

Sur le procédé

Toiture compacte VMZINC®

Famille de produit/Procédé : Couverture en éléments métalliques

Titulaires : **Société VM Building Solutions**

Internet : www.vmezinc.fr

Société Pittsburgh Corning France SAS

Internet : www.foamglas.fr

Distributeur : **Société VM Building Solutions**

Internet : www.vmezinc.fr

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Groupe Spécialisé n° 5.1 - Produits et procédés de couvertures

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>L'Avis Technique a été examiné par le Groupe Spécialisé n° 5.1 « Produits et procédés de couvertures » en date du 26 septembre 2022.</p> <p>Cette version annule et remplace le Document Technique d'Application 5/15-2472 et intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nouveau nom de procédé et nom de la société titulaire/distributeur ; • Ajout des panneaux isolants FOAMGLAS® T3+ et FOAMGLAS® READY T3+ ; • Modification nom du panneau isolant FOAMGLAS READY BLOCK T4+ , qui devient FOAMGLAS READY T4+ ; • Actualisation de la description des feuilles de zinc et ajout des revêtements zinc AZENGAR PLUS et Bilaqué ; • Mise à jour des références de tôles d'acier nervurés compatibles ; • Ajout des Déclarations Environnementales pour les panneaux isolants FOAMGLAS® ; • Ajout de la possibilité que les pattes fixes type 1 soient fabriquées par VMBSO ; • Mise à jour du paragraphe Sécurité au feu (feu extérieur) ; • Ajout au § 2.4.4 de tableaux prenant en compte les effets des charges tangentielles à la couverture. 	Marc AUGELAI	François MICHEL

Descripteur :

Procédé de toiture chaude réalisée par la superposition :

- D'un support en métal, en béton, en bois ou panneaux à base de bois ;
- D'une isolation en panneaux de verre cellulaire FOAMGLAS® (T4+, T3+, S3 ou TAPERED, éventuellement surfacé bitume READY T4+ ou READY T3+) jointoyés et collés à l'EAC au support ;
- D'une interface de fixation comportant des plaquettes en acier galvanisées engravées dans le FOAMGLAS® et d'une membrane bitume modifié SBS soudée sur le FOAMGLAS® et recouvrant les plaquettes ;
- D'une couverture en zinc à joint debout (de largeur unique en œuvre 430 mm), réalisée à l'aide de feuilles VMZINC® PLUS (avec revêtement polyuréthane – polyamide 60 µm en sous-face), avec interposition d'un écran de désolidarisation entre la membrane d'étanchéité et le zinc ; les pattes de fixation de la couverture étant vissées sur les plaquettes en acier galvanisées précitées.

Ce système conduit à la réalisation de toitures chaudes non ventilées en s'assurant de la conformité de l'élément support à l'hygrométrie des locaux (cf. § 2.3.4).

Les pentes de couverture sont celles prévues par le § 2.4.2, dans le cas des couvertures à joint debout (sauf disposition particulière aux toitures courbes convexes avec franchissement du faitage à l'aide d'une feuille de zinc, cf. § 1.1.2).

Les longueurs de rampants maximales sont celles prévues par le DTU 40.41, soit 40 m.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.1.1.	Zone géographique.....	4
1.1.2.	Ouvrages visés.....	4
1.2.	Appréciation	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	4
1.2.2.	Durabilité	7
1.2.3.	Impacts environnementaux	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	8
2.	Dossier Technique.....	9
2.1.	Mode de commercialisation.....	9
2.1.1.	Coordonnées.....	9
2.1.2.	Mise sur le marché	9
2.1.3.	Identification	9
2.2.	Description	11
2.2.1.	Principe (cf. figure 4)	11
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	12
2.3.	Disposition de conception	15
2.3.1.	Étude d'adaptation et organisation de la mise en œuvre	15
2.3.2.	Protection temporaire en cours de chantier	15
2.3.3.	Bâtiments de hauteur > 20 m	15
2.3.4.	Hygrométrie des locaux.....	15
2.3.5.	Charpentes supports.....	16
2.3.6.	Longueur des rampants.....	16
2.3.7.	Collage à l'EAC.....	16
2.3.8.	Cas particuliers	16
2.4.	Disposition de mise en œuvre	17
2.4.1.	Généralité	17
2.4.2.	Pente de couverture	17
2.4.3.	Dispositions préalables à la pose	18
2.4.4.	Contraintes de calepinage – tenue aux sollicitations climatiques (cf. figures 7, 7bis et 7ter).....	21
2.4.5.	Pose du complexe de toiture	26
2.4.6.	Dispositions spécifiques aux toitures simple courbure (cf. figure 12)	30
2.4.7.	Dispositions spécifiques aux toitures gironnées cintrées ou double courbure (cf. figures 17 et 18)	32
2.4.8.	Traitement des points singuliers	36
2.5.	Entretien	44
2.6.	Organisation de la mise en œuvre et assistance technique.....	44
2.7.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication	45
2.7.1.	Fabrication et conditionnement du FOAMGLAS®	45
2.7.2.	Plaquettes en acier galvanisé et colle PC 11	45
2.7.3.	Fabrication du VMZINC® PLUS.....	45
2.7.4.	Pattes de fixation à joint debout.....	45
2.7.5.	Autres éléments	45
2.8.	Mention des justificatifs.....	46
2.8.1.	Résultats Expérimentaux	46
2.8.2.	Références chantiers.....	46

1. Avis du Groupe Spécialisé

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

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

La mise en œuvre du procédé est acceptée en France métropolitaine et climat de plaine (altitude \leq 900 m).

1.1.2. Ouvrages visés

Ce système de toiture chaude, utilisable en construction neuve ou dans le cas de réfection totale d'une toiture et de son support, est adapté aux éléments porteurs en tôle d'acier nervurée, en béton et en bois.

Il est destiné aux toitures :

- De pente minimale 5 % (3°) et maximale 173 % (60°), sauf dans les cas particuliers de couverture cintrée convexe :
 - continue au faîtage, où il est admis une pente inférieure à 5% en sommet de voûte (cf. § 2.4.6) ;
 - avec continuité de la couverture cintrée convexe jusqu'à la verticalité, avec récupération des eaux de pluie en pied de couverture (cf. § 2.3.11). ;
 - De forme plane, simple ou double courbure (cf. § 2.4.6 et § 2.4.7) ;
- et
- Sur tous locaux de faible à très forte hygrométrie ;
 - Sur bâtiments de tous types.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

Elle peut être considérée, sous l'action des charges descendantes, comme normalement assurée dans les conditions de pose des supports du procédé, telles que prévues par le Dossier Technique qui renvoie aux DTU de la série 43.* pour l'établissement de ces supports.

La stabilité sous l'action des charges ascendantes, compte tenu des justifications expérimentales réunies en matière de fixation particulière de la couverture en zinc, paraît assurée de façon comparable à celle des toitures traditionnelles de référence visées par le DTU 40.41.

1.2.1.2. Sécurité au feu

Vis-à-vis du feu extérieur

En ce qui concerne les bacs nus ou revêtus, du fait de la nature de leur parement extérieur (avec revêtement organique dont le PCS est inférieur à 4,0 MJ/m² selon essais, cf. § 2.9.1), cette couverture répond aux exigences de performance vis-à-vis du feu venant de l'extérieur selon l'arrêté du 14 février 2003.

Concernant la réaction au feu :

- Le produit est classé A1 pour les bacs seuls sans revêtement organique (classement conventionnel).
- Le classement de réaction au feu des bacs revêtus Bilaqué VMZINC PLUS ou PIGMENTO® PLUS, selon la norme NF EN 13501-1, est A2-s1,d0.
- Le classement de réaction au feu des bacs revêtus avec tout autre revêtement n'est pas connu.

Vis-à-vis du feu intérieur

Les dispositions réglementaires à considérer sont fonction de la destination des locaux, de la nature et du classement de réaction au feu de l'isolant et de son support.

1.2.1.3. Pose en zones sismiques

Selon la réglementation sismique définie par :

- Le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Le décret n° 2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- L'Arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,

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

Cet avis ne traite pas des mesures préventives spécifiques qui peuvent être appliquées aux bâtiments de catégorie d'importance IV, pour garantir la continuité de leur fonctionnement en cas de séisme.

1.2.1.4. Isolation thermique

Les résistances thermiques du panneau isolant utilisé à prendre en compte sont celles mentionnées dans le Document Technique d'Application spécifique de l'isolant.

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

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

$$U_p = U_c + \frac{(n \times \chi)}{A}$$

Avec

- U_c le coefficient de transmission thermique en partie courante de toiture (sans ponts thermiques), en $W/(m^2.K)$;
- n la densité de fixation du pont thermique ponctuel, en m^{-2} ;
- χ le coefficient de transmission ponctuel de la fixation, en W/K , donné au tableau 1 ;
- A l'aire de la paroi.
- La résistance thermique totale d'une paroi R (en $(m^2.K)/W$), ponts thermiques intégrés pris en compte, se fait de la façon suivante :

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

Pour les constructions neuves qui entrent encore dans le champ d'application de la Réglementation Thermique 2005, la paroi dans laquelle est incorporée le procédé Toiture compacte VMZINC® devra satisfaire aux exigences du tableau VIII du fascicule 1/5 "Coefficient UBât" des Règles Th-U, qui définit le coefficient (U) surfacique maximal admissible pour la toiture.

Le coefficient de transmission thermique en partie courante de couverture et selon l'épaisseur de l'isolant, est indiqué dans le tableau ci-après. Il tient compte du coefficient de conductivité thermique $\lambda = 0,036$ $W/m.K$ pour le FOAMGLAS® T3+, $\lambda = 0,041$ $W/m.K$ pour le FOAMGLAS® T4+, et $\lambda = 0,045$ $W/m.K$ pour le FOAMGLAS® S3 (cf. certificat ACERMI).

Le coefficient U_p doit être calculé selon les règles Th-U, fascicule parois opaques, d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \frac{n \times \chi}{A}$$

Où :

U_p est le coefficient de transmission thermique en partie courante.

n est le nombre de plaquettes de fixations de la paroi.

χ est le coefficient de déperdition ponctuel correspondant à la fixation par plaquette.

A est l'aire de la paroi.

Et où : $U_c = 1 / (R_{isolant} + R_{se} + R_{si})$ et où $R_{se} + R_{si} = 0,14$ $m^2.K/W$

Tableau 1 – Caractéristiques thermiques

Épaisseur (mm)	U_c FOAMGLAS® T3+ (W/(m ² .K)) (1)	U_c FOAMGLAS® T4+ (W/(m ² .K)) (1)	U_c FOAMGLAS® S3 (W/(m ² .K))	χ (W/(K)) (2)
60	0,600	0,683	0,750	0,0071
70	0,514	0,586	0,643	0,0052
80	0,450	0,513	0,563	0,0040
90	0,400	0,456	0,500	0,0032
100	0,360	0,410	0,450	0,0026
110	0,327	0,373	0,409	0,0021
120	0,300	0,342	0,375	0,0018
130	0,277	0,315	0,346	0,0015
140	0,257	0,293	0,321	0,0013
150	0,240	0,273	0,300	0,0011
160	0,225	0,256	0,281	0,0010
170	0,212	0,241	0,265	0,0009
180	0,200	0,228	0,250	0,0008
190	0,189	0,209	0,229	0,0008
200	0,180	0,199	0,218	0,0008
210	0,171	0,190	0,208	0,0008
220	0,164	0,182	0,199	0,0008
230	0,157	0,174	0,190	0,0008
240	0,150	0,167	0,183	0,0008
250	0,144	0,160	0,176	0,0008
260	0,138	0,154	0,169	0,0008
270	0,133	0,149	0,163	0,0008
280	0,129	0,143	0,157	0,0008
290	0,124	0,139	0,152	0,0008
300	0,120	0,134	0,147	0,0008
310	0,116	0,130	0,142	0,0008
320	0,113	0,126	0,138	0,0008
330	0,109	0,122	0,134	0,0008
340	0,106	0,119	0,130	0,0008
350	0,103	0,115	0,126	0,0008
360	0,100	0,112	0,123	0,0008

(1) Et résistances thermiques utiles des plaques préenduites FOAMGLAS® READY T3+ ou READY T4+.
(2) À partir de 180 mm, le pont thermique ponctuel χ est pris identique par défaut.

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

La mise en œuvre de cette toiture impose les dispositions relatives à la sécurité des personnes 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.

1.2.1.6. Étanchéité à l'eau

Dans les conditions de pose prévues par le Dossier Technique, on peut considérer que cette couverture présente une étanchéité à l'eau comparable aux ouvrages de couverture en zinc traditionnels visés par le DTU 40.41.

1.2.1.7. Complexité de couverture

Ce système est adapté au traitement des couvertures de formes droites, cintrées simple courbure concave ou convexe, et cintrées doubles courbures convexes, comportant peu de pénétrations.

1.2.1.8. Acoustique

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

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

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

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

Les performances acoustiques du procédé n'ont pas été évaluées.

1.2.1.9. Hygrométrie des locaux et risques de condensation

Dans les conditions prévues par le Dossier Technique (cf. § 2.3.4 notamment), on peut considérer que les risques de condensation dans le complexe sont limités.

1.2.1.10. Aspects sanitaires

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

1.2.1.11. Fabrication et contrôle

Les panneaux FOAMGLAS® sont fabriqués et contrôlés selon les dispositions prévues par le Document Technique d'Application FOAMGLAS®.

La membrane d'étanchéité est, par référence aux dispositions prévues par le § 2.2.2.5 du Dossier Technique, décrite dans un procédé titulaire d'un Document Technique d'Application du Groupe Spécialisé n° 5.2.

La fabrication des feuilles de zinc, ainsi que celle des accessoires façonnés en zinc ou des pattes de fixation en acier inoxydable, relève des techniques traditionnelles et fait l'objet des contrôles habituels de conformité aux normes produits de référence. De plus, le revêtement polyuréthane – polyamide 60 µm appliqué en sous-face du zinc fait l'objet d'un contrôle dans l'usine VM Building Solutions de Viviez.

1.2.2. Durabilité

Dans les conditions de pose prévues par le domaine d'emploi accepté par l'Avis (cf. § 1.1) et complétées par le § 2.3, la durabilité de cette couverture peut être estimée comme comparable à celle d'une couverture en zinc traditionnelle de référence, établie selon le DTU 40.41.

Lorsque le support est constitué de plaques nervurées métalliques perforées en nervures, il convient de s'assurer de la bonne adaptation du revêtement de la face des plaques en contact avec l'ambiance intérieure du local, et ce eu égard à l'agressivité de cette ambiance et de sa combinaison éventuelle avec l'hygrométrie intérieure (cf. § 2.3.8).

Lorsque le support est en bois, les préconisations du § 2.2.2.1 s'appliquent.

1.2.3. Impacts environnementaux

Données environnementales

Le procédé VMZ Toiture Compacte ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale⁽¹⁾ (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les produits suivants font l'objet d'une Déclaration Environnementale⁽¹⁾ (DE) individuelles :

- FOAMGLAS® S3,
- FOAMGLAS® T3+,
- FOAMGLAS® T4+,
- FOAMGLAS® T3+ Epaisseur : 130 mm,
- FOAMGLAS® T3+ Epaisseur : 162 mm,
- FOAMGLAS® T3+ Epaisseur : 170 mm,
- FOAMGLAS® T3+ Epaisseur : 180 mm,
- FOAMGLAS® T3+ Epaisseur : 200 mm.

Ces DE ont fait l'objet d'une vérification par tierce partie indépendante selon l'arrêté du 31 août 2015, et sont déposées sur le site www.inies.fr.

Les éléments porteurs en tôle d'acier nervurée font l'objet d'une Déclaration Environnementale⁽¹⁾ (DE) collective.

Les DE « Support d'étanchéité en acier de masse surfacique comprise entre 12 et 19,63 kg / m² » et « Support d'étanchéité en acier de masse surfacique comprise entre 6 et 11,99 kg / m² » ont été établies en août 2021, ont fait l'objet d'une vérification par tierce partie indépendante selon l'arrêté du 31 août 2015, et sont déposées sur le site www.inies.fr.

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

Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du produit.

⁽¹⁾ Non examiné par le groupe spécialisé dans le cadre de cet Avis

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Généralités

- Afin de limiter les ponts thermiques au droit des points singuliers, les Sociétés Pittsburgh Corning France et VM Building Solutions doivent apporter leur assistance technique, notamment dans les locaux à forte ou très forte hygrométrie, ou dans certaines configurations architecturales particulières. La conception et l'assistance technique doivent faire en sorte que le risque de condensation soit maîtrisé et maintenu dans des conditions normales.
- Ce procédé vise l'emploi sur support métallique à plages pleines ou à nervures perforées uniquement (perforations en plage exclues).
- Ce procédé ne peut pas être associé à une isolation rapportée en sous-face du support.
- Les panneaux en verre cellulaire cassés ne doivent pas être utilisés mais être mis au rebut.
- En ce qui concerne les éléments du support bois, la mise en œuvre du système Toiture compacte VMZINC® se réfère au DTU 43.4. Si des évolutions dans ce domaine devraient être introduites dans le DTU 43.4 durant la validité de l'Avis, elles s'appliqueraient au système Toiture compacte VMZINC®.
- Dans le cas de support en tôles d'acier nervurées perforés en nervures, seuls les tôles d'acier nervurées de la Société ArcelorMittal Construction France mentionnées au § 2.2.2.1 du Dossier Technique et revêtus au minimum d'une protection organique sur les deux faces de type KEYRON® 150 µm ou HAIREXCEL® 60µm sont admis. Dans tous les cas, la consultation de la Société ArcelorMittal Construction France est requise.
- Les supports bois massifs en essence de bois avec aubier en durabilité conférée (avec traitement) ne sont pas visés par le Dossier Technique.
- Les Panneaux isolants « FOAMGLAS READY T4+ » étaient précédemment désignés par « FOAMGLAS READY BLOCK T4+ ». Les caractéristiques et la composition sont restées cependant strictement identiques.
- Comme pour tous les procédés de couverture métallique en feuilles et longues feuilles à joints debout, et bien que non présentées au Dossier Technique, il existe des solutions de sur-couverture, d'équipements de protection individuels ou collectives, ou de modules photovoltaïques, assujetties aux recouvrements longitudinaux des bacs à l'aide de pinces ou d'étriers. Le Groupe Spécialisé estime qu'en l'état actuel, les justifications apportées sur cette technologie sont insuffisantes pour considérer que la pérennité de la performance mécanique, de l'étanchéité à l'eau et de la sécurité des travailleurs soient assurées. Ainsi : :
 - la fixation de solutions de sur-couverture (habillages non étanches, panneaux de bardage, etc...) sur les joints debout est exclue.
 - la fixation de modules photovoltaïques n'est pas visée, et relève de la procédure d'Avis Technique du GS 21.
- L'emploi de ce procédé en climat de montagne (altitude > 900 m) n'est pas prévu par le Dossier Technique.
- Ce procédé de couverture n'est pas revendiqué pour une utilisation dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM).

Couvertures cintrées

- Comme pour tous les systèmes de couvertures métalliques cintrées, la charpente doit présenter une tolérance d'implantation permettant la mise en œuvre et le bon fonctionnement du procédé (cf. § 2.3.5).

Sécurité

- Le Dossier Technique ne prévoit pas de chemins de circulation provisoires ou permanents, ni de dispositifs d'ancrage, de ligne de vie ou d'autres équipements. Le maître d'ouvrage devra en tenir compte et prévoir d'autres dispositions en cas de présence en toiture d'équipements dont la surveillance ou l'entretien doivent être assurés régulièrement.
- Comme pour tous les procédés de couverture sur éléments porteurs souples au sens des DTU de la série 43, l'ancrage d'équipements de protection individuels (lignes de vie, potelets, etc...) ou collectives (chemins de circulation, etc...) dans les éléments porteurs souples est exclu.
- Comme pour tous les procédés de couverture sur éléments porteurs souples au sens des DTU de la série 43, l'ancrage d'équipements de protection individuels (lignes de vie, potelets, etc...) ou collectives (chemins de circulation, etc...) dans les éléments porteurs souples est exclu.

Toitures à double courbure

- Dans le cas de toitures à double courbure, du fait de la discrétisation en éléments simple courbure, les solutions proposées dans le Dossier Technique ne permettent pas de réaliser parfaitement la forme d'un tore, mais doivent être comprises comme solutions d'habillage d'un anneau à l'aide d'éléments facétisés.
- Dans le cas de toitures à double courbure, les largeurs minimales des bacs trapèzes doivent respecter les prescriptions du § 2.4.7.5 du Dossier Technique.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaires : Société VM Building Solutions
 Tour Altaïs
 3, place Aimé Césaire
 FR-93100 Montreuil - France
 Tél. : 01 49 72 42 42
 Fax : 01 49 72 43 64
 Internet : www.vmzinc.fr
 E-mail : vmzinc.france@vmzinc.com

Société Pittsburgh Corning France SAS
 8 rue de la Renaissance
 Batiment D
 FR-92160 Antony
 Tél. : +33 1 58 35 17 90
 Internet : www.foamglas.fr
 E-mail : info@foamglas.fr

Distributeur : VM Building Solutions
 FR-93100 Montreuil - France

2.1.2. Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n° 305/2011, les feuilles en zinc font l'objet d'une Déclaration de Performances (DdP) établie par la Société VM Building Solutions sur la base de la norme NF EN 14783:2013. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

2.1.3. Identification

Les panneaux FOAMGLAS® sont identifiés selon les dispositions prévues par le Document Technique d'Application FOAMGLAS® visant leur emploi en support de revêtement d'étanchéité. Ces panneaux comportent, en outre, le marquage prévu dans le cadre de la certification ACERMI.

Le zinc revêtu de laque polyuréthane - polyamide épaisse en sous-face est identifié par sa dénomination spéciale VMZINC® PLUS (naturel) ou QUARTZ-ZINC PLUS, ANTHRA-ZINC PLUS, PIGMENTO PLUS (pré-patinés), AZENGAR PLUS (mat clair) et Bilaqué (laqué).

Les autres accessoires (plaquettes crantées en acier galvanisé, ou pattes de fixations de la couverture), sont identifiables par leur géométrie particulière illustrée par les figures 1, 2 et 3.

