

Avis Technique 5/10-2118

Annule et remplace l'Avis Technique 2/02-967

Caisson chevronné

*Système isolant support de
couverture*

*System insulation roofing
support*

*Verbunddämmstoff als
Unterdeckung für
Dachdeckung*

Beopan DP PE PX LM BO

Titulaire : Société Stockbois
Espace Beotoit
FR-83140 Six Fours

Tél. : 04 94 06 09 09
Fax : 04 94 94 05 12

Internet : www.beopan.com
E-mail : stockbois@wanadoo.fr

Usine : Société Stockbois
FR-83870 Signes

Distributeur : Société Stockbois
Espace Beotoit
FR-83140 Six Fours

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

Groupe Spécialisé n° 5

Toitures, couvertures, étanchéités

Vu pour enregistrement le 23 novembre 2010



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

Le Groupe Spécialisé n° 5 "Couverture, toitures et étanchéité" de la Commission chargée de formuler les Avis Technique a examiné, le 21 juin 2010, le procédé isolant support de couverture du type caisson chevronné "BEOPAN", fabriqué et distribué en France par la Société STOCKBOIS. Il a formulé, sur ce système, l'Avis Technique ci-après qui annule et remplace l'Avis Technique 2/02-967. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte du procédé

Système isolant support de couverture sur lame d'air ventilée, constitué de chevrons en bois massif solidaires d'un panneau de sous-face faisant office de parement plafond (voir § 2.32 du Dossier Technique pour la description détaillée des différents éléments).

L'isolant collé est disposé entre chevrons en ménageant un espace pour la ventilation de la couverture.

1.2 Identification des constituants

Chaque caisson est marqué en continu et comporte l'indication BEOPAN, le code de l'isolant et de la sous-face, l'épaisseur de l'isolant (cf. § 2.2 du Dossier Technique).

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Éléments du type caissons chevronnés destinés à être utilisés comme supports de couverture dans les bâtiments :

- Bâtiments d'habitation,
- Bâtiments relevant du code du travail,
- Etablissement recevant du public (ERP) :
 - dans le cas de caisson avec isolant en laine minérale
 - dans le cas de caisson avec isolant PSE associé uniquement à une sous face plâtre d'épaisseur 18 mm.

- à faible ou moyenne hygrométrie,

L'emploi de ce système en climat de montagne (altitude > 900 m) n'est pas visé.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

Elle peut être considérée comme normalement assurée dans les conditions d'emploi prévues par le paragraphe 4.22 du Dossier Technique.

Sécurité au feu

- *Vis-à-vis du feu provenant de l'extérieur*

Les couvertures associées relèvent d'un classement de réaction au feu MO dans le cas des tuiles, des ardoises naturelles et des couvertures en feuilles et longues feuilles métalliques. Elles relèvent du classement propre à chaque produit dans le cas des bardeaux bitumés et des ardoises et plaques profilées en fibres-ciment.

- *Vis-à-vis du feu provenant de l'intérieur*

La nature et l'épaisseur des plafonds préconisées par le Dossier Technique permettent de répondre aux exemples de solutions en matière de protection des isolants vis à vis d'un feu intérieur du "Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie", *Cahier du CSTB 3231* (à cet égard se reporter au § 2.221 du Dossier Technique).

La plaque de plâtre de 18 mm pour le procédé BEOPAN (cf. § 2.12 du Dossier Technique) permet de respecter des dispositions en matière de protection des isolants vis à vis d'un feu intérieur pour les ERP (article AM 8 Arrêté du 6 octobre 2004, Annexe II, partie I-1 à I-3 et partie II-1.2, tableau 2).

Isolation thermique

Les bâtiments équipés de ce procédé doivent faire l'objet d'études énergétiques pour vérifier le respect des réglementations thermiques existantes, pour les bâtiments neufs et existants selon le cas.

Ces études doivent tenir compte des caractéristiques de ces procédés, données aux tableaux 1A à 4A de l'avis et listées ci-après :

- La conductivité thermique de l'isolant constituant les caissons de 0,032 W/(m.K) pour les isolants PSE graphité, 0,038 W/(m.K) pour les isolants en PSE expansé et 0,040 W/(m.K) pour les laines minérales, découlant des Décisions ACERMI référencées au tableau 1 du Dossier Technique.

