

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **5/10-2124**

Couverture en éléments
métalliques

Metal Roofing

Metalldachdeckung

Bacs

Kalzip® Concave- Convexe

Relevant de la norme

NF EN 14782

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

Usine : Société Kalzip GmbH
DE-56070 Koblenz

Distributeur : Kalzip France – CBS Investissement
Bâtiment Saria B
14, rue de Saria - Serris
FR-77706 Marne la Vallée Cedex 04

Tél. : 01 60 43 57 10
Fax : 01 60 04 58 51
E-mail : info@kalzip.com
Internet : www.kalzip.com

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 5

Toitures, couvertures, étanchéités

Vu pour enregistrement le 29 mars 2011



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB - 84, avenue Jean Jaurès – Champs sur Marne - 77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 85 60 - Fax : 01 64 68 85 65 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 5 « Toitures, couvertures, étanchéités » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 12 juillet 2010, le procédé de couverture métallique en bacs profilés en aluminium KALZIP® Concave-Convexe, de la Société KALZIP GmbH. Le présent document, auquel est annexé le Dossier Technique établi par le demandeur, transcrit l'Avis formulé par le Groupe Spécialisé n° 5 "Toitures, Couvertures, Etanchéités", sur les dispositions de mise en œuvre proposées pour l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi visé et dans les conditions de la France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

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

La couverture KALZIP® est destinée à être utilisée :

- soit en "toiture froide ventilée", selon les dispositions prévues par le Cahier des Clauses Techniques DTU 40.36, pour les bâtiments ouverts
- soit en "toiture chaude", avec un ouvrage sous-jacent formant plafond, un pare-vapeur et une isolation thermique,

pour la réalisation de couvertures cintrées concaves, convexes ou une combinaison des deux.

1.2 Mise sur le marché

Les produits relevant de la norme NF EN 14782 sont soumis, pour leur mise sur le marché, aux dispositions de l'arrêté du 19 janvier 2007 portant application aux plaques métalliques autoportantes du décret du 8 juillet 1992 modifié, concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction.

1.3 Identification des constituants

Les bacs profilés KALZIP® 65/305, KALZIP® 65/333, KALZIP® 65/400, KALZIP® AF 65/333 et KALZIP® AF 65/537 sont caractérisés par la géométrie particulière de leur section transversale, illustrée par la figure 3 du Dossier Technique.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Celui revendiqué dans le Dossier Technique, complété par le Cahier des Prescriptions Techniques, sauf le recours à des recouvrements transversaux pour des pentes inférieures à 7 %.

L'emploi de cette couverture en climat de montagne (altitude > 900 m) ou sur des locaux à forte ou très forte hygrométrie n'est pas prévu.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

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

Sécurité au feu

Cette couverture est susceptible d'utilisation sans restriction d'emploi eu égard au feu venant de l'extérieur.

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

Lors des opérations d'entretien, il y a lieu de respecter les dispositions réglementaires relatives à la protection contre les chutes de hauteur. En outre, il y a lieu de recourir à l'emploi de dispositifs de répartition de charges afin d'éviter les déformations permanentes des bacs préjudiciables au comportement de la couverture.

Etanchéité 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 accepté (cf. § 2.1).

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.

Le principe envisagé de réalisation de l'isolation thermique en "toiture chaude" est admis, mais compte tenu des informations fournies, les performances de cette isolation ne sont pas connues.

Complexité de couverture

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

Hygrométrie des locaux et risques de condensation

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

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

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

Accessibilité

Ce procédé, comme c'est le cas général pour les couvertures en aluminium, présente une relative sensibilité au marquage si des précautions ne sont pas prises lors de l'accès sur la couverture.

En conséquence :

- la circulation, lors des opérations d'entretien de la couverture, devra s'effectuer par l'intermédiaire de dispositifs provisoires de répartition (planches),
- la présence en toiture d'équipements dont la surveillance ou l'entretien doivent être assurés, nécessite la création de chemins de circulation permanents.

Acoustique

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

Adaptation du revêtement des bacs KALZIP®

Vis-à-vis des ambiances intérieures :

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

Vis-à-vis des atmosphères extérieures :

Cas des couvertures de pente supérieure ou égale à 5 %

Les dispositions du guide de choix (chapitre 2 du DTU 40.36) s'appliquent à ce système. Le § 2.13 du Dossier Technique récapitule les dispositions à considérer en fonction de l'exposition atmosphérique extérieure.

Cas des couvertures de pente inférieure à 5 %

Dans ces conditions de pente 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.

2.2.2 Durabilité – Entretien

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 sur la base de l'expérience acquise depuis 1995.

Entretien

Les dispositions de l'annexe A2 du DTU 40.36 "Conditions d'usage et d'entretien" s'appliquent à ce système. Lors des opérations d'entretien,

il y a lieu de mettre en place des dispositifs de répartition de charges afin d'éviter les déformations de bacs.

2.23 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.

2.24 Mise en œuvre

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

La réalisation des raccordements sur chantier par soudure nécessite une qualification particulière.

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

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

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

Conditions relatives aux structures porteuses

- Le contreventement de la charpente doit être prévu sans contribution de la couverture.
- Le dimensionnement de la charpente, au droit du point fixe de la couverture doit tenir compte des efforts reportés sur la charpente (cf. « réalisation du point fixe » ci-dessous)

Le procédé se caractérise généralement par une faible pente de couverture, celle-ci étant donnée par les éléments supports de bacs.

Les tolérances de la classe 1 de fabrication de la norme NF EN 1090-2, ainsi que les tolérances de montage de classe 2 de cette même norme sont compatibles avec le procédé Kalzip®.

La charpente devra être contrôlée et réceptionnée par le maître d'ouvrage avant la mise en œuvre du système de couverture Kalzip®.

Réalisation du point fixe

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 charpentier. 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.

Dans le cas d'emploi d'une telle ossature, la largeur appui des pannes doit être adaptée en conséquence.

Conditions de fixation des pattes supports

La fixation des pattes supports, qu'elles soient fixées directement sur les pannes de charpente ou sur les omégas intercalaires doit être justifiée dans chaque cas d'application vis-à-vis des charges de vent considérées en rives avec un vent perpendiculaire aux génératrices.

Les charges de vent prises en compte par les règles NV 65 modifiées peuvent entraîner des portées de bacs, donc des distances entre pannes, différentes en zone de rive et en partie courante de toiture. Les bacs seront dimensionnés en tenant compte d'un vent parallèle aux génératrices en partie courante et en rives, et les fixations seront dimensionnées en tenant compte d'un vent parallèle et d'un vent perpendiculaire aux génératrices en partie courante et en rives.

Longueur maximale et pente minimale des rampants

La longueur maximale des bacs est au plus égale à 100 m.

Dans le cas de toitures courbes continues en faitage, il est admis une zone de pente inférieure à 3 % en sommet de voûte. Cette zone est limitée à une longueur de 5 m par rapport à l'axe du faitage.

Dans le cas d'un faitage simple, la pente de la toiture est au minimum de 3 %.

Contact entre l'aluminium et les autres matériaux

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

Ossature oméga intercalaire et étriers

Elle doit faire l'objet d'une justification calculée dans chaque cas d'application.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé KALZIP® concave-convexe dans le domaine d'emploi accepté et complété par le Cahier des Prescriptions Techniques, est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 31 juillet 2013.

Pour le Groupe Spécialisé n°5
Le Président
C. DUCHESNE

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

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

- Sur support homogène,
 - Avec peu de pénétrations et de dimensions limitées,
- afin de conserver une ligne de points fixes continue.

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

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

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. annexe 2 du dossier technique).

Les étriers se fixant sur les bacs pour la fixation d'accessoires ne sont pas visés par le présent Avis.

Le dossier technique ne prévoit pas de chemins de circulation provisoires ou permanents. Le Maître d'ouvrage devra en tenir compte en cas de présence en toiture d'équipements dont la surveillance ou l'entretien doivent être assurés régulièrement.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°5
S. GILLIOT

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Généralité

1.1 Destination

Le procédé est destiné à la réalisation de couvertures cintrées convexes, concaves ou une combinaison des deux, sur des bâtiments de faible ou moyenne hygrométrie réalisés en France métropolitaine, quelle que soit leur destination.

Le système Kalzip® est en général mis en œuvre en couverture chaude reconstituée (« toiture chaude » selon les dispositions prévues dans le Cahier des Clauses Techniques du DTU 40.36 paragraphe 3.6), avec un ouvrage sous-jacent formant plafond, un pare vapeur et une isolation thermique légèrement comprimée. Il peut aussi être mis en œuvre en couverture froide (« toiture froide ventilée » selon les dispositions prévues dans le Cahier des Clauses Techniques du DTU 40.36 paragraphe 3.7).

1.2 Principe

Système de couverture autoporteur constitué de bacs profilés de grande longueur en alliages d'aluminium dont l'assemblage longitudinal (cf. fig. 1) est réalisé par sertissage. Les bacs profilés sont liés à la structure par l'intermédiaire de pattes de fixations non-traversantes rendues invisibles par construction.

Le bourrelet mâle du bac est clippé sur la tête de la patte de fixation, coiffé par le bourrelet femelle et serti mécaniquement en utilisant une machine à serti électrique portable spécifique et homologuée par le fabricant (cf. fig. 2).

2. Matériaux

2.1 Bacs Kalzip®

2.1.1 Gamme de profils

Les bacs profilés Kalzip® sont caractérisés par la géométrie particulière de leur section transversale, illustrée par la figure 3.

Les profils suivants sont concernés :

Kalzip® 65/305, Kalzip® 65/333, Kalzip® 65/400, Kalzip® AF 65/333, Kalzip® AF 65/537.

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

2.1.2 Caractéristiques mécaniques des alliages

Les bacs sont profilés à partir de bobines d'alliage d'aluminium EN AW-3004, EN AW-3005 et EN AW-6025 selon la norme NF EN 485-2, et dont les caractéristiques mécaniques sont données en tableau 1 en fin de dossier.

Pour des raisons d'aspect, le métal peut recevoir un traitement de surface (finition patinée « AluPlusPatina », laquage polyester 25 µm mini ou PVDF 25 µm mini + envers de bande époxy 5 µm.) ou être livré en aspect naturel « nu » lisse ou gravé « Stucco ».

Dans le cas de la 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 7072 (AlZn1) d'une épaisseur de 4 % de l'épaisseur nominale sur chaque face et dont le rôle est d'uniformiser 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.

2.1.3 Adaptation du matériau aux contraintes atmosphériques extérieures

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

2.1.4 Caractéristiques géométriques des éléments et tolérances (cf. fig. 3)

- Largeur utile des bacs :
 - 305 mm (+1, - 0), 333 mm (+ 1, - 0), 400 mm (+ 1, - 0) pour le Kalzip® standard ;

- 333 mm (+ 1, - 0), 537 mm (+1 ; -0) pour le Kalzip® de type « AF ».

- Hauteur des relevés latéraux :
 - 64 mm (+ 1,5 mm, - 1,5 mm) et 65 mm (+ 1,5 mm, - 1,5 mm)
- Epaisseurs :
 - 0,9 mm et 1,0 mm avec une tolérance de $\pm 0,03$ mm
 - 1,2 mm avec une tolérance de $\pm 0,04$ mm
- Longueur (cf. tableau 3) :
 - Jusqu'à 50 mètres de longueur par rapport au point fixe
 - Jusqu'à 100 m de longueur, si la distance entre les extrémités du bac et son point fixe n'excède pas 50 m. Dans ce cas, l'assistance technique du fabricant est requise pour la validation des principes de conception et de réalisation de l'ouvrage.

2.2 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.

2.2.1 Pattes de fixation (cf. fig. 4 et 4 bis)

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

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

2.2.2 Sabots (cf. fig. 4)

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

2.3 Accessoires de montage spécifique

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

2.3.1 Accessoires d'égout (cf. fig. 5)

2.3.1.1 Closoir d'égout et compriband

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

2.3.1.2 Cornière d'égout

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

2.3.2 Accessoires de faitage (cf. fig. 6 et 7)

2.3.2.1 Closoir de faitage en aluminium

Le closoir de faitage en aluminium, pièce façonnée dans le même alliage que les bacs KALZIP® (cf. fig 6), est installé en extrémité haute du faitage, afin de former arrêt d'eau et chambre de décompression grâce à ses deux parois. Il sert aussi à la fixation des façonnés de faitage. Ce dispositif est complété par le relevé des parties planes en extrémité de bacs, à l'aide d'une pelle spécialisée.

2.3.2.2 Complément d'étanchéité de faitage

Closoir mousse qui renforce l'étanchéité à l'air et à l'eau, il se place derrière le closoir de faitage. Le complément d'étanchéité de faitage n'est plus nécessaire lorsque la pente est supérieure à 10%.

2.3.2.3 Profil de calage de faitière

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

2.324 Patte coulissante de faitage (cf. fig. 7)

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

2.33 Accessoires de rive (cf. fig. 8)

2.331 Profil de rive

Profil continu (en aluminium de longueur unitaire de 6 mètres), cet accessoire permet de réaliser la fixation de rive en l'absence d'emboîtement et de sertissage du bourrelet supérieur des bacs, ainsi que le renfort de la rive dans une zone soumise à des contraintes mécaniques accrues. Le profil est cintré naturellement sur le chantier ou, si cela n'est pas possible, il sera encoché à intervalles réguliers afin de permettre son cintrage.

2.332 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.

2.333 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.

2.34 Pare vapeur

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

Dans tous les cas de complexe de couverture chaude, la fonction pare-vapeur doit être assurée de manière continue, soit par recouvrement des éléments jointoyés et étanchés par bandes décrites ci-après, soit par film indépendant continu. La performance sera conforme au respect de la classification décrite à l'annexe B3 du DTU 40.36 pour le domaine d'emploi considéré. Lorsqu'il est constitué de bandes assemblées, il doit être lié de façon à former une surface parfaitement continue. Tous les dégâts de montage et perforations accidentelles doivent être réparés.

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

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

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

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

2.4 Accessoires de montage auxiliaires

2.41 Etrier

L'étrier est un élément ponctuel en acier S 250 GD galvanisé Z275 selon la norme NF EN 10346, d'épaisseur minimale 1,5 mm, de type Oméga. Il sert de structure porteuse pour le profil écarteur.

2.42 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, en général de type Oméga et il sert de structure intermédiaire.

2.43 Isolation thermique

Il convient de comprimer légèrement l'isolant pour supprimer toutes poches d'air en sous face du bac Kalzip®.

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

3. Fabrication et contrôles

3.1 Fabrication

La fabrication des bacs Kalzip® cintrés peut se faire suivant trois modes opératoires équivalents l'un de l'autre :

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

3.2 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, « l'Institut des Matériaux de Construction et du contrôle des matériaux de l'université de technique de Hanovre » et porte sur :

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

3.3 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 est assuré par KALZIP GmbH représenté obligatoirement sur le chantier pendant toute la durée de la fabrication par son représentant de fabrication.

4. Conception de l'enveloppe

4.1 Généralités

L'aluminium, comme tout matériau, subit - lors des variations de température - une modification de son volume. Les éléments Kalzip® sont normalement de grande longueur. Afin de gérer leurs dilatations et de garantir leur glissement sans générer de contrainte dans les bacs, il est impératif d'aligner les pattes. Chaque élément Kalzip® doit avoir un unique point fixe qui dirige la dilatation et permet la reprise des charges orientées tangentielles à la pente.

Les joints longitudinaux entre les bacs Kalzip® sont positionnés parallèlement à la ligne de plus grande pente de l'enveloppe.

4.2 Pente

De façon générale, la pente doit être égale ou supérieure à 3% pour assurer l'évacuation de l'eau de pluie.

Dans le cas particulier d'une couverture continue en forme de voûte convexe, la présence d'une zone où la pente est inférieure à 3% est admise, sa longueur maximale est de 5 mètres à partir de la ligne de faitage (soit un rayon de courbure maximal de 167 mètres) dans la mesure où les bacs Kalzip® sont d'un seul tenant dans cette zone (cf. fig. 9).

4.3 Rayons de cintrage

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

- Cintrage naturel
- Cintrage mécanique lisse
- Cintrage mécanique par croquage

Les limites se trouvent dans le tableau 4.

4.4 Possibilités de transport

En cas de profilage et cintrage à l'atelier, il faut tenir compte des limites de transport.

Le cas échéant, le profilage sur chantier est conseillé (cf. §3.1)

4.5 Forme de l'enveloppe

4.5.1 Généralités

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

4.52 Forme cintrée simple convexe ou concave

L'enveloppe courbe est bombée vers l'extérieur (cf. fig. 15a) ou l'intérieur du bâtiment (cf. fig. 15b). Il faut vérifier les rayons de cintrage (cf. §4.3), ainsi que la pente minimale (cf. § 4.2).

4.53 Forme complexe

La forme de l'enveloppe est composée de formes successives (cf. fig. 15c), continues et tangentielles entre elles (cf. fig. 10). Chacune de ces formes successives est soit droite ou soit cintrée d'un rayon constant.

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

4.54 Conditions à remplir quelle que soit la forme (Cf. annexe 1.2)

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

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

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

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

Si les conditions énoncées ci-dessus ne sont pas remplies, il faut modifier la forme ou faire une interruption dans la couverture. Cette interruption sera réalisée par la mise en place d'un chéneau intermédiaire ou d'un ressaut (cf. fig. 19). Un deuxième bac est alors nécessaire (avec son propre point fixe).

La vérification de la forme géométrique et des exemples se trouvent en annexe 1.

