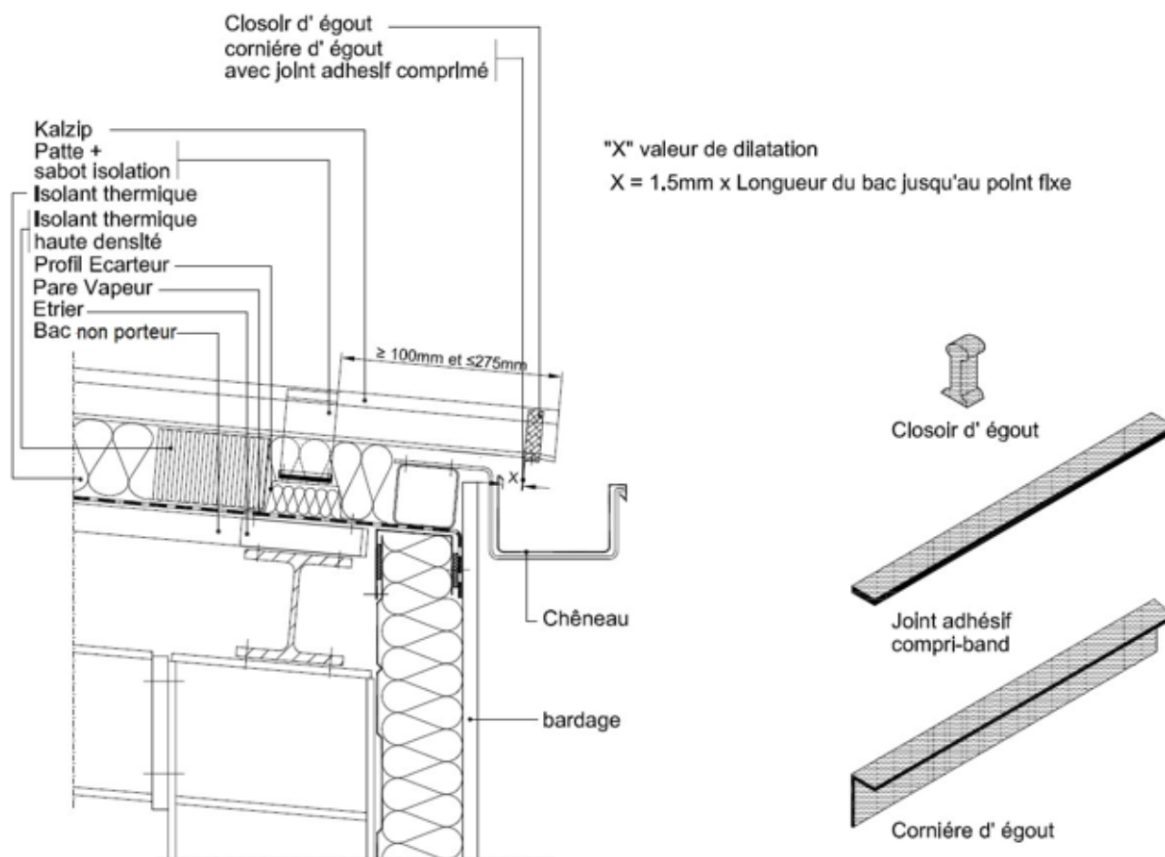
Deux types de cornière sont disponibles :

- 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 liaisonner 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 %, le compribande n'est plus nécessaire (cf. tableau 5).

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 29).



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

Figure 29 – Détail de l'égout

2.4.4.2. Faîtage (cf. figures 30 et 31)

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, l'étanchéité au faîtage est réalisée par :

- Un relevé de bord du profil Kalzip à l'aide d'une pelle spécialisée.
- La mise en place d'un closoir en aluminium pour toutes pentes, formant chambre de décompression avec le bord relevé, auquel est adossé un closoir mousse pour les pentes $\leq 10\%$. (cf. tableau 5)

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

Dans le cas d'un faîtage coulissant, prévoir l'accessoire spécifique (cf. figure 31).

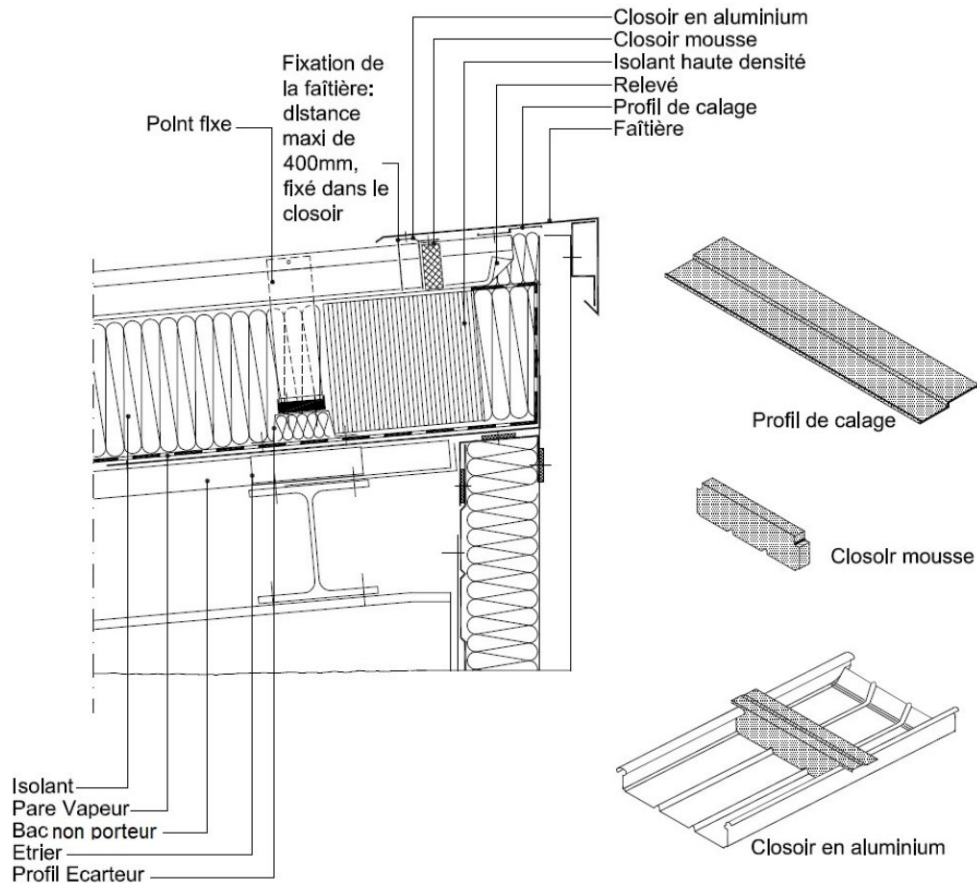


Figure 30 – Détail du faîtage normal (pente $\geq 3\%$)

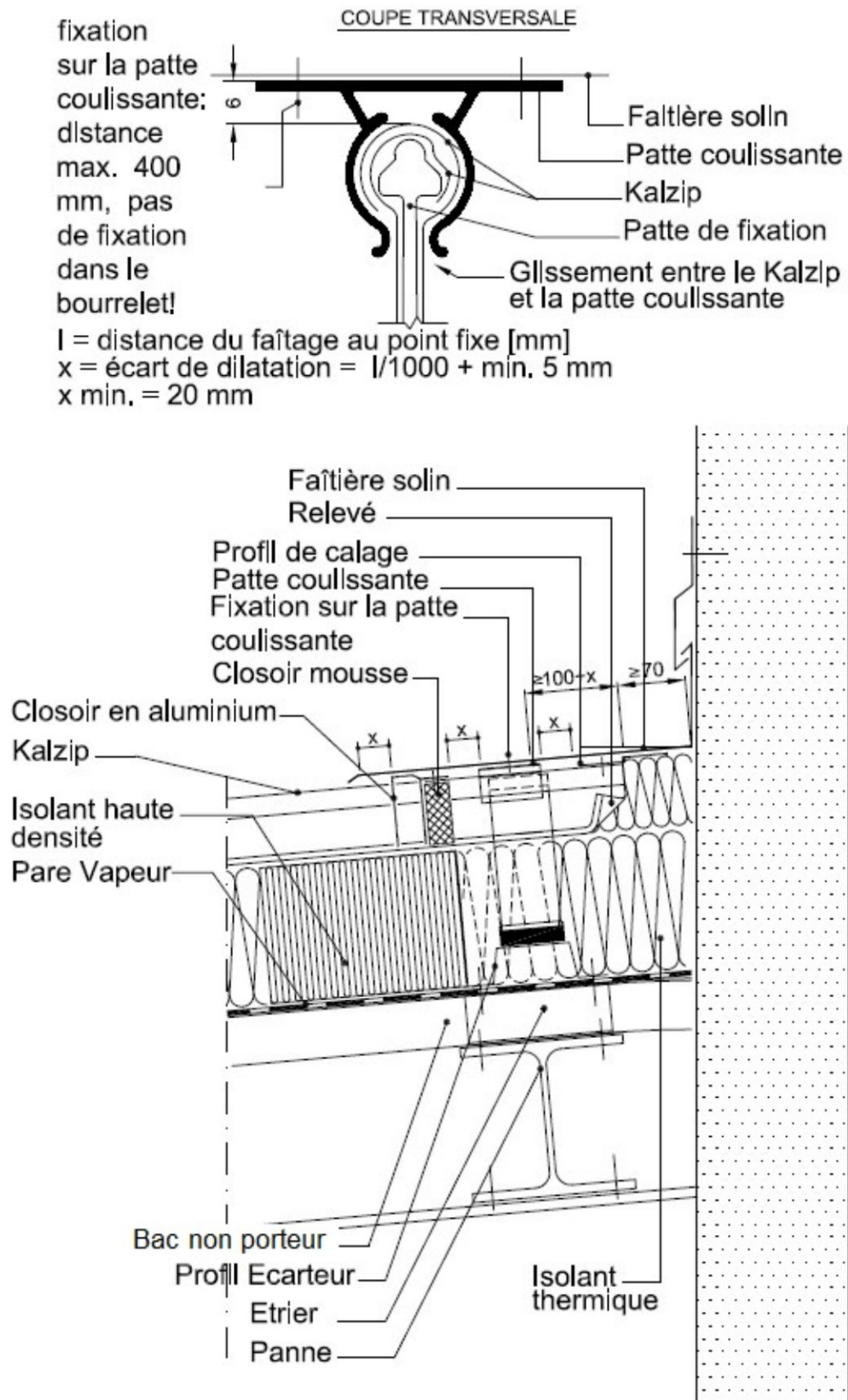


Figure 31 - Détail du faîtage coulissant (pente $\geq 3\%$)

2.4.4.3. Rives latérales (cf. figure 32)

Les rives latérales sont réalisées par assemblage du profil de rive, maintenu par la patte de rive vissée solidement 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 droites ou 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 33). 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.