- Le calcul du coefficient de transmission surfacique global d'une paroi Up (en W/(m².K)), ponts thermiques intégrés pris en compte, se fait de la façon suivante :

$$U_p = U_c + \frac{\psi}{E_1} + n \cdot \chi$$

Avec

U_c coefficient de transmission thermique en partie courante du panneau, en W/(m².K),

ψ coefficient de transmission linéique dû à la jonction entre deux caissons, en W/(m.K),

χ coefficient de transmission ponctuel dû à la tige de la fixation métallique, en W/K,

n densité de fixations ponctuelles (Crampon ou tire-fond)

E₁ Entraxe des caissons mis en œuvre avec joints, en m

Le coefficient de transmission surfacique U_c en partie courante se calcule de la façon suivante :

$$U_c = \frac{1}{0.2 + R_p + R_i} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

Avec

R_p résistance thermique du parement intérieur, en m².K/W,

R_i résistance thermique de l'isolant, en m².K/W.

Le calcul de la résistance thermique totale d'une paroi R (en (m².K)/W), ponts thermiques intégrés pris en compte, se fait de la façon suivante :

$$R = \frac{1}{U_p} - 0.2$$

Note : Le procédé permet de satisfaire les exigences de la RT 2005 et de l'arrêté du 3 mai 2007 :

- En travaux neufs dès lors que l'épaisseur des panneaux est d'au moins 110 mm (U_p ≤ 0,28),
- Lors de réhabilitation s dès lors que l'épaisseur des panneaux est d'au moins 140 mm (R ≥ 4).

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.

Complexité de couverture

Sous réserve du respect des dispositions de mise en œuvre prévues par le Dossier Technique et du recours éventuel à l'assistance technique du fabricant, la réalisation de toitures de forme complexe (rives biaisées, noues, arêtiers) peut être considérée favorablement.

Finitions en plafond

Sous face en panneau à base de bois :

Vu les raisons possibles de désaffleurement des panneaux contigus, les finitions du type papier collé, calicot, sont à déconseiller vivement. Suivant les types de sous-face, les finitions par toile tendue, par peinture ou vernis avec joints marqués, peuvent convenir.

La compatibilité des peintures ou vernis avec les plafonds est à vérifier auprès de la Société STOCKBOIS.

Sous face en plaque de plâtre :

L'aspect régulier du plafond est tributaire du nivellement des appuis supports et du soin apporté à la pose des caissons.

Les joints entre plaques de plâtre à bords amincis sont exécutés conformément au DTU 25.41 avec un produit titulaire d'un Avis Technique.

Les joints entre plaques de plâtre armé référencées FERMACELL sont exécutés à l'aide d'un enduit spécial (produit de jointoiment

FERMACELL) pour les joints longitudinaux et à l'aide de colle résorcine haute fréquence pour les joints transversaux.

On ne peut exclure le risque éventuel de fissuration au droit des joints longitudinaux et transversaux consécutif au mouvement des caissons et compte tenu des caractéristiques des joints réalisés.

Dans les deux cas, le plafond est apte à recevoir les finitions habituelles aux plaques de plâtre.

Isolation phonique

On ne dispose pas d'éléments d'évaluation relatifs à l'isolation aux bruits d'impact (pluie, grêle) ou à l'affaiblissement acoustique aux bruits aériens extérieurs.

Le respect des exigences d'isolation phonique entre logements contigus conduit à proscrire le franchissement des murs de mitoyenneté par ces caissons isolants.

2.22 Durabilité - Entretien

Durabilité

La durabilité des supports isolants est assurée si comme prévu au dossier technique, ces éléments sont réservés à la couverture de locaux à faible et moyenne hygrométrie et si ces supports sont protégés de l'humidification lors de la pose (Cf. CPT)

Dans les conditions de pose prévues par le Dossier Technique, et complétées par le Cahier des Prescriptions Techniques pour les couvertures en plaques sur support continu, la durabilité des couvertures associées est comparable à celle des mêmes couvertures posées sur support traditionnel.