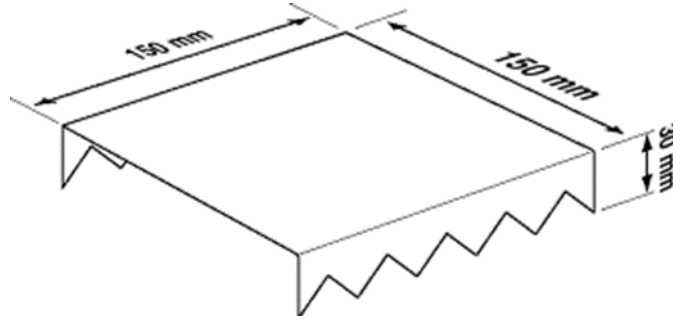


Figure 1 – Plaquette en acier galvanisé

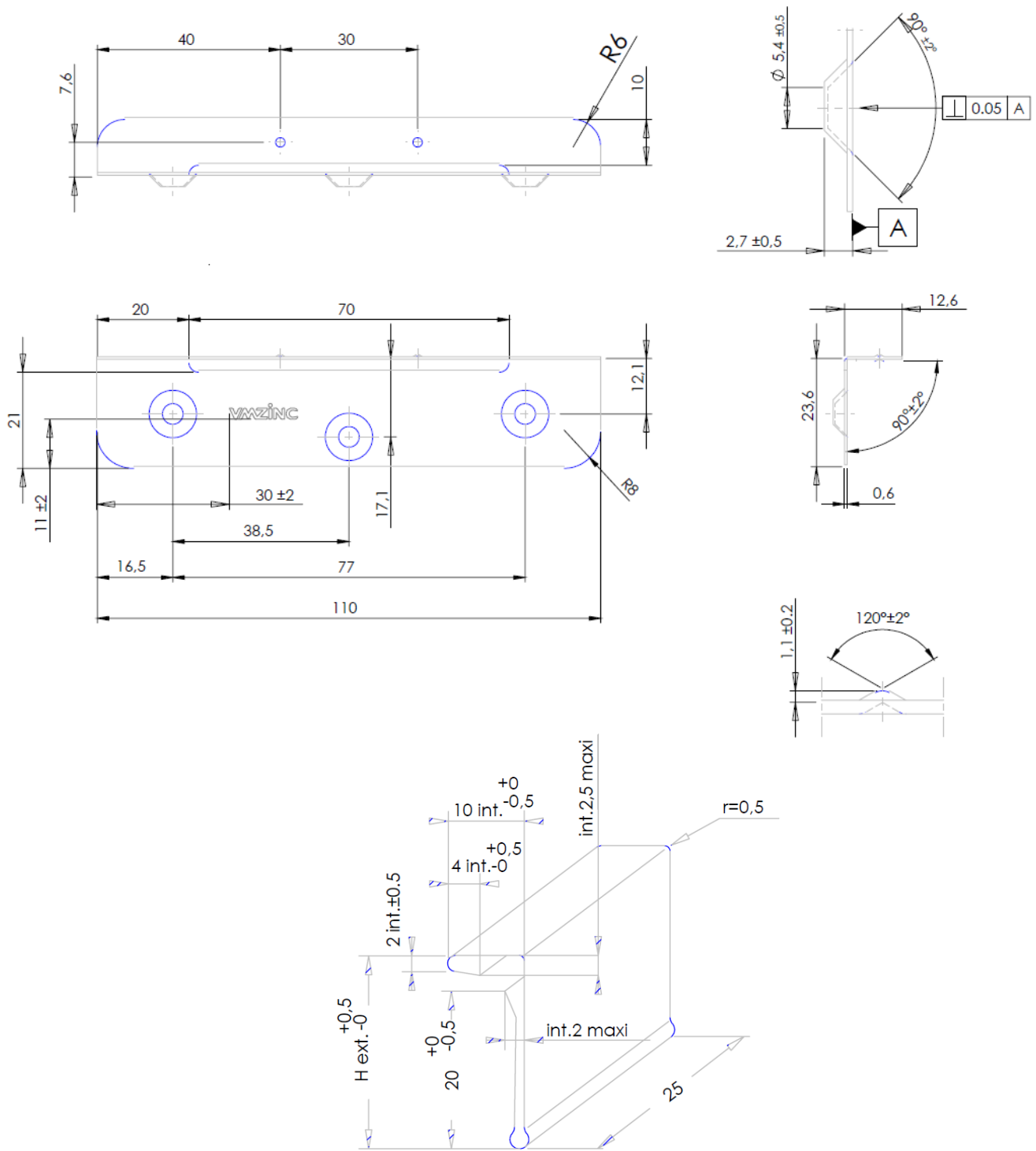


Figure 2 – Patte coulissante VM ZINC

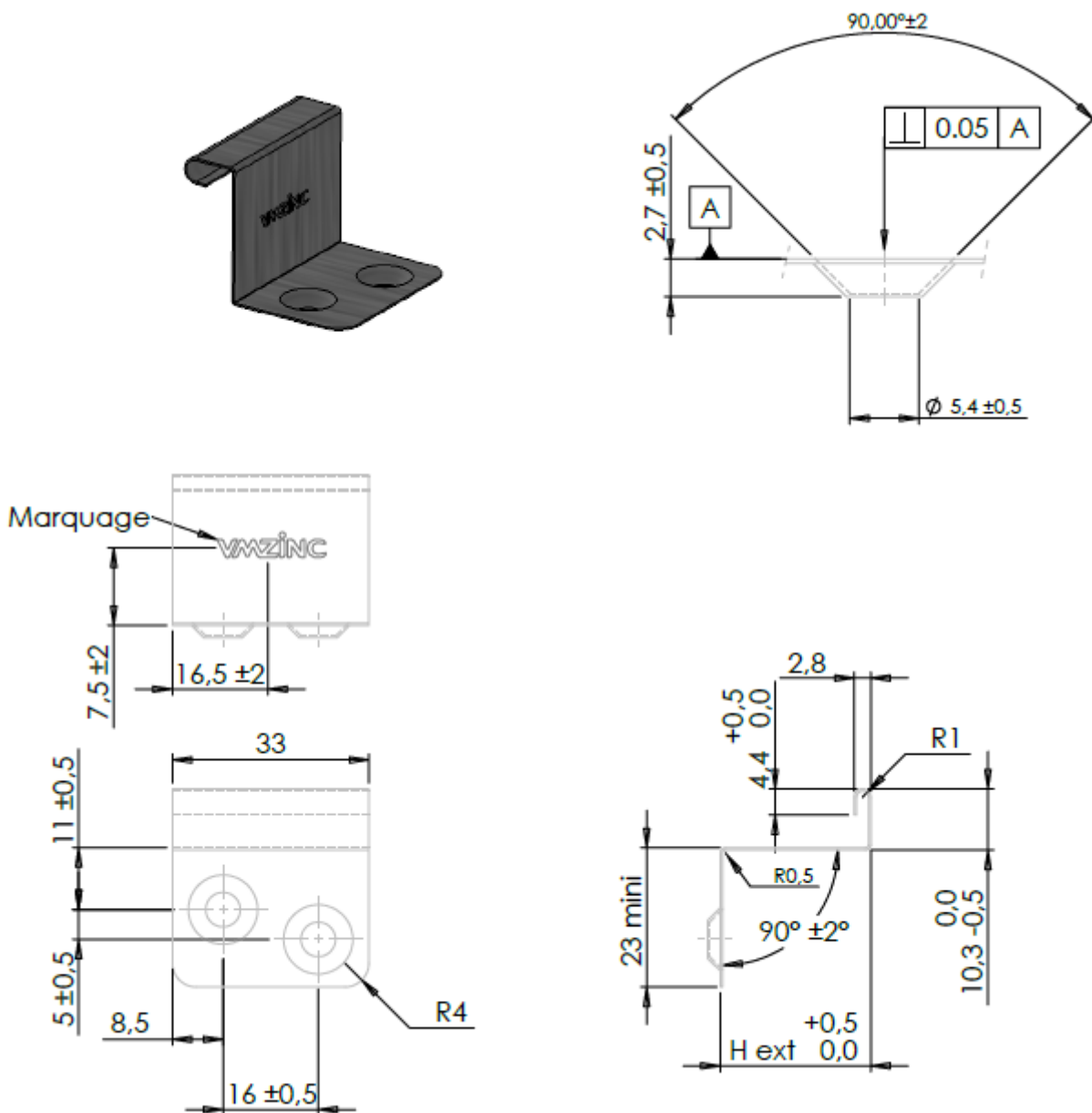


Figure 3 – Patte fixe VM ZINC

2.2. Description

2.2.1. Principe (cf. figure 4)

Le système Toiture compacte VMZINC® permettant de répondre aux contraintes des locaux à très forte hygrométrie, s'appuie sur la constitution d'un complexe de toiture sans fixations mécaniques traversantes.

Elle est composée :

- D'un support de couverture isolant incompressible et offrant une barrière à la vapeur par la mise en place de panneaux FOAMGLAS® T3+, T4+ ou S3 nus ou pré-surfacés bitume (READY T3+ ou T4+), jointoyés et collés à l'EAC sur l'élément porteur (acier, béton, bois), en un ou deux lits d'épaisseur totale 360 mm maximum ;
- D'une interface de fixation réalisée à l'aide :
 - de plaquettes en acier galvanisé dégraissées, engravées dans le support isolant surfacé à l'EAC, servant de zone de vissage pour les pattes à joint debout de la couverture VMZINC® PLUS,
 - d'une membrane bitume comportant une armature, soudée sur le support de couverture isolant surfacé à l'EAC en recouvrant les plaquettes, jouant ainsi le rôle de répartition des contraintes mécaniques sur l'ensemble de la toiture ;
- D'une couverture VMZINC® PLUS de finition et de protection, assurant l'étanchéité finale à l'eau et permettent de se prémunir de tout risque de corrosion de sa sous-face grâce à un revêtement résistant par laque spéciale de 60 microns, de très faible perméance.

NOTA : afin d'éviter tout risque d'abrasion ou d'adhérence, on dispose entre la face interne de la couverture VMZINC® PLUS et la membrane bitumineuse, un écran de désolidarisation.

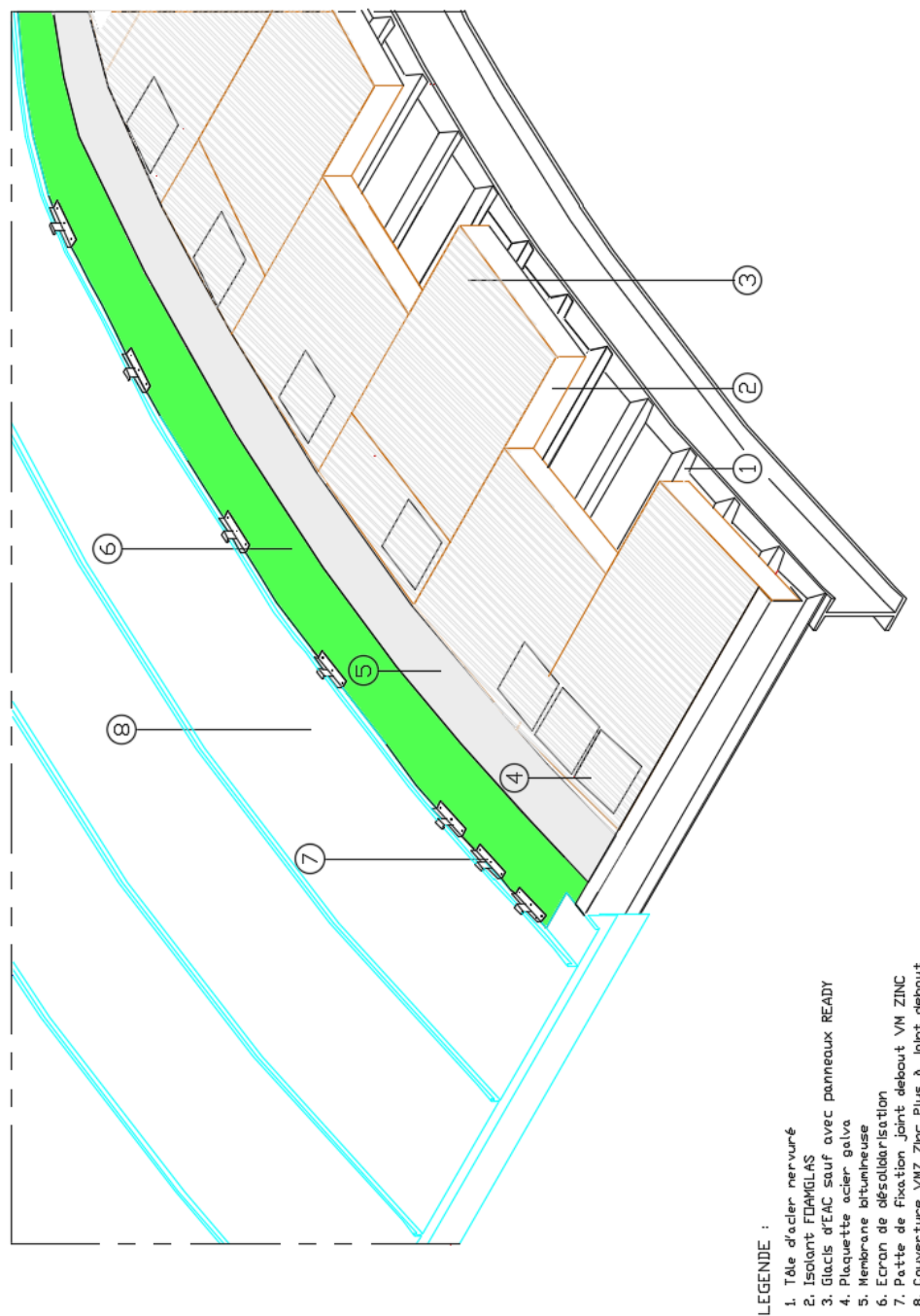


Figure 4 – Complexe

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Éléments porteurs

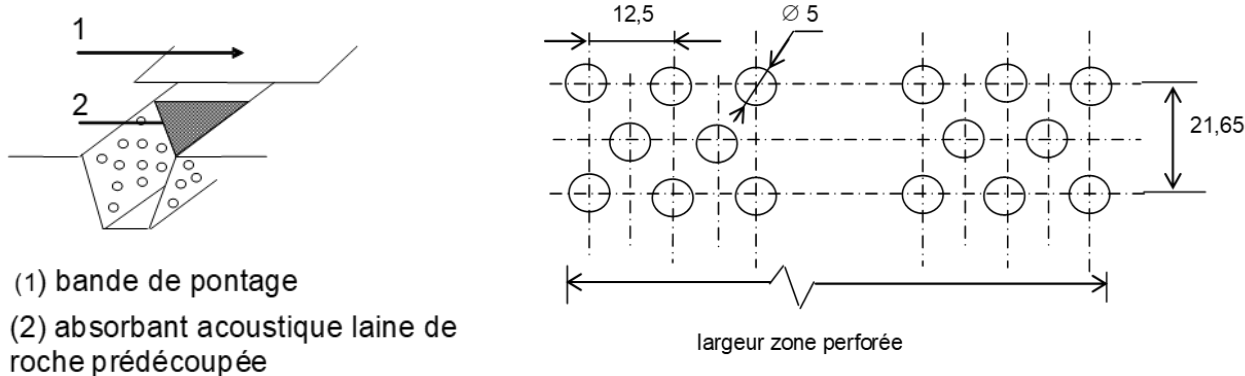
2.2.2.1.1. Tôle d'acier nervurée

Les éléments porteurs en tôle d'acier nervurée à plages pleines, sont conformes à la norme NF DTU 43.3 ou au CPT commun « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm » (*Cahier du CSTB 3537_V2* de janvier 2009) avec ouverture haute de nervure, dans les conditions du Document Technique d'Application FOAMGLAS® (T3+, T4+, S3 et TAPERED).

Dans le cas de locaux à forte et très forte hygrométrie, le recours à l'assistance technique est obligatoire (cf. § 2.3.1 et 2.6).

Cas des tôles à nervures perforées

Les perforations en plages ne sont pas autorisées. Les tôles d'aciers nervurées et perforées dans les nervures peuvent être mis en œuvre, en locaux de faible à très forte hygrométrie, avec des tôles d'aciers Hacierco® 4.214.74PA, Hacierco® 3.330.125PA, Hacierco® 3.288.133PA et Hacierco® 3.250.170PA, et revêtus au minimum d'une protection organique sur les deux faces de type KEYRON® 150 µm ou HAIREXCEL® 60µm.



(1) bande de pontage
(2) absorbant acoustique laine de roche prédécoupée

Figure 4 bis - Tôles à nervures perforées

En fonction des conditions de température et d'hygrométrie du projet (définies par le DPM), et en fonction du type de tôle perforée utilisée, des épaisseurs minimales d'isolation peuvent être requises. Dans tous les cas, le recours à l'assistance technique de la Société Pittsburgh Corning France et la consultation de la Société ArcelorMittal Construction France sont requis.

L'épaisseur nominale de l'acier est au moins égale à :

- 0,75 mm pour l'acier galvanisé et galvanisé prélaqué ;
- les valeurs équivalentes indiquées dans le tableau 3 de l'E.T.P.M. relative au revêtement ZMEvolution® (ETPM-19/0064).

En ce qui concerne les revêtements métalliques, les grammages minimums sont :

		HYGROMETRIE			
		Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Galvanisé	Nu	Z 180	Z 275	non admis	non admis
	Prélaqué	Z 100	Z 100	Z 275	Z 275
ZM EVOLUTION	Nu	ZM 80	ZM 120	non admis	non admis
	Prélaqué	ZM 60	ZM 60	ZM 120	ZM 120

Les ouvrages de toiture peuvent être :

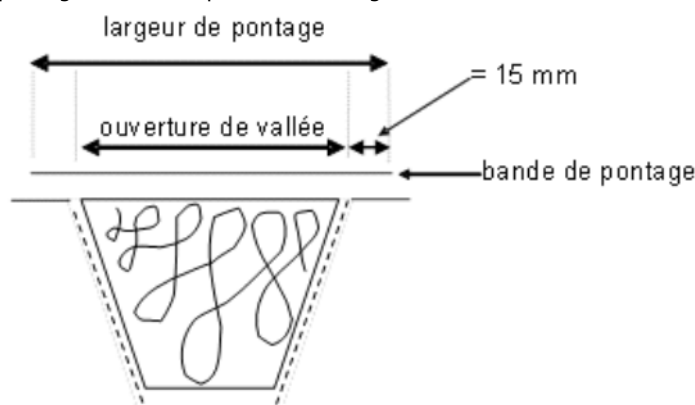
- plans ;
- cintrés convexes (centre de courbure situé à l'intérieur du bâtiment) dès lors que les génératrices de la couverture sont parallèles entre elles. Dans tous les cas, les supports d'étanchéité sont cintrés transversalement (dans leur largeur) et le rayon de cintrage en partie courante ne peut être inférieur à :
 - profils comportant une ouverture de vallée de 70 mm : 2,50 m ;
 - profils comportant une ouverture de vallée supérieure à 70 mm : 5,00 m.

Bande de pontage

Les bandes de pontage, type Bande de Pontage adhésive aluminium sont nécessaires pour les profilés HACIERCO perforés.

La fonction principale des bandes de pontage est d'éviter, lors de la mise en œuvre, que le bitume ne coule pas dans les nervures du profilé métallique.

De type aluminium, adhésive, exemptes de bitume ou butyle, la largeur des bandes est égale à l'ouverture de vallée du profil augmentée de 30 mm (15 mm de part et d'autre de l'ouverture de l'onde). Il conviendra, lors de la mise en œuvre, d'éviter de marcher sur la bande de pontage afin de ne pas l'endommager.



2.2.2.1.2. Béton

Les éléments porteurs en béton sont conformes aux normes :

- NF P 10-203 (DTU 20.12),
- Ou à un Avis technique favorable pour l'emploi en couverture à partir de 5 % ;

2.2.2.1.3. Bois ou panneaux à base de bois

Les éléments porteurs en bois ou panneaux à base de bois sont conformes à la norme NF DTU 43.4, ou à un Avis technique ou Document Technique d'Application favorable pour l'emploi en couverture à partir de 5 % et pour un usage en faible et moyenne hygrométrie. Pour un usage en forte et très forte hygrométrie sur voliges, frises ou planches en bois massifs ou panneaux à base de bois contreplaqués NF-CTBX, les préconisations du § 2.4.3.3.2 du présent Dossier Technique sont à appliquer.

2.2.2.2. Isolant FOAMGLAS® (fourni par PCF)

2.2.2.2.1. Panneaux isolants FOAMGLAS® T3+, T4+ et S3

Il s'agit de mousse de verre alumino-silicaté FOAMGLAS® T3+, T4+ ou S3 (identifiés dans le Document Technique d'Application FOAMGLAS®). Ce produit isolant ($\lambda = 0,036$ W/m°K pour le panneau T3+, $\lambda = 0,041$ W/m°K pour le panneau T4+ et $\lambda = 0,045$ W/m°K pour le panneau S3, certifiés ACERMI) se présente sous forme de plaques de dimensions 60 x 45 cm et d'épaisseurs variables en fonction des exigences d'isolation thermique.

Il peut être découpé et fourni en modules plus petits et ce pour répondre à des toitures cintrées ou complexes (on se reportera au Document Technique d'Application FOAMGLAS®).

2.2.2.2.2. Panneaux isolants FOAMGLAS® READY T3+ et T4+

Les plaques FOAMGLAS® READY T3+ et T4+ (certifiées ACERMI, identifiées dans le Document Technique d'Application FOAMGLAS®) sont des plaques de FOAMGLAS T3+ ou T4+ pré-enduites de bitume (bitume oxydé 85/25) sur une face. Le bitume déjà présent en surface du produit permet de s'affranchir de la réalisation du glacis d'EAC en surface, facilitant ainsi la mise en œuvre du complexe, notamment en cas de pente prononcée.

- Sur leur face supérieure : un revêtement par film polyéthylène de 15 μ m (± 15 %) est collé (en usine) au bitume ;
- Sur leur face inférieure : le verre cellulaire est nu.

2.2.2.2.3. Caractéristiques des plaques isolantes

Le FOAMGLAS® est commercialisé et utilisé sous forme de panneaux de dimensions et caractéristiques récapitulées dans le Documents Techniques d'Applications FOAMGLAS® et FOAMGLAS® TAPERED.

2.2.2.3. Colles

2.2.2.3.1. Enduit d'Application à Chaud (EAC pour les panneaux FOAMGLAS®)

On utilise pour le collage des plaques de FOAMGLAS® T3+, T4+, S3 et READY T3+ et T4+ sur tout type d'éléments porteurs (acier, béton, bois), un enduit d'application à chaud (EAC) exempt de bitume oxydé visé favorablement dans un Document Technique d'Application de revêtement d'étanchéité.

2.2.2.3.2. Adhésif PC 11 (pour le collage de l'écran de désolidarisation) (fournies par PCF)

C'est un adhésif à froid mono-composant prêt à l'emploi destiné à la fixation par points de l'écran de désolidarisation.

2.2.2.4. Plaquettes acier galvanisé (cf. figure 1) (fournies par PCF)

Ces éléments façonnés en acier (nuance DX 51 D selon la norme EN 10346, limite d'élasticité minimale garantie de 140 N/mm²) galvanisé dégraissé de classe de galvanisation Z350 selon la norme NF EN 10346, sont de dimensions 150 x 150 x 1,5 mm et comportent sur deux côtés un retour cranté de 30 mm à enfoncer dans le FOAMGLAS®.

2.2.2.5. Membrane bitumineuse

C'est une membrane à base de bitume modifié par élastomère SBS, d'épaisseur minimale 3 mm, avec une armature permettant une résistance au poinçonnement R4 (cf. NF DTU 43.3 P1-2), mise en œuvre face supérieure grésée et face inférieure filmée, et décrite dans un procédé titulaire d'un Document Technique d'Application. Par exemple, les produits « Paradiène 35 SR4 » (Siplast), « Sopralène Flam S 180-35 » (Soprema) ou « IKO Forum » (IKO) répondent à cet emploi.

2.2.2.6. Écran de désolidarisation

Il s'agit d'un feutre en non tissé de fibres synthétiques polyester type géotextile ou d'un feutre de type voile de verre de 100 g/m² minimum. Sa mise en œuvre s'effectue en largeur de 500 mm (largeur standard disponible chez certains fabricants ou à découper avant la pose). Par exemple, les produits « Biécran/Vérécran » (Siplast), « NTS 170 » (Soprema) ou « Voilecran 100 » (IKO) répondent à cet emploi.

2.2.2.7. Patte de fixation joint debout VMZINC® (vis fournies par VM Building Solutions)

- Patte coulissante en inox X5 Cr Ni 18.10 (1.4301), selon NF EN 10088-2, platine d'épaisseur 0,6 mm et épingle 0,4 mm, comportant 3 trous à cuvelage pour les vis de fixation (cf. figure 2) ;
- Patte fixe en inox X5 Cr Ni 18.10 (1.4301), selon NF EN 10088, d'épaisseur 0,4 mm, comportant deux trous à cuvelage (cf. figure 3).

Les vis fournies avec les pattes sont en acier trempé zingué, de dimensions 4,2 x 25 mm à tête fraisée et empreinte Philips n° 2.

2.2.2.8. VMZINC® PLUS (fourni par VM Building Solutions)

Les bobineaux de zinc cuivre titane VMZINC protégés en face interne par une laque composite polyuréthane – polyamide de 60 microns. Ces bobineaux sont disponibles en épaisseur 0,70 mm et en largeur développée 500 mm. Ils sont disponibles en pré-patiné gris clair (QUARTZ-ZINC PLUS et peuvent être proposés après accord du fabricant en naturel (VMZINC® PLUS), en pré-patiné gris foncé (ANTHRA-ZINC PLUS), et en pré-patiné coloré (PIGMENTO PLUS), en zinc mat clair (AZENGAR PLUS) et en laqué (Bilaqué VMZINC PLUS).

Adaptation aux contraintes atmosphériques extérieures

Les dispositions du DTU 40.41 s'appliquent à ce système. Le tableau 2 récapitule les dispositions à considérer en fonction de l'exposition atmosphérique extérieure, et du type de finition.

Tableau 2 - Exposition atmosphérique extérieure

Revêtement	Exposition atmosphérique extérieure							
	Rurale non polluée	Industrielle ou urbaine		Marine				Spéciale
		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer < 3 km (2)	Mixte	Particulière
QUARTZ-ZINC® PLUS - VMZINC® PLUS - ANTHRA-ZINC® PLUS - AZENGAR® PLUS (1)	■	■	□	■	■	■ (2)	□	□
PIGMENTO® PLUS	■	■	□	■	■	■ (2)	□	□
Bilaqué VMZINC PLUS	■	■	□	■	■	■ (2)	□	□

(1) Par référence aux expositions atmosphériques définies par l'annexe B du D.T.U. 40.41.
(2) Hors Front de mer, où l'accord de VMBSO est obligatoire.

- Matériaux adaptés à l'exposition.
- Matériaux dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques doivent être arrêtées après consultation et accord de VMBSO.