5. Mise en œuvre

Il faut éviter de circuler sur des bacs Kalzip® non sertis. Pour la circulation en cours de la pose et l'entretien cf. chapitre 7.

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 afin de ne pas entraver la dilatation.

Cette zone est de 500 mm (avec le point théorique de changement de rayon au milieu) dans le cas d'un changement de rayon, elle est au maximum de 1200 mm (avec le point théorique de changement de rayon au milieu) dans le cas d'un changement de sens de cintrage (cf. fig. 10).

Toutefois, il existe une exception lorsque l'on réalise le point fixe au niveau du point théorique de changement de rayon.

De même, dans les zones de soudure, il ne faut pas placer de patte Kalzip® de fixation.

5.1 Dispositions générales de la couverture cintrée

Les bacs Kalzip® sont suspendus aux pattes de fixation 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.

Afin de faciliter la mise en place des bacs Kalzip® sur les pattes de fixation, la trame de pose transversale Kalzip® doit être augmentée de 3 mm, par exemple pour un bac de 65/400, le pas de pose est de 403 mm à la place de 400 mm en droit.

5.2 Forme de cintrage des bacs KALZIP®

Les rayons de cintrages minimaux en fonction du type de cintrage et du type de profil Kalzip®, sont indiqués dans le tableau 4.

Espacement entre appuis

On utilise les abaques de portées des bacs KALZIP® cintrés (cf. tableaux 5 à 9)

5.21 Cintrage naturel

Dans le cas de cintrage naturel, il convient de respecter la condition ci-après.

Afin de limiter l'effet de facetage lors de la pose des éléments, l'espacement entre appuis des pattes de fixation doit être réduit. Cette réduction est d'autant plus importante que le rayon de courbure est faible.

5.22 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.

5.23 Cintrage convexe par croquage

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

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

5.3 Fixations

La fixation des pattes KALZIP® sur la structure porteuse doit respecter les conditions suivantes:

- L'axe vertical des pattes doit être perpendiculaire au plan de la couverture
- La répartition des pattes doit permettre la répartition des efforts sur l'ensemble de la structure porteuse.
- La hauteur des pattes est choisie en fonction de la hauteur de l'isolant

Les vis de fixation sont impérativement en inox austénitique A2. Il faut au minimum deux vis par patte disposées de chaque côté de l'âme, leur tenue doit faire objet d'une justification par calcul de l'arrachement du support dans chaque cas d'application à l'exclusion des cas de figure référencés dans le paragraphe 5.3.

5.31 Fixation des pattes KALZIP® sur panne acier

5.311 Panne acier ou écarteur d'épaisseur 1,5 mm à 3 mm

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne ou l'écarteur avec 2 vis auto-perceuses en acier inoxydable austénitique A2 de diamètre minimum 6,0 mm type SFS SDK3-S-377-6,0x30mm ou de caractéristiques mécaniques supérieures. La mise en œuvre des vis s'effectue avec l'adaptateur type SFS DS K37 de part et d'autre de l'âme de la patte dans les trous de \varnothing 6,1 mm positionnés aux angles (cf. figure 18).

La vis SFS SDK3 a été spécialement développée pour la fixation des pattes Kalzip® dans des supports de faible épaisseur (entre 1,5 et 3 mm). L'utilisation des vis SFS SDK3-S-377-6,0xL est conseillée, car elles présentent plusieurs avantages :

- Le serrage des vis a un couple constant grâce à la rupture du carré d'entraînement qui se trouve sur sa tête, donc pas de risque de « foirage » et pas de risque de manque de serrage.
- Le dessous de la tête est conique et la vis s'auto centre lors du vissage. Elle ne nécessite pas de rondelle d'appui.
- Il n'y a pas besoin de pré-perçement.
- Les valeurs d'arrachement sont élevées car le filetage spécifique est adapté aux épaisseurs en acier galvanisé comprises entre 1,5 mm et 3,0 mm.
 - Epaisseur en acier galvanisé $t \geq 1,5$ mm : PK = 2,13 kN par vis
 - Epaisseur en acier galvanisé $t \geq 2,0$ mm : PK = 3,61 kN par vis
- L'embout pour les vis SFS SDK3 est présenté en figure 18.

L'utilisation de vis auto-taraudeuses en acier inoxydable CrNi 18/8, \varnothing 6,5 mm avec rondelles inox vulcanisées de \varnothing 16 mm référencées SFS TDA-S-S16-6,5x25 avec préperçage au \varnothing 5,0 mm disposé dans les trous de \varnothing 7,0 mm positionnées de part et d'autre de l'âme de la patte, reste possible.

Épaisseur en acier galvanisé $t \geq 1,5$ mm : PK = 2,30 kN par vis

5.312 Panne acier d'épaisseur 3 à 6 mm

Les pattes Kalzip® sont fixées sur la panne avec 2 vis auto-perceuses en acier inoxydable austénitique A2 de diamètre minimum \varnothing 5,5 mm type SFS SX6-S16-5,5x32mm ou de caractéristiques supérieures, pré-

montées avec une rondelle d'étanchéité conique en inox austénitique de Ø 16mm et joint EPDM vulcanisé monobloc (70 shore, épaisseur 3mm).

Les vis sont positionnées dans les trous centraux de diamètre 7,0 mm de part et d'autre de l'âme de la patte.

Épaisseur en acier galvanisé $t \geq 3,0$ mm : $P_k = 5,60$ kN par vis

5.313 Panne acier d'épaisseur supérieure à 6 mm

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

Les vis sont positionnées dans les trous centraux de diamètre 7,0 mm de part et d'autre de l'âme de la patte.

La mise en œuvre s'effectue avec une visseuse type DI600 équipée d'une rallonge Z661/L, d'un arbre long d'entraînement ZA ¼ L=189, d'une butée de profondeur Z661 et d'une douille E380.

5.32 Fixation des pattes KALZIP® sur panne bois

La panne bois est un élément continu, de section minimale 60x80 mm, de classe d'emploi 2 selon NF B 52-001. Il sert de structure pour la fixation des pattes KALZIP®.

La mise en œuvre des pattes KALZIP® directement sur panne bois est limitée aux bâtiments ouverts (cf. §6.2).

Les pattes KALZIP® sont vissées sur la panne avec 2 vis autotaraudeuses en acier inoxydable austénitique A2 de diamètre minimum 6,5 mm type SFS-TDA-S-S16 6,5 x L, prémontées avec une rondelle d'étanchéité conique en inox austénitique de diamètre 16 mm et joint EPDM vulcanisé monobloc (70 shore, épaisseur 3 mm). Les vis peuvent être de caractéristiques mécaniques équivalentes ou supérieures.

La mise en œuvre s'effectue avec une visseuse type DI600 équipée d'une rallonge Z661/L, d'un arbre long d'entraînement ZA ¼ L =189, d'une butée de profondeur Z661 et d'une douille E380.

Les vis sont positionnées dans les trous centraux de diamètre 7,0 mm de part et d'autre de l'âme de la patte.

L'ancrage minimum doit être de 50 mm.

5.4 Portées d'utilisation des bacs

Les portées maximales admissibles des bacs Kalzip® entre appuis sont déterminées par des tableaux 5 à 9 en fin de dossier, en fonction du type de cintrage, du type de profil, du nombre d'appuis considérés et des charges normales uniformément réparties.

Les charges de vent à prendre en compte sont celles des règles NV 65 modifiées.

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.

Dans les tableaux de portée il y a une colonne pour chaque cas d'utilisation.

Dans le cas d'un cintrage par croquage, les portées des bacs droits ($R \geq 100$ m) sont à réduire à 60 %.

Les valeurs normales sont données en fonction des critères suivants :

En charge descendante (pression) :

- Flèche inférieure au $1/200^{\text{ème}}$ mm de la portée sous la pression normale,
- Coefficient de sécurité de 2 par rapport à la ruine,
- Coefficient de sécurité de 2 par rapport à la ruine en compression de la patte.

En charge ascendante (dépression) :

- Coefficient de sécurité de 2 par rapport à la ruine,
- Coefficient de sécurité de 2 par rapport au début de dessertissage de l'assemblage au droit de la fixation.

Les valeurs notées dans les tableaux, intègrent les vérifications de tenue :

- Du bac Kalzip® cintré, en pression et dépression
- De la stabilité de la patte Kalzip® de fixation, en pression et dépression, quelle que soit la hauteur de la patte.
- De la fixation de la patte Kalzip® avec deux vis de type SFS SDK3-S-377-6,0xL dans un support en acier galvanisé S 250 d'épaisseur 1,5 mm ($P_k = 2,13$ kN par vis).

Dispositions simplifiées pour la prise en compte des charges de neige accidentelles

Le procédé étant basé sur le principe des « charges admissibles » à comparer aux « charges normales », la notion de charge de neige

accidentelle est implicitement vérifiée lorsque la « charge normale » de neige « pn » est supérieure ou égale à :

- 50 daN/m² pour les régions A2 et B1,
- 70 daN/m² pour les régions B2 et C2,
- 90 daN/m² pour la région D.

« pn » est la charge normale de base déterminée à partir des valeurs « pno » définies par la présente annexe en tenant compte des effets de l'altitude selon l'article R-II-2, 2 des règles NV65. Pour une région donnée, lorsque « pn » est inférieure à la valeur indiquée ci-dessus, la notion de charge accidentelle est vérifiée en remplaçant « pn » par la valeur indiquée.

5.5 Points fixes

5.5.1 Conception

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

Chaque bac Kalzip® cintré doit recevoir un seul et unique point fixe, il est réalisé par fixation mécanique. Le bureau d'études du titulaire de l'Avis Technique assiste l'entreprise dans le choix du positionnement et du dimensionnement du point fixe.

Le point fixe doit être réalisé à l'avancement des opérations de pose, dès qu'un bac a été mis en place. Il y a trois modes de réalisation du point fixe (cf. fig. 11) en fonction des contraintes auxquelles il est soumis :

- Fixation du petit bourrelet du bac Kalzip® par rivet à rupture de tige en aluminium ou en inox dans la tête de la patte.
- Fixation des joints debout du bac Kalzip® par boulon inox 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.

Le recours à une patte Kalzip® double ou de longueur supérieure est possible ; dans le cas d'une couverture cintré, la longueur de celle-ci est limitée à 200 mm.

Dans le cas d'une fixation par rivet à rupture de tige, le nombre est limité à trois.

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

La tenue du point fixe doit faire l'objet d'une justification par calcul dans chaque cas d'application.

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

5.5.2 Calcul

Composante tangentielle des charges permanentes (poids propre + neige) d'après la formule :

$$T = (g + s \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot L \cdot b$$

Soit

T : la composante tangentielle.

g : le poids propre du bac

s : la charge de neige maximale parmi la charge extrême et la charge accidentelle de neige selon les règles NV 65 modifiées

α : la pente moyenne de la couverture (cf. figure annexe 2)

L : la longueur dilatable (distance au point fixe)

b : la largeur utile du profil Kalzip®

Le calcul du point fixe pour les bacs KALZIP® est réalisé de la façon suivante :

- Un premier calcul de T, 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 de T, 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.

5.6 Points singuliers

5.6.1 Egout (cf. fig. 5)

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

Deux types de cornière sont disponibles :

- L = 40 x 20 x 2 mm représente la cornière standard.

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

Pour les pentes inférieures à 10 %, un closoir en mousse préformée accompagné d'un compriband 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 compriband est interposé. Dans le cas d'une pente supérieure à 20%, il n'y a plus de compriband. Pour les pentes \geq 20%, voir le tableau 3.

Le porte-à-faux du bac Kalzip® débordant à l'intérieur de l'égout ne peut être inférieur à 100 mm et supérieur à 275 mm.

5.62 Faitage (cf. fig. 6 et 7)

Dans le cas d'une voute convexe, le bac Kalzip® peut être continu en faitage, une panne faitière est positionnée au faitage, la zone de pente en dessous de 3% est conforme aux dispositions du paragraphe 4.2.

Sinon il est traité par assemblage d'un closoir en aluminium formant chambre de décompression avec interposition d'un complément d'étanchéité en mousse (« closoir mousse ») pour les pentes inférieures à 10%, relevé par pliage de la plage du bac en extrémité à l'aide d'une pelle spécialisée et mise en place d'une pièce spécifique (« patte coulissante ») et du profil de calage de faitière.

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

5.63 Rives latérales (cf. fig. 8)

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

5.7 Assemblage transversal

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

- Lorsqu'il est difficile de produire ou de transporter le bac Kalzip® en un seul élément.
- Lorsqu'une géométrie particulière est imposée par l'ouvrage (cf. §4.5).

5.71 Par recouvrement (cf. fig. 12)

L'assemblage transversal par recouvrement est réalisable pour des pentes supérieures ou égales à 5% 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.

Au dessus de 7% de pente, appliquer le DTU 40.36.

En dessous de 5%, le recours à un assemblage par cordon de soudure est impératif.

5.72 Par soudure

L'étanchéité des bacs soudés équivaut à celle des bacs continus si la soudure a été réalisée par un soudeur ayant suivi la formation spécifique organisée par le fabricant et/ou étant certifiée par un centre agréé.

5.73 Ressaut (cf. fig. 19)

Dans le cas d'une longueur de rampant trop importante ou lorsque la forme l'exige (§4.5 et annexe 1), 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 faitière de façon similaire à la réalisation d'un faitage.

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 inférieure.

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 d'étanchéité.

5.8 Accidents de toiture

Un accident de toiture est une pénétration dans la couverture. Ces pénétrations intéressent 3 bacs au maximum.

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.

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

Par soudure (cf. fig. 16)

En dessous de 5 % de pente, les accidents de toiture sont obligatoirement raccordés à la couverture Kalzip® par soudage.

Par recouvrement (cf. fig. 17)

Les pénétrations de couverture, pour les pentes \geq 5 %, peuvent être réalisées par recouvrement.

Pour les pentes comprises entre 5 % et 10 %, un joint complémentaire d'étanchéité doit être mis en place.

6. Principe de constitution de la toiture

6.1 Cas des toitures « chaudes non ventilées » (cf. fig. 13)

La toiture chaude est reconstituée par assemblage des éléments constitutifs suivants :

- éléments structurels de charpente ;
- sous-face intérieure, ayant pour simple rôle le maintien en place des divers composants du complexe. Cette sous-face peut être constituée par un bac métallique, un platelage bois, une dalle béton, un grillage métallique, un feutre tendu ou toute autre forme de produit capable de reprendre son propre poids et le poids des composants de l'isolation rapportée ;
- barrière pare-vapeur, ayant pour rôle de limiter ou empêcher la migration de vapeur d'eau et donc l'apparition de condensation (point de rosée) dans l'isolant ;
- dispositif écarteur éventuel (type oméga) solidaire des pannes par l'intermédiaire d'étriers, permettant de s'affranchir de la sous-face intérieure et de contrôler la répartition des efforts sur la structure porteuse. Les pattes Kalzip® sont alors fixées sur cet écarteur ;
- isolant thermique, selon DTU 40.35. 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®; un isolant de forte densité (> 50 kg/m³) ne peut être comprimé.
- bacs KALZIP® extérieurs avec leurs pattes de fixation.

6.2 Cas des toitures « froides ventilées » pour bâtiments ouverts (cf. fig. 14)

Le système KALZIP® peut être utilisé pour la réalisation de couvertures dites « sèches », c'est-à-dire sans isolation rapportée en sous face des bacs. Afin de lutter contre les risques d'apparition de condensation en fonction des variations hygrothermiques, la conception de l'ouvrage devra tenir compte des éléments suivants :

- La charpente devra être réalisée de telle façon que l'air puisse librement circuler dans le comble (bâtiments ouverts);
- Une ventilation suivant les principes et dimensionnement du DTU 40.36 pour une longueur de rampant inférieure à 30 m pour les bâtiments fermés. Une étude hygrométrique particulière selon le DTU 40.36 est nécessaire pour chaque bâtiment pour limiter l'apparition de condensation en sous-face.
- Application en sous face des bacs d'un régulateur de condensation adhésif, constitué de fibres de polyester non tissées, dénommé « Aquasine® » (non visé par le présent Document Technique d'Application).

7. Entretien

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

Lors des opérations d'entretien, il y a lieu de mettre en place des dispositifs de répartition des charges, afin d'éviter la déformation des bacs Kalzip® :

- Provisoires (Ex. : Planches, échelles de couvreurs)
- Permanents
 - Chemins de circulation mis en œuvre sur pattes pinces spécifiques à fixation sans perforation. Dans ce cas, le nombre et la répartition de ces pinces feront l'objet d'un calcul spécifique.

8. Organisation de la mise en œuvre et formation

8.1 Sens de mise en œuvre

Les bacs Kalzip® ont un sens de mise en œuvre (mâle/femelle) dont il convient de tenir compte notamment pour la fabrication, le stockage, la manutention et l'approvisionnement du chantier.

A noter qu'il est possible de sertir le bourrelet femelle au diamètre mâle afin de réaliser un bac de départ, autorisant une inversion de sens de pose.

8.2 Manutention

Stockage des bacs profilés à l'abri des intempéries, sur chant (Individuels) ou sur berceaux (groupés), dans un espace ventilé.

8.3 Assistance

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

8.4 Formation

Le fabricant a développé un Centre de Formation agréé par le Ministère du travail et des affaires sociales (N° 11 77 02830 77 du 27/10/97). Il permet d'instruire et d'agréer des entreprises de pose.