Entretien

Les dispositions des DTU de couvertures ou des Avis Techniques particuliers s'appliquent aux couvertures associées à ce procédé.

2.23 Fabrication et contrôle

La société STOCKBOIS possède une expérience de plusieurs années dans le domaine de la fabrication des composites isolants supports de couverture.

Les contrôles précisés au Dossier Technique sont de nature à assurer une régularité satisfaisante des fabrications.

2.24 Mise en œuvre

La mise en œuvre de ce support relève de la compétence d'entreprises qualifiées en charpente et/ou couverture. Elle ne présente pas de difficulté particulière. Elle peut nécessiter le recours à des moyens de levage appropriés dans le cas de caissons de grande longueur. La commande à dimension, après étude de calepinage, peut faciliter la pose.

La charpente support doit être conforme aux règles et DTU en vigueur au moment de la délivrance du présent avis et doit présenter des appuis plans.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

Mise hors d'eau

La mise hors d'eau des caissons sera systématiquement exécutée sans délai.

Dans les conditions normales du chantier, la couverture sera exécutée à l'avancement. Si une exposition aux intempéries devait être envisagée, un bâchage efficace devra être assuré par l'entreprise ayant posé ces supports.

Ventilation des couvertures en feuilles ou longues feuilles et en bardeaux bitumés

Les éléments BEOPAN supports de couvertures en feuilles et longues feuilles métalliques, et en bardeaux bitumés, posés sur supports continus ventilés en sous face, nécessitent :

- un contre-litonnage supplémentaire sur chantier afin de respecter les espaces de ventilation prévus par les DTU relatifs à ces couvertures.
- une justification spécifique de la résistance aux efforts de soulèvement dus au vent des supports continus de couverture et de leur liaison aux caissons BEOPAN.

Conditions d'adaptation dans le cas de couvertures en plaques en fibres-ciment et tôles d'acier nervurées ou sur support continu

Elles relèvent d'une étude particulière dans chaque cas d'application pour laquelle l'assistance technique du fabricant doit être requise, afin de :

- définir le dimensionnement, l'entraxe et la fixation sur les chevrons de caisson, des bois supports de couvertures en plaques profilées ;
- préciser le choix d'épaisseurs d'isolant adapté ou la mise en place de contrelatte de rehausse afin de respecter les hauteurs de lame d'air pour ventilation prévues.

Conditions d'adaptation des caissons de grande longueur (plus de 4,80 m)

Elles relèvent d'une étude de calepinage où le client précise l'emplacement des pannes afin de constituer un caisson dont l'aboutage des panneaux de sous-face sera supporté.

Fixations complémentaires pour forte pente

Pour les fortes pentes (> 100 %), un taquet d'arrêt (ou dispositif équivalent) doit être fixé sur les éléments au droit des murs extérieurs ou de la panne sablière pour éviter le glissement des panneaux.

Traitement des rives en débord

Les débords seront limités à 40 cm.

Les saillies sur l'extérieur des éléments BEOPAN à sous-face en plaque de plâtre seront protégées par un habillage rapporté conçu de façon à ce que l'espace entre la sous-face plâtre et cet habillage soit convenablement ventilé.

Efforts du vent

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

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

Jusqu'au 30 juin 2015.

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

3. Remarques complémentaires du groupe spécialisé

Comme tous les procédés de cette famille, il est rappelé que les panneaux BEOPAN ne remplissent pas la fonction d'écran de sous-toiture dont la présence ou non est stipulée dans les AT ou DTU couvertures associées aux caissons.

Le procédé ne prévoit pas l'association avec une isolation par l'intérieur.

Dans le cas d'un bâtiment relevant du Code du Travail, le maître d'ouvrage doit respecter notamment les dispositions de l'article R235-4 qui précise que les bâtiments et locaux doivent être conçus et réalisés de manière à permettre en cas de sinistre :

- L'évacuation rapide de la totalité des occupants dans des conditions de sécurité maximale ;
- L'accès de l'extérieur et l'intervention des services de secours et de lutte contre l'incendie ;
- La limitation de la propagation de l'incendie à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

Dans le cas où il y aurait des évolutions dans la réglementation incendie, elles s'appliqueraient immédiatement sur ce procédé.