2.3. Disposition de conception

2.3.1. Étude d'adaptation et organisation de la mise en œuvre

Les fabricants (VM Building Solutions et Pittsburgh Corning Europe SANV) sont tenus d'apporter, aux entreprises qui en font la demande, leur assistance pour procéder à l'étude préalable de calepinage et d'adaptation de ce système.

Dans le cas de locaux à forte ou très forte hygrométrie, l'assistance technique est obligatoire dès la conception de l'ouvrage afin que les risques de condensation soient maîtrisés.

La pose du système Toiture compacte VMZINC® doit être effectuée par des entreprises dûment averties des particularités de ce procédé, lesquelles nécessitent, pour la réalisation des premiers chantiers, un monitorat et une assistance technique des fabricants.

Parmi les entreprises d'étanchéité et de couverture assurant la mise en œuvre de ce procédé, il convient qu'un responsable pilote soit désigné.

2.3.2. Protection temporaire en cours de chantier

L'entreprise de couverture est tenue de protéger, lors de l'interruption de la pose de la couverture en zinc (en fin de journée en particulier), les parties de jonction de la couverture avec le support adjacent revêtu de sa membrane d'étanchéité. Cette protection devra permettre d'éviter les infiltrations d'eau entre la couverture déjà posée et la membrane support revêtu de l'écran de désolidarisation (voir disposition du § 2.6).

2.3.3. Bâtiments de hauteur > 20 m

Dans ce cas, non habituel, il est rappelé que la structure et l'élément porteur doivent être dimensionnés pour, entre autres, résister aux actions du vent.

2.3.4. Hygrométrie des locaux

L'hygrométrie du local à couvrir est indiquée dans les Document et Pièces Marché (DPM).

Selon la nature de l'élément support, l'hygrométrie intérieure des locaux recouverts doit répondre aux spécifications du tableau 3.

Dans le cas des locaux à forte et très forte hygrométrie, il convient d'étudier les détails des points singuliers (faitages, égouts, rives...) pour éviter la création de points froids à ces endroits, du fait du dépassement à l'intérieur du local de pièces métalliques en contact avec l'ambiance extérieure avec l'assistance technique des titulaires (cf. § 2.3.1).

Le traitement de ces détails proposés par le demandeur dans le Dossier Technique répond au cas d'une structure avec parois en béton ou maçonnerie, et isolation thermique par l'extérieure.

Tableau 3 – Hygrométrie des locaux

Nature du support	Document de référence	Hygrométrie maximale du local (1)
Tôle d'acier nervurée	DTU 43.3	Très forte hygrométrie (W/n > 7,5 g/m ³) (2)
Voliges, frises ou planches bois massif et panneaux à base de bois respectant les conditions du § 2.4.3.3.2	Document Technique d'Application FOAMGLAS®	Très forte hygrométrie (W/n > 7,5 g/m ³) (3)
Voliges, frises ou planches bois massif et panneaux à base de bois ne respectant pas les conditions du § 2.4.3.3.2	DTU 43.4	Moyenne hygrométrie (W/n ≤ 5 g/m ³)
Panneau à base de bois sous AT ou DTA	Avis Technique ou Document Technique d'Application	Selon Avis Technique ou Document Technique d'Application
Béton	DTU 43.1	Très forte hygrométrie (W/n > 7,5 g/m ³)

(1) La définition des hygrométries est précisée, par exemple, dans l'annexe B1 du DTU 43.4.
(2) Sous réserve du recours à un revêtement adapté de la sous-face de tôles d'acier nervurées (cf. NF DTU 43.3 pour les tôles nervurées non perforées et § 2.2.2.1.1 pour les tôles nervurées perforées).
(3) Dans les conditions mentionnées au § 2.4.3.3.2.

2.3.5. Charpentes supports

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

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

La mise en œuvre du procédé Toiture compacte VMZINC® est prévue pour être exécutée sur des structures porteuses, en :

- Acier, conformément à la norme NF EN 1993-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites maximales à prendre en compte pour les flèches verticales sont celles de la ligne « Toiture en général » du tableau 1 de la clause 7.2.1 (1) B de la NF EN 1993-1-1/NA ;
- Bois, conformément à la norme NF EN 1995-1-1/NA. Dans ce cas, les valeurs limites à prendre en compte pour les flèches sont celles figurant à l'intersection de la colonne « Bâtiments courants » et de la ligne « Éléments structuraux » du tableau 7.2 de la clause 7.2 (2) de la NF EN 1995-1-1/NA ;
- Béton, conformément aux normes NF EN 1992-1-1, NF EN 1992-1-1/NA, et NF P10-203-1 (réf. DTU 20.12).

La charpente devra être contrôlée et acceptée par le maître d'ouvrage avant la mise en œuvre du système de couverture Toiture compacte VMZINC®.

Pour les couvertures gironnées cintrées ou à double courbure, la structure support de la couverture devra être contrôlée et acceptée par un géomètre.

Tolérances de fabrication et de montage de la charpente :

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

Sur structure porteuse en bois ou béton, les tolérances d'acceptation de la charpente sont celles du DTU 40.41.

Ces tolérances doivent être précisées dans les Documents et Pièces Marché (DPM) du charpentier.

2.3.6. Longueur des rampants

La longueur des rampants en projection horizontale est limitée à 40 m, conformément aux dispositions prévues par le DTU 40.41.

2.3.7. Collage à l'EAC

Il est rappelé que la mise en œuvre par collage à l'EAC (exempt de bitume oxydé et visé favorablement dans un DTA de revêtement d'étanchéité) pour des pentes supérieures à 40 % est complexe et nécessite des techniques de mise en œuvre adaptées.

Afin de s'assurer de la compatibilité entre l'EAC utilisé et les membranes bitumineuses du procédé (membrane de surface, pare-vapeur cloué sur support bois massif notamment), le couple EAC / membrane bitumineuse devra être issue d'un seul et même Document Technique d'Application. L'EAC pourra également être conforme à un Avis Technique d'enduit à chaud (EAC) pour système d'étanchéité de toiture-terrasse.

2.3.8. Cas particuliers

2.3.8.1. Tôles d'acier nervurées à nervures perforées

Les perforations en plages ne sont pas autorisées. Les tôles d'aciers nervurées et perforées dans les nervures admises sont uniquement les tôles d'aciers mentionnées au § 2.2.2.1.1.

2.3.8.2. Support bois avec pare-vapeur cloué

La pose de procédé sur support en voliges, frises ou planches en bois massif avec pare-vapeur cloué n'est pas applicable aux bâtiments pour lesquels la dépression est supérieure à une valeur au vent extrême de 2 663 Pa selon les règles NV 65 modifiées.

2.3.8.3. Couverture courbe convexe avec zone de pente > 173 %

Dans le cas particulier de couverture courbe convexe (simple ou double courbure), l'utilisation de ce procédé sur certains types de bâtiments peut amener à considérer une partie de la couverture comme un procédé de protection des parois verticales. Le procédé peut ainsi être utilisé dans des zones de pente > 173 %, si le point fixe est situé dans une zone de pente < 173 %, et s'il y a une récupération des eaux de pluie en partie inférieure de la couverture (cf. figure 5).

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

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

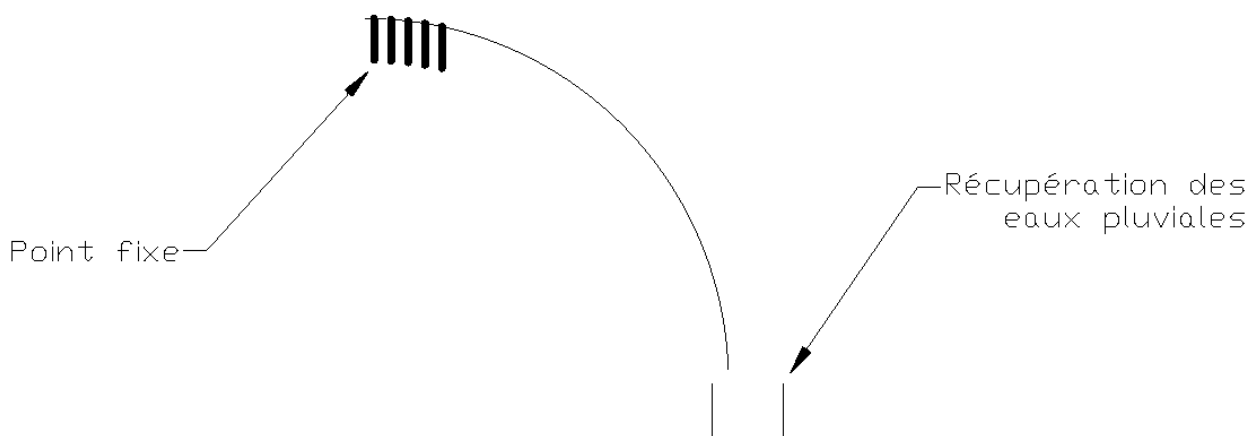


Figure 5 : Cas particuliers : couverture courbe convexe avec zone de pente > 173 %

2.4. Disposition de mise en œuvre

2.4.1. Généralité

La mise en œuvre relève de la compétence des entreprises d'étanchéité et de couverture qualifiées, instruites des particularités de pose de ce système.

La coordination des actions de ces entreprises constitue un élément déterminant pour le bon comportement ultérieur de la toiture. Il convient à cet égard de rappeler les dispositions spécifiques de pose et d'acceptation, des diverses phases de mise en œuvre, telles que précisées par le § 2.6 du Dossier Technique, complétées par le § 2.3.1.

Une attention particulière doit être apportée à la qualité de la pose du support de couverture et en particulier dans le cas des toitures courbes (limitation des désaffleurements et de la facetisation). Le platelage support doit faire l'objet d'une acceptation contradictoire entre le charpentier, l'étancheur et le couvreur, selon les préconisations du § 2.6.

2.4.2. Pente de couverture

La pente de la couverture est donnée par l'élément porteur. Elle doit être conforme aux prescriptions du DTU 40.41 (cf. tableau 5 § 5.22 du DTU 40.41) c'est-à-dire au minimum de 5 %. La pente maximale est de 173 % (60°).

Dans le cas des couvertures cintrées convexes, les dispositions du chapitre 5.5 du DTU 40.41 s'appliquent, en autorisant l'utilisation du système Toiture compacte VMZINC® à des pentes supérieures à 173 %, si la partie fixe des bandes zinc sont situées dans une zone de pente ≤ 173 %, avec récupération des eaux de pluie en pied de couverture (cf. § 2.3.11).

En outre, dans le cas des couvertures cintrées convexes, on admet une zone à pente inférieure à 5 % pour autant qu'elle soit située au sommet avec une dimension maximale de 6 m (3 m de chaque côté du sommet), et sans aucune jonction transversale, ni pénétration interrompant un joint debout. Seule, la ligne de faitage est à pente nulle.

Dans les cas où l'élément porteur penté est réalisé en tôle d'acier nervuré, en bois massif ou panneaux à base de bois, on utilise des panneaux isolants à parements parallèles, sauf dans le cas particulier de réalisation de coyaux sur support penté (cf. § 2.4.8.6.1 et 2.4.8.7).

Dans le cas de support en béton, l'élément porteur doit également présenter une pente ≥ 5 %. Toutefois, en réfection notamment, dans le cas où l'élément porteur béton présente une pente inférieure ou nulle, il est alors nécessaire d'utiliser des panneaux isolants TAPERED (épaisseur maximale 360 mm) permettant de créer cette pente minimale de 5 %.

2.4.3. Dispositions préalables à la pose

2.4.3.1. Pose sur tôle d'acier nervurée (cf. figure 6)

2.4.3.1.1. Fixations des tôles d'acier nervurées

Les fixations des tôles profilées à l'ossature sont définies au § 5.1.1 de la norme NF DTU 43.3 (P 1-2). La fixation des tôles d'acier nervurées par clous à scellement n'est pas visée.

Pour les épaisseurs d'isolant de 40, 50, 60 et 70 mm, la pose collée sur tôle d'acier nervurée nécessite de dimensionner l'élément porteur en considérant une charge d'exploitation d'au moins 150 daN/m².

Des prescriptions complémentaires sont à respecter en fonction de la classe d'hygrométrie du bâtiment :

- locaux à faible, moyenne, forte hygrométrie : la protection de la fixation est assurée par un revêtement métallique (électrozingage, galvanisation) éventuellement complété par un revêtement organique (voir § 5.1.1.4.1 de la norme NF DTU 43.3 (P 1-2)).
- locaux à très forte hygrométrie : la fixation des tôles d'acier nervurées à l'ossature se fait par vis auto-taraudeuses ou auto-perceuses conformes au § 5.1.1.4.2 de la norme NF DTU 43.3 (P 1-2).

2.4.3.1.2. Fixations de couture

Les fixations de couture des profilés sont conformes au § 5.1.2 de la norme NF DTU 43.3 (P 1-2).

La protection contre la corrosion est indiquée dans le § 5.1.2.3 de la norme NF DTU 43.3 (P 1-2).

La distance maximale entre deux fixations consécutives est de :

- 1 mètre pour les tôles conformes au NF DTU43.3 ;
- 0,75 mètre pour les tôles conformes au Cahier 3537_V2.

2.4.3.1.3. Découpes sur chantier

S'il doit y avoir des coupes sur chantier, l'utilisation d'une grignoteuse est impératif.

Le cas échéant, la tôle est ensuite ébavurée, puis la tranche des TAN qui a été découpée est protégée par un vernis émulsion acrylique à l'eau, comme par exemple le produit BeckryPair 6300 de Becker Industrie.

2.4.3.1.4. Collage

Le collage du FOAMGLAS® sur le support ne nécessite pas de couche d'accrochage si la tôle d'acier nervurée est prélaquée (dans le cas contraire on disposera un E.I.F. sur les plages).

2.4.3.2. Pose sur béton (cf. figure 6)

Le FOAMGLAS® doit être appliqué sur une surface sèche et préalablement revêtue d'un E.I.F.

2.4.3.3. Pose sur bois (cf. figure 6)

2.4.3.3.1. Cas des faibles et moyennes hygrométries

2.4.3.3.1.1. Sur voliges, frises ou planches en bois massif

Une feuille de bitume modifié SBS, apte au collage à l'EAC exempt de bitume oxydé, est :

- Déroulée et clouée sur le support par clous à tête large selon le NF DTU 43.4 P1 ou un Document Technique d'Application, jusqu'à une dépression au vent extrême en système apparent de 2 633 Pa selon les Règles NV 65 modifiées ;
- Posée à large recouvrement (10 cm au minimum) ou à joints soudés de recouvrement 6 cm au minimum selon son Document Technique d'Application.

Cette feuille bitumineuse est une feuille de bitume modifié SBS (face supérieure grésée) habituellement nommée « sous-couche clouée » selon la norme NF DTU 43.4, conforme à un Document Technique d'Application de revêtement d'étanchéité

2.4.3.3.1.2. Sur panneaux à base de bois

Les panneaux FOAMGLAS® peuvent être collés à l'EAC sur les panneaux à base de bois, moyennant la mise en œuvre d'un EIF préalable. Le pontage des joints des panneaux porteurs est nécessaire, et réalisé selon la norme NF DTU 43.4.

2.4.3.3.2. Cas particuliers des fortes et très fortes hygrométries

2.4.3.3.2.1. Généralités

Au-dessus de locaux de forte et très forte hygrométrie, la mise en œuvre des plaques de la gamme FOAMGLAS® peut se réaliser sur des éléments porteurs en bois massifs et panneaux de contreplaqués certifiés NF-Extérieur CTB-X, et ce dans la mesure où l'élément porteur répond aux critères suivants :

- Voliges, frises ou planches en bois massifs :
 - sans aubier de classe d'emploi 3a, avec une durabilité compatible avec la classe de service 3 et en durabilité naturelle selon la norme NF EN 350-2.
- Le fournisseur des bois doit s'engager sur l'absence d'aubier.

Répertoire 1 – Essences de bois sans aubier compatibles avec la classe d'emploi 3a, en durabilité naturelle

Essence de bois	Durabilité insecte,
	hors termite
Azobé	Oui
Bangkirai	Oui
Basralocus (Angélique)	Oui
Bété	Oui
Bilinga	Oui
Bossé	Oui
Cèdre	Oui
Châtaignier	Oui
Chêne (rouvre-pédonculé)	Oui
Cumaru	Oui
Douglas d'Europe	Oui
Doussié	Oui
Garapa (Grapia)	Oui
Gonçalo alves (Muiracatiara)	Oui
Greenkeart	Oui
Ipé (Ébène verte)	Oui
Iroko	Oui
Jatoba	Oui
Kapur	Oui
Kosipo	Oui
Maçaranduba	Oui
Makoré-Douka	Oui
Mélèze	Oui
Mengkulang	Oui
Meranti dark red (> 650 kg/m ³)	Oui
Meranti light red (< 650 kg/m ³)	Oui
Merbau	Oui
Moabi	Oui
Movingui	Oui
Niangon	Oui
Niové	Oui
Padouk	Oui
Pin maritime	Oui
Pin noir d'Autriche et Laricio	Oui
Pin sylvestre	Oui
Pitchpin	Oui
Sapelli	Oui
Sipo	Oui
Tali	Oui
Tatajuba	Oui
Tauri	Oui
Teck (de forêt naturelle)	Oui
Teck (de plantation)	Oui
Wacapou	Oui
Western Red Cedar	Oui

- Panneaux de contreplaqué sous marque de qualité NF-Extérieur CTBX :

Ils peuvent être employés sans restriction. Il s'agit de panneaux conformes à la norme NF EN 636 destinés à des emplois extérieurs avec collage classe 3 de la norme NF EN 314-2 ;

2.4.3.3.2.2. Fixations

- Protection contre la corrosion des fixations à l'élément porteur :

La protection contre la corrosion des pointes ou vis est effectuée par électro-zinguage, galvanisation à chaud ou par l'utilisation de matériaux difficilement corrodables comme l'innox.

Le Répertoire 2 ci-dessous indique les niveaux de protection minimale :

Répertoire 2

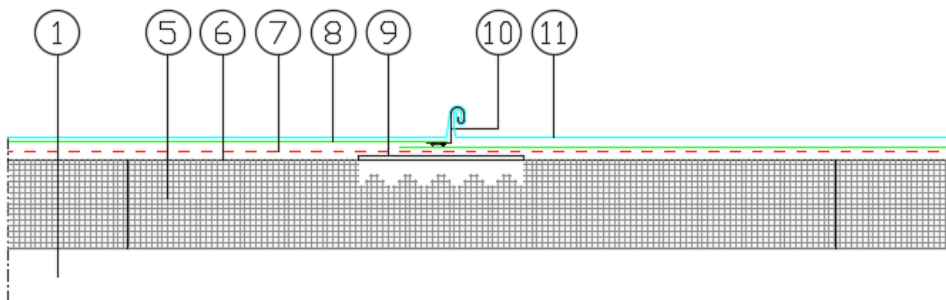
Diamètre (mm)	Classe de Service (1)
	3
	HR > 85 %
$\varnothing \leq 4$ mm	Fe / Zn 25c (Zingage 25 μ m)
$\varnothing \geq 4$ mm	Fe / Zn 25c (Zingage 25 μ m)

(1) au sens de l'Eurocode 1995-1

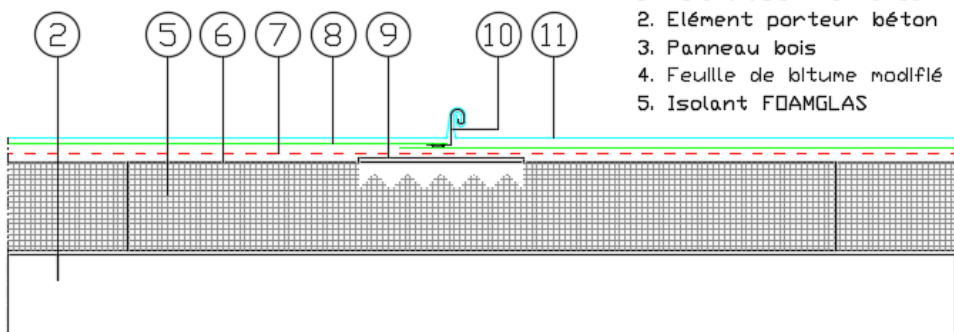
Pour les atmosphères particulières ou en bord de mer, on utilisera le Fe/Zn 40 ou de l'acier inoxydable austénitique A2 minimum selon la norme NF EN 10263-5.

L'utilisation des pointes ou vis inox est obligatoire pour certaines essences dont les tanins sont particulièrement corrosifs comme le western red cedar ou le châtaignier.

Sur tôle d'acier nervurée



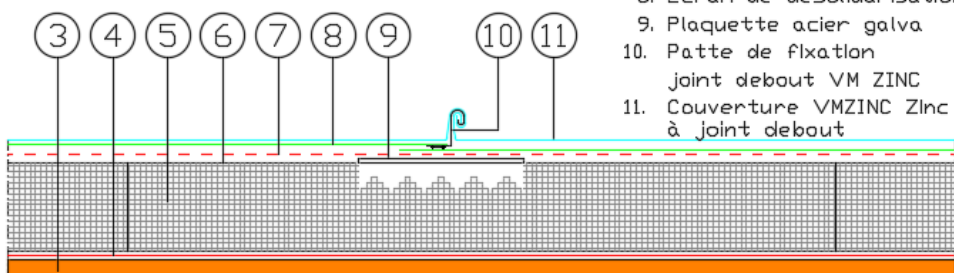
Sur béton



LEGENDE :

1. Tôle d'acier nervurée
2. Élément porteur béton
3. Panneau bois
4. Feuille de bitume modifié SBS
5. Isolant FOAMGLAS

Sur panneau bois



6. Glacis d'EAC (sauf avec panneaux READY)
7. Membrane bitumineuse
8. Ecran de désolidarisation
9. Plaquette acier galva
10. Patte de fixation joint debout VM ZINC
11. Couverture VMZINC Zinc PLUS à joint debout

Figure 6 – Coupes

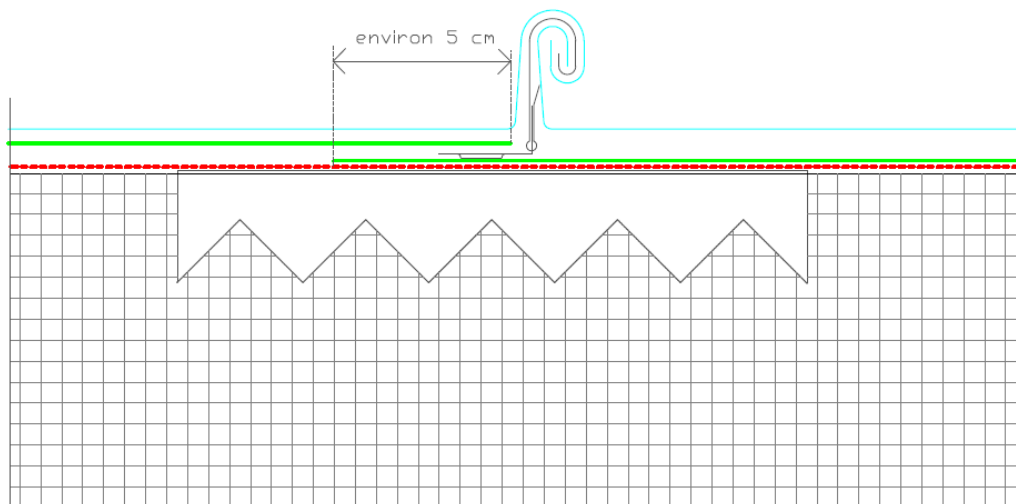


Figure 6bis – Coupe détail

2.4.4. Contraintes de calepinage – tenue aux sollicitations climatiques (cf. figures 7, 7bis et 7ter)

2.4.4.1. Généralités

Le calepinage de l'interface de fixation (plaquettes) s'effectue sur le panneau isolant surfacé à l'EAC. Sa bonne exécution conditionne le bon comportement du système face aux contraintes climatiques.

L'espacement des plaquettes en acier galvanisé et des pattes à joint debout est fonction des contraintes de tenue à la neige et au vent, définies à partir des Règles NV 65 modifiées.

Afin de réaliser le calepinage des pattes fixes et coulissantes, il conviendra :

- de déterminer le **nombre de pattes fixes** : cf. § 2.4.4.2,
- puis de déterminer la **distance entre pattes fixes** : cf. § 2.4.4.3,
- et enfin de déterminer la **distance entre pattes coulissantes** : cf. § 2.4.4.4.

2.4.4.2. Neige et pattes fixes au cisaillement

Le nombre de plaquettes supportant les pattes constituant la partie fixe des feuilles à joint debout, pour résister au cisaillement résultant des forces engendrées par la charge de neige, est déterminée conformément aux prescriptions du NF DTU. 40.41. Le nombre de pattes fixes en fonction de la zone de neige et de l'altitude, selon les règles NV 65 modifiées, est indiqué dans le tableau 4.