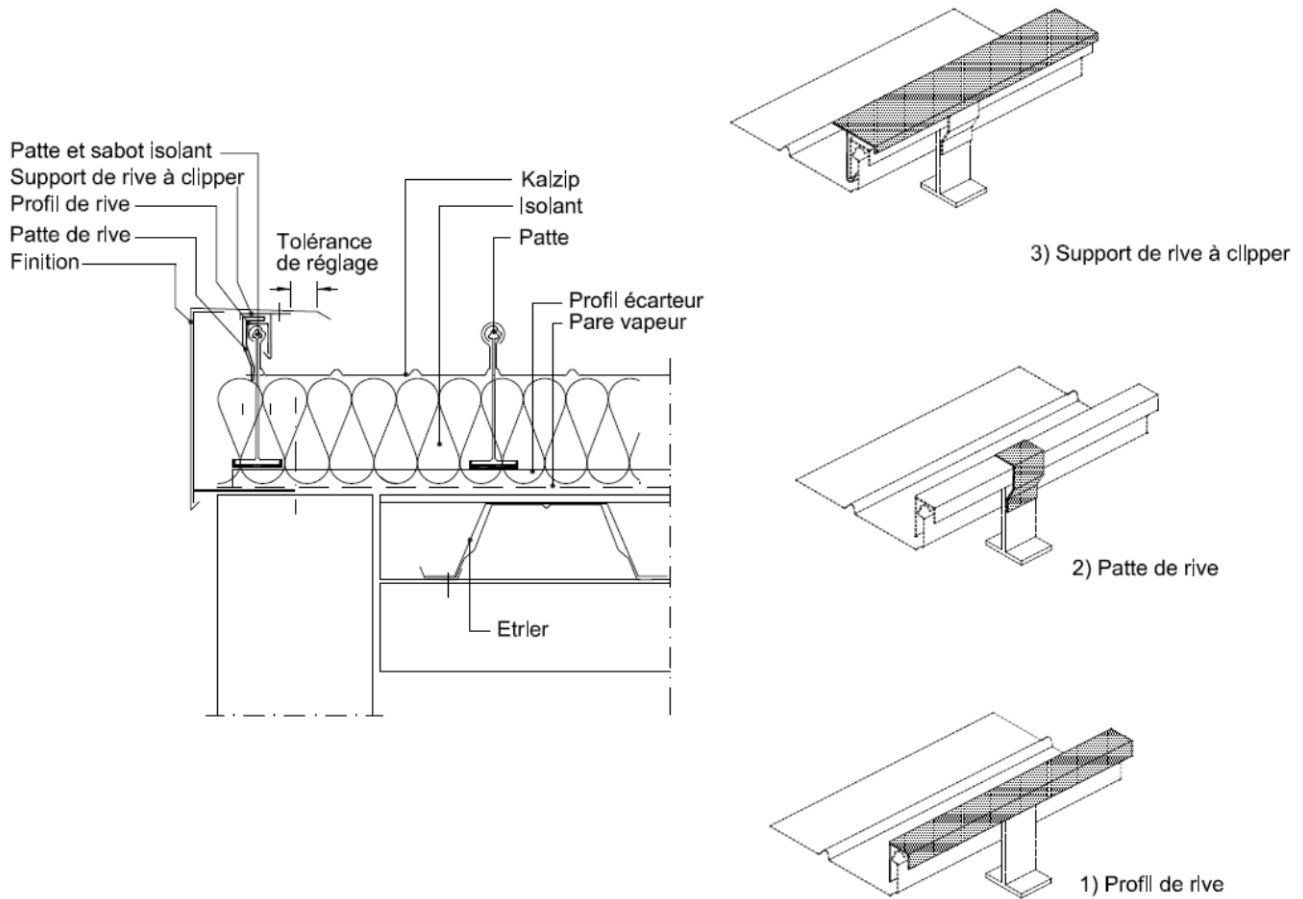


Figure 32 – Détail de rive

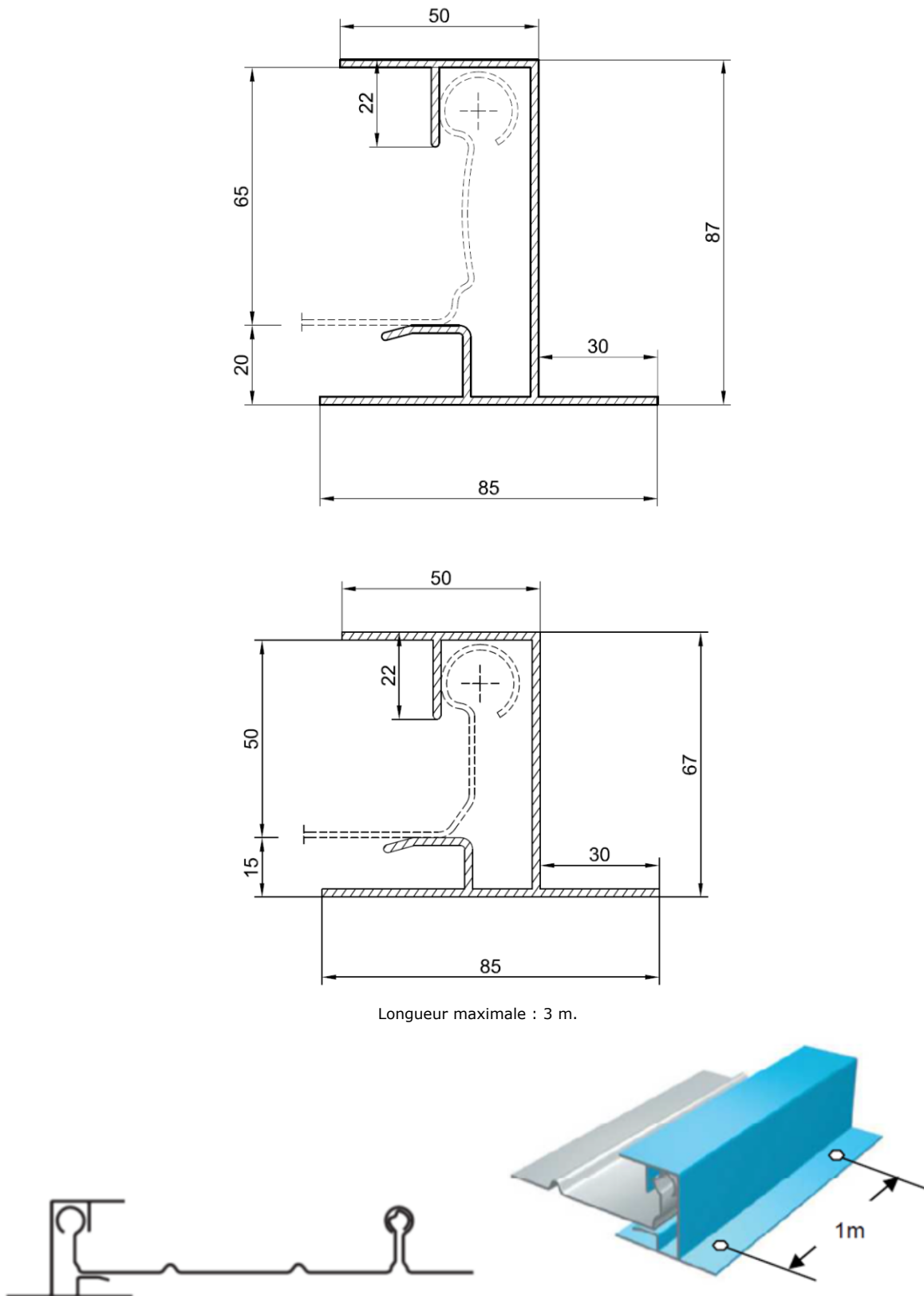


Figure 33 – Profil de rive tout-en-un : hauteur 50 pour les profils de type AF 65, hauteur 65 pour les profils de type Kalzip® 65

2.4.4.4. Chéneau (cf. figure 34)

Les chéneaux sont réalisés conformément au NF DTU 60.11 P3, aux principes du DTU 40.5, et conformément à la figure 34.

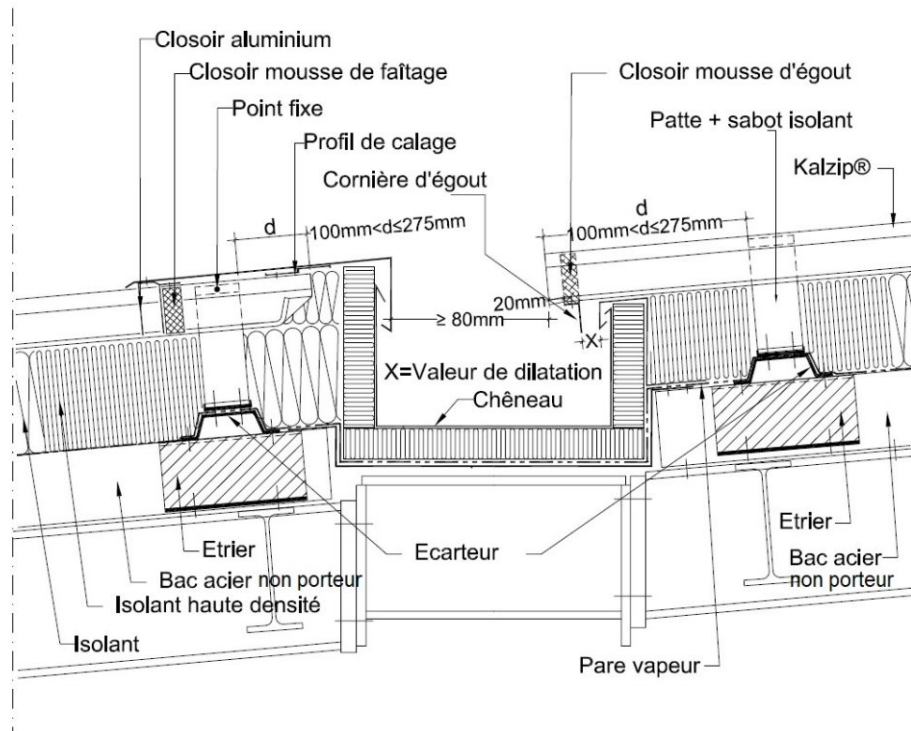


Figure 34 – Chéneau

2.4.4.5. Joint de dilatation

Les joints de dilatation sont réalisés conformément à la figure 35.

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

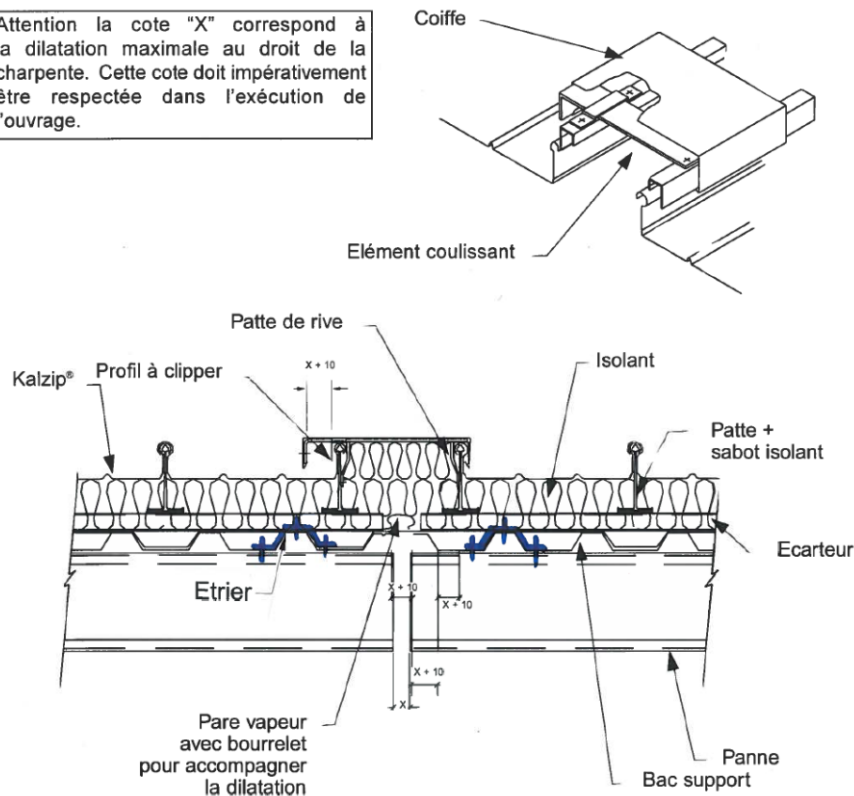


Figure 35 – Joint de dilatation

2.4.5. Assemblage transversal des bacs Kalzip®

2.4.5.1. Généralités

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® Trapèze Droit ou Cintré en un seul élément ;
- Lorsqu'une géométrie particulière est imposée par l'ouvrage.