Dans les ERP, la longueur du rampant est limitée à 30m, en l'absence de recoupement horizontal. La longueur projetée reste inférieure à la longueur projetée admise dans les DTU de la série 40.

Les longueurs de caissons de 8 et 10 m maximum présentent un caractère inhabituel pour ce type d'élément et demandent en particulier des conditions appropriées de levage et de manutention.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°5,
S. GILLIOT

Les coefficients de transmission thermique U_c en partie courante avec une sous-face en plaque de plâtre ainsi que les ponts thermiques intégrés liés au procédé sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1A - Coefficients U_c , ψ et χ du procédé avec isolant en laine minérale

Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))		0,040								
Epaisseur d'isolant (mm)		60	80	100	120	140	150	160	180	200
Dimension du chevron (mm ²)		25*100	25*100	25*120	25*140	25*160	25*175	25*180	25*200	25*225
U_c (W/(m ² .K))		0,571	0,444	0,364	0,308	0,267	0,250	0,235	0,211	0,190
χ (W/K)	Crampon acier	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003
	Tire fond	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
ψ_i (W/(m.K)) Joint en laine minérale		0,037	0,034	0,030	0,027	0,024	0,023	0,022	0,020	0,018

Tableau 2A - Coefficients U_c , ψ et χ du procédé avec polystyrène expansé Th38

Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))		0,038								
Epaisseur d'isolant (mm)		60	80	100	120	140	150	160	180	200
Dimension du chevron (mm ²)		25*100	25*100	25*120	25*140	25*160	25*175	25*180	25*200	25*225
U_c (W/(m ² .K))		0,547	0,425	0,347	0,293	0,254	0,238	0,224	0,201	0,181
χ (W/K)	Crampon acier	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003
	Tire fond	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
ψ_i (W/(m.K)) Joint en mousse de polyuréthane injectée		0,040	0,036	0,032	0,028	0,025	0,024	0,023	0,021	0,019

Tableau 3A - Coefficients U_c , ψ et χ du procédé avec polystyrène expansé TH 32

Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))		0,032								
Epaisseur d'isolant (mm)		60	80	100	120	140	150	160	180	200
Dimension du chevron (mm ²)		25*100	25*100	25*120	25*140	25*160	25*175	25*180	25*200	25*225
U_c (W/(m ² .K))		0,471	0,364	0,296	0,250	0,216	0,203	0,190	0,170	0,154
χ (W/K)	Crampon acier	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003
	Tire fond	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
ψ_i (W/(m.K))	Joint en mousse de polyuréthane injectée	0,045	0,041	0,035	0,031	0,028	0,026	0,025	0,023	0,021
	Joint en polystyrène expansé	0,045	0,040	0,035	0,031	0,028	0,026	0,025	0,023	0,021

Tableaux A4 - Coefficients U_p en $W/(m^2.K)$ sur charpente bois : Des exemples de calculs de coefficients de transmission surfacique globaux U_p sont présentés dans le tableau suivant (valable pour une fixation des caissons par tire-fonds pour un entraxe de pannes de 2 m)

* Isolant en laine minérale $\lambda=0.040 W/(m.K)$ avec sous-face en plaque de plâtre de 12,5 mm

Epaisseur d'isolant (mm)	60	80	100	120	140	150	160	180	200
Densité de tire fonds	1,67								
U_p ($W/(m^2.K)$)	0,64	0,51	0,42	0,36	0,31	0,30	0,28	0,25	0,23

* Isolant en laine minérale $\lambda=0.040 W/(m.K)$ avec sous-face en OSB de 19 mm

Epaisseur d'isolant (mm)	60	80	100	120	140	150	160	180	200
Densité de tire fonds	1,67								
U_p ($W/(m^2.K)$)	0,61	0,49	0,41	0,35	0,31	0,29	0,27	0,24	0,22

* Isolant en polystyrène expansé Th 38 avec sous-face en plaque de plâtre de 12,5 mm