La mise en œuvre de ce système relève de la compétence des entreprises agréées par le fabricant. Les entreprises agréées possèdent le « Badge Kalzip® »

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

B. Résultats expérimentaux

- Institut officiel de contrôle des matériaux pour le bâtiment auprès de l'institut d'études et de contrôle des matériaux de l'Université de Hanovre :
 - Essais de charge répartie en pression descendante et ascendante, et essai de dégrafage de l'assemblage serti sur bacs Kalzip® 305.
 - Essais en compression et en traction des pattes Kalzip® (Certificat de contrôle 287a/89 du 16 août 1989).
 - Essais d'accessibilité des toitures Kalzip® (Certificat de contrôle 1414/85 du 4 avril 1986).
 - Essais de capacité de charge sur profil Kalzip® 400 (certificat de contrôle 287/89 du 16 août 1989).
- Essais de charge répartie en pression descendante et ascendante sur Kalzip® 305 (CR 13504 du 28 septembre 1978) – Origine CSTB
- Essais de charge répartie en pression descendante et ascendante et essais de fatigue en pression ascendante alternée sur Kalzip® 305

(CR 1407 du CTAL du 19 janvier 1976 et CR 515 du 5 octobre 1978).

- Essais de glissement sur les fixations de la toiture Kalzip® (rapport 87 0080 du 5 mai 1987 de l'Institut d'essais pour l'acier, le bois, la pierre de l'Université de Karlsruhe).
- Enquête relative à l'étude de la corrosion de l'alliage d'aluminium 3004 plaqué AlZn1 après plus de 20 années d'exposition réelle (rapport d'enquête 1.4/11416 N1 du BAM de Berlin, section corrosion et protection contre la corrosion du 26 avril 1993)
- Essais de flexion statique et dynamique sur bacs Kalzip® 333 standard et Kalzip® 333 type AF, selon la norme NF P 34-504 (juillet à Octobre 1997).
- Essais de flexion statique et dynamique sur bacs Kalzip® cintrés convexes 65/305, 65/333, 65/400, selon la norme NF P 34-504 (Février à Juin 2001). Rayons à 60, 40, 20, 10 et 6 m.
- Essais sur le comportement et mesures de dilatations sur frottements cumulés de pattes sur Kalzip® cintré 65/400 de longueur 50 m, rayon de 120 m sur maquette Ech. 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 10m.
- 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 Ech. 1. Cycle de chauffage avec ΔT° de 50 °C .
- Essai d'arrachement de la patte coulissante de faitage – 31-03-2009 et 06-04-2009 – Origine Kalzip GmbH Koblenz
- Essai mécaniques de résistance des pattes support de chemins de circulation – 4 juillet 2001 – Rapport n°00116A – Université de Karlsruhe et Kalzip GmbH
- Essais sur le comportement à la corrosion de l'alliage ENAW-6025 – Essais internes Corus 23 avril 2002 – Essais laboratoire ALERIS – 14-08-2008
- Essais dynamiques pour résistance des lignes de vie – Origine DMT – 10-06-2002

C. Références

Les premières applications du système Kalzip® remontent à 1967.

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

La surface totale réalisée dépasse 85 millions de mètres carrés. La surface annuelle posée en France est supérieure à 200 000 m². Le système Concave-Convexe a fait l'objet de plus de 120 000 m².

La première utilisation de l'alliage EN AW-6025 remonte à l'année 1995. Aujourd'hui, son utilisation représente environ 1500 tonnes par an.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 – Caractéristiques mécaniques des alliages d'aluminium

Contrainte de rupture en traction	Minimum 220 N/mm ²		
Limite d'élasticité à 0,2%	Minimum 185 N/mm ²		
Allongement à la rupture selon NF EN 545 à partir d'une éprouvette en tôle plane 12,5x50 mm	Epaisseur métal		
	0,9 mm	1,0 mm	1,2 mm
	3,8 %	4,0 %	4,0 %

Tableau 2 – Exposition atmosphérique extérieure

Exposition atmosphérique extérieure (1)				
Rurale non polluée	Industrielle ou urbaine		Marine	Mixte ou particulière
	Normale	Sévère		
■	■	□	■	□
(1) Par référence aux expositions atmosphériques définies par l'annexe B.1 du D.T.U. 40.36				
■ Matériaux adaptés à l'exposition				
□ Matériaux dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.				

Tableau 3 – Longueurs, assemblages et pénétrations des bacs Kalzip® en fonction des pentes de couvertures (§ 1.1)

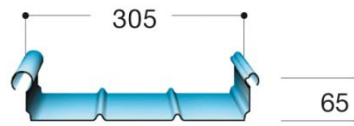
	3 ≤ P ≤ 5% *	5 < P ≤ 10 %	10 < P ≤ 20 %	P > 20 %
Longueur des bacs Kalzip®	100 m (50 m maximum du point fixe)			
Jonctions transversales par soudures	Oui	Oui	Oui	Oui
Pénétration : assemblage par soudure	Oui	Oui	Oui	Oui
Jonctions transversales par rivets étanches + triple complément d'étanchéité	Non	Oui	Oui	Oui
Pénétration : assemblage par rivets étanches + triple complément d'étanchéité	Non	Oui	Oui	Oui
Closoir mousse égout nécessaire	Oui	Oui	Non	Non
Compribandage égout nécessaire	Oui	Oui	Oui	Non
Closoir mousse faitage	Oui	Oui	Non	Non
* : § 4.2 du Dossier Technique à respecter				

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

	Epaisseur en [mm]	Cintrage convexe			Cintrage concave	
		Rayon naturel	Cintrage mécanique lisse	Cintrage par croquage	Rayon naturel	Cintrage mécanique lisse
65/305	0,9	40	5	0,45	45	14
65/333	1,0	48	1,5		50	10
65/400	1,2	55	1,5		60	10
AF 65/333	0,9	40*	8		45*	14*
AF 65/537	1,0	48*	3,5		50*	10*
	1,2	55*	3		60*	7*

*) Dans le cas de cintrage naturel des profils AF, un risque de pochage de la plage plane n'est pas à exclure. La mise en place d'un isolant haute densité (densité > 50 kg/m³) permet d'éviter ce pochage.

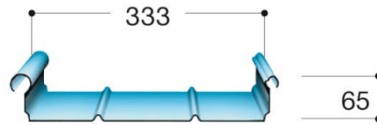
Tableau 5 - Kalzip 65/305 - Charges réparties normales admissibles en [kN/m²] (pression et dépression) selon les règles NV 65 modifiées en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis



Portée R ≥ 100m	Portée R ≤ 75m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,75	0,60	2	Pression	7,46	9,12	9,90
				Dépression	8,59	10,77	12,66
			3	Pression	3,94	3,94	3,93
				Dépression	4,38	5,08	5,08
			≥ 4	Pression	4,32	4,31	4,31
				Dépression	4,79	5,55	5,56
1,25	0,94	0,75	2	Pression	4,77	5,83	6,88
				Dépression	5,51	6,90	8,18
			3	Pression	3,15	3,15	3,14
				Dépression	3,51	4,07	4,07
			≥ 4	Pression	3,45	3,44	3,44
				Dépression	3,83	4,45	4,45
1,50	1,13	0,90	2	Pression	3,30	4,04	4,77
				Dépression	3,83	4,80	5,69
			3	Pression	2,62	2,62	2,61
				Dépression	2,90	3,39	3,40
			≥ 4	Pression	2,87	2,86	2,86
				Dépression	3,20	3,71	3,71
1,75	1,31	1,05	2	Pression	2,42	2,96	3,49
				Dépression	2,82	3,53	4,19
			3	Pression	2,24	2,24	2,23
				Dépression	2,20	2,82	2,92
			≥ 4	Pression	2,45	2,45	2,44
				Dépression	2,54	3,18	3,19
2,00	1,50	1,20	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	2,20	2,56
			≥ 4	Pression	2,14	2,14	2,13
				Dépression	1,99	2,55	2,79
2,25	1,69	1,35	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	1,77	2,28
			≥ 4	Pression	1,90	1,90	1,89
				Dépression	1,61	2,05	2,49
2,50	1,88	1,50	2	Pression	1,10	1,22	1,47
				Dépression	1,39	1,74	2,07
			3	Pression	1,42	1,56	1,55
				Dépression	1,15	1,46	1,87
			≥ 4	Pression	1,67	1,70	1,70
				Dépression	1,33	1,68	2,17
2,75	2,06	1,65	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	1,55
			≥ 4	Pression	1,37	1,55	1,54
				Dépression	1,11	1,41	1,80
3,00	2,25	1,80	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	1,32
			≥ 4	Pression	1,15	1,35	1,41
				Dépression	0,93	1,20	1,53
3,25	2,44	1,95	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	1,31
3,50	2,63	2,10	2	Pression			0,51
				Dépression			1,07
			3	Pression	0,71	0,84	1,01
				Dépression	0,60	0,77	0,98
			≥ 4	Pression	0,76	0,85	1,02
				Dépression	0,69	0,90	1,14

Note : le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

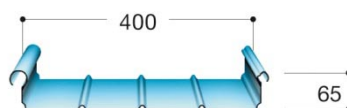
Tableau 6 - Kalzip 65/333 - Charges réparties normales admissibles en [kN/m²] (pression et dépression) selon les règles NV 65 modifiées en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis



Portée R ≥ 100m	Portée R ≤ 75m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,75	0,60	2	Pression	7,02	8,61	9,06
				Dépression	8,11	10,18	11,60
			3	Pression	3,61	3,61	3,60
				Dépression	4,12	4,65	4,66
			≥ 4	Pression	3,95	3,95	3,94
				Dépression	4,50	5,08	5,09
1,25	0,94	0,75	2	Pression	4,48	5,50	6,48
				Dépression	5,20	6,52	7,71
			3	Pression	2,88	2,88	2,87
				Dépression	3,30	3,73	3,73
			≥ 4	Pression	3,16	3,15	3,15
				Dépression	3,61	4,07	4,08
1,50	1,13	0,90	2	Pression	3,10	3,81	4,49
				Dépression	3,62	4,54	5,36
			3	Pression	2,40	2,39	2,39
				Dépression	2,75	3,11	3,11
			≥ 4	Pression	2,63	2,62	2,62
				Dépression	3,01	3,40	3,40
1,75	1,31	1,05	2	Pression	2,27	2,79	3,29
				Dépression	2,66	3,34	3,95
			3	Pression	2,05	2,05	2,04
				Dépression	2,11	2,67	2,67
			≥ 4	Pression	2,25	2,24	2,24
				Dépression	2,43	2,92	2,92
2,00	1,50	1,20	2	Pression	1,73	2,13	2,51
				Dépression	2,04	2,56	3,03
			3	Pression	1,79	1,79	1,78
				Dépression	1,65	2,11	2,34
			≥ 4	Pression	1,96	1,96	1,95
				Dépression	1,91	2,44	2,56
2,25	1,69	1,35	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	1,70	2,09
			≥ 4	Pression	1,74	1,74	1,73
				Dépression	1,54	1,96	2,28
2,50	1,88	1,50	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	1,39	1,78
			≥ 4	Pression	1,56	1,56	1,55
				Dépression	1,27	1,61	2,05
2,75	2,06	1,65	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	1,49
			≥ 4	Pression	1,31	1,41	1,41
				Dépression	1,06	1,35	1,73
3,00	2,25	1,80	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	1,26
			≥ 4	Pression	1,10	1,28	1,29
				Dépression	0,89	1,15	1,46
3,25	2,44	1,95	2	Pression		0,50	0,60
				Dépression		0,99	1,17
			3	Pression	0,79	0,93	1,08
				Dépression	0,66	0,85	1,08
			≥ 4	Pression	0,90	1,00	1,19
				Dépression	0,77	0,99	1,25
3,50	2,63	2,10	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression	0,68	0,80	0,97
				Dépression	0,57	0,74	0,94
			≥ 4	Pression	0,71	0,79	0,95
				Dépression	0,66	0,86	1,09

Note : le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

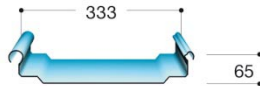
Tableau 7 - Kalzip 65/400 - Charges réparties normales admissibles en [kN/m²] (pression et dépression) selon les règles NV 65 modifiées en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis



Portée R ≥ 100m	Portée R ≤ 75m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	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	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	1,13	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	1,31	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	2,22	2,23
			≥ 4	Pression	1,87	1,86	1,86
				Dépression	2,16	2,43	2,44
2,00	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	1,69	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	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	2,06	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	2,25	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	2,44	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	2,63	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

Note : le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

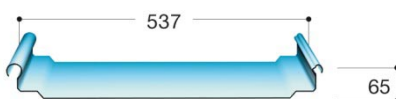
Tableau 8 - Kalzip 65/333 AF - Charges réparties normales admissibles en [kN/m²] (pression et dépression) selon les règles NV 65 modifiées en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis



Portée R ≥ 100m	Portée R ≤ 75m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,75	0,60	2	Pression	8,80	9,07	9,07
				Dépression	6,00	7,33	9,18
			3	Pression	3,61	3,61	3,60
				Dépression	3,02	3,50	4,46
			≥ 4	Pression	3,95	3,95	3,94
				Dépression	3,30	3,83	4,87
1,25	0,94	0,75	2	Pression	5,62	6,70	7,25
				Dépression	3,85	4,70	5,89
			3	Pression	2,88	2,88	2,88
				Dépression	2,42	2,81	3,57
			≥ 4	Pression	3,16	3,15	3,15
				Dépression	2,64	3,07	3,90
1,50	1,13	0,90	2	Pression	3,89	4,65	5,62
				Dépression	2,68	3,27	4,10
			3	Pression	2,40	2,40	2,39
				Dépression	2,02	2,34	2,98
			≥ 4	Pression	2,63	2,62	2,62
				Dépression	2,20	2,56	3,26
1,75	1,31	1,05	2	Pression	2,85	3,40	4,09
				Dépression	1,97	2,41	3,02
			3	Pression	2,05	2,05	2,04
				Dépression	1,69	2,01	2,56
			≥ 4	Pression	2,25	2,24	2,24
				Dépression	1,89	2,20	2,80
2,00	1,50	1,20	2	Pression	2,05	2,27	2,73
				Dépression	1,52	1,85	2,32
			3	Pression	1,70	1,79	1,78
				Dépression	1,34	1,64	2,24
			≥ 4	Pression	1,96	1,96	1,95
				Dépression	1,54	1,88	2,45
2,25	1,69	1,35	2	Pression	1,43	1,59	1,90
				Dépression	1,20	1,47	1,84
			3	Pression	1,37	1,48	1,58
				Dépression	1,09	1,34	1,84
			≥ 4	Pression	1,59	1,70	1,73
				Dépression	1,26	1,54	2,11
2,50	1,88	1,50	2	Pression	1,03	1,15	1,38
				Dépression	0,98	1,19	1,49
			3	Pression	1,11	1,23	1,38
				Dépression	0,90	1,09	1,53
			≥ 4	Pression	1,30	1,42	1,56
				Dépression	1,05	1,27	1,76
2,75	2,06	1,65	2	Pression	0,77	0,85	1,02
				Dépression	0,81	0,99	1,24
			3	Pression	0,91	1,04	1,17
				Dépression	0,75	0,90	1,30
			≥ 4	Pression	1,07	1,20	1,34
				Dépression	0,87	1,05	1,49
3,00	2,25	1,80	2	Pression	0,58	0,65	0,78
				Dépression	0,69	0,84	1,05
			3	Pression	0,76	0,89	1,00
				Dépression	0,63	0,76	1,12
			≥ 4	Pression	0,90	1,02	1,15
				Dépression	0,74	0,89	1,28
3,25	2,44	1,95	2	Pression		0,50	0,60
				Dépression		0,72	0,89
			3	Pression	0,65	0,76	0,86
				Dépression	0,54	0,65	0,97
			≥ 4	Pression	0,76	0,89	1,00
				Dépression	0,63	0,76	1,11
3,50	2,63	2,10	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression		0,65	0,75
				Dépression		0,57	0,85
			≥ 4	Pression	0,65	0,77	0,87
				Dépression	0,55	0,66	0,98

Note : le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

Tableau 9 - Kalzip 65/537 AF - Charges réparties normales admissibles en [kN/m²] (pression et dépression selon les règles NV 65 modifiées en fonction des portées, du rayon et du nombre d'appuis



Portée R ≥ 100m	Portée R ≤ 75m	Cintrage Croquage	Nombre d'appuis	Sollicitations	Epaisseur des bacs en [mm]		
					0,9	1,0	1,2
1,00	0,75	0,60	2	Pression	5,44	5,62	5,61
				Dépression	3,75	4,56	5,71
			3	Pression	2,23	2,23	2,22
				Dépression	1,88	2,18	2,78
			≥ 4	Pression	2,44	2,44	2,44
				Dépression	2,05	2,38	3,04
1,25	0,94	0,75	2	Pression	3,47	4,15	4,48
				Dépression	2,41	2,93	3,66
			3	Pression	1,78	1,78	1,77
				Dépression	1,50	1,75	2,23
			≥ 4	Pression	1,95	1,95	1,94
				Dépression	1,64	1,91	2,43
1,50	1,13	0,90	2	Pression	2,40	2,88	3,48
				Dépression	1,68	2,04	2,55
			3	Pression	1,48	1,48	1,47
				Dépression	1,26	1,46	1,86
			≥ 4	Pression	1,62	1,62	1,61
				Dépression	1,37	1,59	2,03
1,75	1,31	1,05	2	Pression	1,76	2,11	2,55
				Dépression	1,24	1,50	1,88
			3	Pression	1,27	1,26	1,26
				Dépression	1,05	1,25	1,60
			≥ 4	Pression	1,39	1,38	1,38
				Dépression	1,18	1,37	1,75
2,00	1,50	1,20	2	Pression	1,34	1,61	1,94
				Dépression	0,95	1,16	1,45
			3	Pression	1,10	1,10	1,10
				Dépression	0,84	1,02	1,40
			≥ 4	Pression	1,21	1,21	1,20
				Dépression	0,96	1,17	1,53
2,25	1,69	1,35	2	Pression	1,03	1,15	1,38
				Dépression	0,76	0,92	1,15
			3	Pression	0,92	0,98	0,97
				Dépression	0,68	0,84	1,15
			≥ 4	Pression	1,06	1,07	1,06
				Dépression	0,79	0,96	1,32
2,50	1,88	1,50	2	Pression	0,74	0,83	0,99
				Dépression	0,62	0,75	0,93
			3	Pression	0,76	0,82	0,87
				Dépression	0,57	0,68	0,96
			≥ 4	Pression	0,88	0,94	0,95
				Dépression	0,65	0,79	1,10
2,75	2,06	1,65	2	Pression	0,55	0,61	0,74
				Dépression	0,51	0,62	0,78
			3	Pression		0,69	0,77
				Dépression		0,57	0,81
			≥ 4	Pression	0,73	0,79	0,86
				Dépression	0,55	0,66	0,93
3,00	2,25	1,80	2	Pression			0,56
				Dépression			0,66
			3	Pression			0,66
				Dépression			0,70
			≥ 4	Pression		0,68	0,76
				Dépression		0,56	0,80
3,25	2,44	1,95	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression			0,57
				Dépression			0,61
			≥ 4	Pression			0,66
				Dépression			0,70
3,50	2,63	2,10	2	Pression			
				Dépression			
			3	Pression			
				Dépression			
			≥ 4	Pression			0,58
				Dépression			0,61

Note : le cintrage naturel est réalisé sur 3 appuis au minimum.