Dans le cas des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés le raccordement transversal entre 2 éléments n'est possible que si les bacs ont une même conicité*.

2.4.5.2. Par recouvrement transversal triple barrière (pente $\geq 7\%$) (cf. figure 36)

Pour réaliser le recouvrement transversal entre deux bacs Kalzip® Trapèzes dans de bonnes conditions, la conicité des éléments trapèzes doit être respectée, et la grande base d'un bac Trapèze est nécessairement égale au moins à la petite base du bac Trapèze suivant.

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.

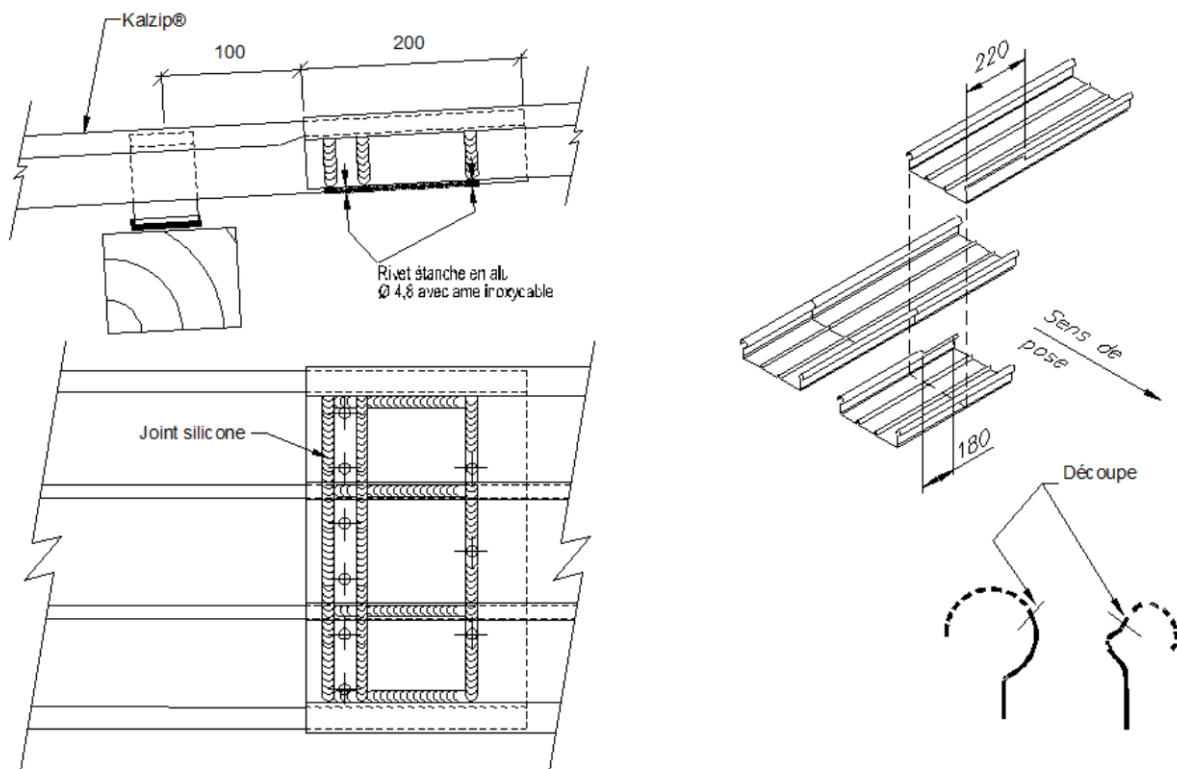


Figure 36 – Détail recouvrement transversal triple barrière (pente $\geq 7\%$)

2.4.5.3. Par soudure (cf. figure 37)

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 (cf. figure 37).

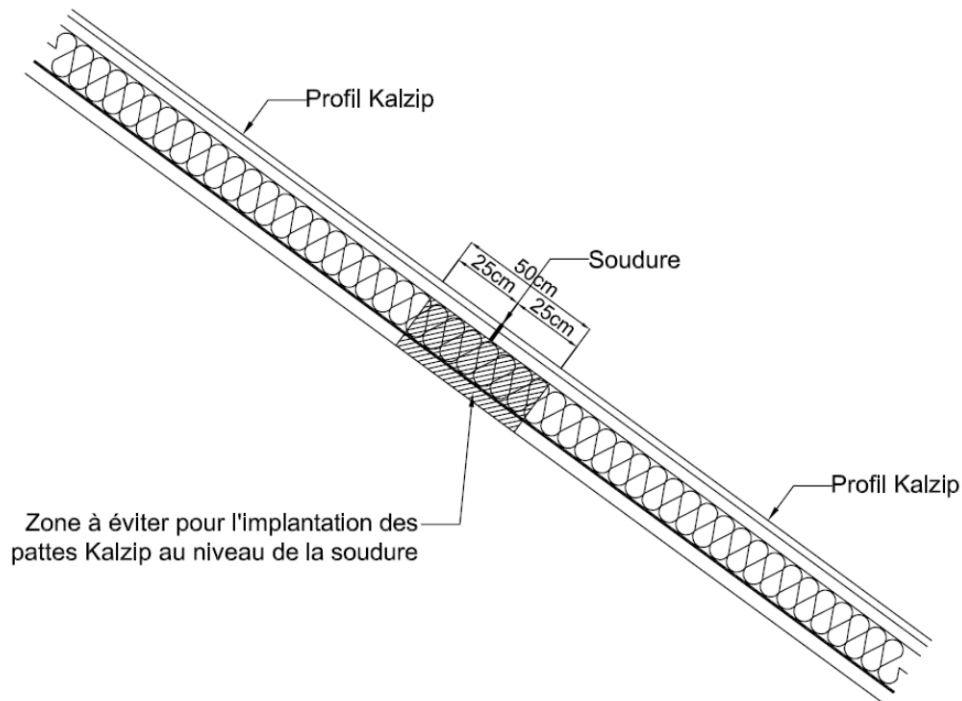


Figure 37 – Détail recouvrement par soudure

2.4.5.4. Dessautage* (cf. figure 38)

Le dessautage est un recouvrement transversal entre bacs trapèzes droits ou cintrés, où la transition est réalisée par le passage d'un bac à deux, voire trois bacs ayant la même conicité, ou inversement. La reconstitution du bac ainsi formé par dessautage se comporte dans le sens de la longueur comme un seul et même bac avec un seul point fixe.

Le dessautage est requis dans le cas de forme à forte conicité qui se traduit par un faible rayon Rgi (Rayon de giration interne). Ce type de forme, qui caractérise principalement les dômes pour des trapèzes cintrés, et les cônes pour des trapèzes droits.

Au regard des limites de base considérées, le dessautage sera limité dans le sens transversal à 3 bacs puisque la réunion de 3 petites bases mini reste inférieure à la grande base maxi ($3 \times 170 < 537$).

Dans le sens longitudinal, le recouvrement sera limité à deux bacs dont la longueur de chacun n'excède pas 50 m si le point fixe est réalisé dans cette zone de recouvrement ; sinon la longueur dilatable LPFE ainsi reconstituée doit être inférieure à 50 m.

Pour réaliser le recouvrement transversal avec dessautage* entre des bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés, la conicité des éléments trapèzes doit être respectée, et la grande base d'un bac trapèze est nécessairement égale au double, voir au triple de la petite base des bacs suivants.

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. Dans ce cas le point fixe doit être effectué au droit de la patte Kalzip® la plus proche du recouvrement.

En cas de dessautage, l'assistance du fabricant est systématiquement requise (vérification de la faisabilité, justification de l'écoulement des eaux pluviales selon § 2.3.2.4, notamment...).

2.4.5.4.1. Cas de dessautage* d'un bac Kalzip® dans plusieurs bacs Kalzip®

Quelle que soit la pente et le sens du recouvrement transversal le recours à un assemblage par cordon de soudure est impératif afin d'éviter les découpes des bacs Kalzip® et pour faciliter l'opération de soudure, le recouvrement doit être effectué à l'envers par rapport au sens de l'écoulement de l'eau.

2.4.5.4.2. Cas de dessautage* de plusieurs bacs Kalzip® dans un bac Kalzip®

- Si, la pente à cet endroit est supérieure à 7 %, le recouvrement peut être réalisé avec complément d'étanchéité (triple barrière) et rivets à rupture de tige (cf. figure 36), ou par soudure ;
- Si, la pente est comprise entre 3 % et 7 %, le recours à un assemblage par cordon de soudure est impératif (cf. § 2.4.5.4.2).

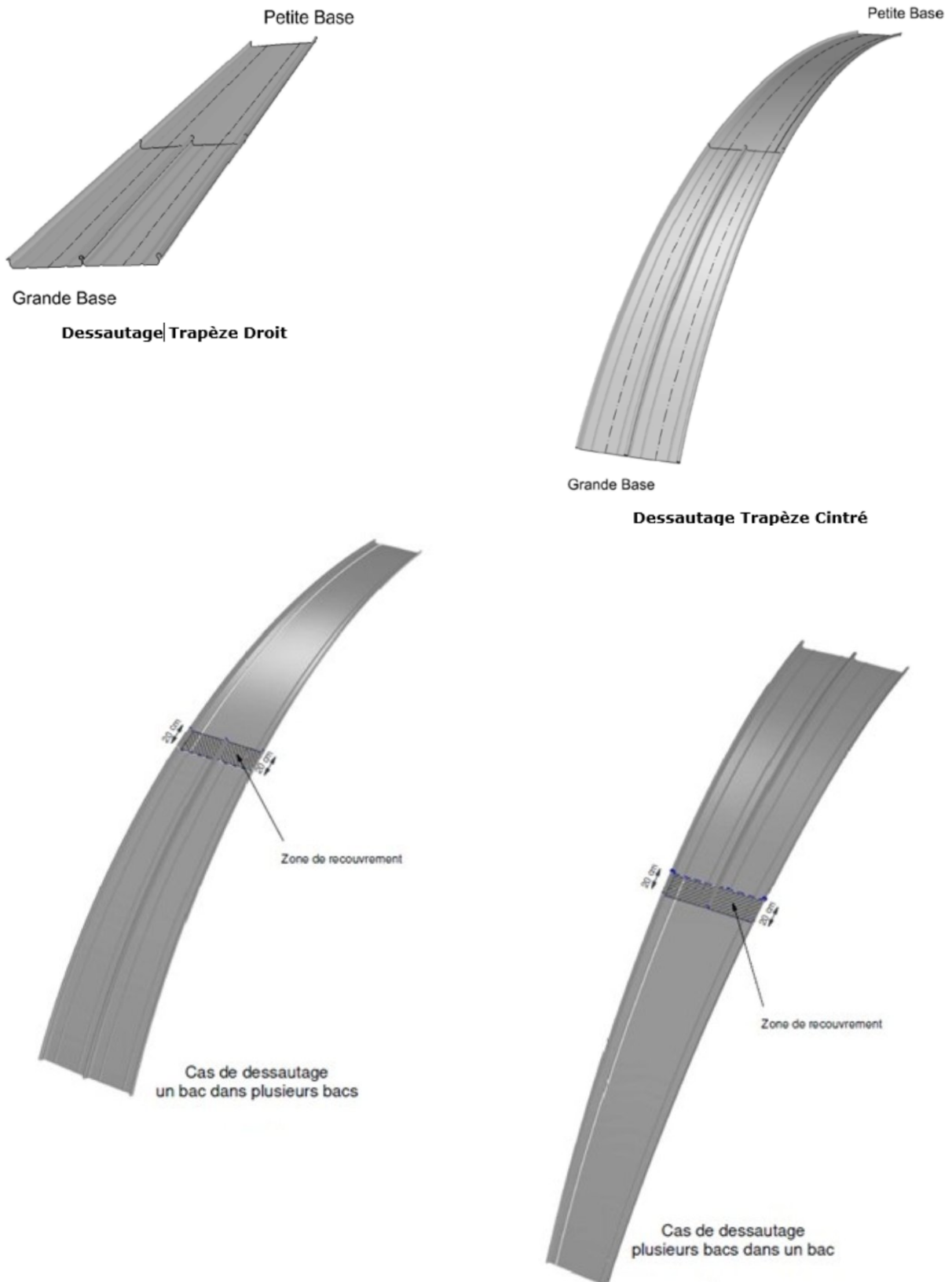


Figure 38 – Dessautage

2.4.5.5. Ressaut (cf. figure 39)

Pour des raisons de forme, de longueur et de la largeur de la petite ou de la grande base, la réalisation d'un ressaut entre bacs Kalzip® Trapèzes Droits ou Cintrés peut être envisagée.