Tableau 4 – Altitude maximale en fonction du nombre de pattes fixes et de la zone de neige, quelle que soit la pente (conforme au § 2.4.2).

Zone de neige	Altitude maximale en m		
	avec 5 pattes fixes	avec 6 pattes fixes	avec 7 pattes fixes
E	500	670	800
D	690	820	900
C2	790	900	-
C1	790	900	-
B2	820	900	-
B1	820	900	-
A2	860	900	-
A1	860	900	-

Ce tableau est établi à partir de la résistance au cisaillement des plaquettes de 135 daN (cf. § 2.8.1), par rapport à la charge de neige extrême selon les règles NV 65 modifiées, et avec un coefficient de sécurité de 5 par rapport à la ruine

2.4.4.3. Vent et pattes fixes à l'arrachement

L'entraxe maximum des pattes fixes (cm), pour la partie courante, pour des bâtiments de hauteur ≤ 40 m, dans le cas de couvertures planes ou cintrées, est indiqué dans le tableau 5 (cf. figure 7).

Tableau 5 - Entraxe maximum des pattes fixes (cm), en partie courante, bâtiment de hauteur ≤ 40 m à versants plans ou courbes

	5 pattes	6 pattes	7 pattes
Zones 1, 2, 3 site normal	50	40	33
Zone 1 site exposé	50	40	33
Zone 4 site normal	33	33	33
Zones 2, 3 et 4 site exposé	33	33	33
Les zones de vent et sites considérés sont ceux définis par les Règles NV 65 modifiées Ce tableau est établi à partir d'un W admissible au vent extrême (selon les règles NV 65) par plaquette de 570 N.			

L'entraxe maximum des pattes fixes en rive de toiture pour des bâtiments de hauteur ≤ 40 m, à versants plans ou courbes, sera de 25 cm.

2.4.4.4. Vent et pattes coulissantes à l'arrachement

L'espacement des pattes coulissantes est indiqué dans le tableau 6 dans le cas des couvertures planes et cintrées.

La limite haute de la partie fixe (cf. § 2.4.4.3) est disposée en tête des longues feuilles et au plus à 10 m de l'égout. De part et d'autre de la partie fixe, on dispose des pattes coulissantes (cf. figure 7bis en partie courante, et 7ter en rive de toiture).

Tableau 6 - Entraxe maximum des plaquettes à joint debout pour pattes coulissantes (cm), bâtiment de hauteur ≤ 40 m à versants plans ou courbes

Zones ⁽¹⁾	1		2		3		4	
	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Partie courante	50	50	50	33	50	33	33	33
Rive ⁽²⁾	33	33	33	33	33	25	25	25
Egout ⁽³⁾	25	25	25	17	25	17	17	17

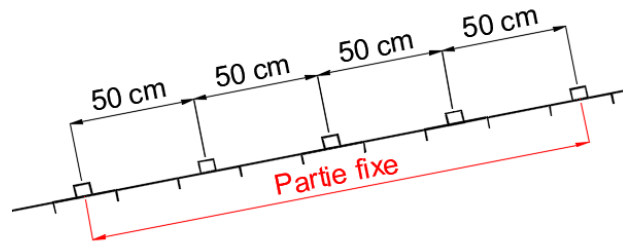
(1) Les zones de vent et sites considérés sont ceux définis par les Règles NV 65 modifiées.

(2) La zone de rive s'étend sur une distance correspondant au 1/10^e de la hauteur du bâtiment et au maximum au 1/10^e de la plus petite largeur du bâtiment (selon les Règles NV 65 modifiées).

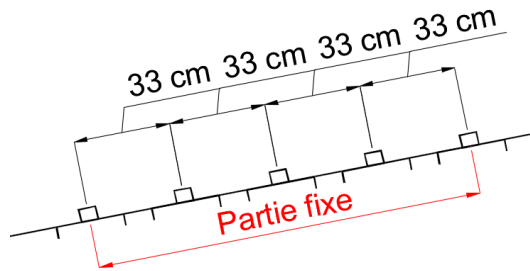
(3) La définition de la zone d'égout est conforme à la description du DTU 40.41 (resserrement des 3 premières pattes). La zone d'égout s'étend sur toute la largeur du rampant et comprend les angles de la couverture.

Ce tableau est établi à partir d'un W admissible au vent extrême (selon les règles NV 65) par plaquette de 570 N.

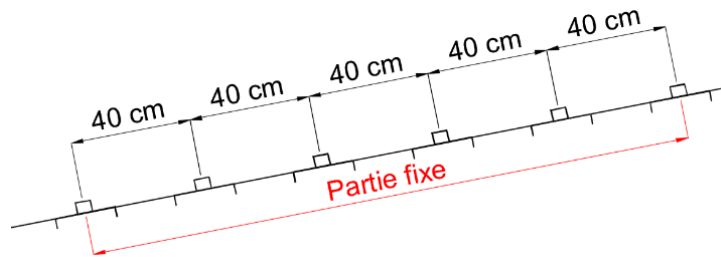
5 pattes fixes
Zones 1, 2, 3 site normal
Zone 1 site exposé



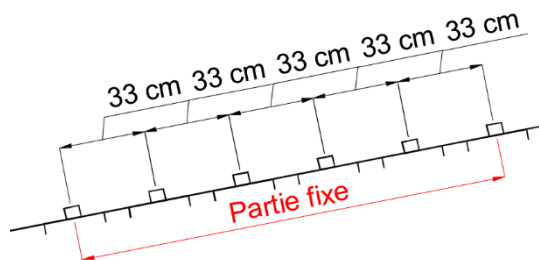
5 pattes fixes
Zone 4 site normal
Zones 2, 3 et 4 site exposé



6 pattes fixes
Zones 1, 2, 3 site normal
Zone 1 site exposé



6 pattes fixes
Zone 4 site normal
Zones 2, 3 et 4 site exposé



7 pattes fixes
Zones 1, 2, 3, 4
site normal et exposé

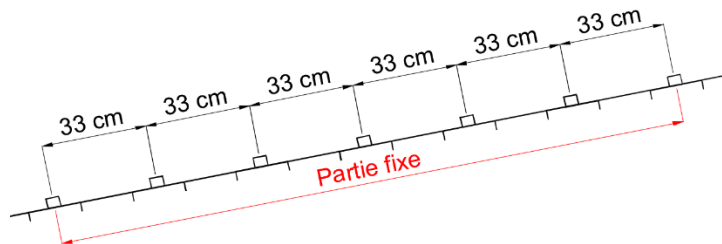
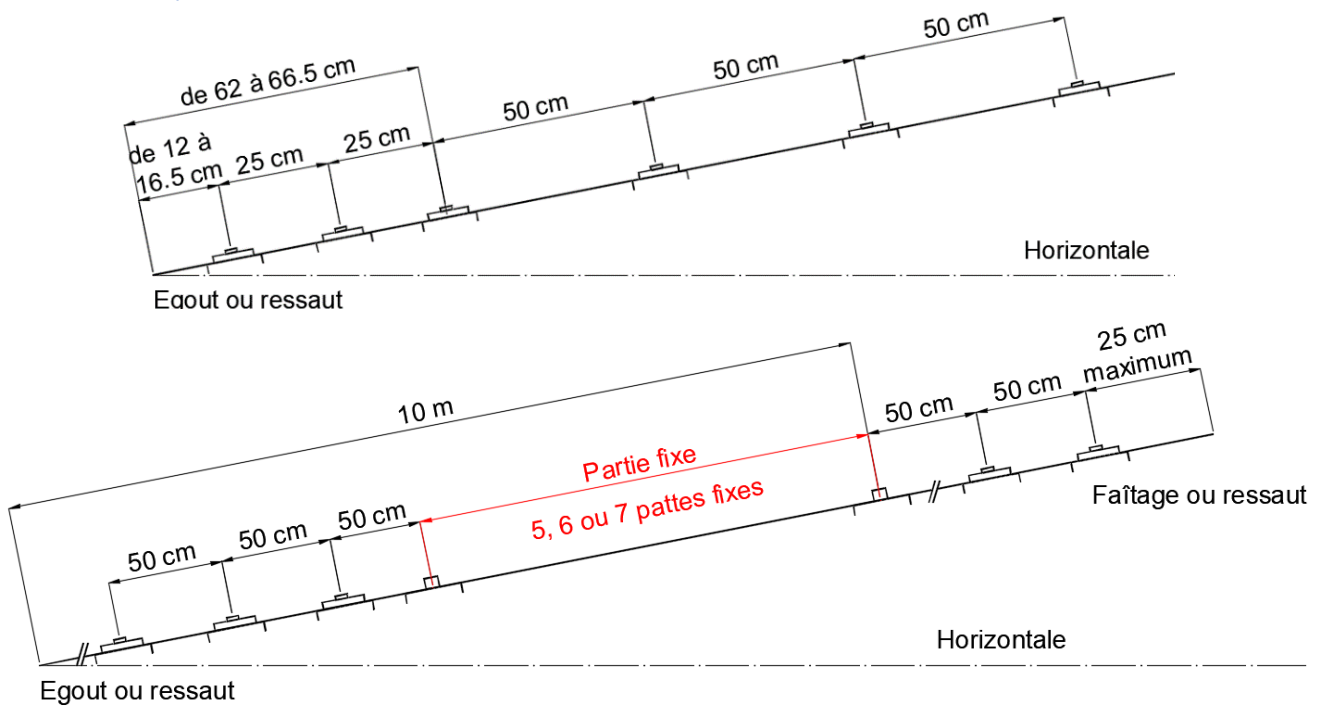


Figure 7 - Entraxe maximum des pattes fixes (cm) joint debout

Zones 1, 2 et 3 site normal
Zone 1 site exposé



Zone 4 normal
Zones 2, 3 et 4 site exposé

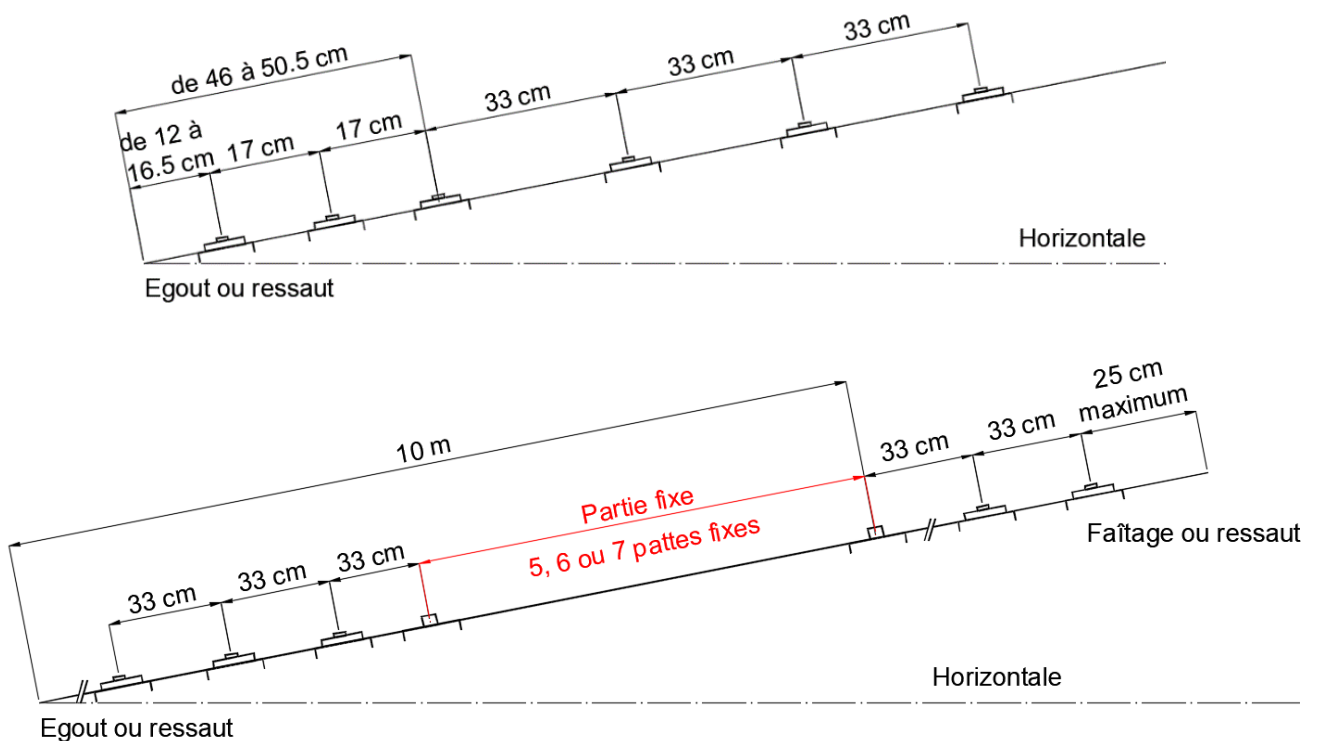
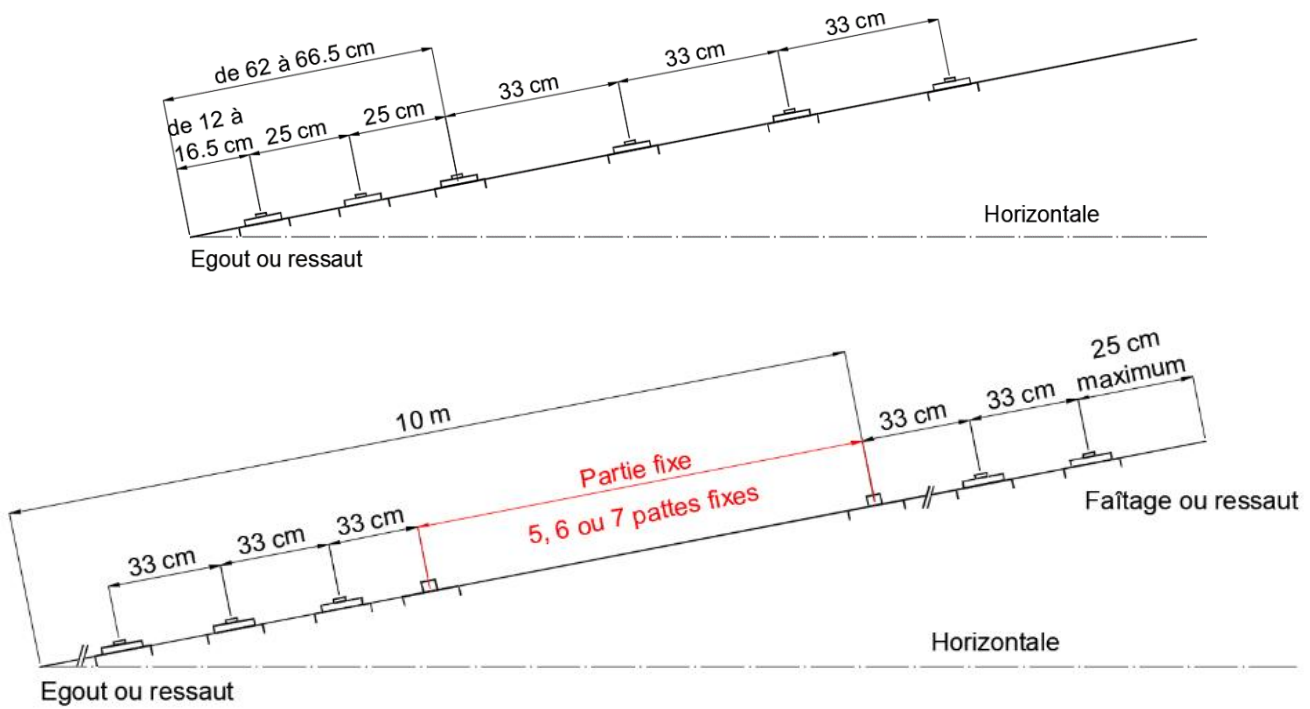


Figure 7bis - Entraxe maximum des pattes coulissantes (cm) joint-début en partie courante

Zones 1, 2 et 3 site normal
 Zone 1 et 2 site exposé



Zones 4 site normal
 Zones 3 et 4 site exposé

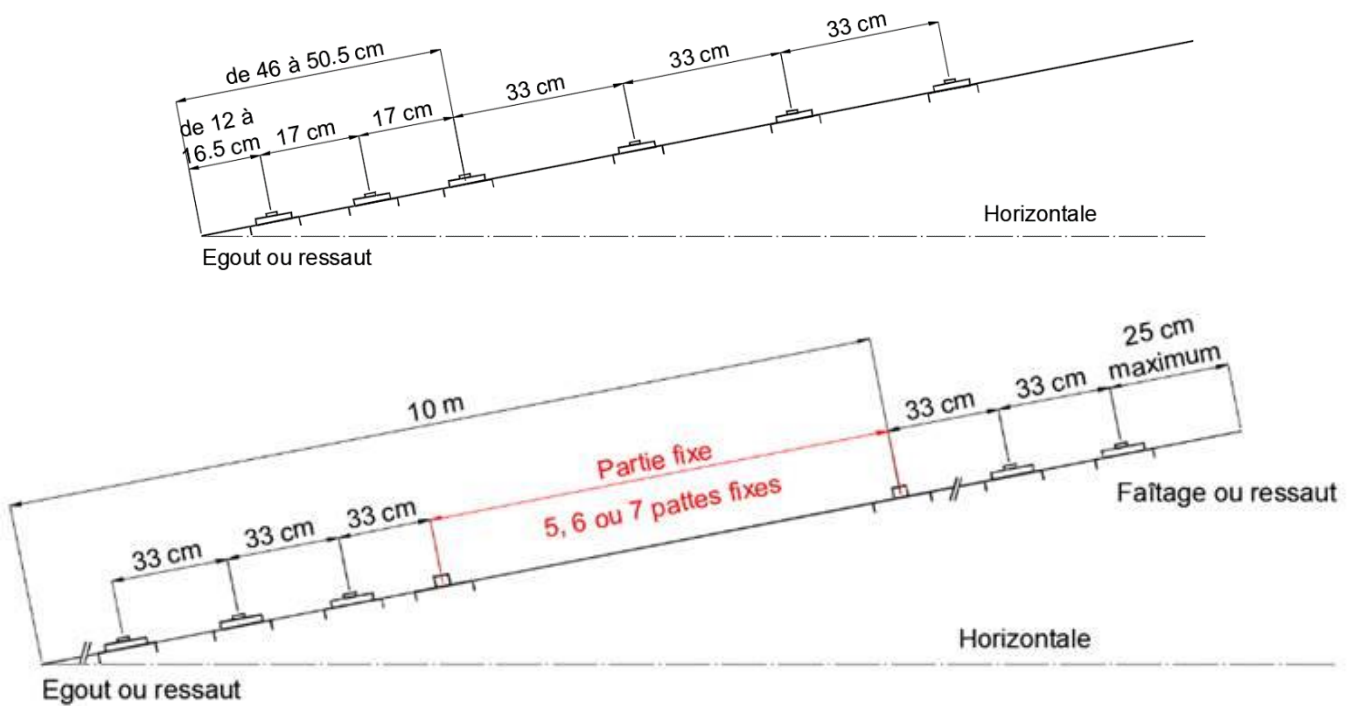


Figure 7ter - Entraxe maximum des pattes coulissantes (cm) en rive de toiture

2.4.5. Pose du complexe de toiture

2.4.5.1. Pose du FOAMGLAS® sur élément porteur

2.4.5.1.1. Pose sur tôle d'acier nervurée (cf. figure 8)

Les panneaux sont posés en rangées parallèles à joints en quinconce, de préférence le long côté parallèle aux nervures. La pose commence de préférence par la ligne d'égout, contre une butée fixée sur l'élément porteur.

Principe de l'encollage à l'Enduit d'Application à Chaud (EAC, exempt de bitume oxydé) sur de FOAMGLAS® T3+, T4+, S3 ou READY T3+ ou T4+ :

L'EAC est chauffé en fondeur thermo-régulé, en respectant les prescriptions du DTA du revêtement d'étanchéité, lorsque l'EAC exempt de bitume oxydé y est visé favorablement. Puis il est placé dans un bac de trempage chauffé par une rampe de manière à tenir le bitume à température sur le lieu de pose. Le contrôle de la température du bac de trempage se fait par un thermomètre. Les panneaux sont enduits par trempage dans un bac de façon à recouvrir d'EAC une grande face et deux côtés adjacents. Ils sont appliqués immédiatement en les pressant sur la tôle et contre les panneaux déjà posés en serrant bien les joints.

- Consommation d'EAC pour le collage : 1,2 kg/m² minimum ;
- Le bac de trempage (à température contrôlée par thermomètre) est situé au plus à 4 m du lieu de pose.

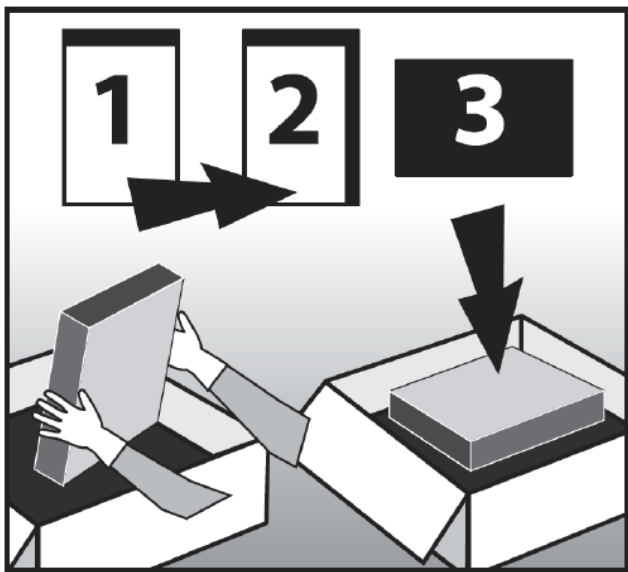


Figure 8a – Le bac de trempage sera situé au plus à 4 m du lieu de pose

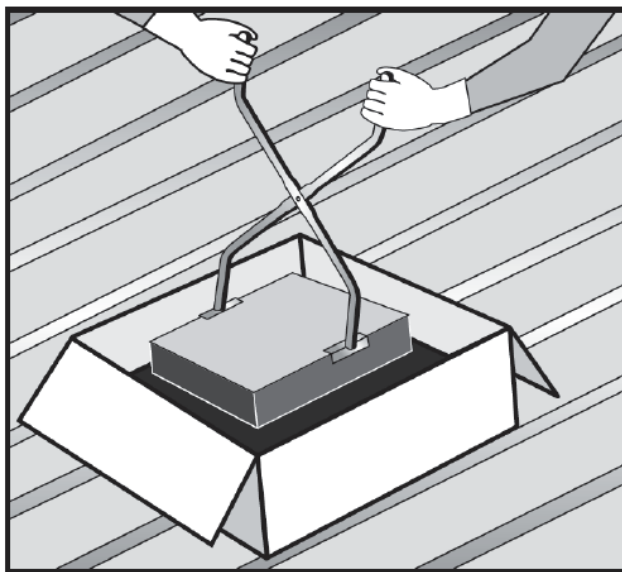


Figure 8b – Consommation d'EAC pour le collage : 1,2 kg/m² au minimum

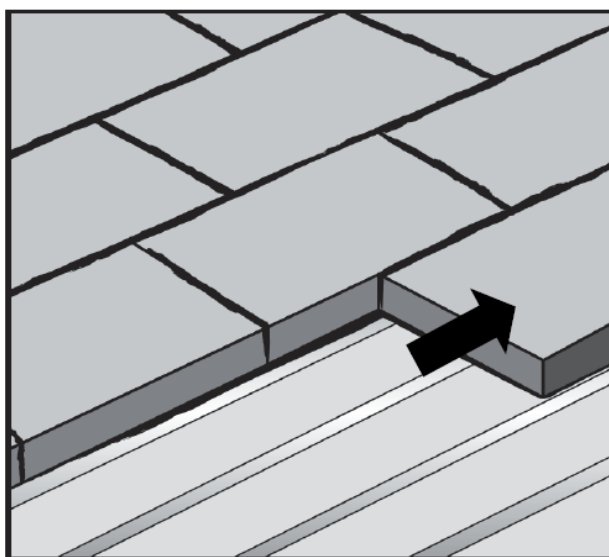


Figure 8c – Pose de la plaque isolante sur tôle d'acier nervurée

Figures 8 – Pose des plaques avec bac de trempage, support TAN

2.4.5.1.2. Pose sur béton (cf. figure 9)

Les panneaux de FOAMGLAS® T3+, T4+, S3 ou READY T3+ ou T4+ sont collés sur toute leur surface, par une couche d'EAC appliqué à l'arrosoir sur E.I.F. en rangées parallèles joints en quinconce serrés.