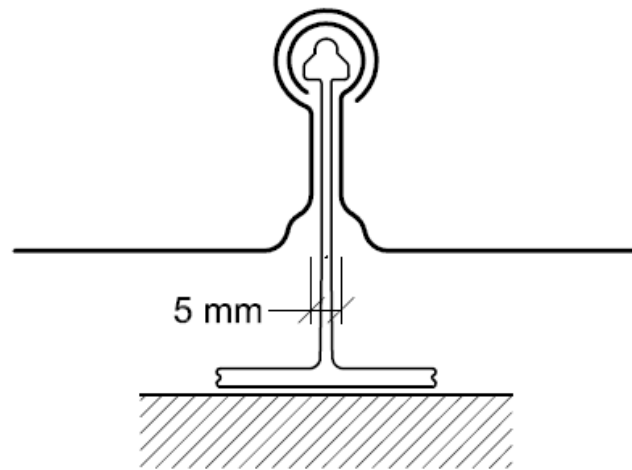
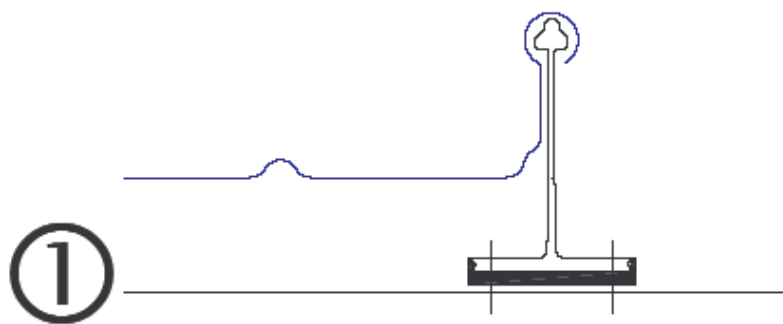
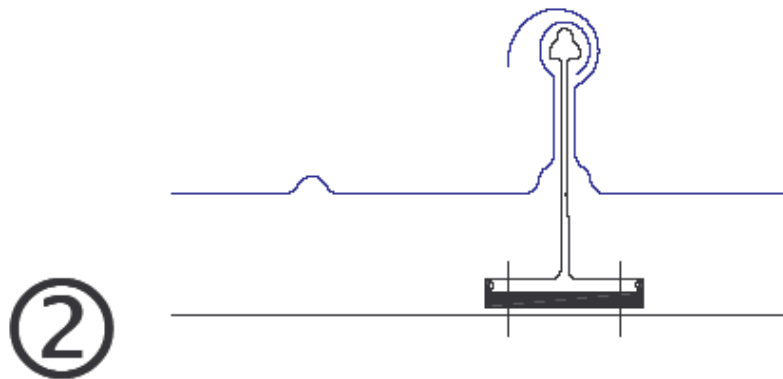


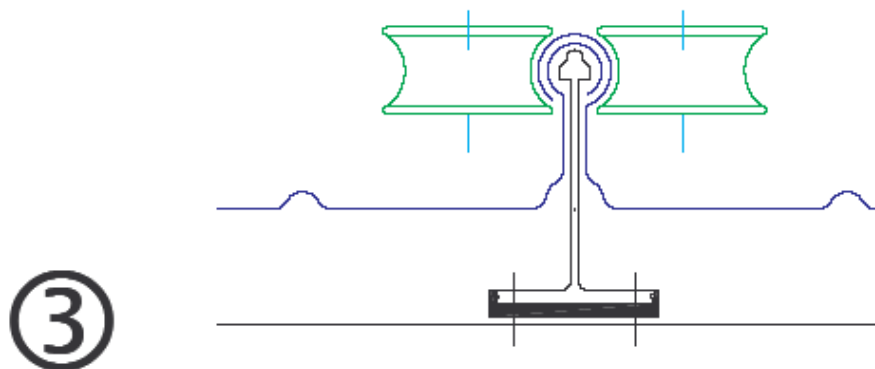
Figure 1 – Les bourrelets du Kalzip



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



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



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

Figure 2 – Principe Kalzip

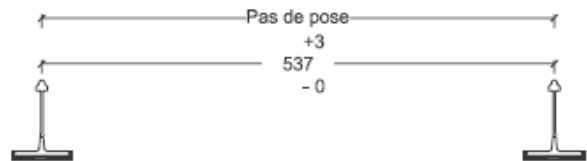
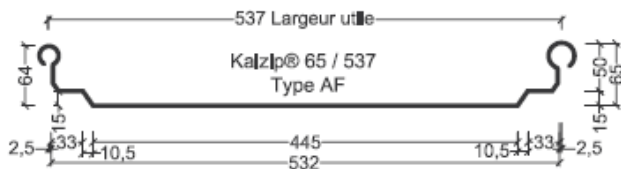
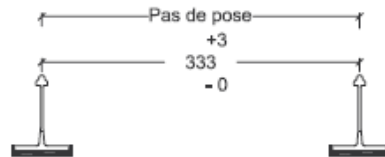
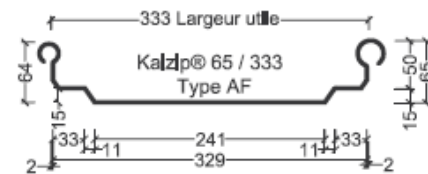
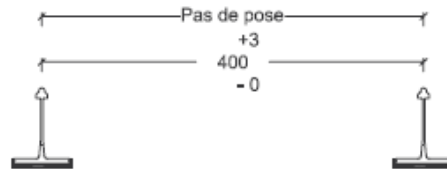
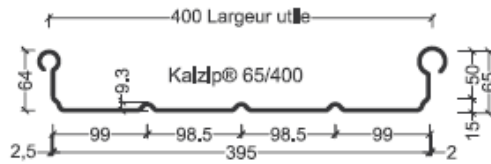
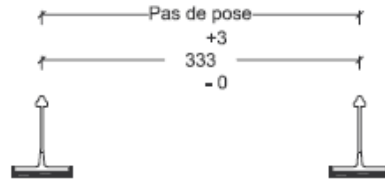
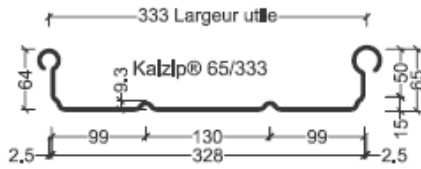
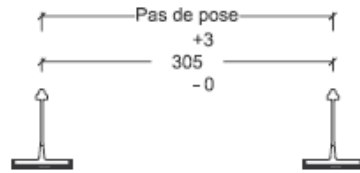
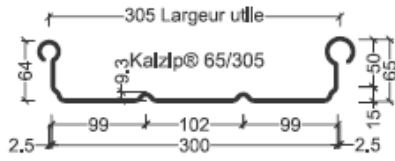
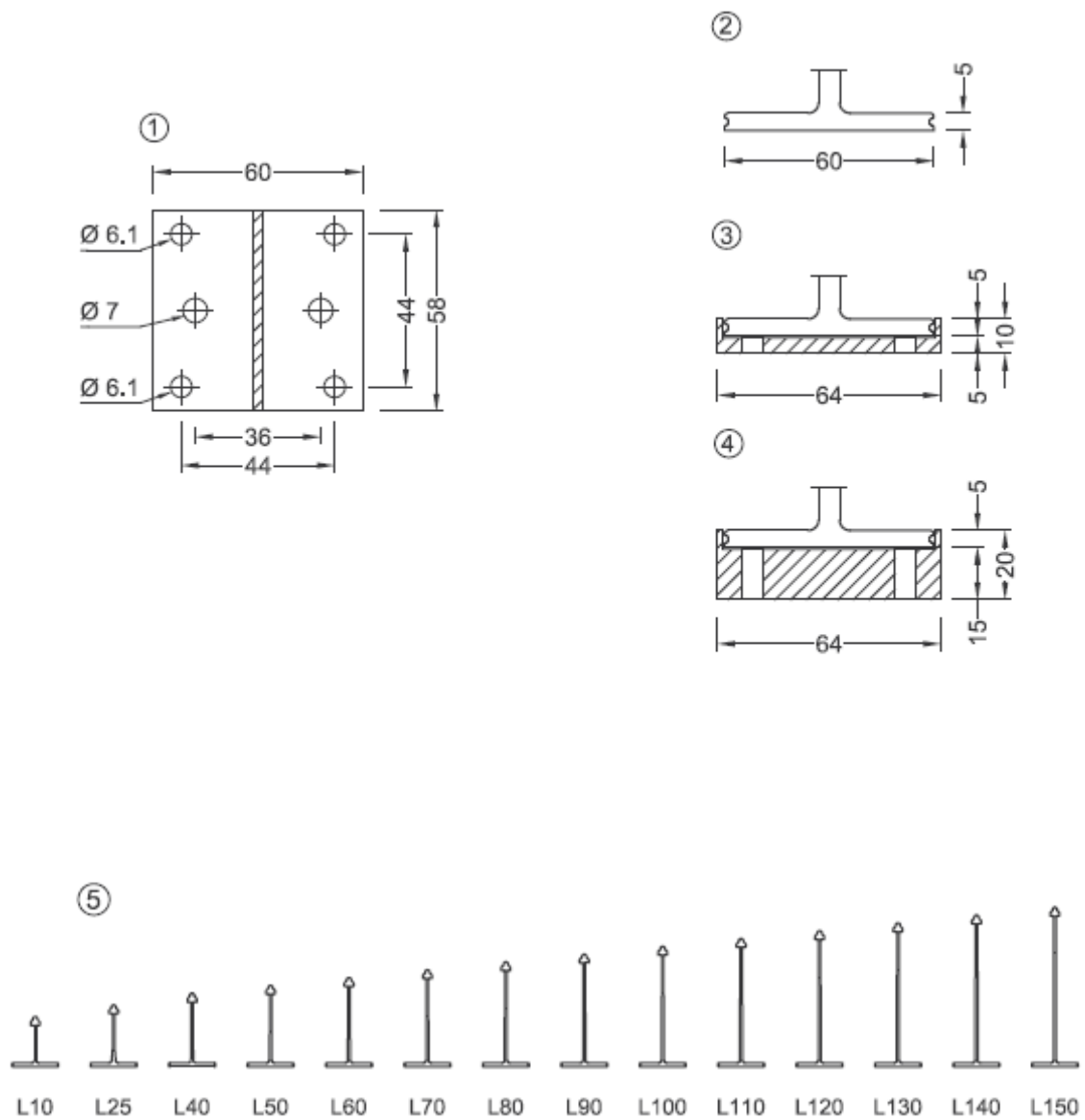


Figure 3 – Profils Kalzip

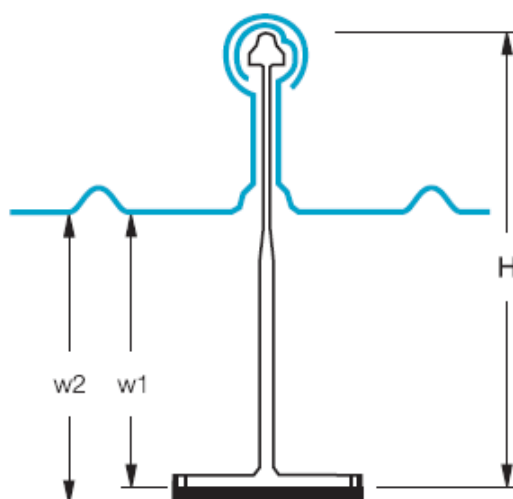


- ① Vue en plan des pattes de fixations
- ② Embase de la patte de fixation
- ③ Embase de la patte de fixation avec sabot isolant TK5
- ④ Embase de la patte de fixation avec sabot isolant TK15
- ⑤ Famille des pattes

Figure 4 – Pattes de fixations Kalzip et les sabots isolants

Type de patte	Hauteur totale H	Distance w1	Distance w2	
			Sabot isolant Tk5	Sabot isolant Tk15
L10	66	5*)	10*)	20*)
L25	81	20	25	35
L40	96	35	40	50
L50	106	45	50	60
L60	116	55	60	70
L70	126	65	70	80
L80	136	75	80	90
L90	146	85	90	100
L100	156	95	100	110
L110	166	105	110	120
L120	176	115	120	130
L130	186	125	130	140
L140	196	135	140	150
L150	206	145	150	160

*) uniquement pour les profils AF



H = hauteur de patte de fixation sans sabot isolant

w1 = distance entre la sous face du bac Kalzip® et celui de la patte de fixation

w2 = distance entre la sous face du bac Kalzip® et celui du sabot isolant

Figure 4 bis - Hauteur des pattes de fixation

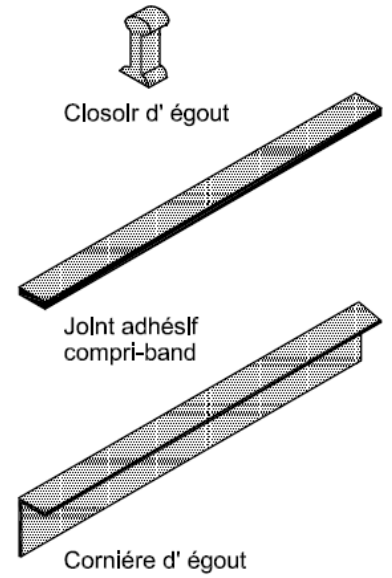
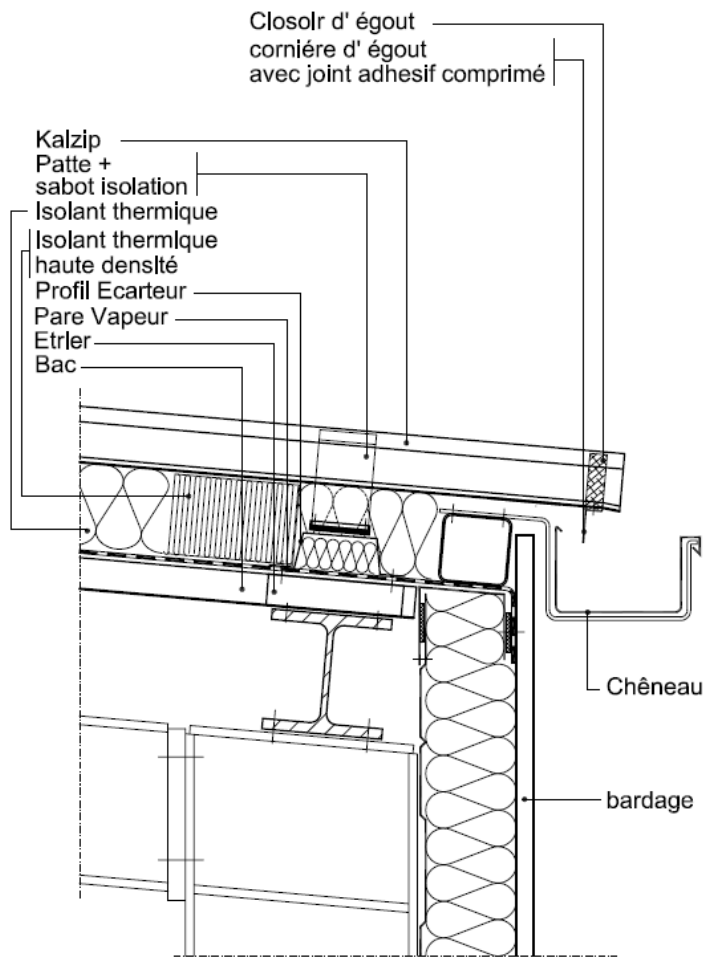