Dans le cas d'une longueur de rampant trop importante ou lorsque la forme l'exige (cf. § 2.3.2.6 et Annexe 3), 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 compriband de l'étanchéité.

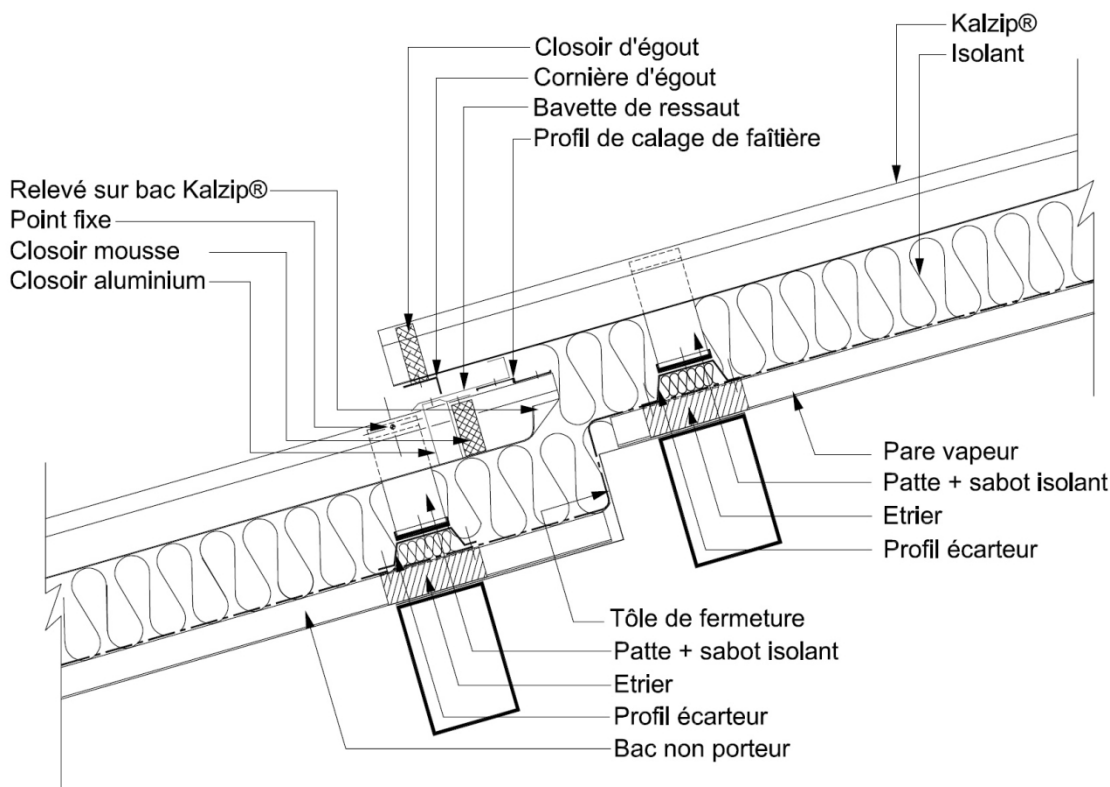


Figure 39 – Ressaut

2.4.6. Accidents de toiture

2.4.6.1. Généralités

Un accident de toiture est une pénétration dans la couverture. Il est raccordé au profil Kalzip® :

- Soit, par recouvrement (cf. § 2.4.6.2) ;
- Soit, par soudure (cf. § 2.4.6.3).

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, et soudées en usine par Kalzip, 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 réalisé 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 nécessaire. Les bacs Kalzip® doivent être supportés par des pattes Kalzip® en amont et en aval de la costière aluminium.

La sortie de toiture intéresse au maximum 4 bacs de couverture.

2.4.6.2. Par recouvrement (cf. figure 40)

Les pénétrations de couverture pour les pentes $\geq 7\%$ peuvent être réalisées par recouvrement d'étanchéité en triple barrière (cf. § 2.4.5.2).

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

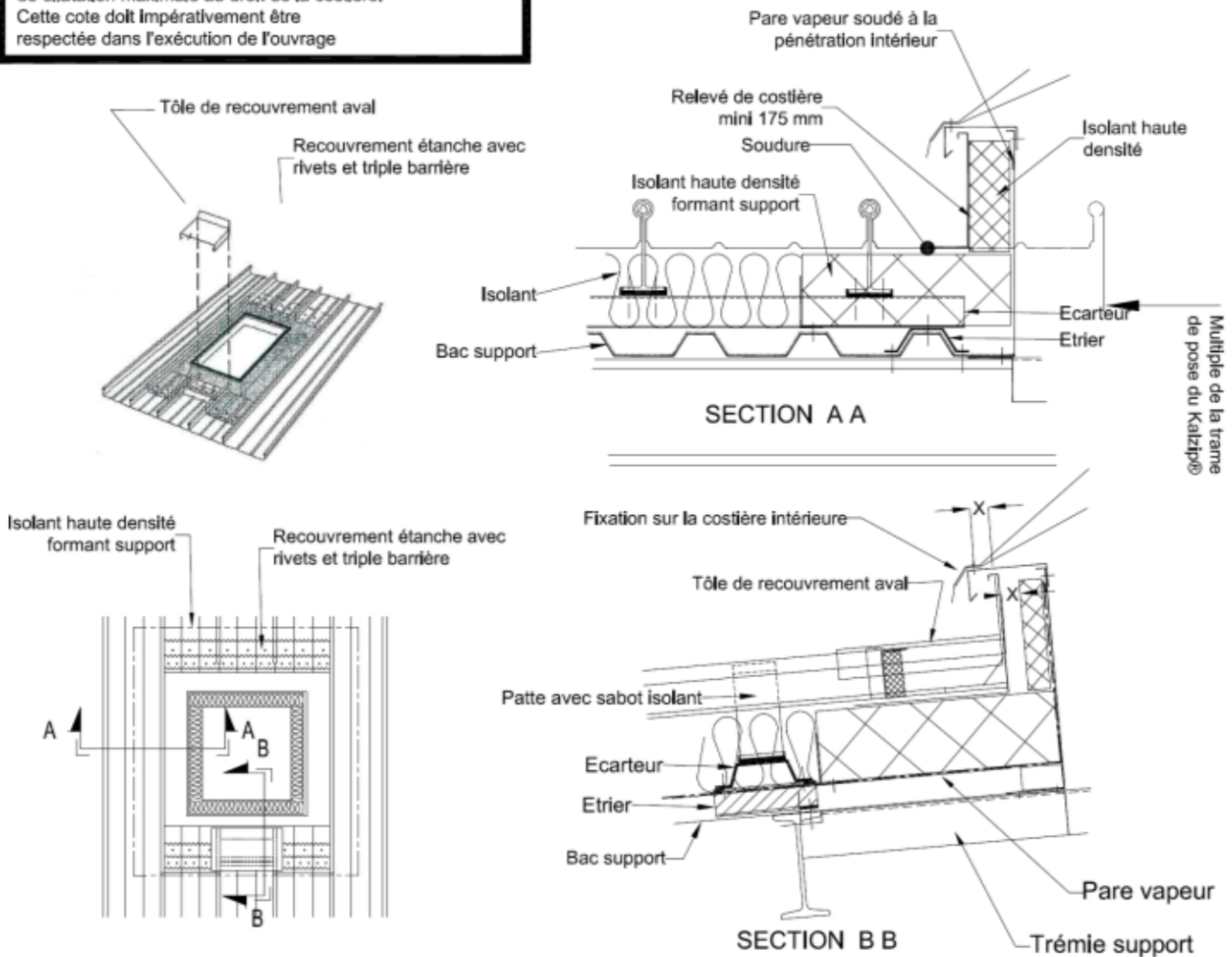


Figure 40 - Pénétration avec recouvrement des bacs Kalzip® (pente $\geq 7\%$)

2.4.6.3. Par soudure (cf. figure 41)

En dessous de 7 % de pente, les accidents de toiture sont obligatoirement raccordés à la couverture Kalzip® par soudure (cf. § 2.4.5.3).

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

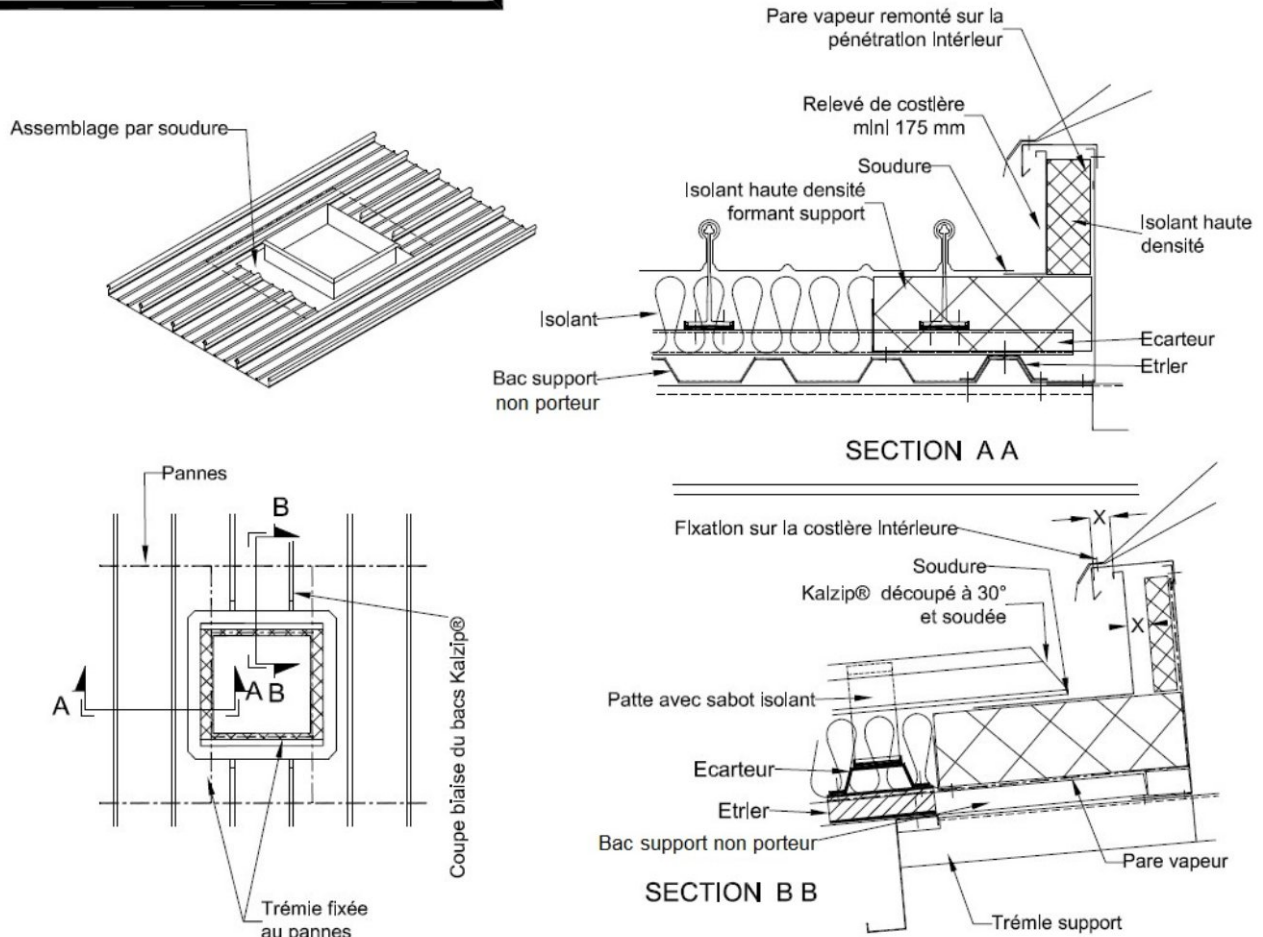


Figure 41 – Pénétration raccordée au Kalzip® par soudure

2.5. Entretien et réparation

2.5.1. 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.