On veillera à mettre en œuvre une couche d'EAC suffisante pour assurer un collage en plein des panneaux.

- La consommation d'EAC est de 5 kg d'EAC /m² minimum pour le premier lit d'isolant ;
- L'EAC sera chauffé en fondoir thermo-régulé (selon les prescriptions du DTA du revêtement d'étanchéité, lorsque l'EAC exempt de bitume oxydé y est visé favorablement), pour obtenir un enduit fluide qui permette l'adhérence complète et le reflux dans les joints ;
- La pose du revêtement suit à l'avancement ;
- Les panneaux sont posés jointifs et les joints sont remplis d'EAC par refolement lors de la pose à l'avancement.
-

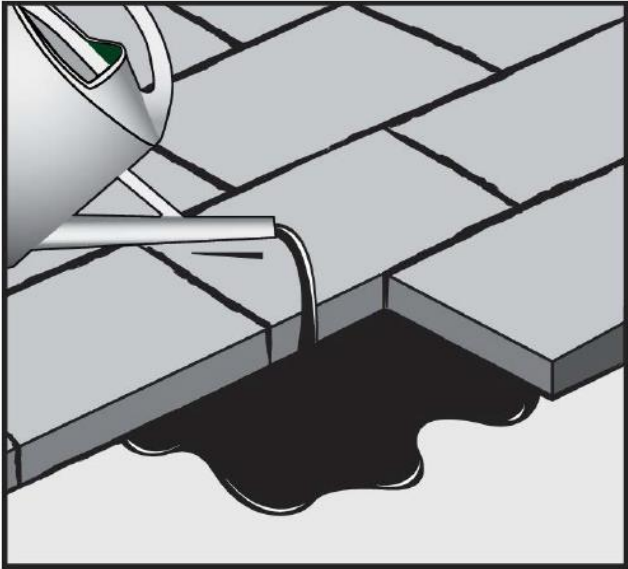


Figure 9a – Pose de la plaque isolante, verser l'EAC sur le support

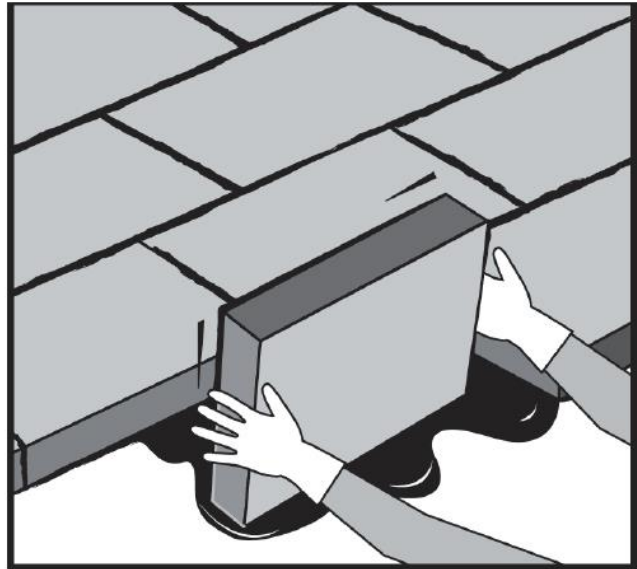


Figure 9b – Pose de la plaque isolante, Les deux bords de la plaque sont trempés dans l'EAC

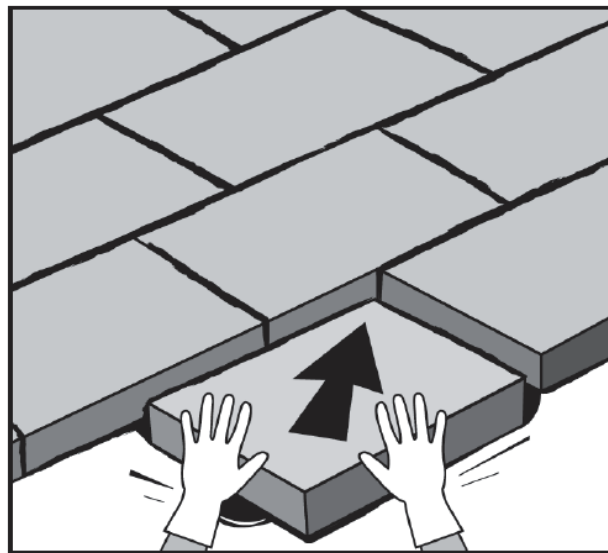
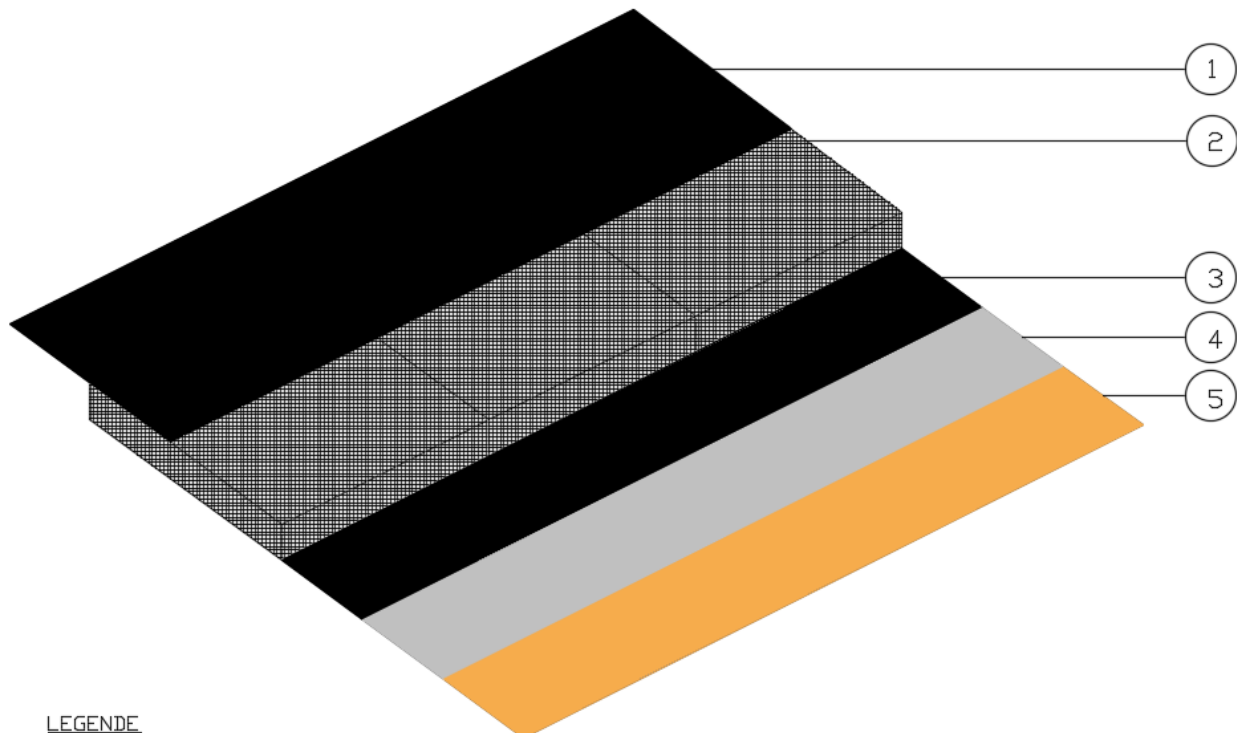


Figure 9c – Pose de la plaque isolante : faire refluer l'EAC dans les joints

Figures 9 – Pose sur élément porteur de pente $\geq 5\%$, support béton ou panneaux à base de bois

2.4.5.1.3. Pose sur bois et panneaux à base de bois (cf. figure 10)

Les plaques de FOAMGLAS® T3+, T4+, S3 ou READY T3+ ou T4+ sont collées à plein bain d'EAC (appliqué à l'arrosoir) comme sur les éléments porteurs en béton (cf. § 2.4.5.1.2).



LEGENDE

1. Glacis d'EAC (sauf avec panneaux READY)
2. Foamglas avec EAC dans les joints
3. EAC
4. Feuille de bitume modifié SBS
5. Support bois massif

Figure 10 – Pose du FOAMGLAS® sur support bois massif

2.4.5.1.4. Pose en deux lits

Les plaques de la gamme FOAMGLAS® peuvent être posées en deux lits maximum.

Chaque lit est posé en quinconce, les joints de 2 lits successifs étant décalés. Les joints seront correctement remplis d'EAC conformément au § 2.4.5.1.

L'épaisseur maximale autorisée est de 360 mm.

Cas du FOAMGLAS® READY T3+ ou T4+ en deux lits

Dans le cas de pose en deux lits avec plaques FOAMGLAS® READY T3+ ou T4+, seul le lit supérieur sera réalisé en panneaux FOAMGLAS® READY T3+ ou T4+, surfacé bitume. Les panneaux du lit inférieur restent en panneaux FOAMGLAS® T3+ ou T4+.

2.4.5.2. Suite de la pose du complexe (cf. figure 11)

2.4.5.2.1. Planéité de la face supérieure de l'isolant

On s'assurera, au moment de la pose, de l'absence de désaffleurement aux joints entre panneaux afin d'offrir la meilleure planéité pour la pose de la couverture VMZINC® PLUS. Néanmoins, en cas de décalages ponctuels, ces derniers devront rester inférieurs à 5 mm. Dans le cas contraire, un rabotage des joints sera effectué de façon à éliminer ces surépaisseurs.

Les désaffleurements inférieurs à 5 mm sont absorbés par le glacis d'EAC et la membrane supérieure.

2.4.5.2.2. Pose des plaquettes

Une fois la mise en œuvre et le rabotage éventuel de l'isolant terminé, on réalise un glacis d'EAC (à raison de 1,2 kg/m² d'EAC au minimum) sur toute la surface des plaques FOAMGLAS® T3+, T4+ ou S3. Le glacis est mis en œuvre à l'aide d'un outil approprié type raclette. Ce glacis devra être réparti de façon homogène et recouvrir complètement les cellules de surface du FOAMGLAS®.

Cas du FOAMGLAS® READY T3+ ou T4+

Dans le cas des plaques FOAMGLAS® READY T3+ ou T4+, le glacis n'est pas nécessaire.

On réalise ensuite un calepinage des plaquettes (traçage au cordeau) sur le glacis d'EAC refroidi ou sur la surface des panneaux FOAMGLAS® READY T3+ ou T4+ (cf. tableaux 5 et 6).

Ce calepinage (quadrillage, mailles) est fonction de la nature de la couverture qui sera ensuite posée (entraxe unique des joints debout 430 mm et espacement des pattes de fixation suivant les dispositions définies dans le § 2.4.4).

Cette opération de calepinage nécessite une coordination entre l'équipe de pose de l'isolant, des plaquettes et de la membrane, et celle qui va fixer la couverture en VMZINC® PLUS à l'aide des pattes à joint debout.

Le traçage vérifié, on vient positionner les plaquettes au centre de chacune des intersections de calepinage, en enfonçant légèrement les crans des plaquettes sur 3 ou 4 mm dans l'épaisseur du glacis d'EAC. Les plaquettes sont positionnées de façon à ce que les retours crantés soient disposés perpendiculairement au sens de la pente de la couverture.

Ensuite, à l'aide d'une flamme de chalumeau, on réchauffe la sous-face de la plaquette et le glacis d'EAC.

Enfin, avec un outil adapté, on encastre définitivement la plaquette dans l'épaisseur du FOAMGLAS® (sur toute la hauteur des retours 30 mm).

2.4.5.2.3. Pose de la membrane

Une fois les plaquettes posées, il convient de souder à plein la membrane bitumineuse, la face filmée directement sur le glacis d'EAC (ou sur la face supérieure des panneaux FOAMGLAS® READY T3+ ou T4+). Les recouvrements longitudinaux et transversaux sont soudés (avec décalage des jonctions dans ce dernier cas) sur une largeur de 60 mm minimum.

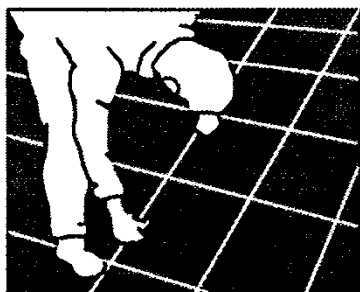
2.4.5.2.4. Pose de la couverture VMZINC® PLUS

La couverture est posée conformément aux exigences du DTU 40.41 (pente, planéité du support, jonction transversale, etc.)

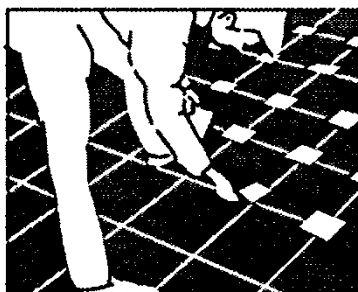
Les bandes d'écran de désolidarisation sont fixées sur les bords et en tête, par deux points de colle PC 11.

Elles sont immédiatement recouvertes par le bac de couverture en VMZINC® PLUS en évitant de créer des plis à leur surface. Ces deux éléments sont fixés lors de la pose par vissage des pattes à joint debout VM ZINC dans la plaquette au travers de la membrane en bitume (le spectre de la plaquette restant visible à la surface de la membrane). Il y a lieu néanmoins de s'assurer du bon positionnement des pattes à visser par rapport aux plaquettes.

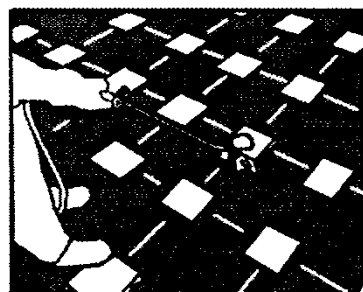
La bande d'écran de désolidarisation suivante viendra recouvrir le patin des pattes à joint debout pour éviter tout contact entre le patin et la sous-face de la bande de couverture VMZINC® PLUS.



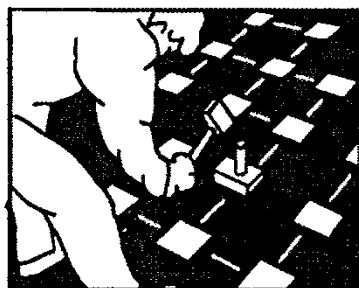
① Traçage au cordeau



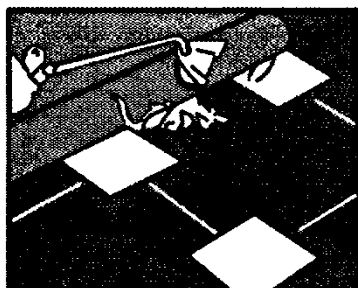
② Pose des plaquettes



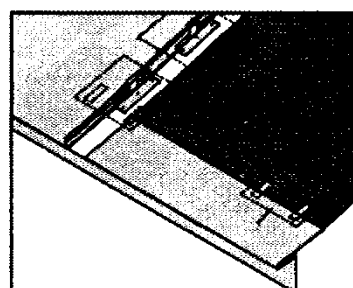
③ Soudage au chalumeau des plaquettes



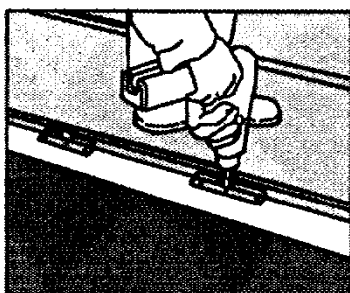
④ Encastrement des plaquettes dans l'isolant



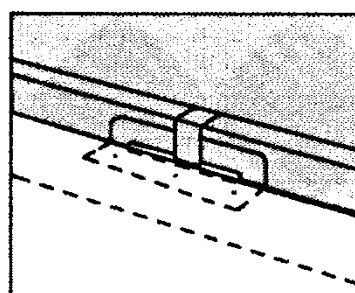
⑤ Pose de la membrane bitumineuse par soudage



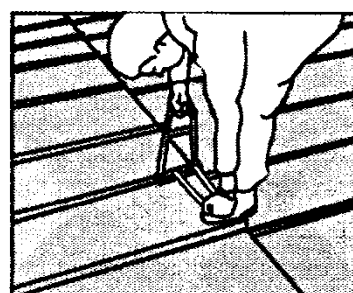
⑥ Pose des pattes de fixation (Détail sur l'égout)



⑦ Fixation des pattes



⑧ Recouvrement du géotextile



⑨ Serissage des bacs

Figure 11 – Pose du complexe en partie courante

2.4.6. Dispositions spécifiques aux toitures simple courbure (cf. figure 12)

2.4.6.1. Généralités

Les couvertures à simple courbure peuvent être de type concave ou convexe, sous réserve du respect des pentes minimales de 5 % en tout point de la couverture.

Il est possible d'utiliser des longues feuilles en zinc jusqu'à 20 m pour autant que l'axe de la zone des pattes fixes disposée au point haut central ne soit pas à plus de 10 m de chaque extrémité de la bande.

Dans le cas de toiture courbe convexe sans interruption au faitage (cf. § 5.51 DTU 40.41), la couverture peut être disposée dans des zones de pente inférieure à 5 %, pour autant que cette zone soit située au sommet du rampant avec une dimension maximale de 10 m sans aucune jonction transversale (cf. figure 12). Le rayon de courbure de la couverture dans ce cas sera donc inférieur ou égale à 100 m.

Les inversions de courbures de type concave-convexe continues sans rupture de la couverture ne sont pas visées. Les deux parties de toiture doivent ainsi être traitées séparément, avec une rupture de la couverture de type ressaut, chéneau, ou double agrafure dilatante, en fonction de la pente au point d'inflexion (pente mini pour double agrafure selon DTU 40.41) (cf. figure 13).

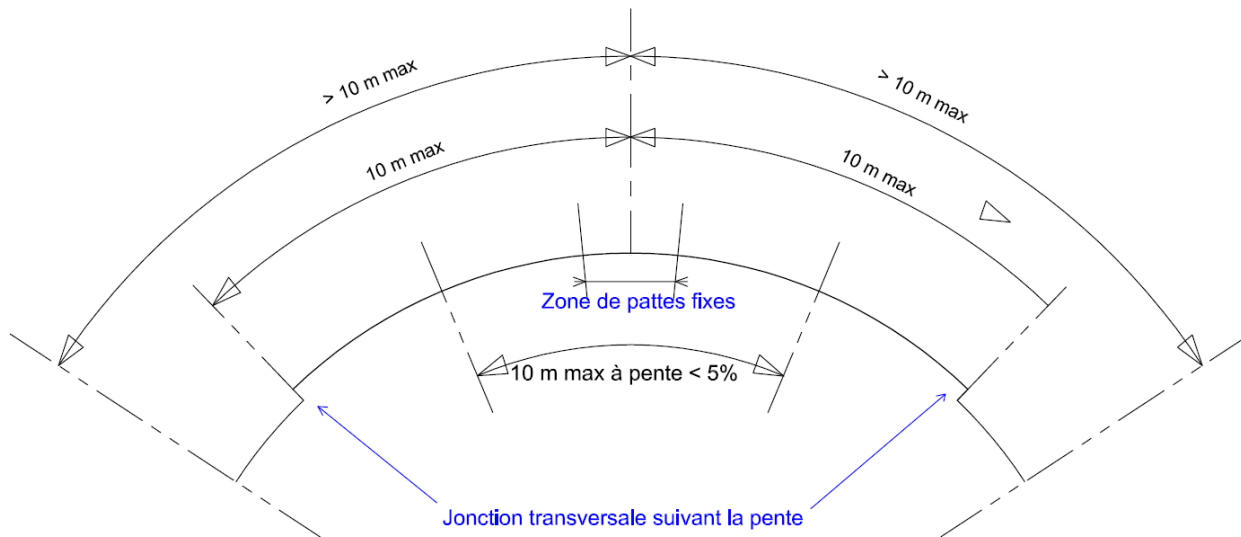


Figure 12 - Dispositions spécifiques aux toitures simple courbure

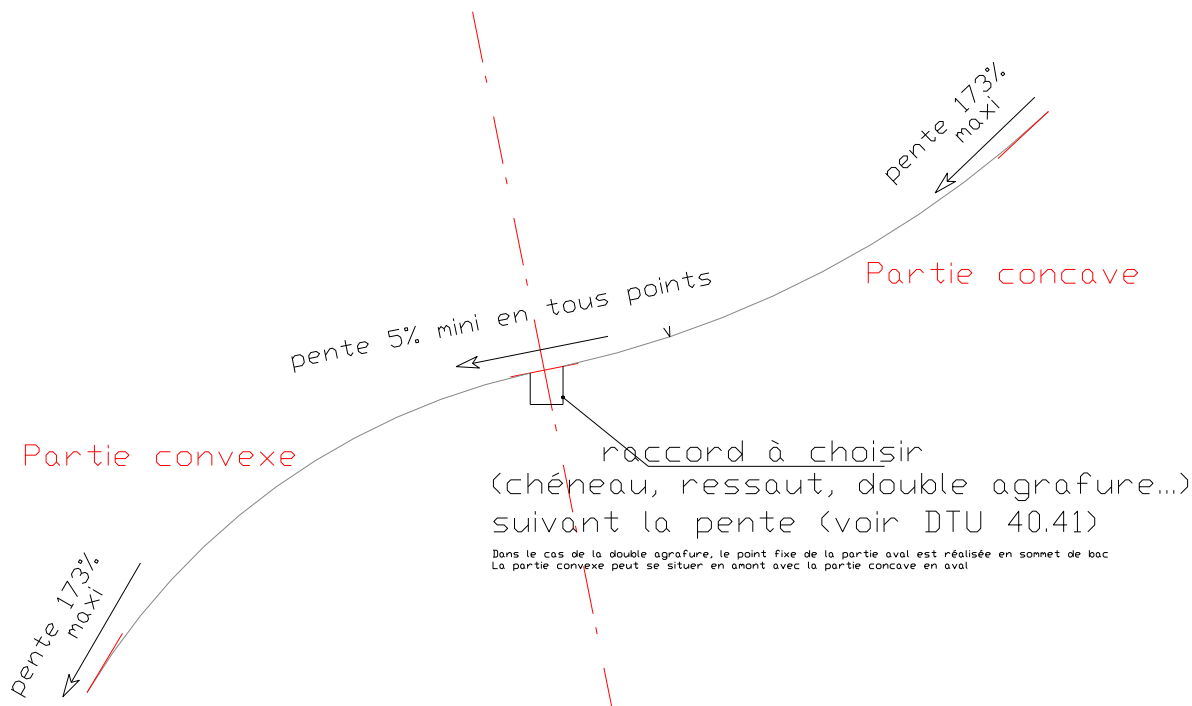


Figure 13 – Rupture sur couvertures de type concave-convexe (cf. § 2.4.6.1)

2.4.6.2. Support en tôles d'acier nervurées

Dans le cas de toiture courbe, conformément aux spécifications du DTU 43.3 (cf. art. C.2.2.3), l'entreprise titulaire du lot concerné devra procéder à une étude d'exécution du support en liaison avec le fournisseur des tôles d'acier nervurées, afin de limiter la facettisation de la courbure notamment.

Cette étude d'exécution doit comprendre la vérification :

- De la cintrabilité des tôles d'acier nervurées en lien avec les documentations techniques des fabricants ;
- De la résistance aux charges descendantes et ascendantes de la tôle d'acier nervurée en fonction de ses caractéristiques et du nombre d'appuis ;
- Du mode de fixation de la tôle d'acier nervurée sur les appuis ;
- De recouvrement et de couture entre tôles d'acier nervurées.

Il pourra être envisagé à titre d'exemple une pose des bacs acier avec nervures parallèles à l'égout.

Le désaffleurement des tôles d'acier nervurées est au maximum de 2 mm au droit des recouvrements.

2.4.6.3. Support en bois

Le rayon de courbure des éléments porteurs en bois massif ne doit pas être inférieur à 250 fois l'épaisseur de ces éléments (cf. DTU 43.4 § 6.2.1.4).

Le rayon de courbure (ou rayon de cintrage) des panneaux à base de bois est indiqué dans le tableau 7. Dans tous les cas, le mode de fixation des éléments est identique à celui du DTU 43.4 ou selon les prescriptions à cet égard d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application.

Tableau 7 - Rayons de courbure des panneaux à base de bois (m) (cf. DTU 43.4 § 6.2.2.4)

Épaisseur du panneau (mm)	Nature du panneau			
	Contreplaqué en bois tropicaux tendres (okoumé)	Contreplaqué en bois tropicaux durs (sipo)	Contreplaqué pin maritime	
			Sens longitudinal	Sens transversal
15	3.0	3.6	3.75	3.0
18/19	3.8	4.6	4.75	3.8
22	-	-	-	-
25	-	-	-	-
30	-	-	-	-

2.4.6.4. FOAMGLAS®

Dans le cas de toiture à forte courbure, la dimension des plaques d'isolant doit être adaptée au rayon R de la toiture. On utilisera des plaques découpées de largeur L et d'épaisseur E selon la formule :

$$L = \frac{0,003 \times R}{E} \text{ (unités en mètre)}$$

Le tableau 8 fournit des exemples d'application de cette formule.