Figure 5 – Détail de l'égout

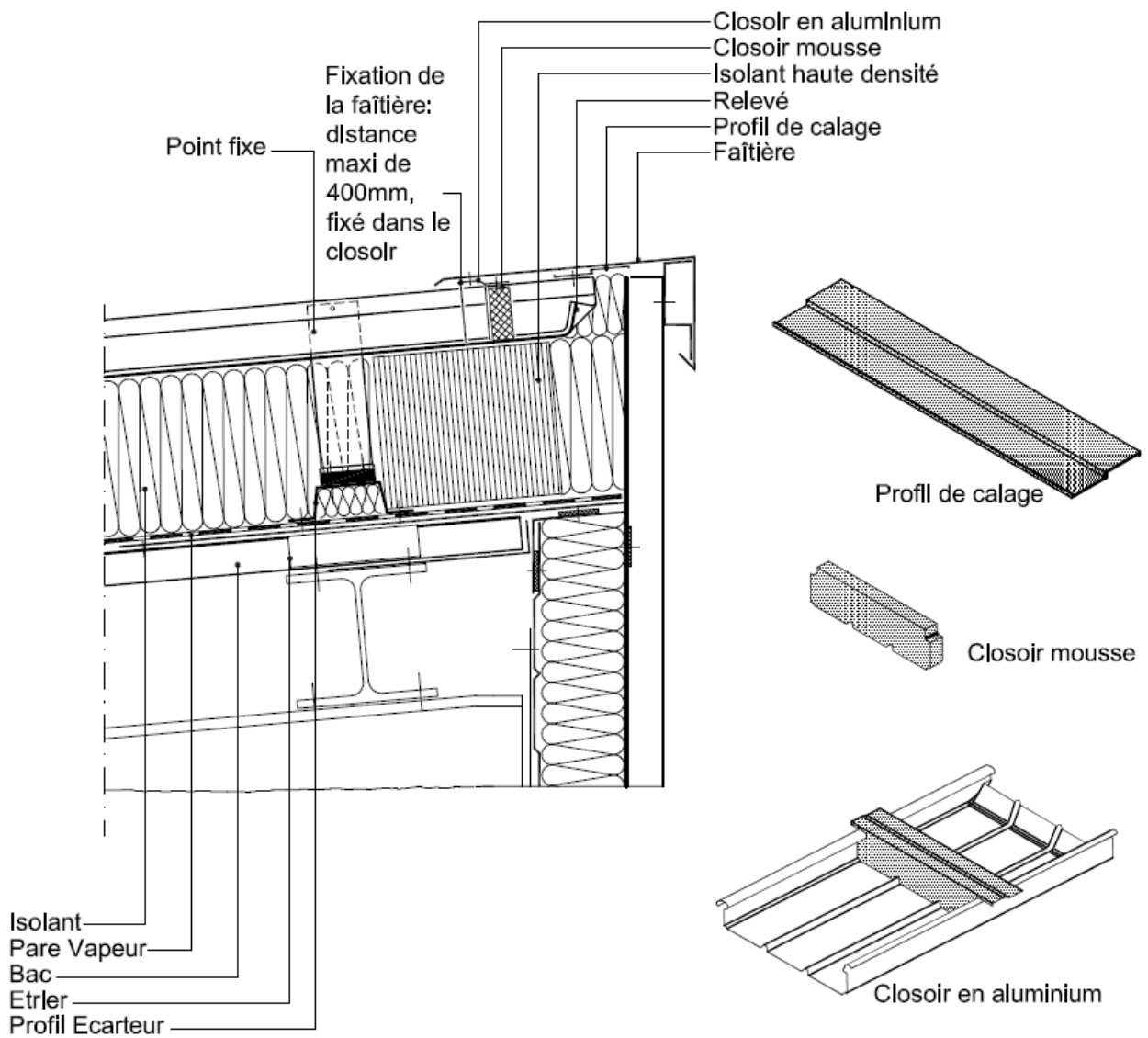


Figure 6 – Détail du faîtage normal

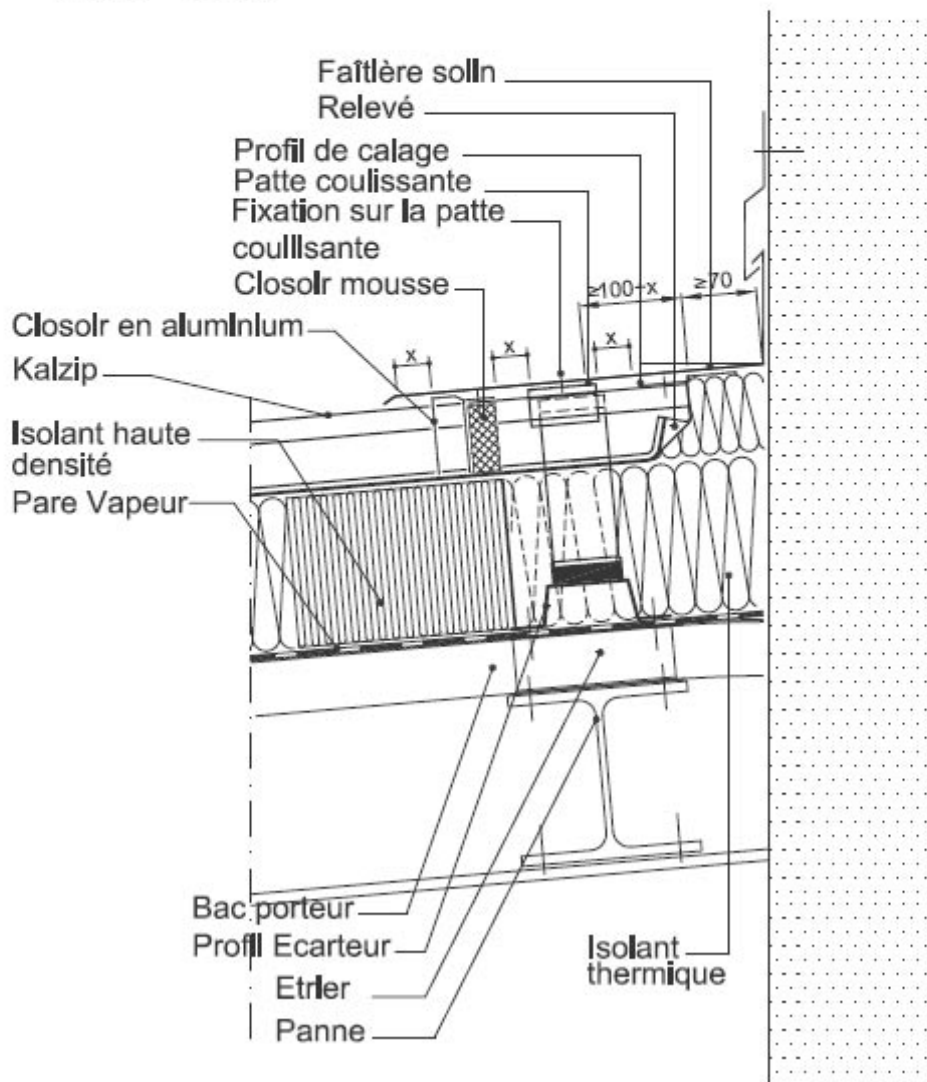
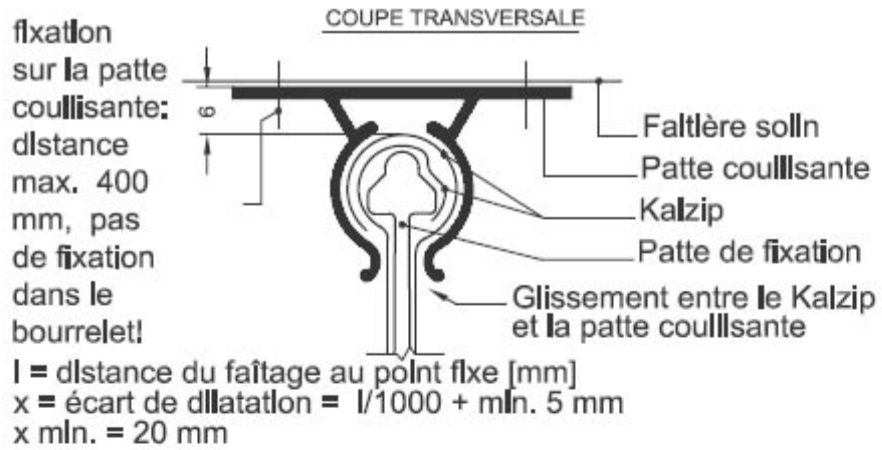
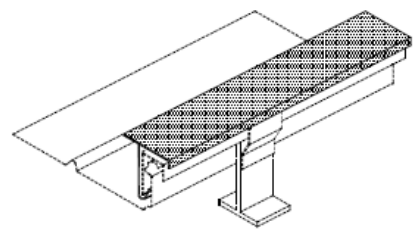
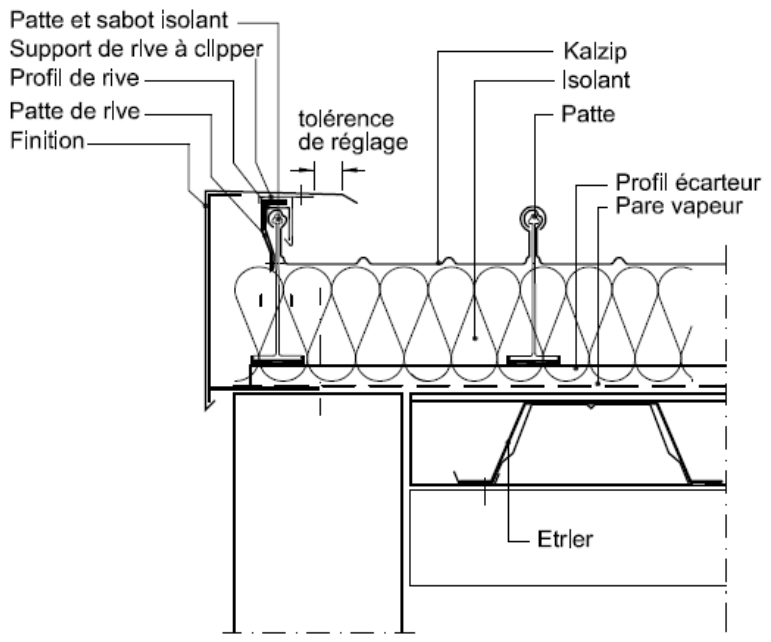
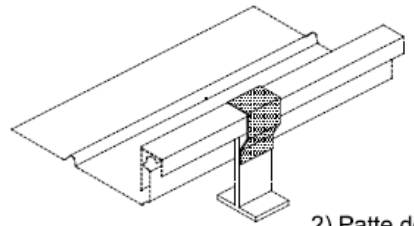


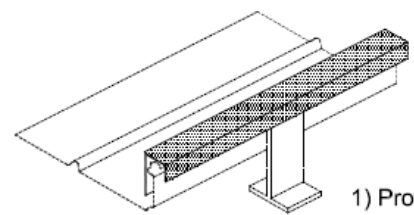
Figure 7 - Détail du faitage coulissant



3) Support de rive à clipper



2) Patte de rive



1) Profil de rive

Figure 8 – Détail de rive

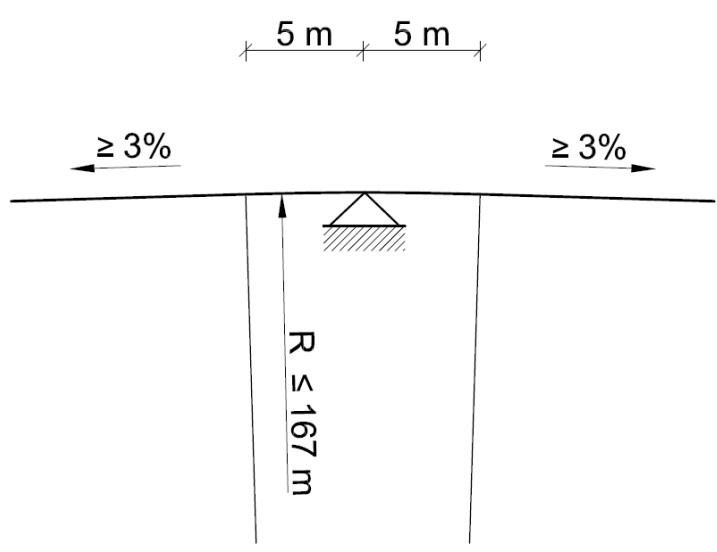


Figure 9 – Rayon maximum au faitage

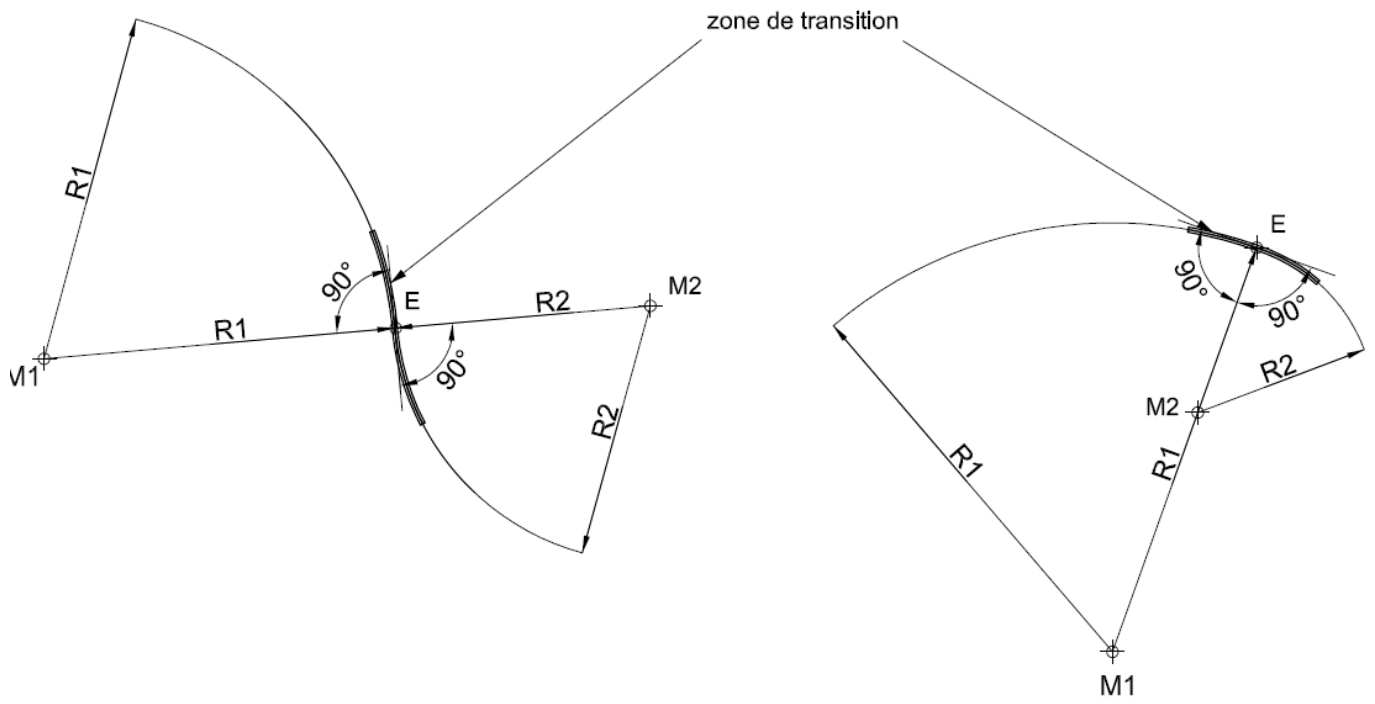
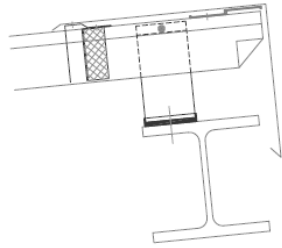


Figure 10 – Exemple de continuité entre les segments

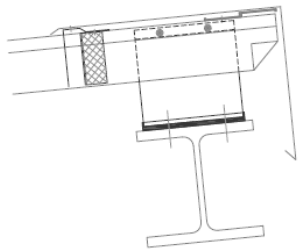
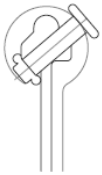
Condition : Dans tous les cas, les points M1 (centre du segment précédent), M2 (centre du segment suivant) et E (point de jonction entre les deux segments) doivent être alignés



Détail du point fixe avec rivet pop

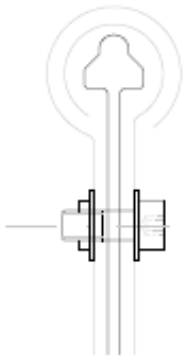
1) De faibles forces dans le point fixe peuvent être transmises par un rivet pop à travers le petit bourrelet dans la tête de la patte. Une patte de longueur simple est suffisante. En tout cas, le point fixe est à vérifier par calcul.

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



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

Une patte de double longueur est nécessaire.



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.

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.