2.5.2. 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 abimés peut être facilement réalisé.

La machine spéciale qui effectue le sertissage permet en l'équipant du diabolo 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.

2.6. Assistance technique et formation

2.6.1. 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 pour une assistance technique, obligatoire dans le cadre de ce procédé.

Une aide au démarrage chantier sur site est également disponible sur demande. Elle est obligatoire dans le cas de couverture à double courbure (c'est-à-dire toutes les formes de couvertures gironnées cintrées, présentant un rayon de cintrage Rci et des rayons de giration interne et externe Rgi/Rge).

Le recours à l'assistance technique de l'entreprise Kalzip en amont du projet, permet d'anticiper les sujets liés à la gestion des dilations, au positionnement des points fixes, au traitement du devers et détails spécifiques, au choix des fixations par support, et au choix de la structure support.

Dans le cas d'utilisation de l'ossature intermédiaire tubulaire (FlexiCon), l'assistance technique Kalzip porte également sur cette ossature, et la société Kalzip s'engage à fournir :

- Les coordonnées nécessaires à l'implantation de chaque tube (FlexiCon),
- Les coordonnées d'implantation de chaque patte de fixation Kalzip sur la sous-structure tubulaire.

Le recours à l'assistance technique est obligatoire sur ce procédé.

2.6.2. Formation

La mise en œuvre de ce système relève de la compétence des entreprises agréées par le fabricant, après avoir suivi une formation spécifique sur le système Kalzip. 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®.

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.7.1. Fabrication et contrôle des bacs

2.7.1.1. Fabrication des bacs

La fabrication des bacs Kalzip® trapèzes peut se faire suivant trois modes opératoires alternatifs, selon les possibilités de transport :

- Fabrication en usine : Les bacs Kalzip® sont profilés sur une profileuse à galets puis éventuellement cintrés dans l'usine. Le transport est assuré en sortie d'usine jusqu'au site du chantier par tout moyen adapté ;
- Fabrication usine, cintrage éventuel sur site : Les bacs Kalzip® peuvent être profilés en usine, acheminés sur site, puis cintrés si nécessaire sur le chantier à l'aide d'une cintrouse 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 ;
- Fabrication sur site : Les bacs Kalzip® peuvent être profilés sur chantier au moyen d'une unité mobile de production (UMP) 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 souhaitée. Les bacs Kalzip® cintrés sont alors seulement mis à la disposition de l'Entreprise de pose.

2.7.1.2. Contrôle de fabrication des bacs

2.7.1.2.1. Contrôles pour 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 (KIT Karlsruhe), et porte sur :

- Les épaisseurs de tôle ;
- Les caractéristiques du métal (cf. tableau 3), vérifiées à chaque bobine sur la base du certificat 3.1 selon NF EN 10204 ;
- L'épaisseur du placage ou l'épaisseur de la couche de traitement de surface (cf. § 2.2.2.1.8) ;
- 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.

2.7.1.2.2. Contrôles pour 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 (longueur, largeurs grande base et petite base, rayon de cintrage, etc.) est assuré par Kalzip GmbH représenté obligatoirement sur le chantier pendant toute la durée de la fabrication par son représentant de fabrication.

2.7.2. Fabrication et contrôles des accessoires

2.7.2.1. 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.

2.7.2.2. 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, et vérification des caractéristiques mentionnées au § 2.2.2.2.1 ;
- 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.

2.7.3. 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. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats expérimentaux

Le procédé a fait l'objet des essais suivants :

- 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.
- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment : essais de charge répartie en pression descendante et ascendante sur KALZIP 305 (CR 13504 du 28 septembre 1978).
- 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 ;
- Laboratoire du fabricant : essais grandes longueurs : mesures de dilatations sur frottements cumulés de pattes. Maquettes Échelle 1, supérieurs à 50 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 faitage – 31 mars 2009 et 06 avril 2009 – Origine Kalzip GmbH Koblenz.
- Essais sur le comportement à la corrosion de l'alliage EN AW-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 d'essai interne Kalzip d'évaluation de la résistance des pattes métal-composite à l'état vieilli (sur site) du 30 août 2013.
- Rapport de classement CSTB n° 24-0121 de réaction au feu du revêtement Duragloss® 3000 / Duragloss® 5000 bicouche sur tôle aluminium du 3 juillet 2024.
- Rapport de classement CSTB n° 24-0122 de réaction au feu du revêtement Duragloss® 5000 tricouche sur tôle aluminium du 3 juillet 2024.
- Rapport de classement CSTB n° 24-0123 de réaction au feu du revêtement Polyester bicouche sur tôle aluminium du 3 juillet 2024.
- Rapport de classement CSTB n° 22-0049 de réaction au feu du revêtement PVDF 70/30 bicouche sur tôle aluminium du 3 juillet 2024.
- Rapport de classement CSTB n° 25-002 de réaction au feu du revêtement PVDF 70/30 tricouche sur tôle aluminium du 30 mars 2022.
- Rapport de classement CSTB n° 25-0046 de réaction au feu du revêtement Polyester 26 µm sur tôle aluminium avec régulateur de condensation Aquasine® du 28 février 2025.

2.8.2. Références chantiers

Les premières applications du système Kalzip® remontent à 1967.

Les premières réalisations du système Kalzip® Trapèze Droit, puis du Kalzip® Trapèze Cintré, datent respectivement de 1987 et 1995.

La société Kalzip® GmbH a réalisé aujourd'hui des projets en Kalzip® Trapèze Droit ou Cintré à travers le monde, notamment sur l'ensemble des marchés Européens, en Russie, au Moyen-Orient, en Asie, en Australie, en Amérique du Nord et Sud.

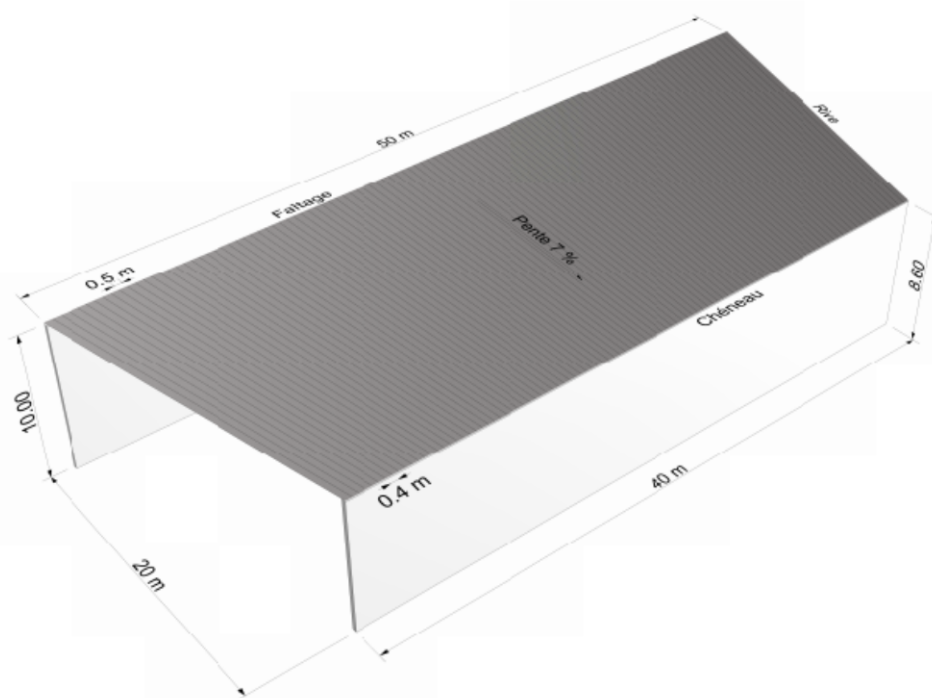
Concernant le marché Français, les premiers projets Kalzip® Trapèze datent des années 1990, avec une surface installée de l'ordre de 160 000 m² à ce jour.

La surface totale réalisée en système Kalzip® dépasse 102 millions de mètres carrés, dont près de 1 million m² en France.

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

Annexe 1 - Exemples de calcul

Annexe 1.1 : Exemple de calcul des portées en France Métropolitaine



Bâtiment de base trapèze (dimensions cf. schéma ci-dessus)
Situé à Béziers (34 Département Hérault),
Altitude 50 m.

Bâtiment ouvert, couverture froide, mono-pente droite de 4° (7 %) en forme de trapèze.

Composition de la couverture : (du haut vers le bas)
Profil Kalzip 65/ B / 1,0 (largeur : 400 mm < B < 500 mm ;)
Pattes de fixation E60 fixées avec deux vis SFS TDB sur
pannes acier.

Profil Kalzip :
Pour le calcul de la portée maximale
on considère le profil Kalzip 65/500/1,0.

Charges descendantes :

Poids propre :

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

Charge de neige :

Selon NF EN 1991-1-3/NA (2007),
Tableau A1 : Région de neige = C2

$$s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2 (\Delta s = 0 \text{ kN/m}^2)$$

$$s_{Ad} / 1,5 = 1,35/1,5 = 0,90 \text{ kN/m}^2 \square s = 0,90 \text{ kN/m}^2$$

Tableau 10 : Kalzip profil 65/500/1,0

Rayon de cintrage = $\infty > 100$ m ; nombre d'appuis : ≥ 4 ; Sollicitation : pression

Interpolation linéaire entre [2,75 m ; 0,93 kN/m²] et [3,00 m ; 0,85 kN/m²]

=> Portée maximale = 2,84 m.

Charges ascendantes :

Poids propre : Négligé.

Zone centrale :

Selon *e-cahier CSTB n°3804_V3*, tableau 3 :

Région 3, Rugosité IIIb (zone industrielle), hauteur 10 m, pression dynamique de pointe : $q_p(z) = 0,585 \text{ kN/m}^2$;

Coefficient de pression extérieure pour la zone centrale H en toiture plane selon § 2.7.3.1, $c_{pe} = -1,2$;

Coefficient de pression intérieure selon tableau 4 du *e-cahier CSTB n°3804_V3*, $c_{pi} = 0,72$;

Coefficient de pression : $c_p = c_{pe} - c_{pi} = -1,92$;

Dépression de vent zone centrale $W_k = c_p \times q_p(z) = -1,92 \times 0,585 = -1,123 \text{ kN/m}^2$.

Tableau 8 : Kalzip profil 65/500/1,0 ; Rayon de cintrage = $\infty > 100 \text{ m}$; nombre d'appuis : ≥ 4 ; Sollicitation : dépression

Interpolation linéaire entre [2,00 m ; 1,22 kN/m²] et [2,25 m ; 1,09 kN/m²]

=> Portée maximale = 2,18 m.