Les plaques de verre cellulaire FOAMGLAS® peuvent être proposées en douelles épousant la forme du support.

Sur demande, les plaques de verre cellulaire peuvent être taillées en usines en segments épousant parfaitement la forme du support.

Tableau 8- Format des panneaux FOAMGLAS® en fonction du rayon de cintrage de la couverture

Largeur L (cm)	45					30					22,5 (1)				
Épaisseur E (cm)	6	8	10	14	18	6	8	10	14	18	6	8	10	14	18
Rayon R (m)	9	12	15	21	27	6	8	10	14	18	4,5	6	7,5	10,5	13,5

(1) Pour les largeurs de plaques inférieures à 22,5 cm, consulter Pittsburgh Corning France.

2.4.6.5. Couverture en zinc

Les bandes de VMZINC® PLUS à joint debout doivent être précintrées en atelier à partir de rayons de courbure inférieurs à 10 m en convexe, 14 m en concave.

La couverture est posée conformément aux spécifications du paragraphe 5.46 et du DTU 40.41.

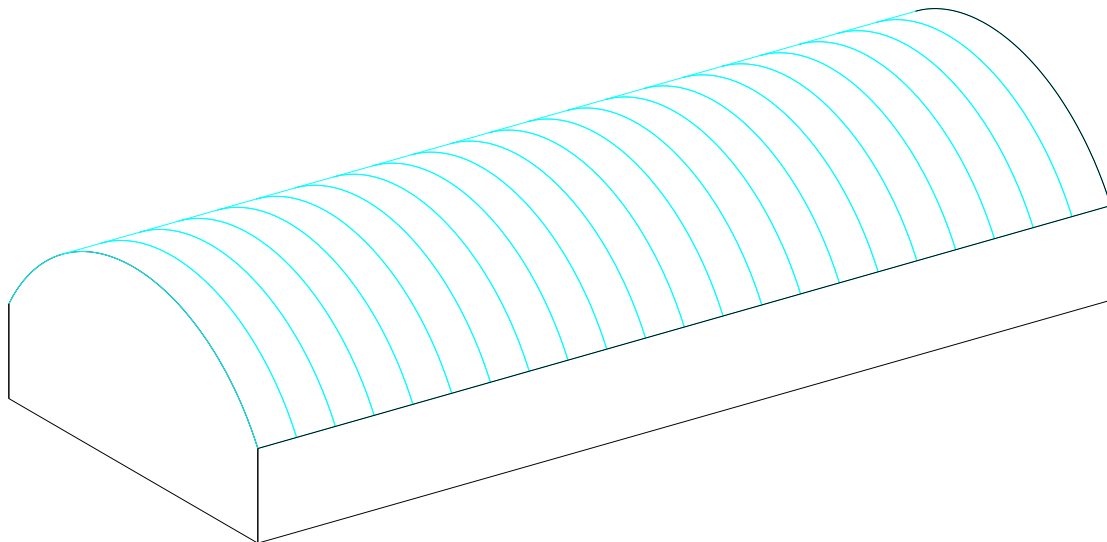


Figure 14 – Toiture simple courbure

2.4.7. Dispositions spécifiques aux toitures gironnées cintrées ou double courbure (cf. figures 17 et 18)

2.4.7.1. Généralités

L'emploi du procédé Toiture compacte VMZINC® est autorisé sur les formes de toitures de type convexes « gironnées cintrées » ou « double courbure », caractérisées par un rayon de cintrage dans le plan vertical et deux rayons de giration (intérieur et extérieur), dans le plan horizontal (cf. figures 18 et 19).

Les deux types de bâtiment double-courbure visés sont :

- Les Tores (cf. figure 17) : caractérisés par des rayons de giration interne et externe à l'égout ;
- Les Dômes (cf. figure 18) : caractérisés par un rayon de giration interne au faîtage.

Les différentes limites de rayons admissibles pour réaliser ces formes de couvertures complexes dépendent du support, et sont définies aux § 2.4.7.2 et 2.4.7.3.

La continuité du support entre chacune des zones à simple courbure doit être traitée conformément aux § 2.4.7.2 et 2.4.7.3.

Les limitations de pente en zone sommitale sont similaires aux couvertures simples courbures convexes (cf. 2.4.6.1). Dans le cas d'un faîtage contre mur, la pente au sommet doit être de 5% minimum.

2.4.7.2. Support tôle d'acier nervurée

Pour gérer la courbure de la toiture dans le plan horizontal (rayons de giration intérieur et extérieur), les tôles d'acier nervurées seront posées sur deux appuis, facétisant ainsi la sous-face de la couverture en un assemblage de plusieurs zones à simple courbure (cf. figure 14).

Chacune des zones à simple courbure sera réalisée conformément aux spécifications du § 2.4.6.

La jonction entre les tôles d'acier nervurées le long de la ligne d'arêtier est recouverte par un feuillard posé dans le même axe, en acier galvanisé (protection par galvanisation adaptée selon NF P 34 -301) d'épaisseur 1 mm et de largeur environ 15 cm (cf. figure 15). Le feuillard sera fixé par des vis auto-taraudeuses de type SFS Group SAS SN 3/18 4,2 x 25 mm, positionnées face à face, tous les 0,20 m maxi sur les deux bords longitudinaux du feuillard.

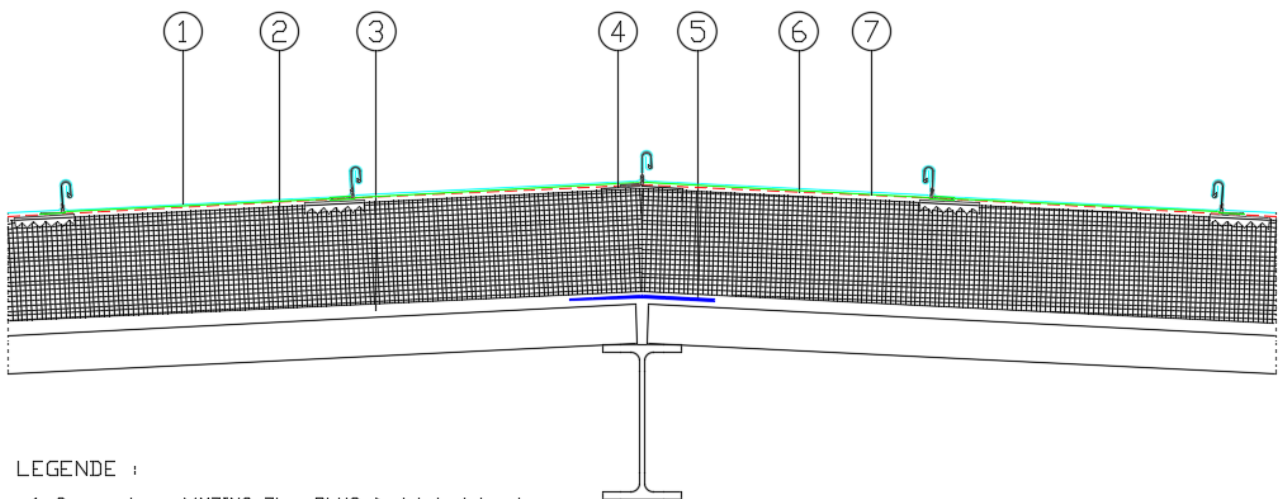
Dans le cas où l'angle entre les tôles d'acier nervurées de part et d'autre de la ligne de jonction est supérieur à 178 °, les tôles d'acier nervurées pourront être raccordées par recouvrement et le feuillard pourra être omis (cf. figure 16). Dans ce dernier cas, on limitera les surépaisseurs au droit des recouvrements longitudinaux et transversaux. À titre d'exemple, il pourra être réalisé un décalage des tôles d'acier nervurées de part et d'autre de la ligne d'arêtier.

Rayons limites pour Tores / tôles d'acier nervurées

La toiture devra présenter un rayon de cintrage supérieur à 8 m et un rayon de giration intérieur supérieur à 80 m sur support tôles d'acier nervurées.

Rayons limites pour Dômes / tôles d'acier nervurées

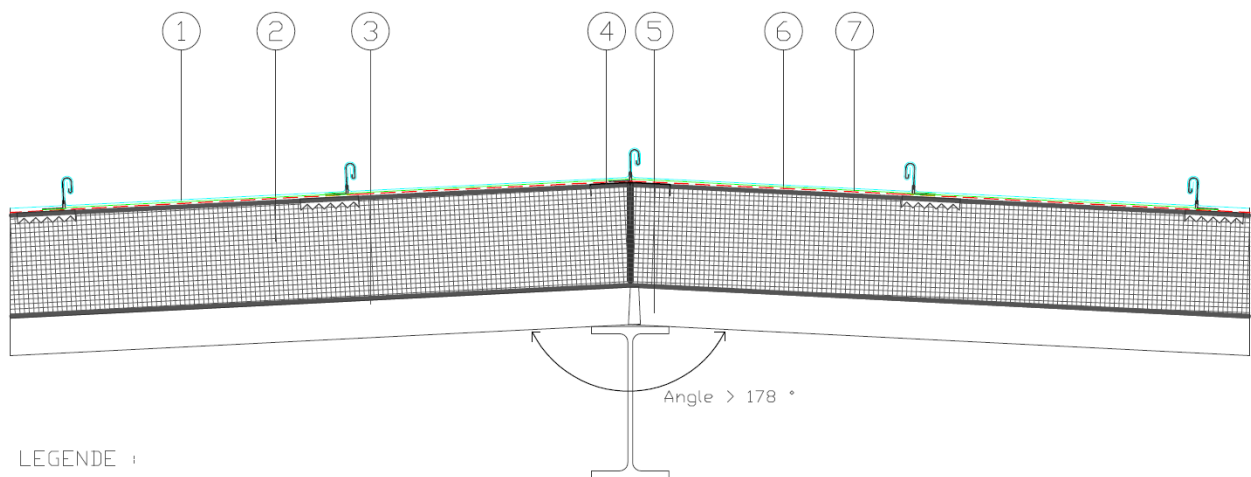
La toiture devra présenter un rayon de cintrage supérieur à 8 m et un rayon de giration intérieur au faîtage supérieur à 1 m sur support tôles d'acier nervurées.



LEGENDE :

1. Couverture VMZINC Zinc PLUS à joint debout
2. Isolant FOAMGLAS
3. Bac acier
4. Plaquette plée
5. Feuillard en acier galvanisé
6. Membrane bitumineuse
7. Ecran d'interposition

Figure 15– Toiture double courbure, feuillard sur support TAN



LEGENDE :

1. Couverture VMZINC Zinc PLUS à joint debout
2. Isolant FOAMGLAS
3. Bac acier
4. Plaquette plée
5. Raccord par recouvrement
6. Membrane bitumineuse
7. Ecran d'interposition

Figure 16 – Toiture double courbure, recouvrement du support TAN

2.4.7.3. Support bois

Pour gérer la courbure de la toiture dans le plan horizontal (rayons de giration intérieur et extérieur), les supports bois seront posés sur deux appuis, facétisant ainsi la sous-face de la couverture en un assemblage de plusieurs zones à simple courbure. Chacune des zones à simple courbure est réalisée conformément aux spécifications du § 2.4.6.

La jonction entre les éléments porteurs en bois massif ou panneaux à base de bois est traitée conformément aux spécifications du chapitre 8.4 du DTU 43.4.

Rayons limites pour Tores / Bois

La toiture devra présenter un rayon de cintrage supérieur à 8 m et un rayon de giration intérieur supérieur à 7 m sur support bois.

Rayons limites pour Dômes / Bois

La toiture devra présenter un rayon de cintrage supérieur à 8 m et un rayon de giration intérieur au faîtage supérieur à 1 m sur bois.

2.4.7.4. FOAMGLAS®

Se reporter aux exigences du § 2.4.6.4. La continuité de l'isolation est réalisée par découpe de chacun des panneaux le long de la ligne de jonction.

2.4.7.5. Couverture zinc

La couverture est réalisée à l'aide bacs zinc trapézoïdaux.

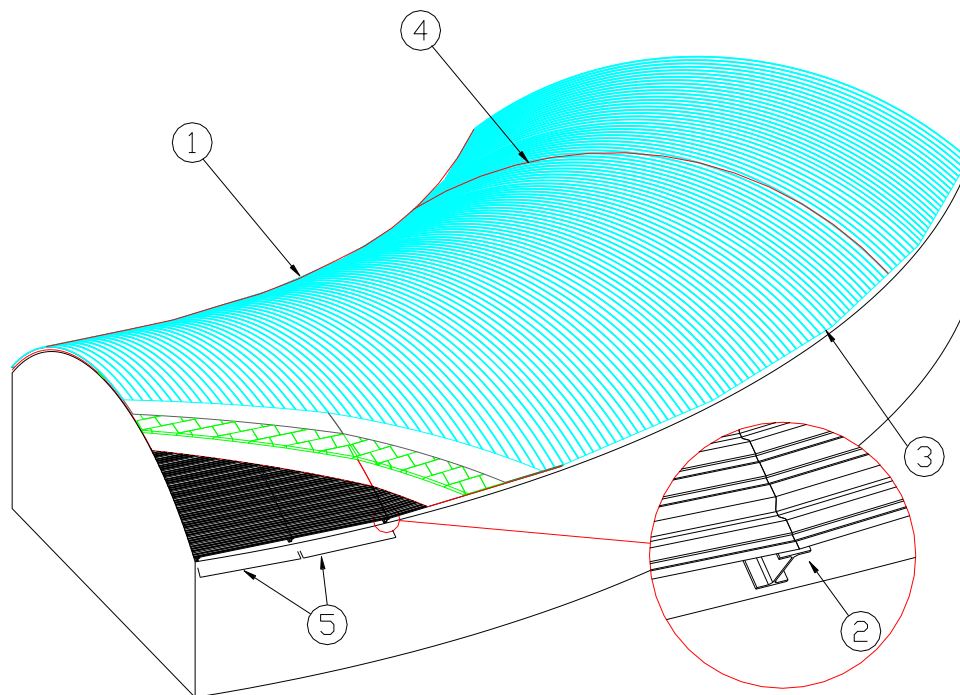
La largeur maximale du fond de bac des bacs zinc trapézoïdaux est de 430 mm et leurs largeurs minimales sont de 50 mm ou 200 mm en fonction du sens de la pente (cf. figure 19).

Les bacs zinc trapézoïdaux sont posés conformément aux spécifications du paragraphe 5.46 et du DTU 40.41.

Les jonctions de la couverture zinc au droit des raccords entre les zones à simple courbure sont réalisées par un principe d'arêtier à joint debout. Une plaquette pliée selon l'angle formé par les deux parties à simple courbure est ajoutée pour permettre la fixation du joint debout en arêtier (cf. § 2.4.8.2 et figures 22).

Le dimensionnement et la mise en place des pattes de fixations est conforme au § 2.4.4.

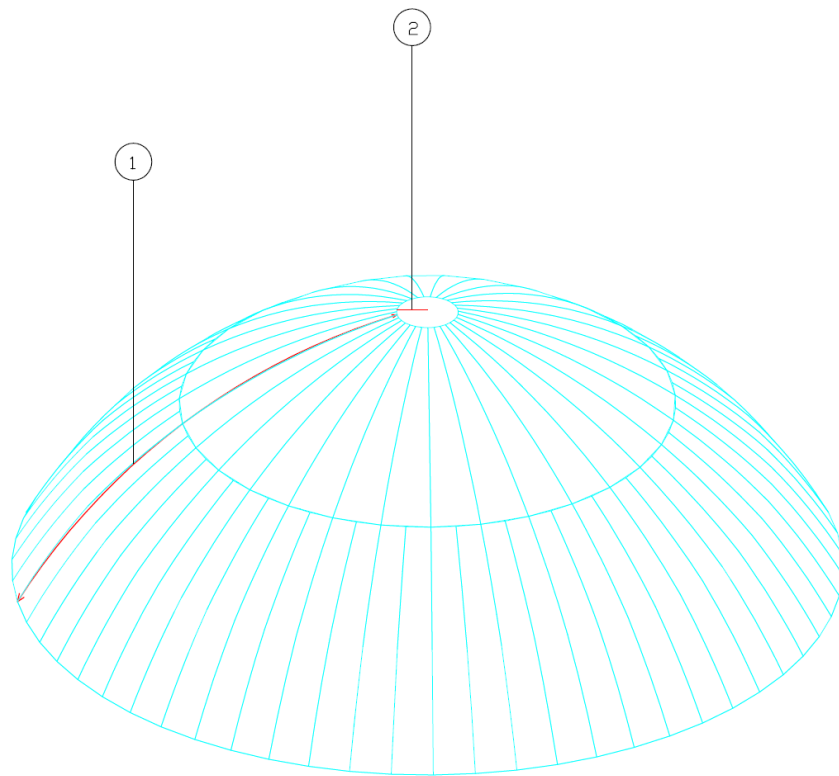
La pose des pattes est réalisée conformément au § 2.4.5.2.4.



LEGENDE :

1. Rayon de giration interne
2. Support bac acier (ou bois) sur deux appuis
3. Rayon de giration externe
4. Rayon de cintrage
5. Discretisation du support en zones à courbure simple

Figure 17 – Toiture double courbure : Tore



1. Rayon de cintrage > 8 m
2. Rayon de giration interne au faitage > 1m

Figure 18 – Toiture double courbure : Dôme

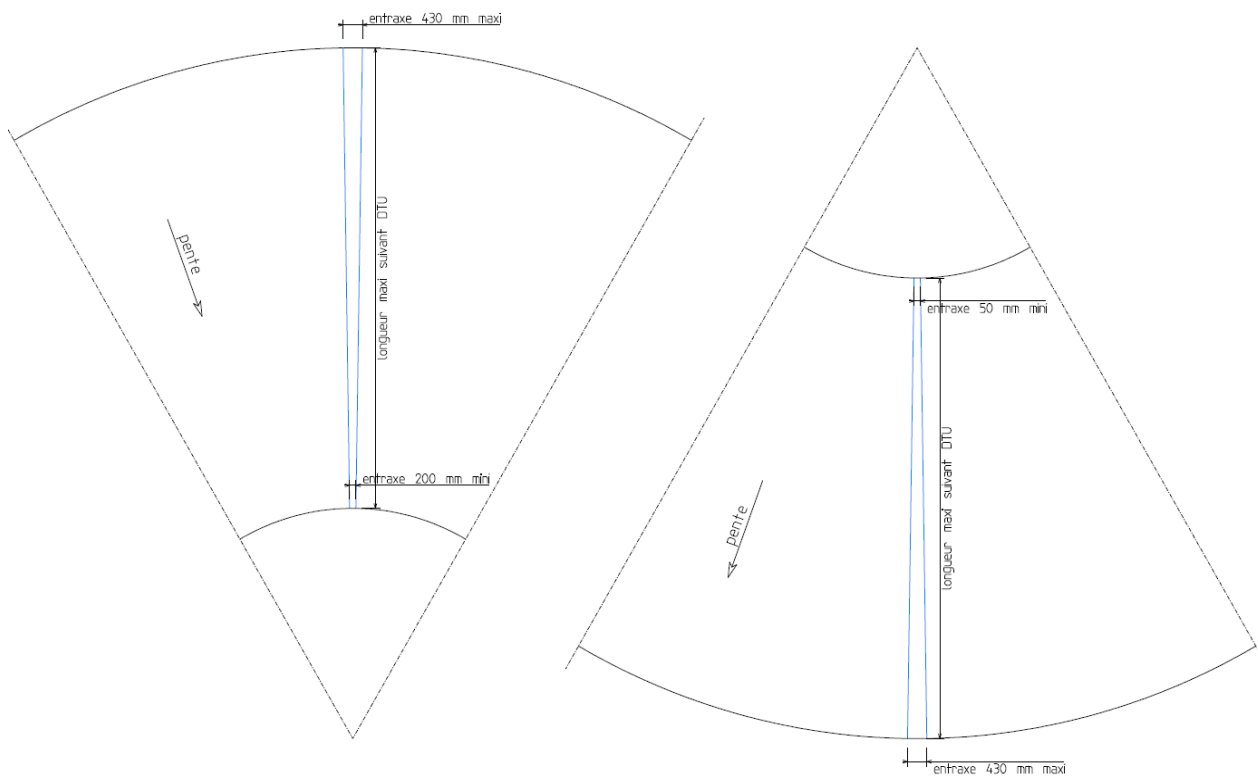


Figure 19 – Dimensions limites des feuilles zinc pour toitures double courbure

2.4.8. Traitement des points singuliers

Les performances thermiques du procédé Toiture compacte VMZINC®, en partie courante, sont données dans le tableau 1.

Pour les points singuliers, la recherche de réduction des ponts thermiques, bien que non spécifiques à ce système, peut passer par deux approches complémentaires :

- Une conception architecturale privilégiant la continuité de l'enveloppe (entre couverture et façade) en évitant par exemple les solutions de type débord de couverture ;
- Une adaptation des exemples types de traitement des points singuliers proposés ci-dessous. À titre d'illustration, la figure 21 représente un traitement pour l'égout ou la rive sans débord de la couverture et à ponts thermiques réduits.

2.4.8.1. Égout

2.4.8.1.1. Égout avec débord de couverture (cf. figure 20)

Les plaques isolantes de FOAMGLAS® sont maintenues par une butée basse constituée par une cornière en acier galvanisée Z 275 revêtue d'un E.I.F. La membrane bitume est rabattue et soudée sur cette butée.

Une deuxième cornière en acier galvanisé peut être ajoutée par fixation sur la première cornière pour servir d'élément raidisseur pour la tenue de la bande d'égout VM ZINC en particulier dans le cas de la réalisation d'un débord de couverture.

L'axe de la première plaquette est fixé de 12 à 16,5 cm de l'extrémité de l'égout.