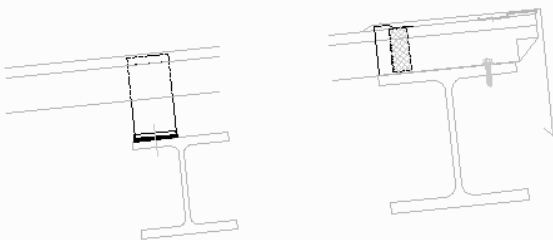


Figure 11 – Point fixe

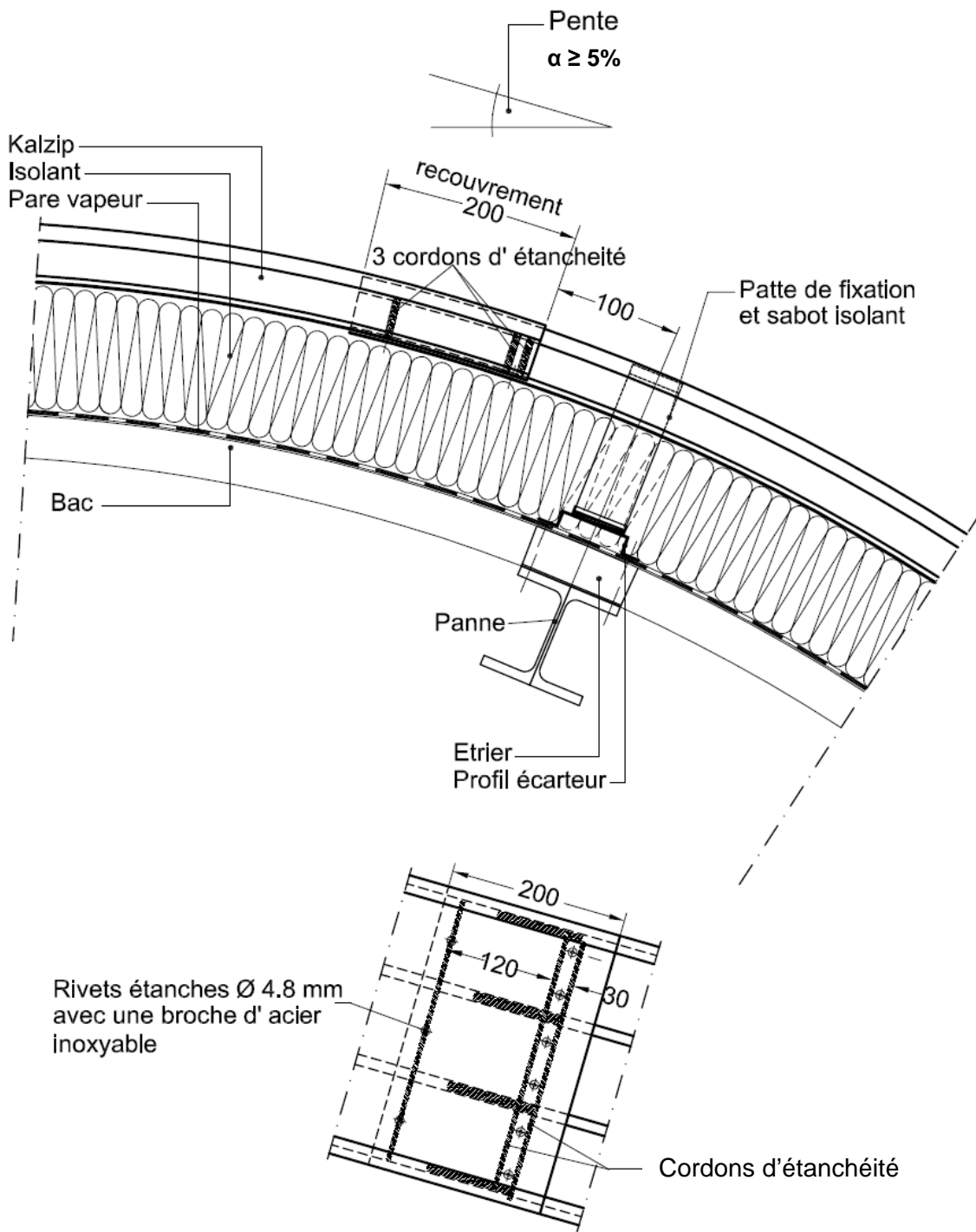


Figure 12 – Détail recouvrement transversal

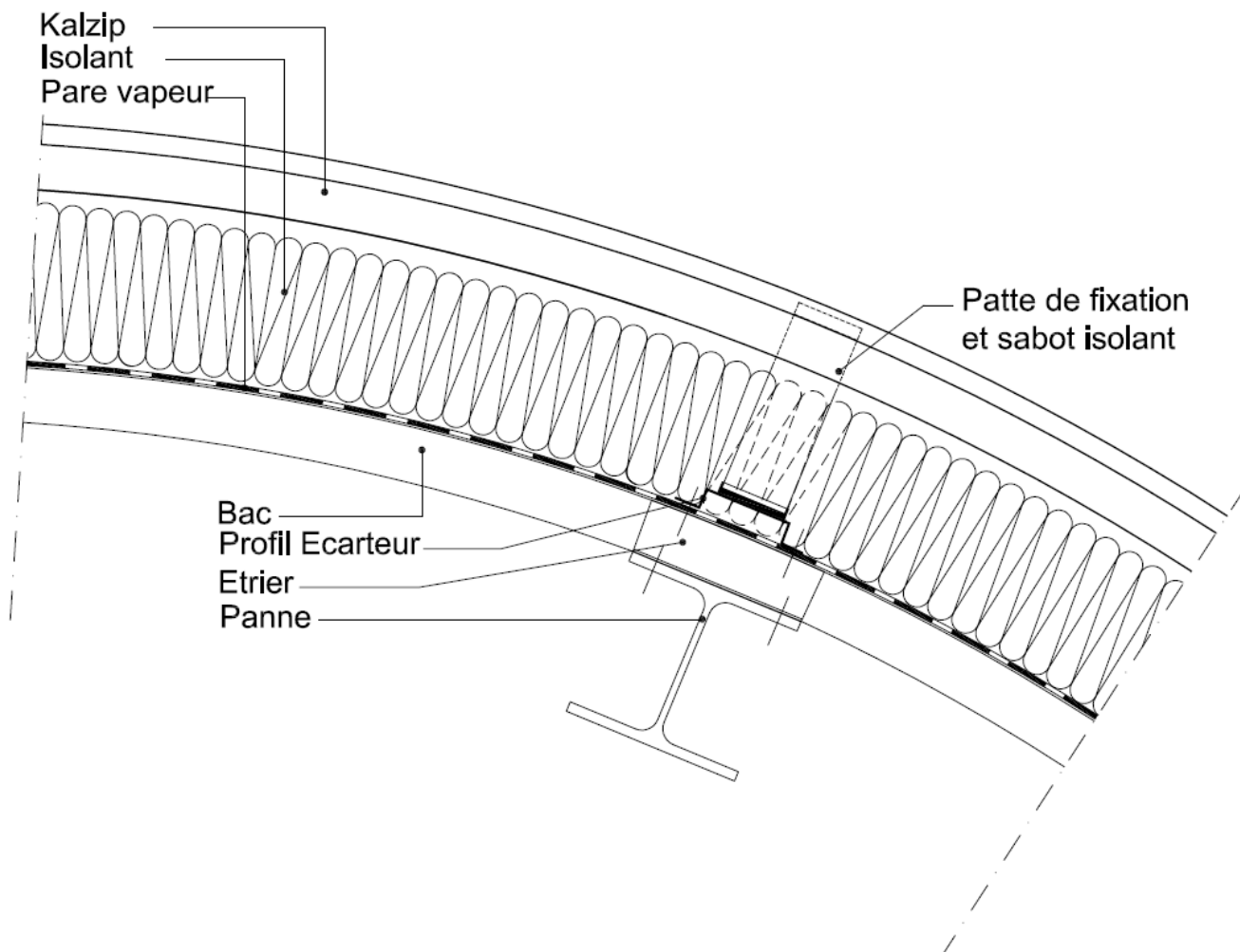


Figure 13 – Toiture chaude

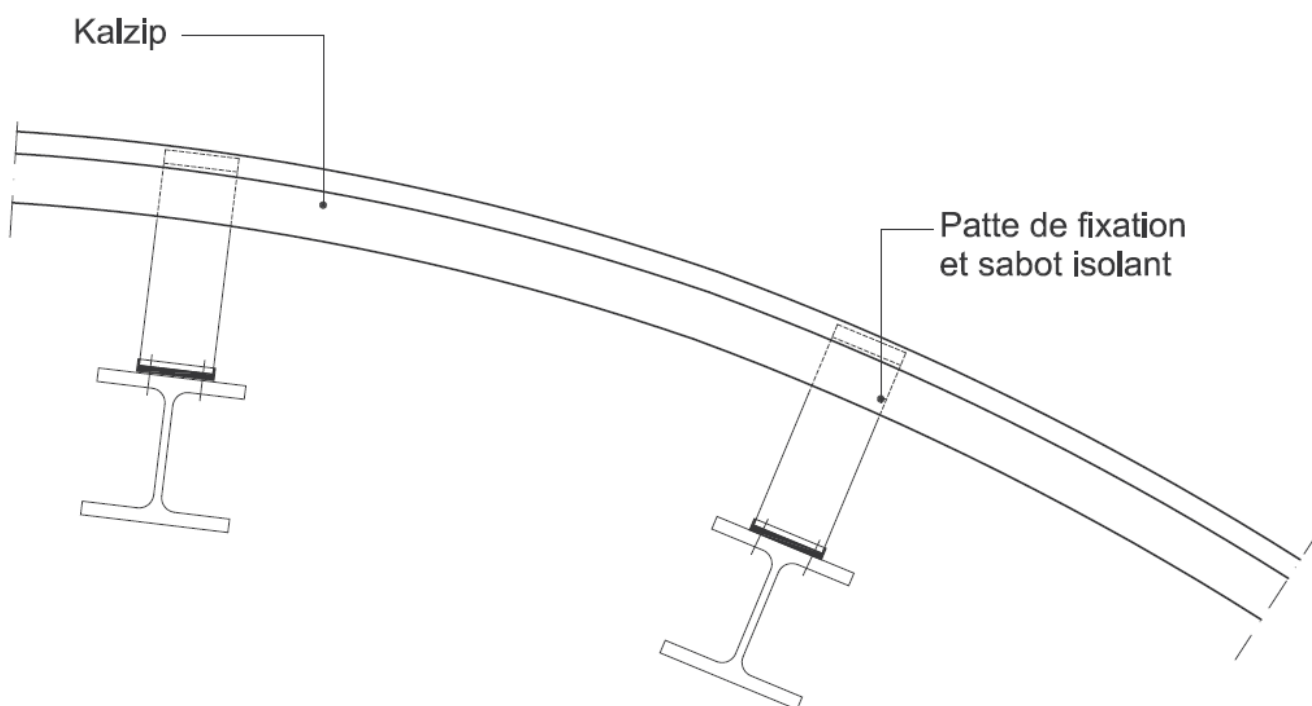


Figure 14 – Toiture froide

a) convexe



b) concave



c) convexe-concave



Figure 15 – Formes de l'enveloppe

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

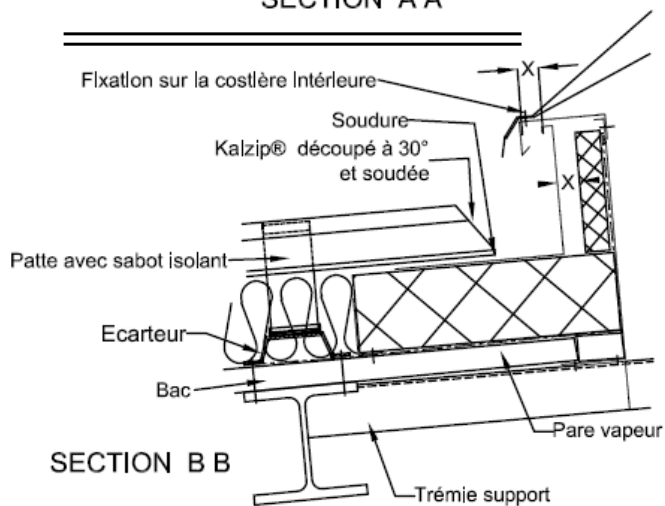
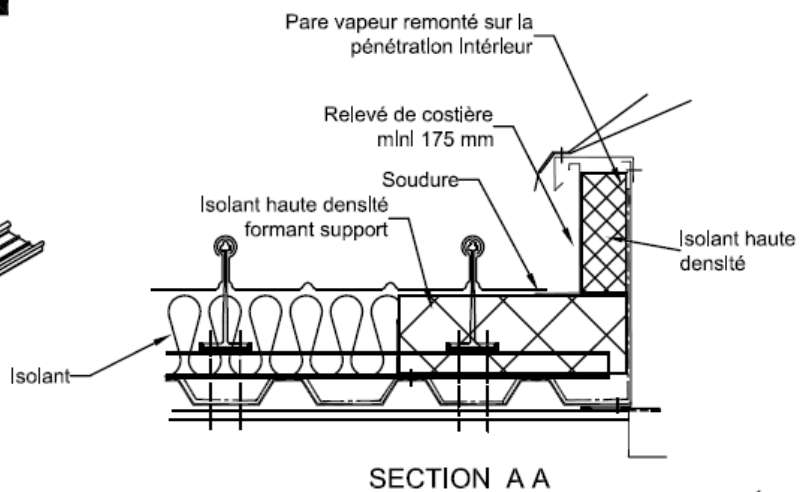
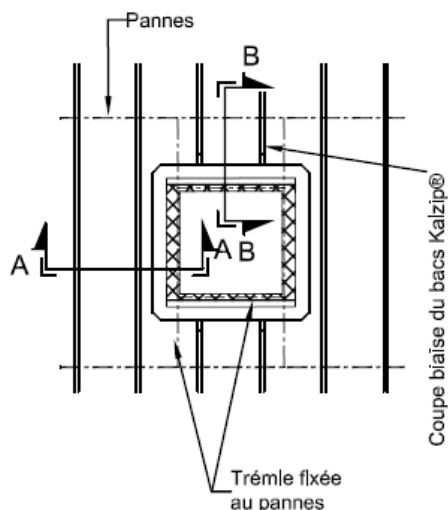
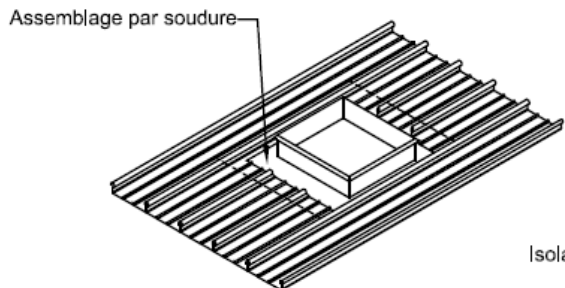


Figure 16 – Pénétration raccordée au Kalzip® par soudure

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

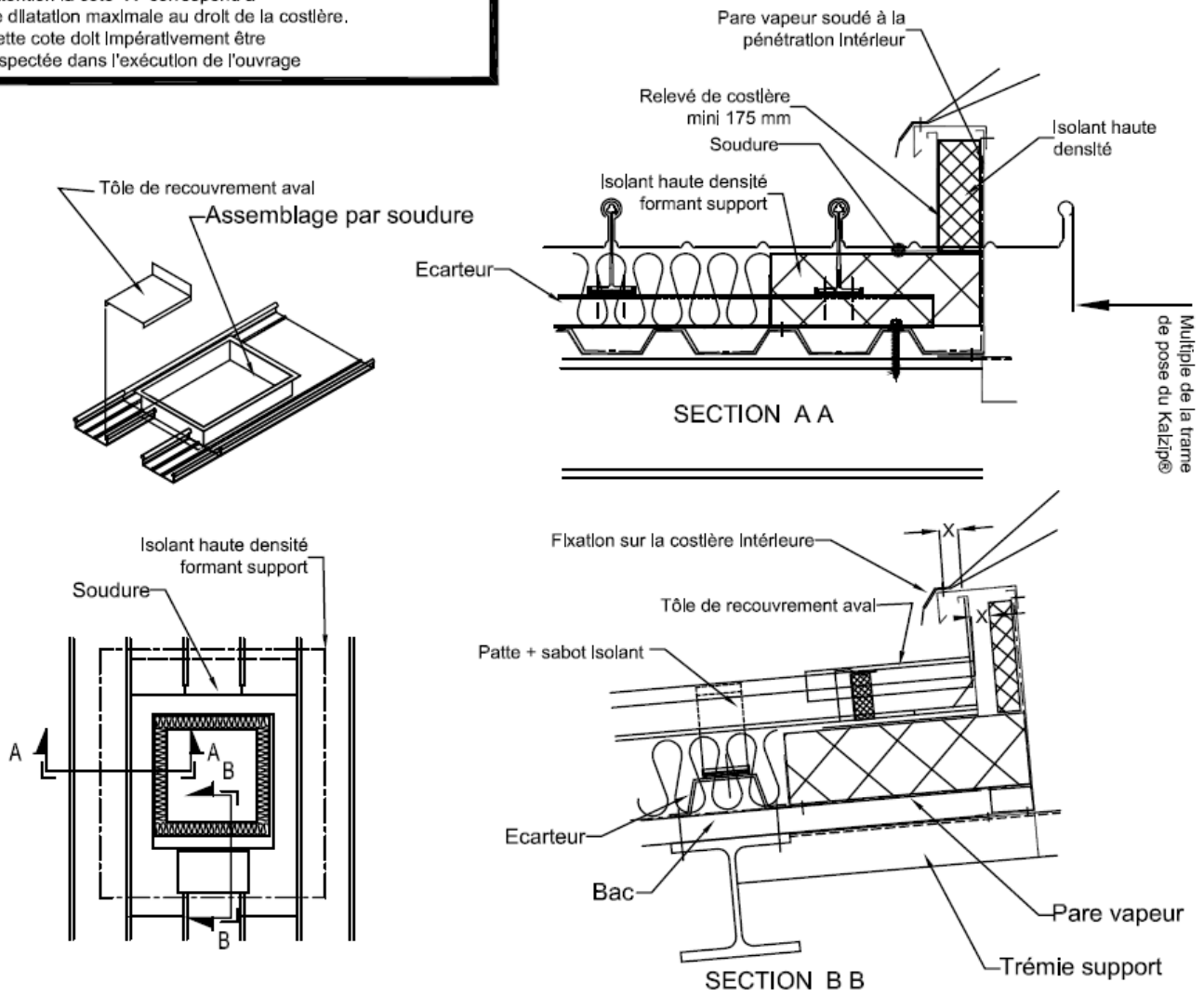
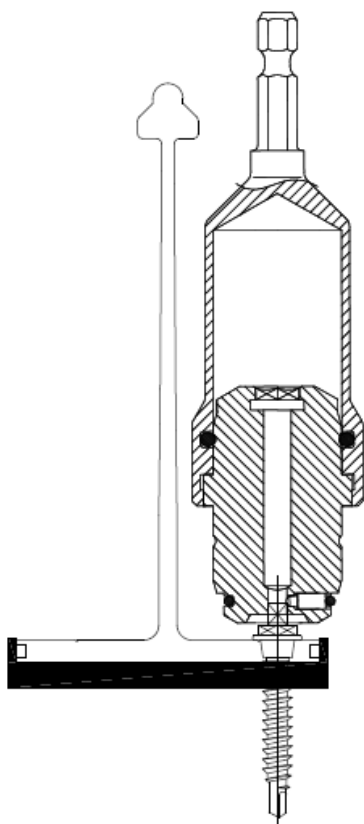
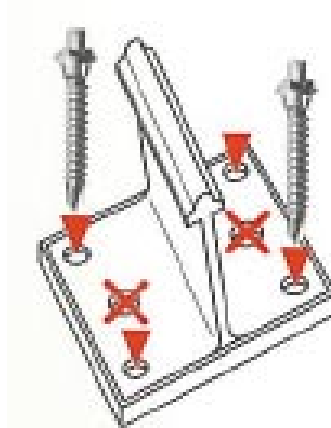