Zone de rives :

Selon *e-cahier CSTB n°3804_V3*, Annexe 1, tableau 1.1 :

Région 3, Rugosité IIIb (zone industrielle), hauteur 10 m, dépression de vent zone de rives $W_k = -1,671 \text{ kN/m}^2$

Interpolation linéaire entre [1,25 m ; 1,94 kN/m²] et [1,50 m ; 1,62 kN/m²]

=> Portée maximale = 1,46 m.

Zone d'angles :

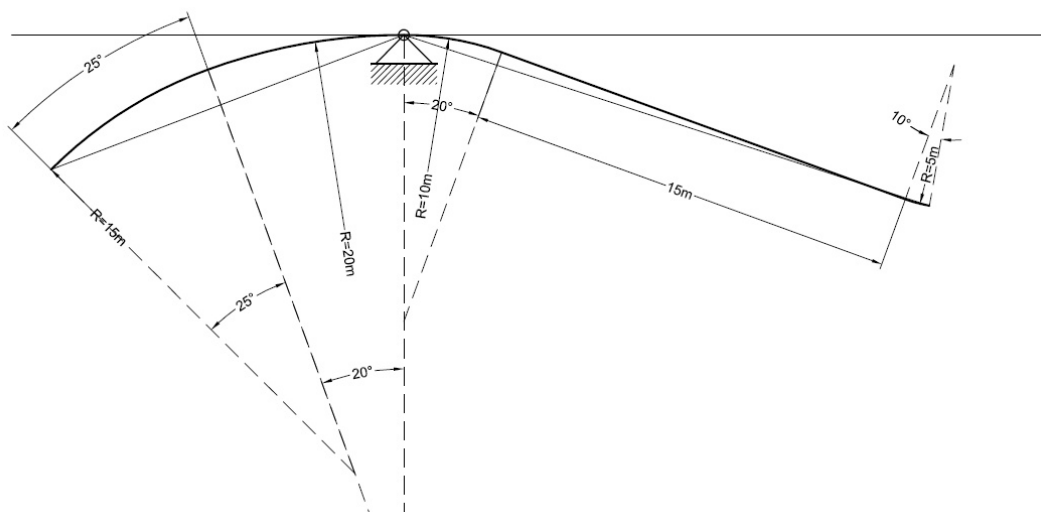
Selon *e-cahier CSTB n°3804_V3*, Annexe 1, tableau 1.1 :

Région 3, Rugosité IIIb (zone industrielle), hauteur 10 m, dépression de vent zone d'angles $W_k = -1,94 \text{ kN/m}^2$

Sans interpolation

=> Portée maximale = 1,25 m.

Annexe 1.2 - Exemple de calcul d'un point fixe – Charges dans le point fixe



Bâtiment de base rectangulaire
 Bâtiment fermé, couverture chaude, cintré convexe selon figure ci-dessus.
 Situé à Béziers (34 Département Hérault),
 Altitude 50 m.

Système de la couverture :
 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, $A < 200 \text{ m}$) :

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

$s_k = 0,90 \text{ kN/m}^2$;

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

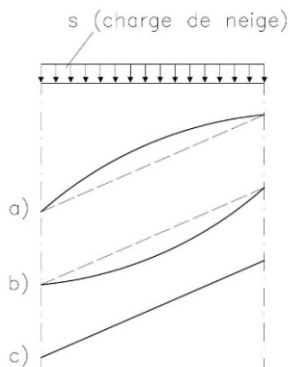
$s = 0,90 \text{ kN/m}^2$ (neige).

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

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 moyenne du profil Kalzip® Trapèze (grande base + petite base)/2 (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-dessous) : 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 :

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

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

La force dans le point fixe est de :

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

Cas : poids propre + 100% charge de neige

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

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

Cas : poids propre + 50% charge de neige

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

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

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

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

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

La force sur le point fixe est de :

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

Cas : poids propre + 100% charge de neige

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

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

Cas : poids propre + 50% charge de neige

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

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

La patte de fixation est à dimensionner.

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

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

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®.

Annexe 1.3 : Exemple de calcul du point fixe - Transmission des charges

Composition de la couverture au niveau du point fixe : (du haut vers le bas)

Profil Kalzip 65/400/1,0

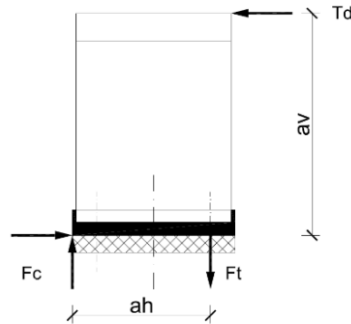
Pattes de fixation L60 avec TK5

Profil écarteur $t=1,5$ mm, hauteur de 30 mm

Etrier $t=2,5$ mm, hauteur de 50 mm

Bac acier non porteur 35/207 sur Panne acier (HEB 160), hors lot

La composante tangentielle des efforts dues au point fixe $T_{res,d}$ (voir Annexes 1.2) vient s'appliquer ensuite en une force résultante T_d sur la patte qui reçoit le point fixe.



Soit $T_d = 1,88$ kN/patte

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

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

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

La résistance de calcul est de $V_{R,d} = 1,50 / 1,33 = 1,13$ kN.

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

Transmission de la charge de la patte de fixation au profil écarteur $t=1,5$ mm

La hauteur de la patte de fixation L60 avec sabot isolant TK5

ce qui signifie que le bras de levier pour $T_{d,res}$ est de $av = 121$ mm,

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

Pour des raisons d'équilibre on calcule :

$$F_t = T_{d,res} \cdot av / ah = 1,88 \cdot 121 / 51 = 4,46 \text{ kN}$$

$$F_c = T_d = 1,88 \text{ kN/patte.}$$

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

la résistance de calcul en traction $N_{R,d} = 1,61$ kN/vis,

la résistance de calcul en cisaillement $V_{R,d} = 0,73$ kN/vis (sans ou avec sabot isolant TK5 ou TK15).

Donc il faut :

$$n_t = 4,46 / 1,61 > 2 \text{ vis pour la charge de traction et}$$

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

=> Recours à une patte double longueur ($L=119$ mm)

$$F_{t,d} = T_d \cdot av / ah = 1,88 \cdot 121 / 90 = 2,53 \text{ kN}$$

$$F_{c,d} = T_d = 1,88 \text{ kN/patte}$$

Donc il faut :

$$n_t = 2,53 / 1,61 = 1,6 < 4 \text{ vis pour la charge de traction et}$$

$$n_c = 1,88 / 0,73 = 2,6 < 4 \text{ vis pour la charge de cisaillement. } \checkmark$$

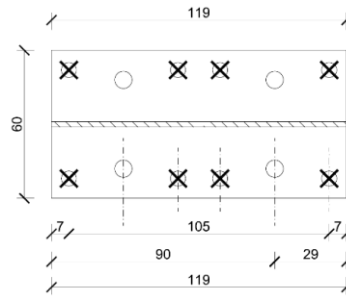
$$n_t + n_c = 4 + 4 = 8 \text{ vis SFS SDK3-S-377-6,0xL}$$

Le point fixe est réalisé comme suit :

Une patte de fixation L60 (double longueur) avec sabot isolant TK5

La fixation du profil Kalzip à la patte de fixation est réalisée avec Deux rivets Gesipa Poly Grip Aluminium $\varnothing 4,8$ mm.

La fixation de la patte de fixation sur le profil d'écarteur d'épaisseur 15/10 mm est réalisée avec $(4 + 4) = 8$ vis SFS SDK3-S-377-6,0xL.



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 $T_{d,res}$ est de donc $av = 121+30 = 151$ mm.

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

Pour des raisons d'équilibre on calcule :

$$F_t = T_{d,res} \cdot av / ah = 1,88 \cdot 151 / 150 = 1,89 \text{ kN} = 4,73 \text{ kN/m}$$

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

Pour une vis SFS SX5/9-S16-6,0x29 dans une structure intermédiaire en acier de $t=2,5$ mm soit :

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

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

Donc il faut :

$$n_t = 4,73 / 3,12 = 1,52 \text{ vis/m} \Rightarrow e_{vis} < 0,65 \text{ m}$$

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

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

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

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 $T_{d,res}$ est de donc $av = 151 + 50 = 201$ mm.

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

Pour des raisons d'équilibre on calcule :

$$F_t = T_{d,res} \cdot av / ah = 4,70 \cdot 201 / 210 = 4,50 \text{ kN/m}$$

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

Pour une vis SFS TDB-S-S16-6,3x25 dans une structure intermédiaire en acier de $t= 6,0$ mm soit :

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

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

Donc il faut :

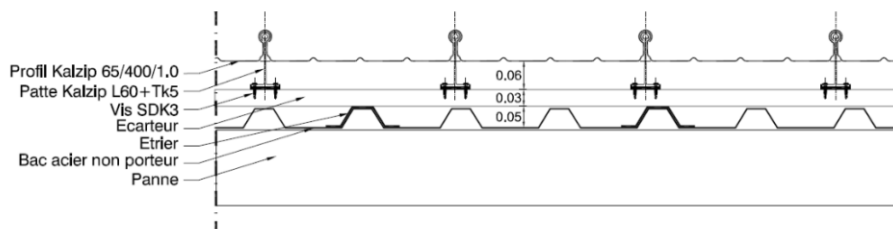
$$n_t = 4,50 / 4,43 = 1,02 \text{ vis/m} \Rightarrow e_{vis} < 0,98 \text{ m}$$

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

La fixation de l'étrier à la panne acier (à travers du bac acier non porteur) est réalisée

avec une vis de chaque cotés tous les 0,63 m

ce qui correspond à deux vis par étrier ($e=63$ cm).



Annexe 2 - Ponts thermiques

Les bâtiments, en France métropolitaine, 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 en oméga, en $W/(m.K)$,
- E_1 : entraxe des écarteurs en 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 en 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 :

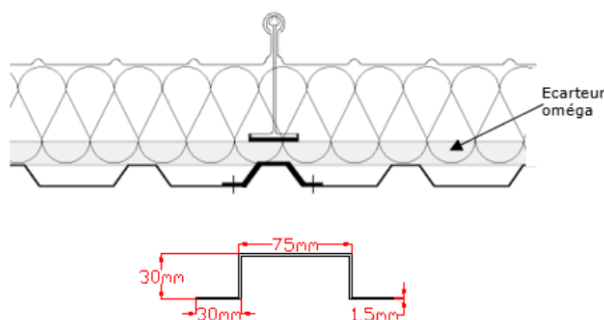
$$R = \frac{1}{U_p} - 0,2$$

Les valeurs suivantes ont été calculées (cf. rapports du 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 :

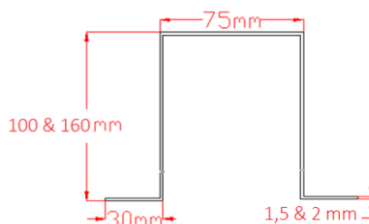
- D'un bac acier nervuré de type 45/150 de 0,75 mm d'épaisseur,
- D'écarteurs Oméga de 30 mm de hauteur et de 1,5 mm d'épaisseur (cf. tableaux a. à e.), ou Oméga de 100 mm de hauteur et de 1,5 mm d'épaisseur ou de 160 mm de hauteur et de 2 mm d'épaisseur (cf. tableaux f. et g.) posés sur le bac acier ;
- De pattes supports de couverture de hauteur variable posées sur les écarteurs en 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 ;

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 $E_2=0,15m$ et un entraxe d'écarteur oméga de $E_1=2m$.

Tableau a - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes en aluminium et sabot TK5 - 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)) $n_1 = 3$
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 $E_2=0,15m$ et un entraxe d'écarteur oméga de $E_1=2m$.

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/(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)) $n_1 = 3$
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 $E_2=0,15m$ et un entraxe d'écarteur oméga de $E_1=2m$.

Tableau c - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composites sans sabot - 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	0,037	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 $E_2=0,15m$ et un entraxe d'écarteur oméga de $E_1=2m$.