Epaisseur d'isolant (mm)	60	80	100	120	140	150	160	180	200
Densité de tire fonds	1,67								
U_p ($W/(m^2.K)$)	0,62	0,49	0,41	0,35	0,30	0,28	0,27	0,24	0,22

* Isolant en polystyrène expansé Th 38 avec sous-face en OSB de 19 mm

Epaisseur d'isolant (mm)	60	80	100	120	140	150	160	180	200
Densité de tire fonds	1,67								
U_p ($W/(m^2.K)$)	0,59	0,47	0,40	0,34	0,30	0,28	0,26	0,24	0,21

* Isolant en polystyrène expansé Th 32 avec sous-face en plaque de plâtre de 12,5 mm

Epaisseur d'isolant (mm)	60	80	100	120	140	150	160	180	200
Densité de tire fonds	1,67								
U_p ($W/(m^2.K)$)	0,55	0,44	0,36	0,31	0,27	0,25	0,24	0,21	0,19

(*) : Quelque soit la nature du joint

* Isolant en polystyrène expansé Th 32 avec sous-face en OSB de 19 mm

Epaisseur d'isolant (mm)	60	80	100	120	140	150	160	180	200
Densité de tire fonds	1,67								
U_p ($W/(m^2.K)$)	0,53	0,43	0,35	0,30	0,27	0,25	0,24	0,21	0,19

(*) : Quelque soit la nature du joint

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Généralités

1.1 Destination

Eléments du type caissons chevrons destinés à être utilisés comme supports de couverture dans les bâtiments suivants :

- Bâtiments d'habitation,
- Bâtiments relevant du code du travail,
- Etablissement recevant du public (ERP),

à faible ou moyenne hygrométrie, situés à des altitudes inférieures à 900 m (climat de plaine).

1.2 Types de couvertures associées

Les caissons chevrons BEOPAN peuvent être associés :

- aux différents types de couvertures, discontinues sur liteaux ou chevrons :
 - ardoises naturelles selon DTU 40.11,
 - ardoises en fibres-ciment selon DTU 40.13,
 - tuiles de terre cuite à emboîtement et à glissement à relief selon DTU 40.21,
 - tuiles canal de terre cuite selon DTU 40.22,
 - tuiles planes selon DTU 40.221,
 - tuiles plates de terre cuite selon DTU 40.23,
 - tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal selon DTU 40.241,
 - tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal selon DTU 40.24,
 - tuiles plates en béton selon DTU 40.25,
 - plaques métalliques nervurées selon DTU 40.35. Pour les couvertures en plaques métalliques nervurées, l'emploi d'un régulateur de condensation est préconisé.
- aux différents types de couvertures discontinues ou continues sur voligeage jointif ou sur panneaux supports conformes aux DTU en vigueur :
 - bardeaux bitumés selon DTU 40.14,
 - tuiles canal de terre cuite selon DTU 40.22,
 - grands éléments en feuilles et longues feuilles de zinc, d'acier inoxydable étamé, de cuivre selon DTU série 40.4.
- Couvertures discontinues sous Avis Techniques ou Document Technique d'Application :
 - tuiles métalliques,
 - plaques profilées en fibres-ciment support de tuiles canal.

2. Description

2.1 Description générale (cf. fig. 1, 2 et 3)

Les éléments BEOPAN sont des caissons chevrons constitués par :

- Le parement intérieur faisant office de plafond (cf. § 2.32) : la fixation étant faite en usine, les têtes de clous ou de vis restent apparentes sur la face vue du plafond.
- Le chevronnage.
- une couche isolante en panneaux manufacturés, insérés entre les chevrons et collés sur le parement de plafond.

Les caissons BEOPAN comportent 2 chevrons et présentent une largeur de 0,60 m.

Sur demande, des panneaux, partiellement ou complètement, non isolés peuvent être fournis. Dans ce cas, des entretoises sont disposées pour assurer la rigidité des caissons.

2.2 Désignation, type et marquage

Les éléments sont désignés par une succession de lettres et de chiffres accolés à la désignation générale BEOPAN :

Code isolant

- DPX : polystyrène expansé graphité référencé Th32

- PE : polystyrène expansé référencé Th38
- LM : laine minérale.