Figure 17 - Pénétration avec recouvrement des bacs Kalzip®

Embout
pour les vis SDK3



Placement des vis
aux angles opposés de la patte de fixation



La rupture du carré d'entraînement
est un moyen de contrôle visuel
d'une bonne mise en œuvre

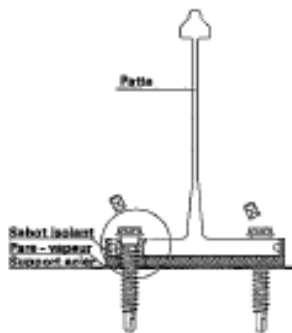


Figure 18 - Embout pour vis SDK3

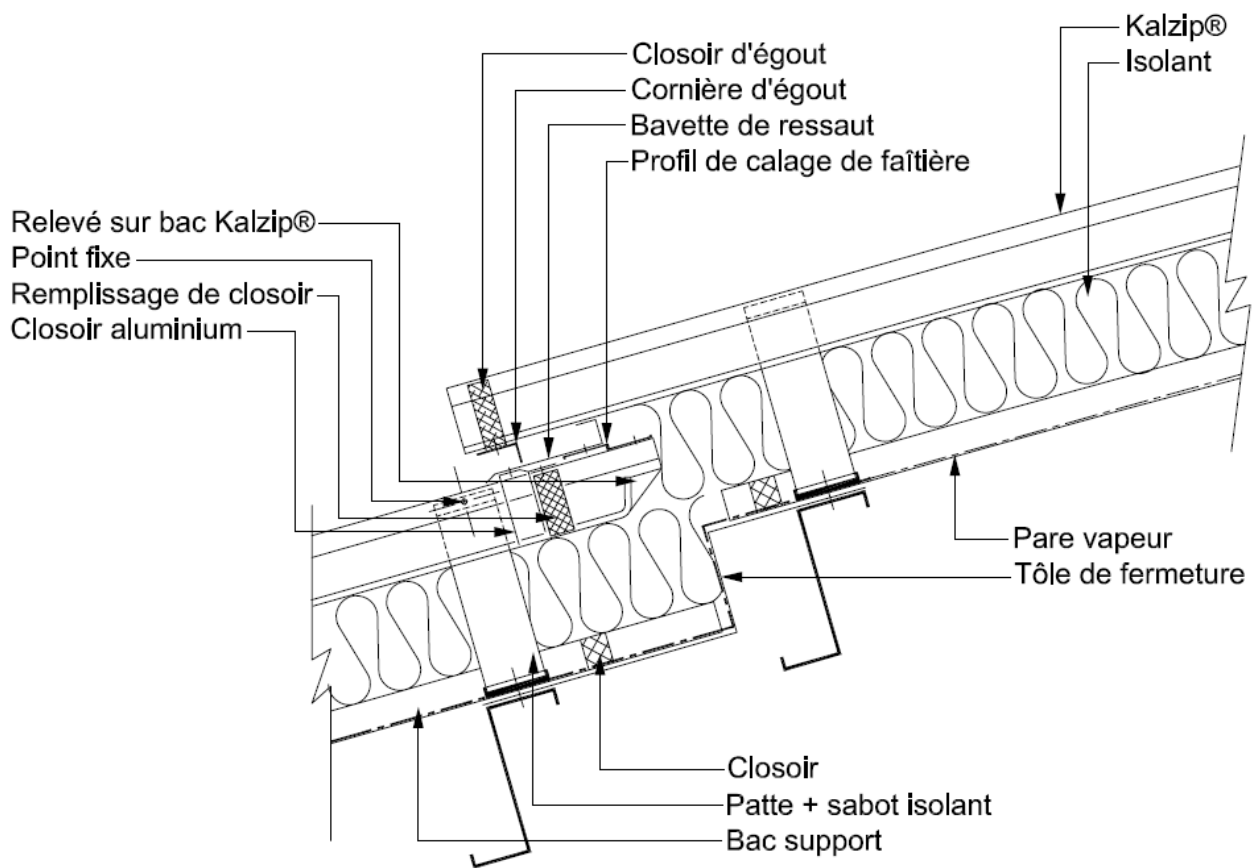


Figure 19 - Ressaut

Annexe 1 - Géométrie de l'enveloppe

1.1 Vérification de la forme générique pour des formes complexes

Les formes complexes ne sont pas toutes possibles.

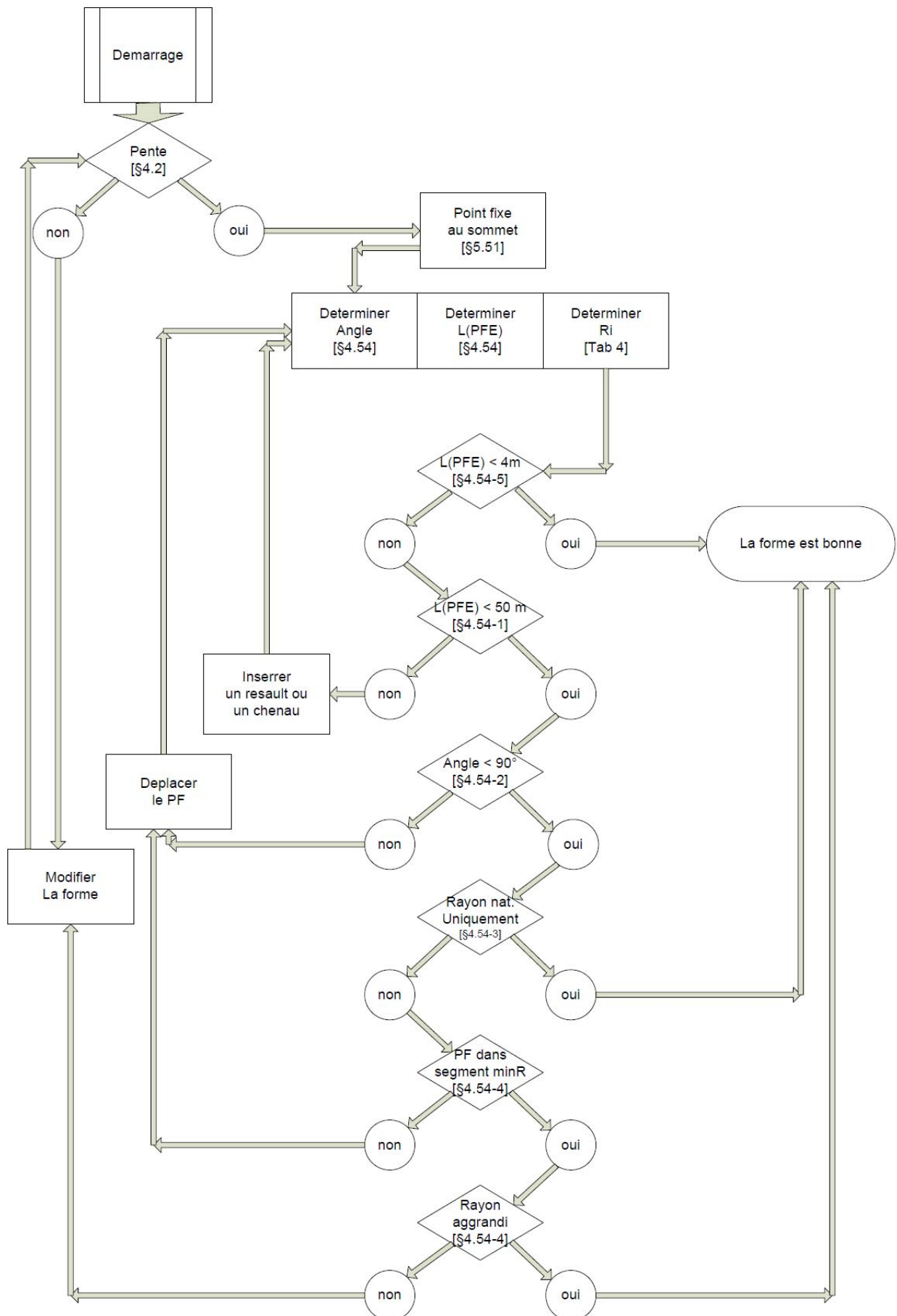
Pour vérifier les possibilités, il faut :

1. Vérifier la pente (cf. chapitre 4.2) dans tous les points.
2. Vérifier que la ligne de la génératrice soit continue et tangentielle (figure 10).
3. Vérifier les différents types de cintrages.
Marquer les différents types de cintrage en fonction des valeurs dans le tableau 4.
Par exemple
 - Repérer les zones de cintrage par croquage avec un « 3 ».
 - Repérer les zones de cintrage mécanique avec un « 2 ».
 - Repérer les zones de cintrage naturel ou droites avec un « 1 ».Deux zones de cintrage par croquage dans un seul versant ne sont pas possible.

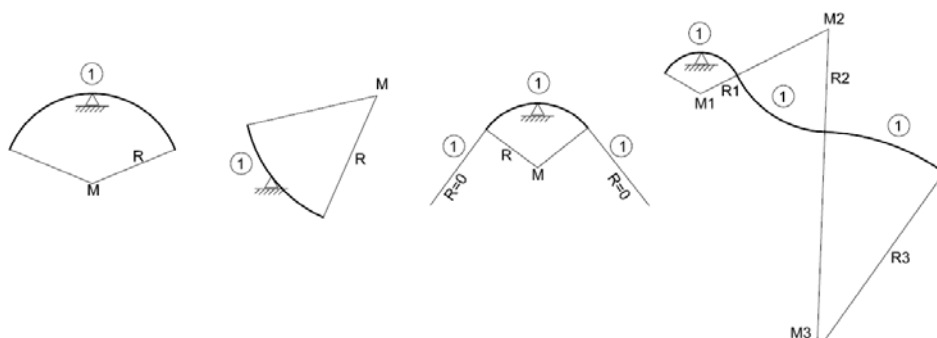
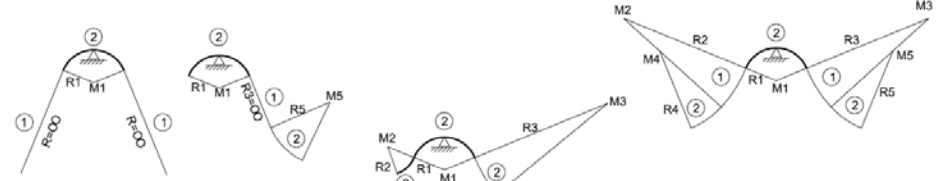
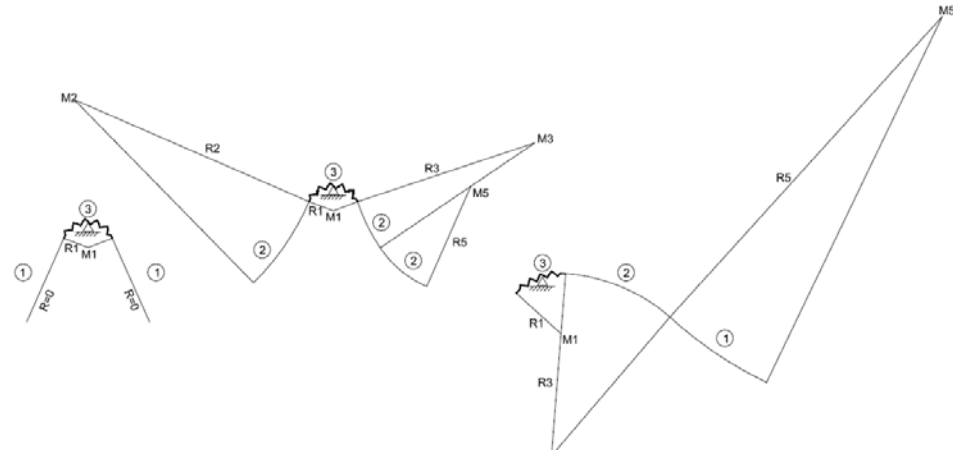
En fonction des chiffres on obtient trois types de lignes de plus grande pente :
type 1 : uniquement des segments droits ou de rayon naturel (chiffre « 1 » uniquement)
type 2 : des segments de rayon cintré mécanique et/ou de type 1 (chiffres « 1 » et « 2 »)
type 3 : un segment de cintrage par croquage et/ou de type 2 (chiffres « 1 » « 2 » et « 3 »)

4. Placer la position du point fixe :
 - Première option :
placer le point fixe au sommet de la voûte.
 - En cas d'une zone de cintrage par croquage :
placer le point fixe dans cette zone
 - Sinon, en cas d'une ou de plusieurs zones de cintrage mécanique :
placer le point fixe dans la zone où le rayon de cintrage est le plus faibleGarder en mémoire, que chaque bac doit recevoir un seul et unique point fixe !
5. Vérifier si la longueur le long du bac entre le point fixe et l'extrémité du bac reste en dessous de 4 m. Si oui, la vérification est terminée.
6. Vérifier que la longueur le long du bac entre le point fixe et l'extrémité du bac ne dépasse pas le 50 mètres et que la longueur totale du bac ne dépasse pas les 100 mètres.
Sinon déplacer le point fixe d'après les données du point 4 ci-dessus
Si le respect des points 1 à 4 n'est pas possible, réaliser une rupture du bac et retourner au point 4 ci-dessus en réalisant un point fixe par bac.
7. Vérifier que la somme des angles au centre des zones cintrées ne dépasse pas les 90°.
Sinon déplacer le point fixe dans les limites de point 4 ci-dessus, et retourner au point 5.
Si le respect des points 1 à 6 n'est pas possible, réaliser une rupture dans le bac et retourner au point 4 ci-dessus.

1.2 Diagramme récapitulatif de conception de l'enveloppe

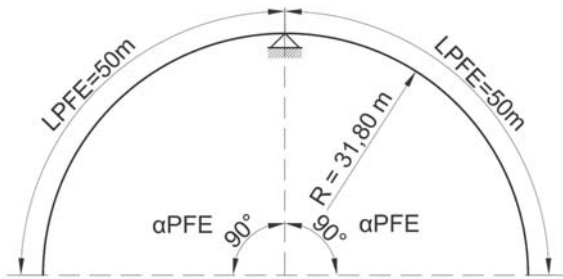


1.3 Types de formes génériques complexes pour l'enveloppe

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

1.4 Vérification de la forme générique complexe

Basé sur les conditions du chapitre 9.1, on va vérifier les différents exemples de couvertures ci-dessous:



Exemple 1

- 1) La pente minimale est respectée d'après le paragraphe 4.2
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il s'agit d'un segment de cintrage mécanique (type 2)
- 4) La première option pour la position du point fixe est au sommet
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'aux extrémités du bac est de part et d'autre de 50 mètres.
- 7) L'angle α_{PFE} est de 90° de part et d'autre du point fixe.

Conclusion :

La totalité des conditions est remplie.

Exemple 2a :

- 1) La pente minimale est respectée d'après le paragraphe 4.2
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il existe un segment de cintrage mécanique (type 2)
- 4) La première option pour la position du point fixe est au sommet
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'à extrémité gauche du bac est de 18,73 m, donc inférieure à 50 mètres. A droite elle est $18,73 + 45 = 63,73$ m donc supérieure à 50 mètres.