Tableau d - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composites avec sabot DK5- 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)) $n_1 = 3$
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 $E_2=0,15m$ et un entraxe d'écarteur oméga de $E_1=2m$.

Tableau e - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composites avec sabot DK10 - 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)) $n_1 = 3$
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 f - Ponts thermiques intégrés et exemples de coefficients U_p pour la configuration avec pattes métal-composites sans sabot - Avec écarteur oméga de hauteur 100 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)) $n_1 = 3$
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.

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

Annexe 3 - Géométrie de l'enveloppe

Conditions de faisabilité pour les formes gironnées droites et les formes gironnées cintrées

Les formes complexes à base de bacs Trapèzes ne sont pas toutes possibles. En fonction de la forme, il convient de respecter les conditions énoncées au § 2.3.2.7 du Dossier Technique. Ces conditions se trouvent synthétisées dans la présente Annexe 3 sous forme de diagrammes (cf. Diagramme 1, Diagramme 2 et Diagramme 3 ci-après).

Des études de cas particuliers réalisables, illustrés par les figures 26 à 28 du Dossier Technique, sont également donnés en exemples, ci-dessous.

Dans tous les cas, l'Assistance Technique du fabricant est requise pour la validation de la faisabilité des formes de la couverture, le positionnement des points fixes et le positionnement des ruptures (chéneau ou ressaut).

Études de cas particuliers

1. Cas particulier de forme gironnée mixte (cf. figure 25) :

- Conformément au § 2.3.2.7.4, le point fixe est normalement prévu à la jonction des deux zones cintrées et droites.
- Cependant, comme la zone cintrée dans ce cas est située au niveau de la zone sommitale, il est nécessaire de prévoir le point fixe au niveau du faîtage.
- Comme la distance entre la ligne de faîtage support du point fixe et la ligne d'inflexion des deux courbes est supérieure à 4 mètres, il est nécessaire de réaliser une rupture entre les parties cintrées et droites pour rendre indépendantes les dilatations des bacs droits et cintrés.

Proposition : soit un chéneau, soit un ressaut (cf. figure 25).

2. Cas particulier de la demi-voûte : exemple de forme gironnée cintrée à rayon unique (cf. figure 3.1)

- En application de la condition 1 du § 2.3.2.7.2 relatif à la forme gironnée cintrée à rayon unique, un découpage de la couverture suivant le § 2.3.2.6.3.2 en zones distinctes impose normalement une rupture entre zone sommitale et zone de giration externe (matérialisé par un chéneau ou un ressaut). Ceci conduit à prévoir normalement un point fixe au niveau de chacune des zones.
- Comme la partie de la couverture concernée se trouve d'un seul côté du faîtage, il est alors possible d'envisager un faîtage coulissant et de positionner le point fixe de la zone sommitale en bas de bac.
- Les points fixes des deux zones (zone sommitale et zone de giration externe) se retrouvant côte à côte (à la frontière des deux zones), il est alors possible, dans ce cas particulier, de réaliser les bacs d'un seul tenant, avec le point fixe dans la zone initialement prévue pour la rupture (cf. figure 3.1).
- On vérifie ensuite les autres conditions du § 2.3.2.7.2.

Proposition : un seul point fixe (angle moyen de 60 °), faîtage coulissant et un seul profil Kalzip® Trapèze (cf. figure 3.1).

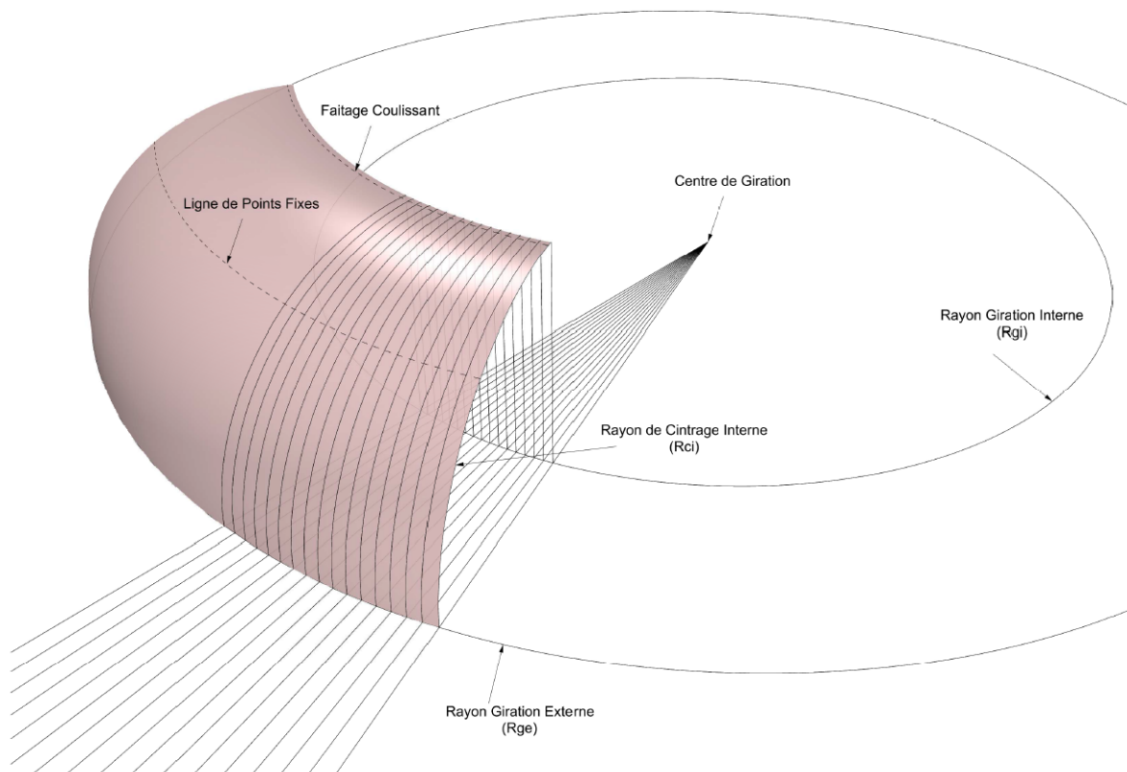


Figure 3.1 – Cas particulier de la demi-voûte : exemple de forme gironnée cintrée à rayon unique

3. Cas particulier de la demi-voûte : exemple de forme Gironnée Cintrée à Rayons Multiples (cf. figure 3.2)

- Comme dans toute forme gironnée cintrée à rayons multiples, il convient d'abord de s'assurer du respect de la tangentialité dans le cadre de la transition des courbes suivant la figure 26 (cf. condition 1 du § 2.3.2.7.3).
- En application de la condition 2 du § 2.3.2.7.3 relatif à la forme gironnée cintrée à rayons multiples, un découpage de la couverture suivant le § 2.3.2.6.3.2 en zones distinctes impose normalement une rupture entre zone sommitale et zone de giration externe (matérialisé par un chéneau ou un ressaut). Ceci conduit à prévoir normalement un point fixe au niveau de chacune des zones.
- Comme la partie de la couverture concernée se trouve d'un seul côté du faîtage, il est alors possible d'envisager un faîtage coulissant et de positionner le point fixe de la zone sommitale en bas de bac.
- Les points fixes des deux zones (zone sommitale et zone de giration externe) se retrouvant côte à côte (à la frontière des deux zones), il est alors possible, dans ce cas particulier, de réaliser les bacs d'un seul tenant, avec le point fixe dans la zone initialement prévue pour la rupture (cf. figure 3.2).
- On vérifie ensuite les autres conditions du § 2.3.2.7.3.

Proposition : un seul point fixe (angle moyen de 60 °), faîtage coulissant et un seul profil Kalzip® Trapèze (cf. figure 3.2).

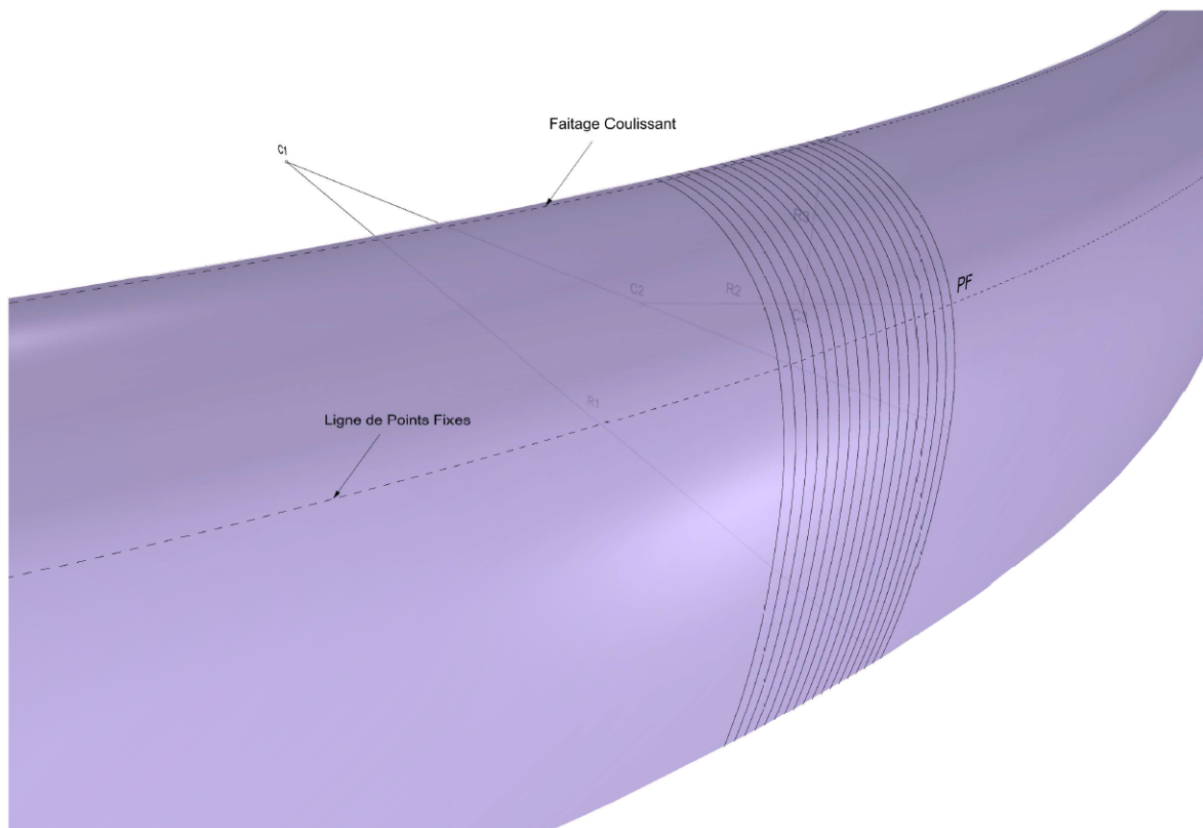
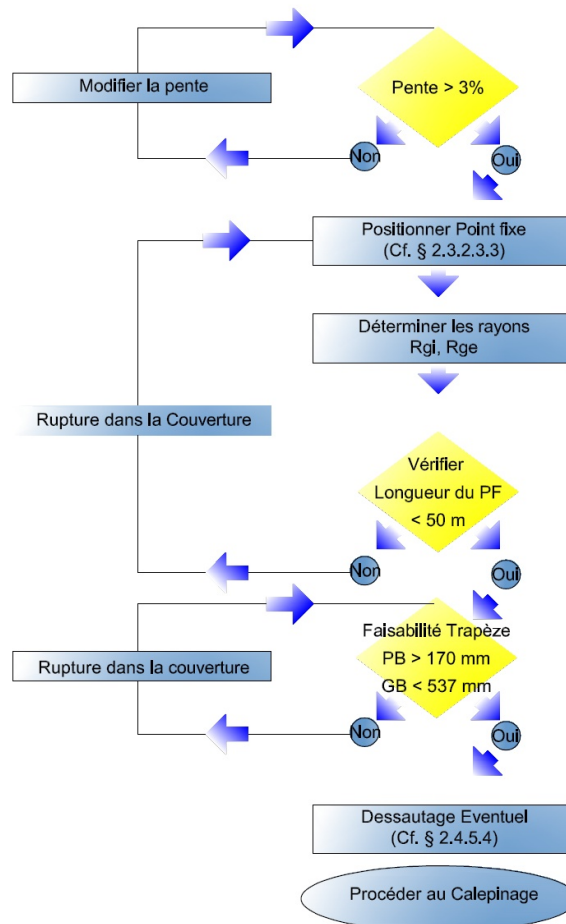