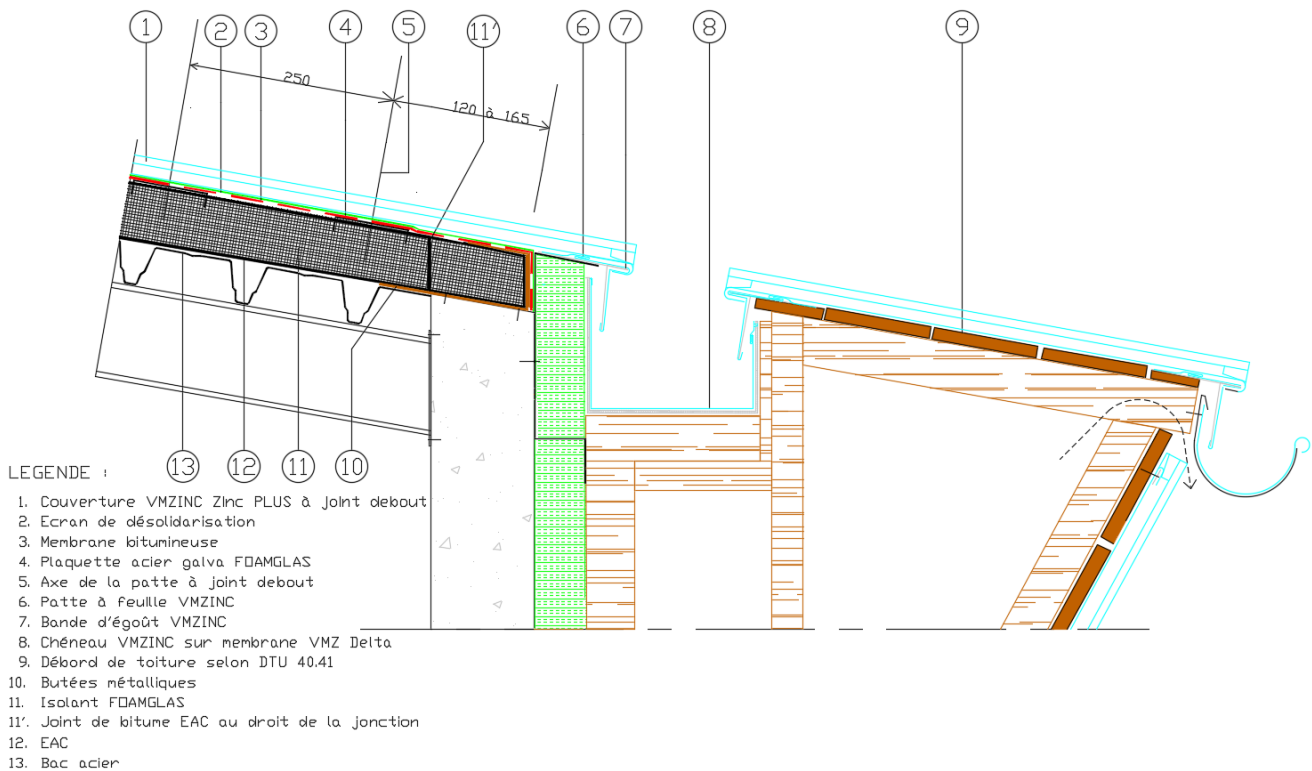


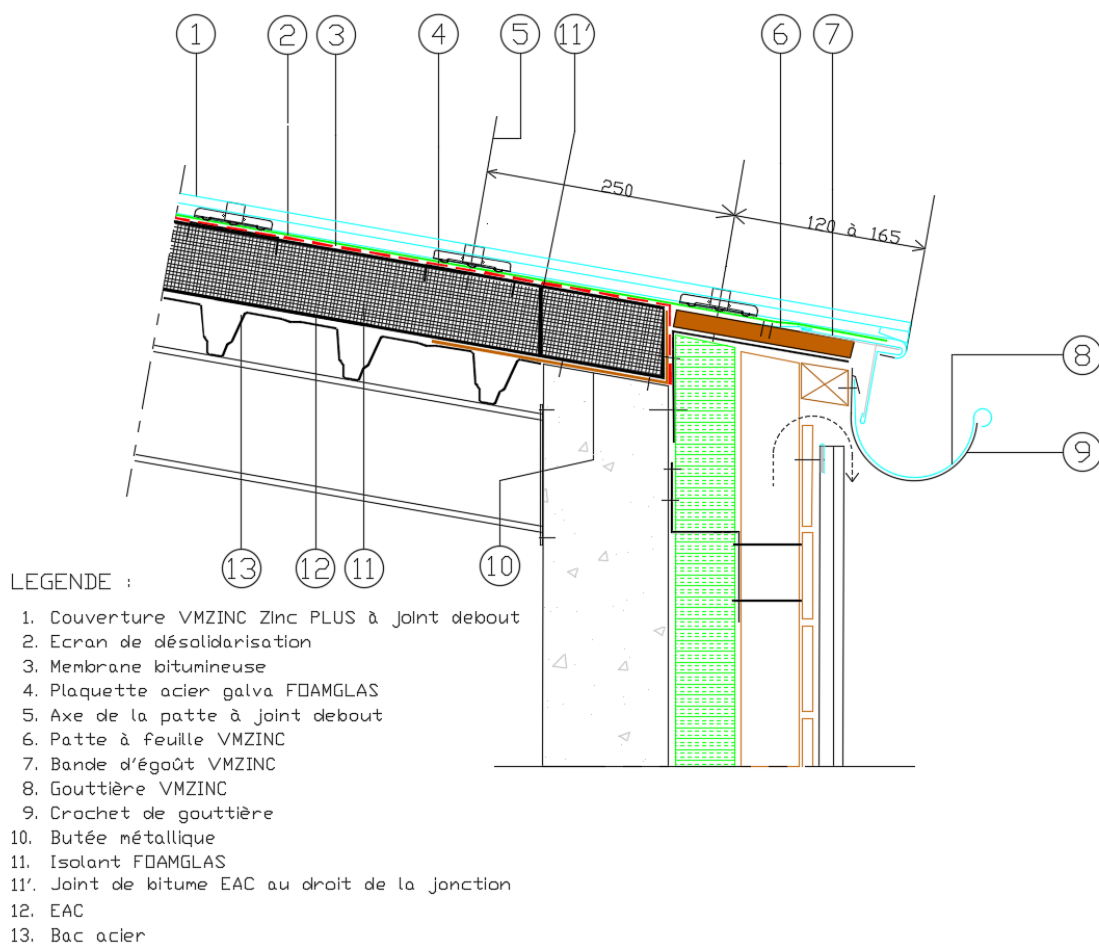
Figure 20 – Égout – Débord

2.4.8.1.2. Égout sans débord de couverture (cf. figure 21)

Dans le cas de la finition à l'aplomb de la paroi verticale, on peut mettre en place, en continuité des panneaux isolants, une volige servant de support à la finition d'égout.

La membrane bitume est rabattue et soudée sur la face externe de la butée en acier galvanisé, revêtue d'E.I.F. et est fixée mécaniquement à l'aide de 3 vis au mètre linéaire.

La première patte à joint debout est fixée sur la volige. L'axe de la première plaquette est disposé à 25 cm de celle-ci.



Nota : selon la configuration du bâtiment, il convient d'étudier le raccord avec la façade pour limiter le pont thermique de liaison.

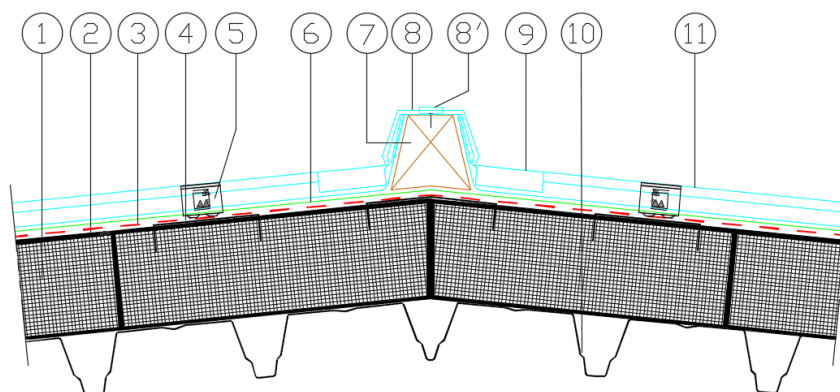
Figure 21 – Égout

2.4.8.2. Faîtage double pentes (cf. figure 22)

Il y a lieu de mettre en place des plaquettes pliées selon l'angle formé par les deux pentes de toiture au faîtage avant la pose de la membrane d'étanchéité.

Les plaquettes sont disposées tous les 50 cm permettant ainsi d'assurer la fixation d'un tasseau bois par vissage dans la plaquette.

La finition de la couverture s'effectue comme défini dans le DTU 40.41 (relevé minimum de 70 mm).



LEGENDE

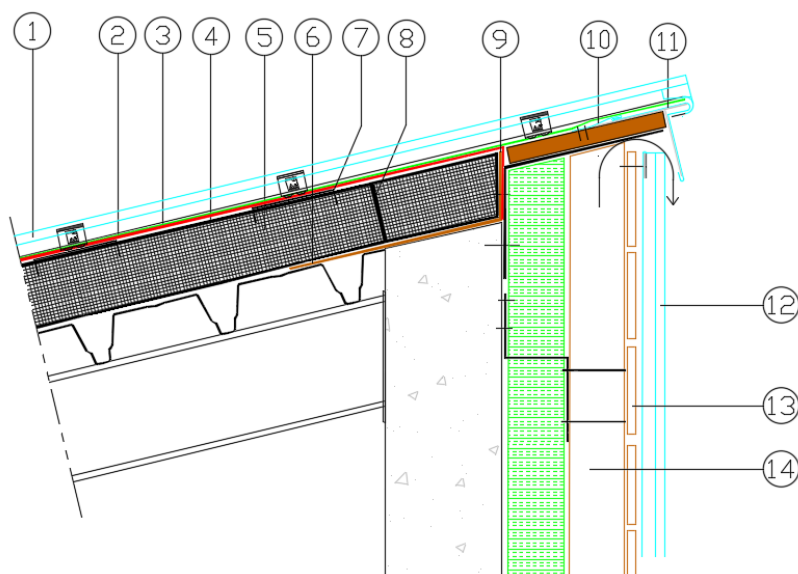
1. Isolant FOAMGLAS
2. Glacis d'EAC sauf avec panneaux READY
3. Membrane bitumineuse
4. Plaquette acier galva FOAMGLAS
5. Patte de fixation VMZINC
6. Ecran de désolidarisation
7. Tasseau de faîtage
8. Couvre joint (dev. 166)
- 8'. Fixation par patte clouée ou soudée à "ressort"
9. Coulisseau de tête VMZINC
10. Bac acier nervuré
11. Couverture VMZ Zinc PLUS à joint debout

Figure 22 – Faîtage

2.4.8.3. Faîtage monopente (cf. figure 23)

Le faîtage monopente peut être réalisé :

- Avec un relevé sur un tasseau de faîtage fixé sur une butée en acier galvanisé ;
- Sans relevé par une finition type rive utilisant une bande d'éégout. La finition du joint debout en tête est assurée par exemple par le rabattement de la languette sur le relevé du joint et la mise en place d'un point de soudure sur la partie de sertissage du joint. Elle peut être également réalisée par d'autres finitions traditionnelles (languette étirée...).



LEGENDE :

1. Couverture VMZINC Zinc PLUS à joint debout
2. Ecran de désolidarisation
3. Membrane bitumineuse
4. Glacis d'EAC sauf avec panneaux READY
5. Isolant Foamglas
6. Bac acier
7. Plaquette Foamglas
8. Joint de bitume EAC au droit de la jonction
9. Butée métallique
10. Patte d'agrafe
11. Bande d'éégout VMZINC
12. Bardage VMZINC à joint debout
13. Vollge
14. Chevron formant lame d'air ventilée

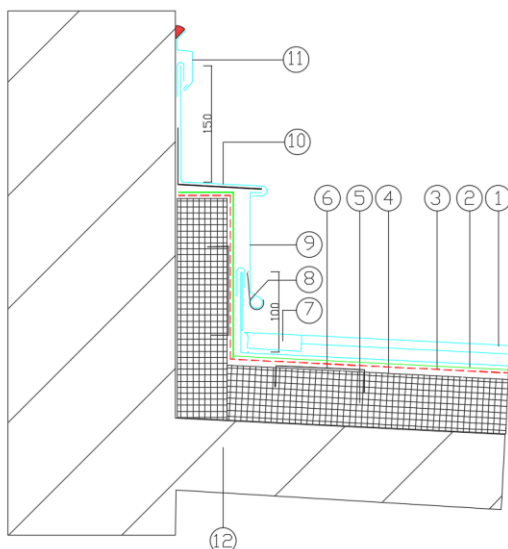
Figure 23 – Faîtage mono-pente

2.4.8.4. Faîtage adossé (cf. figure 24)

Avant la mise en place des plaques isolantes FOAMGLAS®, on dispose une équerre en acier galvanisée revêtue d'un E.I.F. sur l'élément porteur afin de solidariser le complexe à la maçonnerie verticale.

Le relevé d'étanchéité est effectué sur une hauteur minimale de 150 mm.

On assure l'étanchéité avec une bande de solin zinc.



LEGENDE :

1. Couverture VMZ Zinc PLUS à joint debout
2. Ecran de désolidarisation
3. Membrane bitumineuse
4. Glacis d'EAC sauf avec panneaux READY
5. Isolant FOAMGLAS
6. Plaquette FOAMGLAS
7. Coulisseau de tête
8. Clip inox
9. Bande de rive
10. Bande de recouvrement
11. Dispositif écartant les eaux de ruissellement
12. support béton

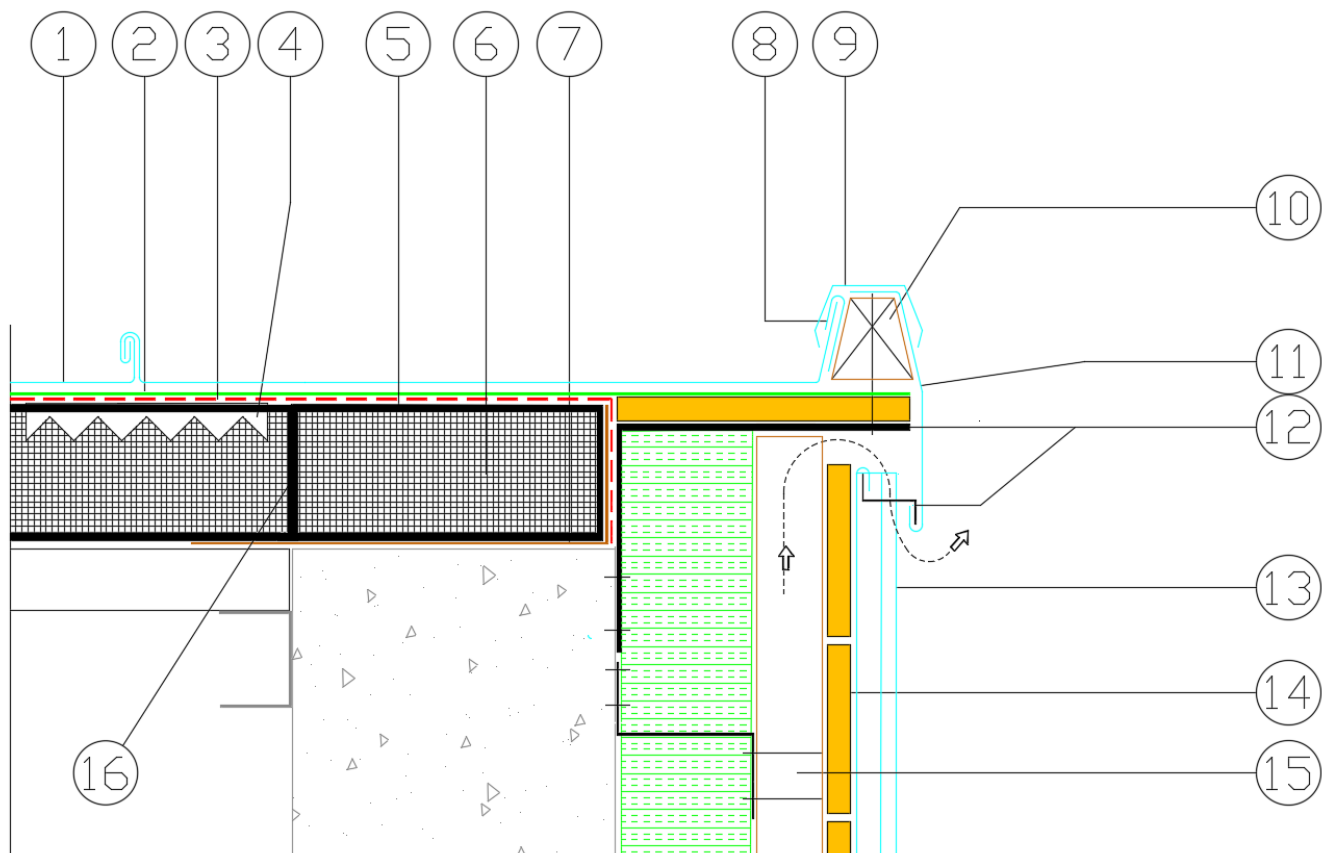
Figure 24 – Faîtage adossé

2.4.8.5. Rives latérales (cf. figure 25)

Une cornière en acier galvanisé, revêtue d'E.I.F. est disposée en butée des plaques de FOAMGLAS®.

La membrane bitume est rabattue et soudée sur cette cornière et fixée mécaniquement à raison de 3 vis au mètre linéaire.

La rive latérale fait appel à la mise en œuvre d'un tasseau bois de 4 cm pour les toitures à rampants dont la projection horizontale est inférieure à 8 m, ou de 5 cm de hauteur pour les autres cas. Le tasseau bois est fixé dans une volige disposée à l'aplomb du panneau isolant de toiture.



LEGENDE :

- | | |
|---|---|
| 1. Couverture VMZINC Zinc PLUS à joint debout | 9. Couvre-joint |
| 2. Ecran de désolidarisation | 10. Tasseau |
| 3. Membrane bitumineuse | 11. Bande de rive |
| 4. Plaquette acier galvanisé FOAMGLAS | 12. Bandes acier galvanisé |
| 5. Glacis d'EAC sauf avec panneaux READY | 13. Bardage VMZINC à joint debout |
| 6. Isolant FOAMGLAS | 14. Volige |
| 7. Butée métallique | 15. Chevron |
| 8. Main d'arrêt | 16. Joint de bitume EAC au droit de la jonction |

Figure 25 – Rive

2.4.8.6. Jonctions transversales

2.4.8.6.1. Ressaut (cf. figure 26)

Le ressaut est réalisé soit par un décalage de la charpente soit par un coyau qui peut être réalisé par la disposition de plusieurs panneaux isolants FOAMGLAS® TAPERED de pente 6,6 %, la hauteur initiale du premier élément correspondant à l'épaisseur de l'isolant utilisé pour l'ensemble de la toiture.

- Deux cas peuvent se présenter (cf. § 5.4.2.3.1.1 du DTU 40.41) :
- Ressaut de hauteur 100 mm réalisé par décalage de charpente ou par coyaux. Dans ce cas, on utilisera 3 panneaux FOAMGLAS® TAPERED. Le coyau ainsi formé présente un relief de 118 mm ;
- Ressauts de hauteur 80 mm ou 50 mm réalisés par décalage de charpente ou par coyaux. Dans ce cas, on utilisera 2 panneaux FOAMGLAS® TAPERED. Le coyau ainsi formé présente un relief de 79 mm.

On dispose une bande continue en acier galvanisé fixée sur les plaquettes disposées de 12 à 16,5 cm de l'extrémité du relief, servant à maintenir en place la bande en acier galvanisé et d'assurer l'agrafage des feuilles de couverture.

La finition en tête de la couverture zinc fait appel à un coulisseau de tête (commercialisé par VM Building Solutions).

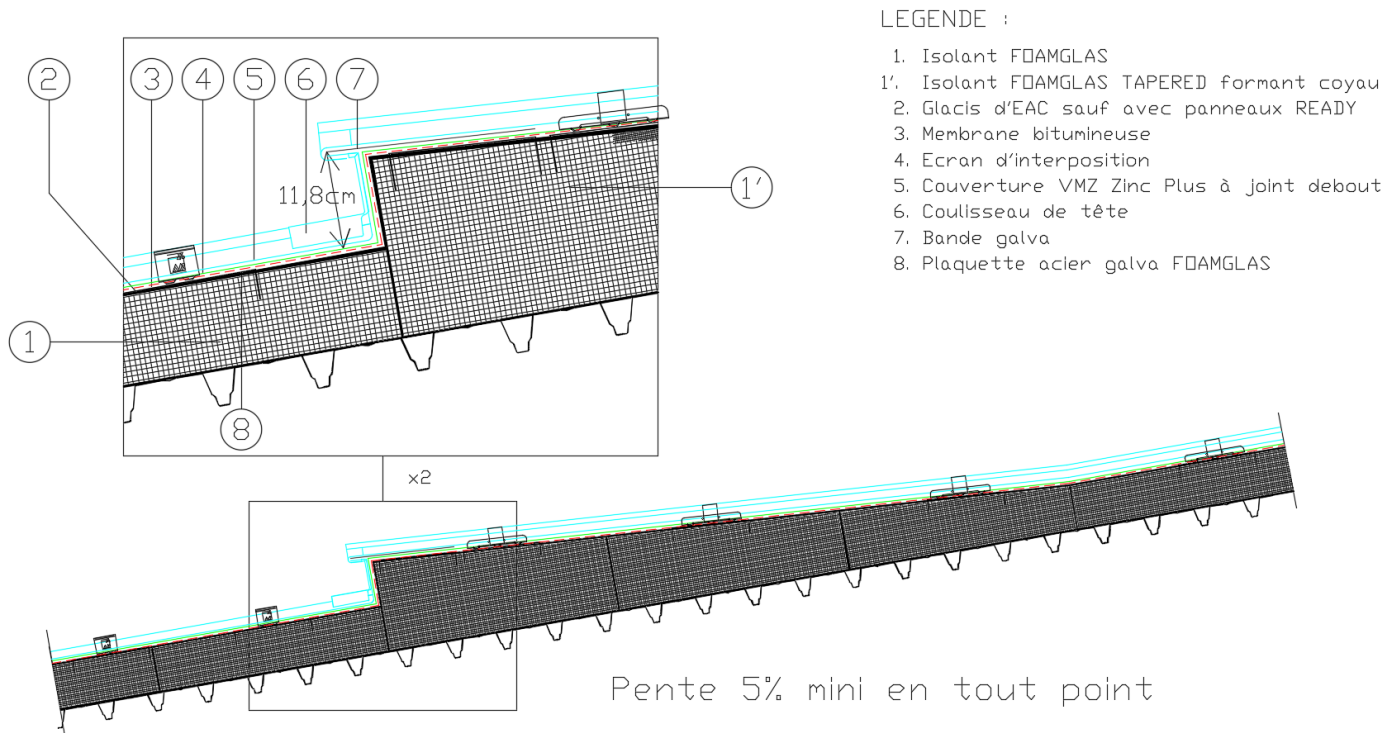


Figure 26 – Ressaut

2.4.8.6.2. Agrafure (cf. figure 27)

On s'assure scrupuleusement que la tête de la longue feuille de zinc sur laquelle vient s'agrafer le bac supérieur par simple ou double agrafure, coïncide parfaitement avec l'emplacement d'une plaquette, permettant ainsi de réaliser la fixation en tête par pattes vissées dans cet élément.

Pour la réalisation de la partie supérieure, on viendra mettre ensuite les bandes d'écran de désolidarisation à l'avancement de l'agrafage des bacs.

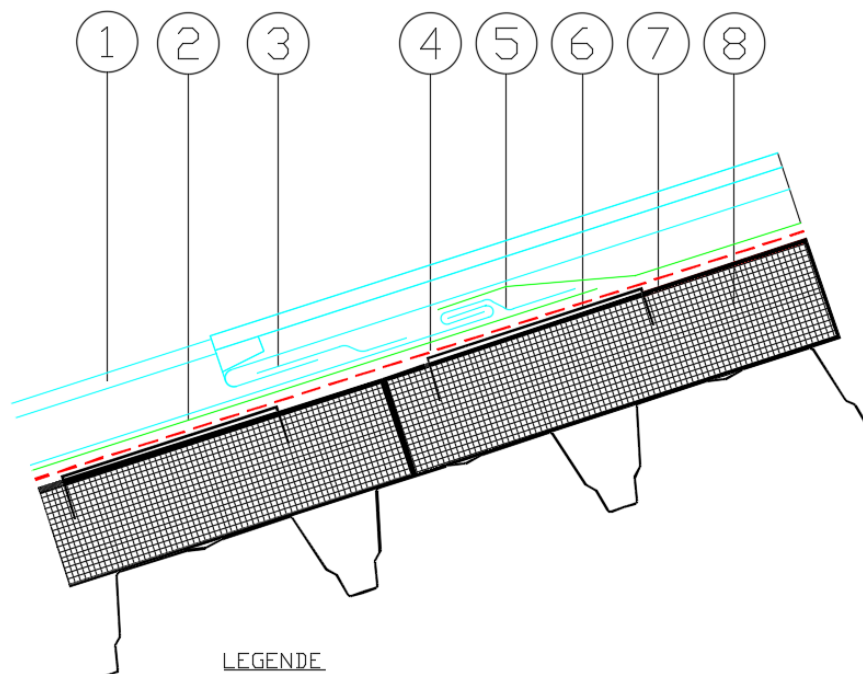


Figure 27 – Double agrafure

2.4.8.7. Noues

Le traitement des noues est réalisé conformément aux spécifications du DTU 40.41.

Les noues selon les cas (pente de la noue, surface réceptrice) pourront être de type noue plate ou noue encaissée.

Dans le cas des noues plates, on dispose directement sur le complexe la bande de noue fixée par des pattes à feuille sur les plaquettes. La jonction avec les bacs de couverture s'effectue par double agrafure.

Dans le cas des noues encaissées, l'encaissement aura une profondeur au moins égale à 50 mm. Cet encaissement peut être prévu lors de la réalisation de l'élément porteur ou être réalisé à l'aide de coyaux créés par deux plaques FOAMGLAS® TAPERED 6,6 % (cf. figure 21 et § 2.4.8.6.1 ressaut).

L'encaissement est recouvert en continuité par la membrane d'étanchéité et l'écran de désolidarisation.

Dans le cas de noues de longueur supérieure à 10 m, la jonction entre éléments de noue sera réalisée avec le procédé « Joint de dilatation VMZINC® », par ressauts ou dans le cas d'une pente de noue supérieure à 25 % par double agrafure.