Conclusion :

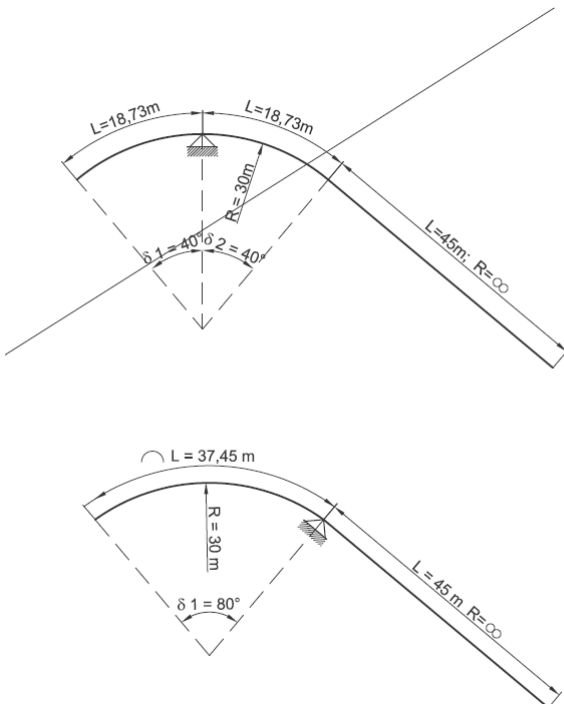
La totalité des conditions n'est pas remplie

Exemple 2b

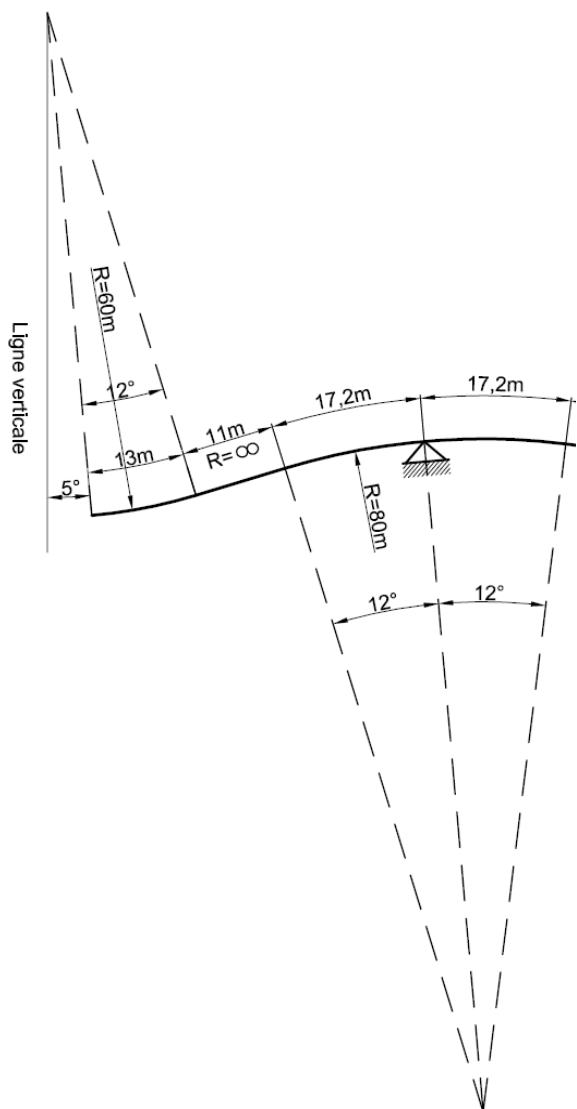
- 1) La pente minimale est respectée d'après le paragraphe 4.2
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il existe un segment de cintrage mécanique (type 2)
- 4) Le point fixe est positionné dans le segment ou le rayon est le plus faible.
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'aux extrémités du bac est de part et d'autre inférieure à 50 mètres.
- 7) L'angle δ_{PFE} à gauche du point fixe (δ_1) est de 80° donc en dessous de 90° , à droite (δ_2), il est de 0° ($<90^\circ$)

Conclusion :

La totalité des conditions est remplie.



Exemple 3



- 1) La pente minimale est respectée d'après le paragraphe 4.2
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il n'existe que des segments droits ou de cintrage naturel (type 1)
- 4) La première option pour la position du point fixe est au sommet
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'à extrémité gauche du bac est de $13+11+17,2 = 41,2\text{ m}$, donc inférieure à 50 mètres. A droite elle est $17,2 + 32 = 49,2\text{ m}$ donc inférieure à 50 mètres.
- 8) L'angle δ_{PFE} à gauche du point fixe est de $12^\circ + 0^\circ + 12^\circ = 24^\circ$ donc en dessous de 90° , à droite il est de $12^\circ (< 90^\circ)$

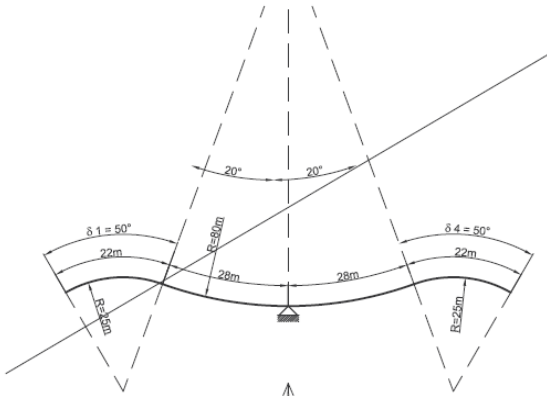
Conclusion :

La totalité des conditions est remplie.

Exemple 4a

- 1) La pente minimale d'après le paragraphe 4.2 n'est pas respectée :

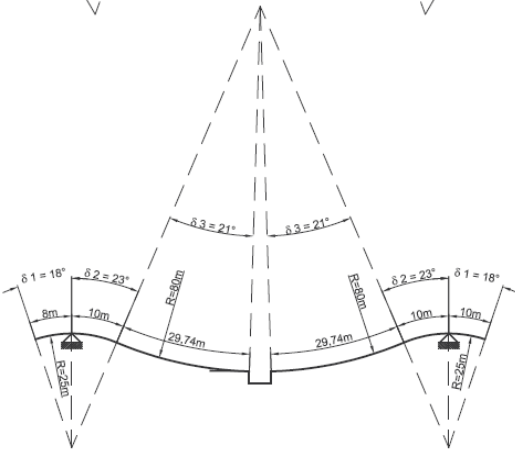
La pente dans le segment central est inférieure à 3%. Cette zone est de forme concave, l'évacuation de l'eau de pluie n'est pas assurée. Comme indiqué dans le chapitre 4.56 il faut séparer le bac Kalzip® et prévoir un chéneau.



Exemple 4b

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

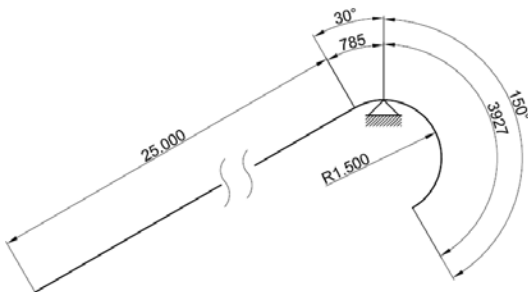
- 2) La pente d'après le paragraphe 4.2 est respectée :
 - 1) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
 - 2) Il existe un segment de cintrage mécanique (type 2)
 - 3) La première option pour la position du point fixe est au sommet
 - 4) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres.
 - 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'à extrémité gauche du bac est de 8 m, donc inférieure à 50 mètres. A droite elle est $10 + 29,74 = 40$ m donc inférieur de 50 mètres.
 - 9) L'angle δ_{PFE} à gauche du point fixe (δ_1) est de 18° donc en dessous de 90° , à droite, il est de $23^\circ + 21 = 44^\circ (< 90^\circ)$



Conclusion :

La totalité des conditions est remplie

Exemple 5

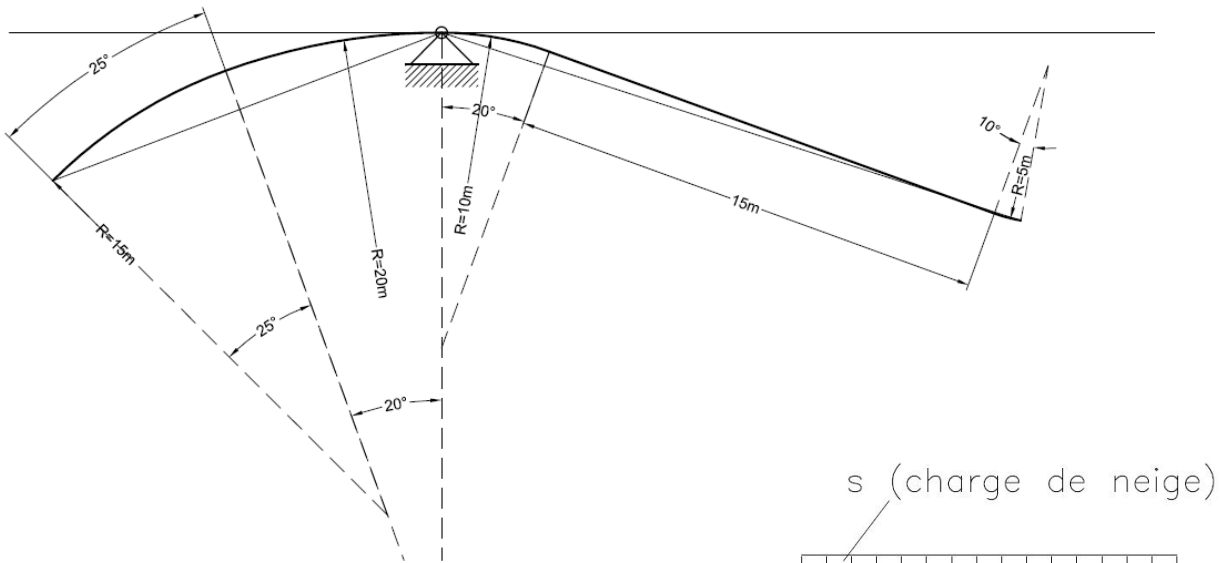


- 1) La pente d'après le paragraphe 4.2 est respectée :
- 2) La ligne de plus grande pente est continue et tangentielle.
- 3) Il existe un segment de cintrage mécanique (type 2)
- 4) La première option pour la position du point fixe est au sommet
- 5) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe est supérieure à 4 mètres à gauche du point fixe ; par contre à droite elle est en dessous.
- 6) La longueur L_{PFE} à partir du point fixe jusqu'à extrémité gauche du bac est de 25,8 m, donc inférieure à 50 mètres. A droite elle est 4 m donc aussi inférieur de 50 mètres.
- 7) L'angle δ_{PFE} à gauche du point fixe est de 30° donc en dessous de 90°, à droite il est de 150°, donc au dessus de 90°

Conclusion :

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

Annexe 2 - Exemple de calcul d'un point fixe



Soit

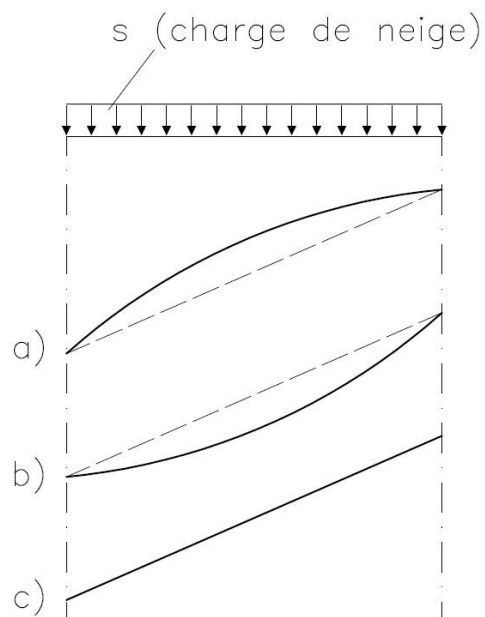
le profil Kalzip® 65/400/1,0

$g = 0,05 \text{ kN/m}^2$ (poids propre)

$s = 0,80 \text{ kN/m}^2$ (neige)

$T = (g + s \cdot \cos a) \cdot \sin a \cdot L \cdot b$

La charge de neige s est indépendante de la forme de la couverture (elle est par exemple la même en a, b ou 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

Pour $g + s$

$$T_{g100} = (0,05 + 0,80 \cdot \cos 21^\circ) \cdot \sin 21^\circ \cdot 13,52 \cdot 0,4 \\ = 1,54 \text{ kN/patte}$$

Pour $g + s/2$

$$T_{g50} = (0,05 + 0,40 \cdot \cos 21^\circ) \cdot \sin 21^\circ \cdot 13,52 \cdot 0,4 \\ = 0,82 \text{ kN/patte}$$

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

Pour $g + s$

$$T_{d100} = (0,05 + 0,80 \cdot \cos 18^\circ) \cdot \sin 18^\circ \cdot 19,36 \cdot 0,4 \\ = 1,94 \text{ kN/patte}$$

Pour $g + s/2$

$$T_{d50} = (0,05 + 0,40 \cdot \cos 18^\circ) \cdot \sin 18^\circ \cdot 19,36 \cdot 0,4 \\ = 1,03 \text{ kN/patte}$$

La patte de fixation est à dimensionner

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

$$T_{res} = T_{d100} - T_{g50} = 1,94 - 0,82 = 1,12 \text{ kN/patte} \\ \text{(charge caractéristique)}$$

La charge linéaire pour la charpente est donc

$$T_L = 1,12 \text{ kN/patte} / 0,400 \text{ m} = 2,80 \text{ kN/m}$$

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

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

La force tranchante admissible dans l'aluminium par rivets étanches $\varnothing 4,8\text{mm}$:

Epaisseur de tôle (aluminium)	$t_{al} = 0,9 \text{ mm}$	$t_{al} = 1,0 \text{ mm}$	$t_{al} = 1,2 \text{ mm}$
Charge admissible	0,68 kN	0,77 kN	0,95 kN

Pour la force de 1,12 kN/patte, on a besoin de $1,12/0,77 = 1,45 < 2$ rivets par patte.

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

La hauteur de la patte de fixation L25 avec sabot isolant TK5
ce qui représente le bras de levier pour T_{res} est de $av = 86 \text{ mm}$,

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

Pour des raisons d'équilibre on calcule

$$F_t = T_{res} \cdot av / ah = 1,12 \cdot 86 / 51 = 1,88 \text{ kN}$$

$$F_c = T_{res}$$

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

Soit

la charge admissible en traction $F_{adm,t} = 1,07 \text{ kN/vis}$ et

la charge admissible en cisaillement $F_{adm,c} = 0,79 \text{ kN/vis}$

Donc il faut

$$n_t = 1,88 / 1,07 < 2 \text{ vis pour la charge de traction et}$$

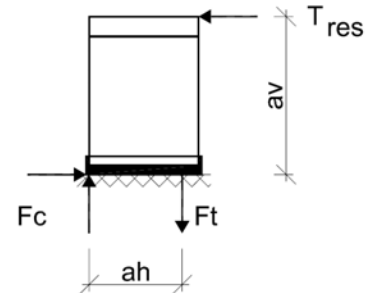
$$n_c = 1,12 / 0,79 < 2 \text{ vis pour la charge de cisaillement.}$$

Le point fixe est réalisé comme suit

une patte de fixation L25 avec sabot isolant TK5

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

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



f) Transmission de la charge du profil écarteur $t=1,5\text{mm}$ à l'étrier $t = 1,5 \text{ mm}$

La hauteur de l'écarteur est de 30 mm.

Le bras de levier pour T_{res} est de donc $av = 86+30 = 119 \text{ mm}$,

Le bras de levier entre les vis, sollicitées par la force, est de $ah = 110 \text{ mm}$.

Pour des raisons d'équilibre on calcule

$$F_t = T_{res} \cdot av / ah = 1,12 \cdot 119 / 110 = 1,21 \text{ kN} = 3,03 \text{ kN/m}$$

$$F_c = T_{res} = 1,12 \text{ kN} = 2,80 \text{ kN/m}$$

Pour une vis SFS SX3/9-S16-6,0x29 dans une structure intermédiaire en acier de $t=1,5 \text{ mm}$ soit

la charge admissible en traction $F_{adm,t} = 2,36 \text{ kN/vis}$ et

la charge admissible en cisaillement $F_{adm,c} = 3,65 \text{ kN/vis}$

Donc il faut

$$n_t = 3,03 / 2,36 = 1,28 \text{ vis/m} \rightarrow e_{vis} < 0,75 \text{ m}$$

$$n_c = 2,80 / 3,65 = 0,77 \text{ vis/m} \rightarrow e_{vis} < 1,30 \text{ m}$$

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)

**g) Transmission de la charge de l'étrier $t = 1,5$ mm
à une panne acier (HEB 160)**

La hauteur de l'étrier est de 50 mm.

Le bras de levier pour T_{res} est de donc $a_v = 119+50 = 169$ mm,

Le bras de levier entre les vis, sollicitées par la force, est de $a_h = 76$ mm.

Pour des raisons d'équilibre on calcule

$$F_t = T_{res} \cdot a_v / a_h = 1,12 \cdot 169 / 76 = 2,49 \text{ kN} = 6,22 \text{ kN/m}$$

$$F_c = T_{res} = 1,12 \text{ kN} = 2,80 \text{ kN/m}$$

Pour une vis SFS TDB-S-S16-6,3x25 dans une structure intermédiaire
en acier de $t=7,0$ mm soit

la charge admissible en traction $F_{adm,t} = 4,43$ kN/vis et

la charge admissible en cisaillement $F_{adm,c} = 5,48$ kN/vis

Donc il faut

$$n_t = 6,22 / 4,43 = 1,40 \text{ vis/m} \rightarrow e_{vis} < 0,71 \text{ m}$$

$$n_c = 2,80 / 5,48 = 0,51 \text{ vis/m} \rightarrow e_{vis} < 1,96 \text{ m}$$

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)