Figure 3.2 – Cas particulier de la demi-voûte : exemple de forme gironnée cintrée à rayon multiples

Forme Gironnée Droite



LEGENDE:

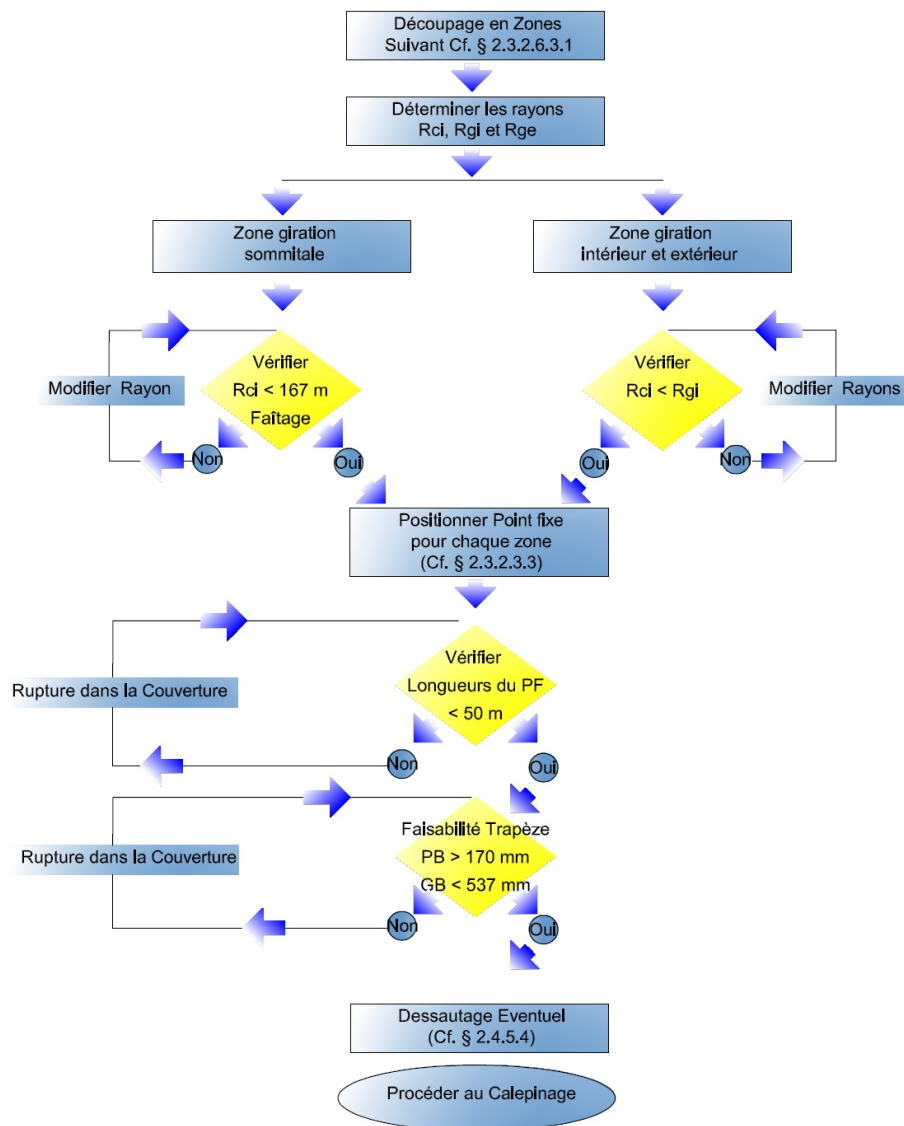
PF: Point Fixe
 PB: Petite Base
 GB: Grande Base
 Rgi: Rayon Giration Interne
 Rge: Rayon Giration Externe
 Rci: Rayon Cintrage Interne

Diagramme 1

Récapitulatif de conception

Diagramme 1 – Faisabilité forme Gironnée Droite (cf. § 2.3.2.7.1)

Forme Gironnée à Rayon Unique



LEGENDE:

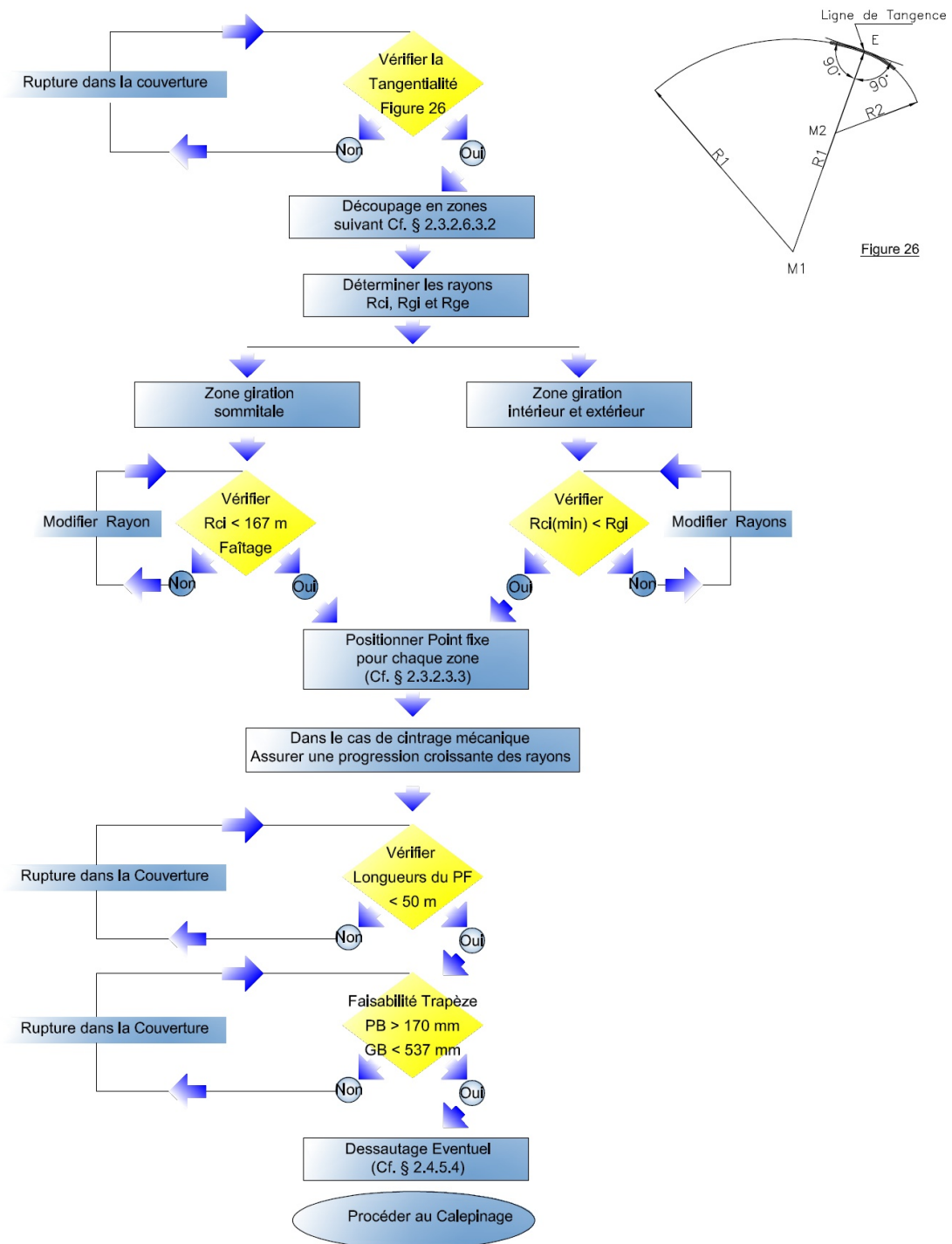
PF: Point Fixe
 PB: Petite Base
 GB: Grande Base
 Rgi: Rayon Giration Interne
 Rge: Rayon Giration Externe
 Rci: Rayon Cintrage Interne

Diagramme 2

Récapitulatif de conception

Diagramme 2 – Faisabilité forme Gironnée à Rayon Unique (cf. § 2.3.2.7.2)

Forme Gironnée à Rayons Multiples



LEGENDE:

PF: Point Fixe
 PB: Petite Base
 GB: Grande Base
 Rgi: Rayon Giration Interne
 Rge: Rayon Giration Externe
 Rci: Rayon Cintrage Interne

Diagramme 3

Récapitulatif de conception

Diagramme 3 – Faisabilité forme Gironnée à Rayons Multiples (cf. § cf. § 2.3.2.7.3)

Annexe 4 - Lexique

Calepinage : c'est le dessin, sur un plan ou une élévation, de la disposition d'éléments de formes définies pour couvrir une surface de couverture.

Cintreuse : machine à galets motorisés qui cintre les bacs Kalzip®.

Convergent : qui tend ou qui se dirige vers un même point.

Conique : forme à base circulaire et à sommet pointu.

Dessautage : zone de passage d'un bac Kalzip® Trapèze à plusieurs bacs Kalzip® Trapèzes ou inversement.

Divergent : qui s'éloigne ou qui s'écarte d'un même point.

Elliptique : qui à une forme d'ellipse, forme ovale.

Forme gironnée droite : couverture plane dont la forme des éléments trapèzes convergent ou divergent par rapport à un point de centre (exemple : une forme conique).

Forme gironnée cintrée : couverture cintrée dont la forme des éléments trapèzes convergent ou divergent par rapport à un point de centre (exemple une forme torique).

Giration : mouvement circulaire, rotation par rapport à un point.

Isocèle : qui a deux cotés égaux, les deux angles à la base sont égaux, qui possède un axe de symétrie.

Isotrope : qui a les mêmes propriétés physiques dans toutes les directions.

Point de tangence : point d'inflexion de deux courbes, de formes, d'orientations ou de rayons différents.

Profileuse : machine à galets motorisés qui forme les bacs Kalzip®.

Platelage : plancher ou support en bois qui repose sur les éléments de charpente.

Rgi : Rayon de giration intérieur en plan.

Rge : Rayon de giration extérieur en plan.

Rci : Rayon de cintrage intérieur de la couverture.

Ressaut : saillie de changement de niveau entre une zone de couverture amont et une zone de couverture aval.

Sertisseuse : machine électrique qui referme les bourrelets après la pose des bacs Kalzip®.

Soudure TIG : soudure à l'arc sous gaz neutre.

Sommitale : zone de couverture située en partie haute d'une couverture ou au faîtage.

Structure intermédiaire : éléments bois ou métalliques disposés entre la charpente et la couverture Kalzip®.

Stucco : aspect de surface de l'aluminium légèrement granité obtenu par passage dans des cylindres graveurs.

Tangence : le point de tangence de deux arcs successifs correspond à l'alignement du point de rencontre de ces courbes avec leurs centres.

Zone de giration intérieure : pour la forme gironnée cintrée, zone de couverture interne située le plus proche du point de giration.

Zone de giration sommitale : pour la forme gironnée cintrée, zone de couverture centrale de faîtage, située entre la zone de giration intérieure et la zone de giration extérieure.

Zone de giration extérieure : pour la forme gironnée cintrée, zone de couverture externe située le plus loin du point de giration.