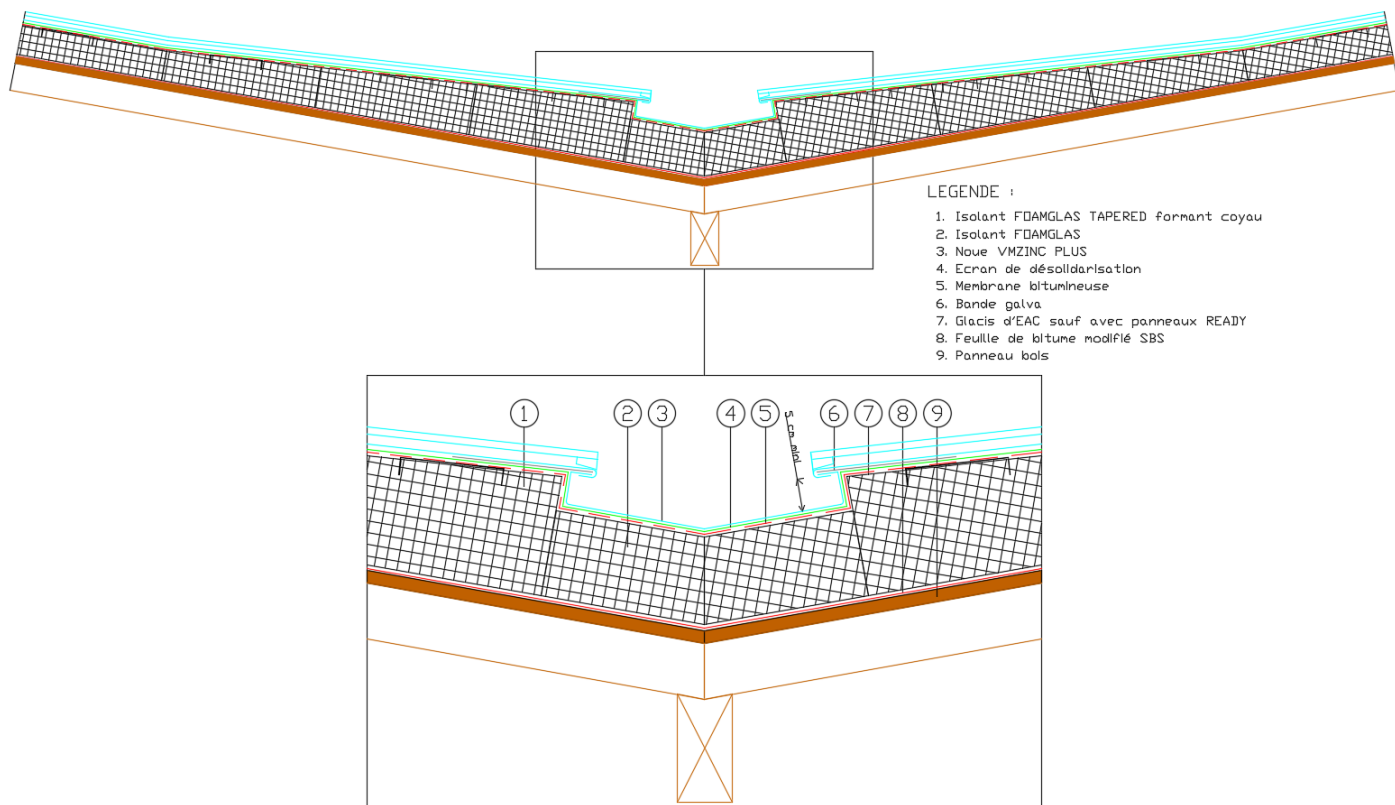
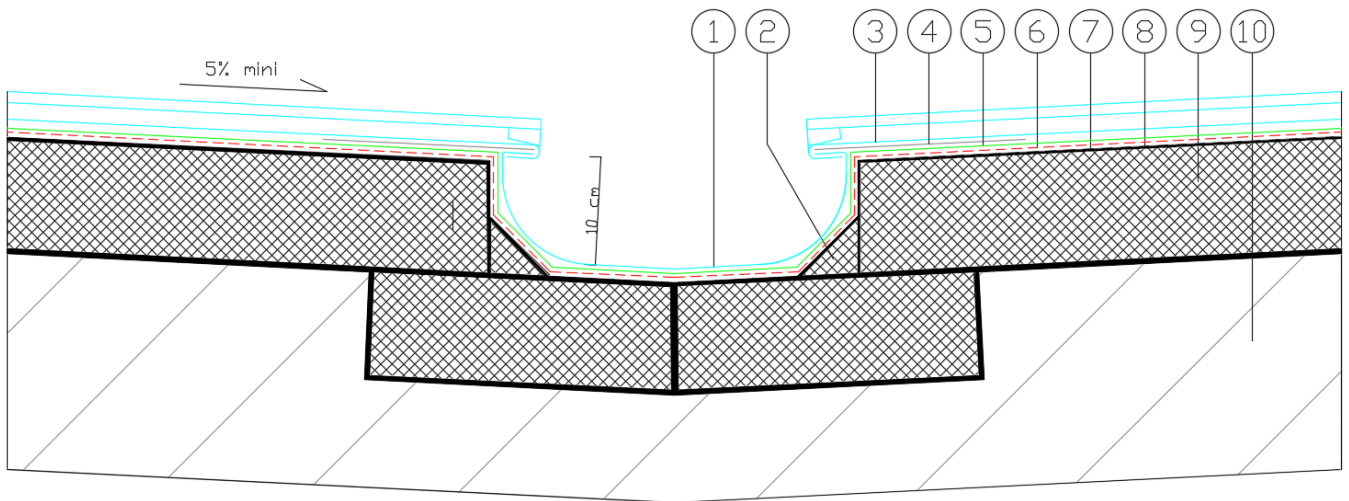


Figure 28 – Noue encaissée

2.4.8.8. Chéneau encaissé (cf. figures 29 et 30)

La finition du chéneau encaissé s'effectue de la même manière que la noue encaissée (cf. § 2.4.8.7), mais avec un encaissement de 10 cm.

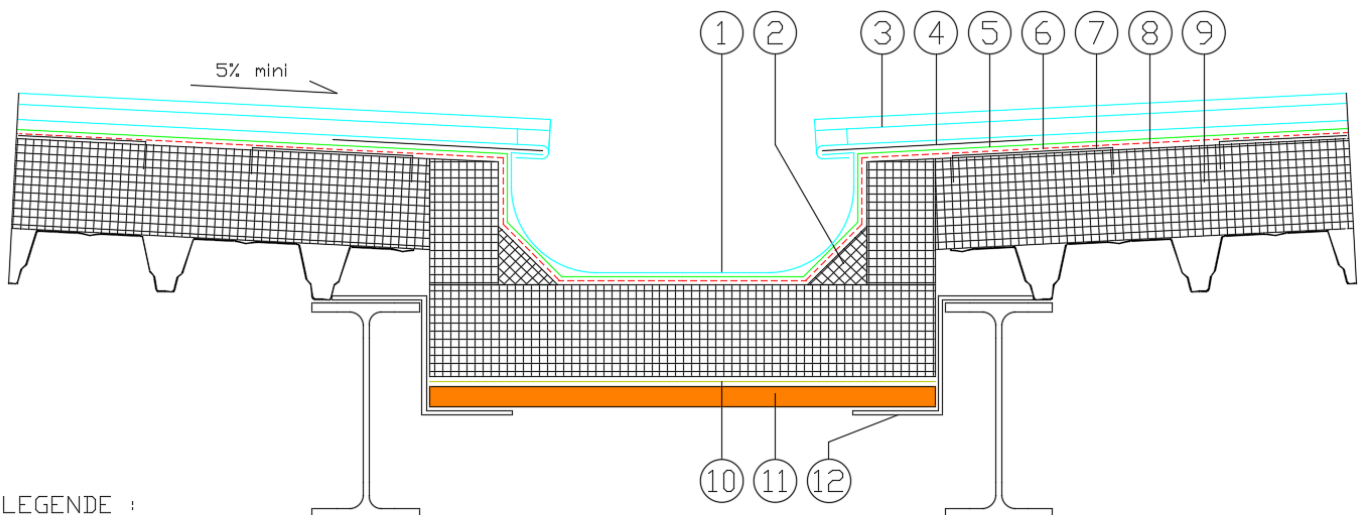
On dispose à cet effet des chanfreins en FOAMGLAS® de dimensions 5 x 5 cm (disponibles sur demande) en fond de chéneau.



LEGENDE :

1. Chéneau en VMZINC PLUS
2. Chanfrein FOAMGLAS 5cm x 5cm
3. Couverture VMZ Zinc PLUS à joint debout
4. Bande d'agrafe
5. Ecran de désolidarisation
6. Membrane bitumineuse
7. Plaquette en acier galva FOAMGLAS
8. Glacis d'EAC sauf avec panneaux READY
9. Isolant FOAMGLAS
10. Béton

Figure 29 – Chéneau béton



LEGENDE :

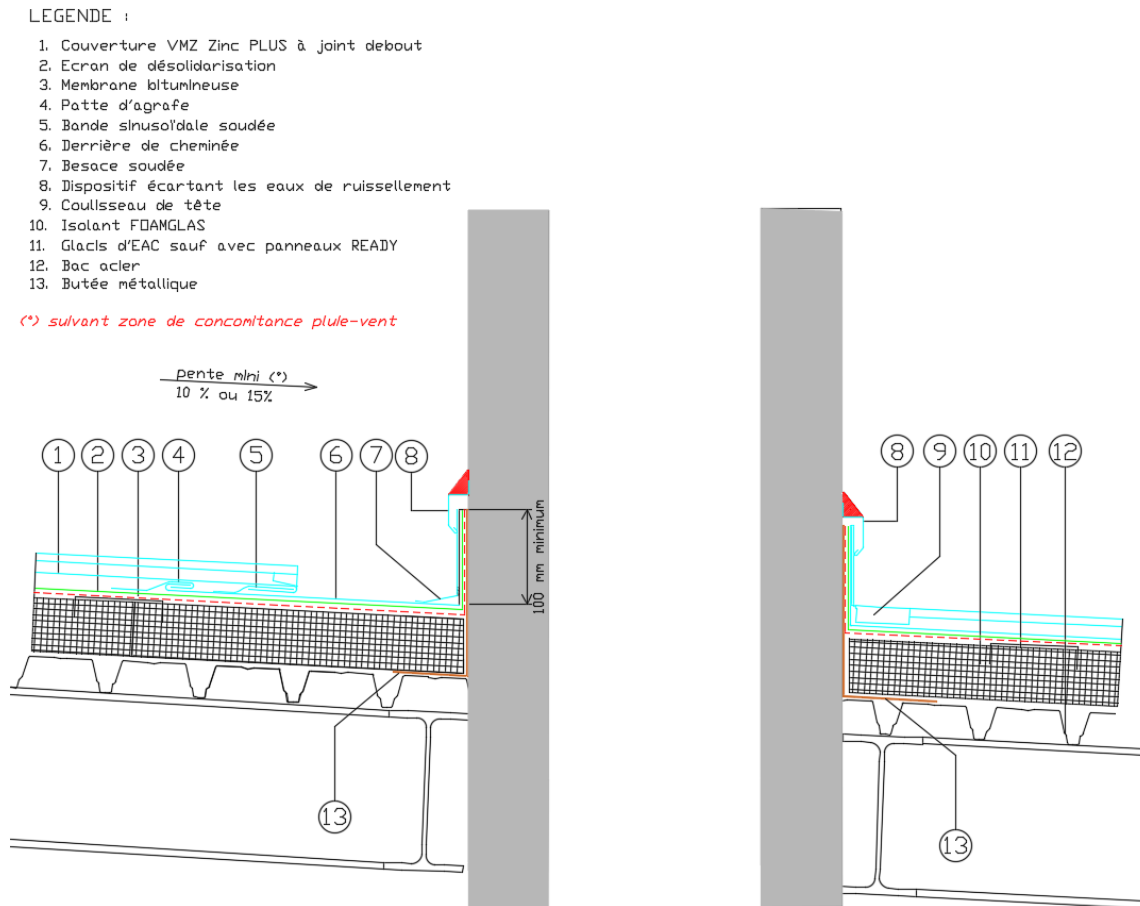
1. Chéneau en VMZ Zinc PLUS
2. Chamfrein FOAMGLAS 5x5cm
3. Couverture VMZ Zinc PLUS à joint debout
4. Bande d'agrafe
5. Ecran d'interposition
6. Membrane bitumineuse
7. Plaquette en acier galva FOAMGLAS
8. Glacis d'EAC sauf avec panneaux READY
9. Isolant FOAMGLAS
10. Feuille de bitume modifié SBS
11. Support de chéneau / panneau bois
12. Equerre galva

Figure 30 – Chéneau acier

2.4.8.9. Pénétrations discontinues (cf. figure 31)

La membrane d'étanchéité ainsi que l'écran de désolidarisation sont relevés sur le pourtour de la pénétration sur une hauteur de 10 cm, l'étanchéité est assurée par la mise en place d'une bande de solin en zinc.

La finition de la couverture en zinc s'effectue conformément au DTU 40.41.



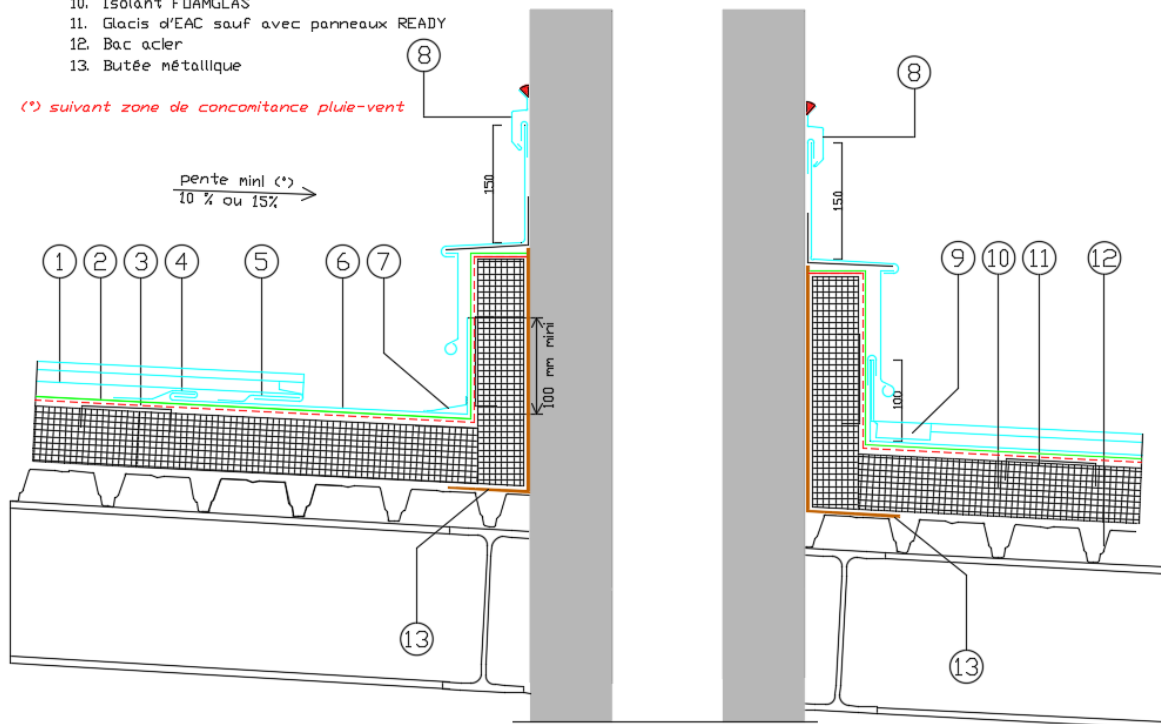
Nota : la largeur maximale perpendiculaire à la pente doit être conforme au DTU 40.41

Figure 31 – Pénétration dans le cas de locaux à faible ou moyenne hygrométrie

LEGENDE :

1. Couverture VMZ Zinc PLUS à joint debout
2. Ecran de désolidarisation
3. Membrane bitumineuse
4. Patte d'agrafe
5. Bande sinusoidale soudée
6. Derrière de cheminée
7. Besace soudée
8. Dispositif écartant les eaux de ruissellement
9. Coulisseau de tête
10. Isolant FOAMGLAS
11. Glacis d'EAC sauf avec panneaux READY
12. Bac acier
13. Butée métallique

(*) suivant zone de concomitance pluie-vent



Nota : la largeur maximale perpendiculaire à la pente doit être conforme au DTU 40.41.

Figure 31bis – Pénétration avec relevés isolés

2.5. Entretien

Les dispositions de l'annexe A « Conditions d'usage et d'entretien » du DTU 40.41 s'appliquent à ce système.

Pour les TAN, les préconisations générales sont celles de la norme NF DTU 43.3 (P1-1), et plus particulièrement son annexe A.

2.6. Organisation de la mise en œuvre et assistance technique

Durant le chantier, une attention particulière doit être portée au traçage du calepinage et à la pose des plaquettes y correspondant. Cette étape doit faire l'objet d'une acceptation contradictoire entre l'étancheur et le couvreur, et ce par tranche de 150 m² environ, afin de ne pas perturber la mise en œuvre à l'avancement.

En cas d'interruption de la pose de la couverture en zinc (en fin de journée notamment), les jonctions de la couverture avec les parties non revêtues seront protégées par bâchage. En particulier, celui-ci recouvrira jusqu'au faitage les zones situées en amont des feuilles déjà posées ainsi que les rives latérales.

Les Sociétés VM Building Solutions et Pittsburgh Corning France préconisent dans le tableau 9 la répartition des différentes opérations de mise en œuvre du complexe.

Une assistance technique est apportée par les Sociétés VM Building Solutions et Pittsburgh Corning France lors du démarrage des chantiers à la demande des entreprises.

Cette assistance au démarrage ou au suivi de mise en œuvre peut être demandée par l'entreprise, la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'ouvrage. L'assistance technique est obligatoire dans le cas de locaux à forte et très forte hygrométrie.

Tableau 9 – Organisation de la mise en œuvre

Quoi (opérations)	Qui (compétence)	Quand	Comment
1 - Pose de l'élément porteur (tôles d'acier nervurées ou bois) Béton	Étancheur Gros-œuvre	Après acceptation de la structure	cf. DTU 43.3 et 43.4 et Avis techniques ou DTA cf. DTU 20.12 et 43.1
2 - Pose de l'isolant	Étancheur		cf. DTA
3 - Pose du glacis d'EAC (sauf avec READY)	Étancheur	Après pose de l'isolant à l'avancement	cf. DTA
4 - Calepinage, traçage	Couvreur	À l'avancement	Sur glacis, cf. DTA
5 - Pose des plaquettes	Étancheur	À l'avancement	Par tranche d'environ 150 m ² (suivant chantier)
Acceptation contradictoire	Couvreur et étancheur	Après tranche de 150 m²	Correspondance localisation des plaquettes et calepinage de la couverture
6 - Pose de la membrane d'étanchéité	Étancheur	À l'avancement, immédiatement après acceptation de la tranche	cf. DTA
7 - Pose de l'écran de désolidarisation et des pattes de fixation	Couvreur	À l'avancement	Vérification de la correspondance des plaquettes et des pattes de fixation
8 - Pose des bandes de couverture VM ZINC PLUS	Couvreur	À l'avancement	cf. DTU 40.41

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.7.1. Fabrication et conditionnement du FOAMGLAS®

Il est fabriqué à l'usine Pittsburgh Corning de Tessenderlo (Belgique).

La fabrication du FOAMGLAS® bénéficie de la certification ISO 9001 et ISO 14001.

Les panneaux T3+, T4+ et S3 sont conditionnés en paquets, sous film polyéthylène rétractable.

2.7.2. Plaquettes en acier galvanisé et colle PC 11

Les plaquettes sont livrées en cartons.

La colle PC 11 est conditionnée sous forme de bidons de 33,5 kg.

Ces produits sont fournis par Pittsburgh Corning France.

2.7.3. Fabrication du VMZINC® PLUS

Le zinc laminé est fabriqué dans les usines VM Building Solutions de Viviez certifiées ISO 9001 en conformité avec la norme NF EN 988.

Le VMZINC® PLUS est réalisé par l'adjonction d'une laque spéciale déposée en continu sur la bobine et polymérisée à chaud. L'épaisseur de cette laque est de 60 microns.

Le VMZINC® PLUS (zinc naturel) et le VMZINC® PLUS d'aspect ANTHRA ZINC, d'aspect QUARTZ ZINC, PIGMENTO, AZENGAR et Bilaqué sont disponibles, en standard, en bobines de largeur 500 mm et d'épaisseur 0,70 mm (+ 60 µm de protection).

2.7.4. Pattes de fixation à joint debout

Les pattes fixes de type 1 (selon DTU 40.41) sont fabriquées par les sociétés Supex (27) certifiée ISO 9001 (conditionnement par carton de 100) et VM Building Solutions.

Les pattes coulissantes de type 1 sont fabriquées par la Société Supex (27) certifiée ISO 9001 (conditionnement par carton de 100).

Les vis de fixation sont fabriquées par la Société SFS Group SAS (26) certifiée ISO 9001 (conditionnement par carton de 250).

L'ensemble du système de fixation fait l'objet d'un contrôle dimensionnel par sondage lors de la réception à l'usine VM Building Solutions de Bray & Lu.

2.7.5. Autres éléments

La membrane bitumineuse élastomère SBS et l'écran de désolidarisation ne sont pas fournis par les Sociétés VM Building Solutions et Pittsburgh Corning France. Ces sociétés peuvent fournir, sur demande, une liste des produits adaptés.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats Expérimentaux

Nomenclature des résultats d'essais

- Essai de corrosion accélérée au brouillard salin et de caractérisation mécanique des tôles VMZ ZINC PLUS (pliage, choc, emboutissage, adhérence, abrasion).
Origine : Laboratoire du fabricant, rapport du 25 février 2009.
- Essai d'abrasion au jet de sable des tôles VMZ ZINC PLUS.
Origine : laboratoire ERD, réf. 10782 du 21 janvier 2002.
- Essais de résistance au vent, en dépression, sur caisson de grandes dimensions, du système de toiture compacte VMZ ZINC PLUS, qui mis en évidence pour une fixation en partie courante des pattes tous les 50 cm, une ruine de 4 030 Pa.
Origine : CSTB, réf. Rapport d'essais n° 39853 du 18 mai 1995.
- Essais de résistance au cisaillement de l'interface de fixation (patte, membrane, plaquette, FOAMGLAS).
Origine : Laboratoire Union minière de Bray et Lu, réf. Rapport d'essais BM/mer - 951010 du 10 octobre 1995.
- Essai de résistance à la traction de l'équerre en acier galvanisé dans le cas de l'exemple de finition égout sans débords à ponts thermiques réduits.
Origine : Laboratoire Umicore rapport d'essais n° 08 011 RE 03.
- Simulation thermique d'un joint entre panneaux de FOAMGLAS® et calcul des ponts thermiques engendrés par les plaquettes de fixation.
Origine : Laboratoire PHYSIBEL, réf. 2010_01_PC du 18 janvier 2010.
- Rapports LNE de détermination du Pouvoir Calorifique Supérieur selon la norme NF EN ISO 1716, Dossier H061009, Documents CEMATE/16 (QUARTZ ZINC PLUS), CEMATE/17 (NATUREL PLUS, ANTHRA-ZINC PLUS), et CEMATE/20 (PIGMENTO PLUS) du 5 décembre 2007.
- Essais de résistance au vent avec EAC modifié, sur caisson de grandes dimensions, du système de toiture compacte VMZ ZINC PLUS T4+ ou READY BLOCK T4+.
Origine : Laboratoire Umicore, rapports n° 13021 RE001 et RE005 d'avril 2015.
- Essai de résistance au vent avec EAC modifié, sur caisson de grandes dimensions, du système de toiture compacte VMZ ZINC PLUS T4+ en 2 lits.
Origine : Laboratoire Umicore, rapports n° 13021 RE 006-1 de septembre 2015.
- Essai de résistance au vent avec EAC modifié, sur caisson de grandes dimensions, du système de toiture compacte VMZINC PLUS T3+ et READY T3+ en 1 lits.
Origine : Laboratoire VMBSO, rapports n° 20 001 RE 001 et RE 002 de septembre 2022.
- Essai de résistance au vent avec EAC modifié, sur caisson de grandes dimensions, du système de toiture compacte VMZINC PLUS T3+ en 2 lits.
Origine : Laboratoire VMBSO, rapports n° 20 001 RE 003 de septembre 2022.
- Rapports d'essai de traction perpendiculaire aux faces sur plaquettes collées avec EAC exempts de bitume oxydés.
Origine : Laboratoire Pittsburgh Corning, n° FG27A1, FG27A2, FG27B1, FG27C1, FG27D1 du 26 mai 2015.
- Rapport de mission n° 2008.053/2283-1 du 9 octobre 2008.
Origine : FCBA.
- Rapport de classement européen de réaction au feu, Dossier H061009, Documents CEMATE/5 (PIGMENTO PLUS), CEMATE/3 (Bilaqué) du 5 décembre 2007.
Origine : LNE.

2.8.2. Références chantiers

Les premières applications du système Toiture compacte VMZINC® remontent à 1985.

En France, les emplois du procédé portent sur plus de 116 000 m².

Depuis 2015, environ 28 000 m² ont été réalisés.