Code sous-face

- P : Plâtre
- H : Panneaux de particules P5
- OSB : Panneaux OSB
- M : Panneaux mélaminé
- A : Panneaux acoustiques référencé HERAKUSTIK F
- E W3 ou L5 : Panneaux contreplaqués (W3 : 3 plis - L5 : 5 plis)

Code épaisseur isolant

- 60 à 180 mm

La désignation ci-dessus peut être complétée par celle du classement de réaction au feu du parement plafond (ex. M0 ou M1)

Exemple de désignation DPXP60 :

- DPX : isolant en polystyrène expansé graphité,
- P : plaque de plâtre cartonnée
- 60 : épaisseur d'isolant 60 mm

2.3 Description des constituants

2.31 Chevrons

Les chevrons ont une largeur de 2,5 cm \pm 0,1 cm. Les autres dimensions sont données dans le *tableau 2* en fin de dossier.

Les bois utilisés sont des résineux du Nord de classe visuelle STII selon la norme NF B 52-001 et de classe de résistance mécanique C24 selon la norme NF EN 338 et de classe d'emploi 2 selon l'EN 335-2. Leur densité est de 450 kg/m³.

Lorsque la longueur des caissons nécessite l'aboutage par entures multiples des chevrons, cette technique fait l'objet d'une justification de conformité selon la norme NF EN 385.

2.32 Parement plafond

Leur nature et leurs caractéristiques sont fonction de la destination du bâtiment et répondent à des critères esthétiques et de sécurité en cas d'incendie.

2.321 Pour les bâtiments d'habitation ou les locaux régis par le code du travail dont le plancher bas du dernier niveau est situé à moins de 8m.

- Plaque de plâtre cartonnée à bords amincis, d'épaisseur 12,5 ou 13 mm, hydrofugée en surface, marquées CE selon la norme NF EN 520 et bénéficiant de la certification de la marque NF – plaque de plâtre (NF 081) et classées A2-s1,d0. Les plaques de plâtre peuvent recevoir un revêtement en PVC.
- Plaque FERMACELL d'épaisseur 10 ou 12,5 mm conforme à l'Avis Technique 2/09-1373, et marqué CE selon l'ATE 03/0050,
- Panneaux de particules de bois, lisse ou rainuré, classé P5 (brut ou prépeint) d'épaisseur 10 ou 12 mm, marqués CE selon la norme NF EN 13986 et certifiés CTB-H et classés B-s2,d0. Ces panneaux peuvent être revêtus d'un plaquage en bois et d'une feuille en PVC
- Panneaux contreplaqué, lisse ou rainuré, d'épaisseur 10, 12, 15 ou 19 mm, marquées CE selon la norme NF EN 13986 et certifiés NF CTB-X,
- Panneaux OSB/3, d'épaisseur 12 mm, marqué CE selon la norme NF EN 13986, et certifiés CTB-OSB 3.
- Panneaux de fibres de bois agglomérées au ciment HERAKUSTIK F d'épaisseur 15 ou 25 mm conforme à la norme NF B 56-029, associés à un panneau de particules de bois certifié CTB-H, d'épaisseur 10 ou 12 mm et classés A2-s1,d0 ou B-s1,d0.
- Panneaux de bois panneautés 3 plis SWP/2 NS, S et SD fabriqués conformément à la norme NF EN 13353 d'épaisseur 19mm marqués CE selon la norme NF EN 13986 et classés D-s2,d0

2.322 Pour les bâtiments recevant du public (ERP) ou les locaux régis par le code du travail dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8m.

En conformité avec l'Article AM8, arrêté du 6 octobre 2004 - Annexe II Partie II - 1.2.4, lorsque l'isolant est constitué de polystyrène expansé graphité ou non, le parement intérieur est en plaque de plâtre cartonné d'épaisseur 18 mm à bords amincis, hydrofugé en surface, marquée

CE selon la norme NF EN 520, de classement A2-s1,d0 et bénéficiant de la certification de la marque NF – plaque de plâtre (NF 081).

2.33 Isolants thermique

Les matériaux isolants utilisés sont des plaques ou rouleaux de polystyrène expansé, graphité ou non, ou de laine minérale semi-rigide, mises en place entre les chevrons, bénéficiant d'une certification ACERMI.

Les références et caractéristiques des isolants sont indiquées dans le tableau 1.

L'assemblage se fait en usine. Les isolants sont maintenus par 2 cordons de colle hotmelt déposés en fond sur le parement plafond. L'assemblage de 2 plaques peut présenter un écart qui est comblé en usine.

Dans tous les cas, il subsiste une lame d'air de hauteur minimale 20 mm entre le sommet des chevrons et la surface de l'isolant.

2.4 Assemblage des éléments

L'assemblage des éléments est fait en usine.

Les panneaux sont fixés sur les chevrons par pointes galvanisées Ø 2,2 x 40 mm, à raison de 6 pointes par mètre linéaire de chevrons ou par vis Ø 4 x 40 mm avec un minimum de 4 par mètre linéaire.

Un papier kraft 130 g/m², traité corona en surface ou un film HPV peuvent être mis en place à la fabrication. Ceux-ci sont collés ou tendus sur l'isolant et remontent sur les bois permettant ainsi une meilleure tenue de la bande aluminium. Ces éléments ne remplacent pas l'écran de sous-toiture.

2.5 Caractéristiques des caissons BEOPAN

2.5.1 Caractéristiques dimensionnelles (fig. 1 et 3)

- Longueur de fabrication : maximum 10 m
- Largeur : 60 mm

Les données complémentaires sont indiquées dans le tableau 2, complétées par les tolérances dimensionnelles suivantes :

- Longueur standard : de 30 cm en 30 cm
- Longueur nominale : ± 5 mm
- Largeur nominale : ± 5 mm
- Hauteur nominale : ± 2 mm
- Les longueurs de fabrication de 10 m justifient l'aboutage de panneaux en sous-face suivant le type de produit. Dans tous les cas, celui-ci sera exécuté au droit d'une panne support.

Le principe d'assemblage des rives transversales et longitudinales de caisson est illustré sur les figures 4 et 6.

2.5.2 Résistances thermiques de l'isolant

Caisson Isolant/Chevron (mm)	Largeur (cm)	Résistance Thermique de l'isolant (m ² .K/W)		
		Laine minérale	TH32	TH38
60/100	60	1,50	1,88	1,58
80/100	60	2,00	2,50	2,11
100/120	60	2,50	3,13	2,63
120/140	60	3,00	3,75	3,16
140/160	60	3,50	4,38	3,68
150/175	60	3,75	4,69	3,95
160/180	60	4,00	5,00	4,21
180/200	60	4,50	5,63	4,74

2.6 Accessoires

2.6.1 Accessoires de fixation

Sur charpente bois

- Clous de section carrée 5 x 5 mm dont la tête est rabattue en L, en acier galvanisé à chaud ou cadmié (fournis par STOCKBOIS jusqu'à 300 mm).
- Tirefond à visser en acier galvanisé à chaud (150 g/m² de zinc) de diamètre 8 mm (fournis par STOCKBOIS jusqu'à 300 mm).

Leur longueur est égale à la hauteur des chevrons + épaisseur sous-face + 60 mm au moins. Le diamètre de tête minimum est de 10 mm.

Leur résistance caractéristique à l'arrachement dans le support (P_k selon la norme NF P 30-310) sera au moins égale à 300 daN.

Sur charpente métallique

Vis autotaraudeuses en acier inoxydable avec joint EPDM, de diamètre 6,3 mm.

Leur longueur est égale à la hauteur des chevrons + épaisseur sous-face + 16 mm au moins. Le diamètre de la tête de vis est de 10 mm.

Leur résistance caractéristique à l'arrachement dans le support (P_k selon la norme NF P 30-310) sera au moins égale à 300 daN.

2.6.2 Accessoires complémentaires

Les joints longitudinaux entre éléments sont traités de la manière suivante :

- Mousse de polyuréthane en bombe mise en œuvre in situ, complétée par une bande d'aluminium auto-adhésives de largeur 100 mm collée sur le sommet des chevrons et rabattue pour constituer une casquette.
- Dans le cas des panneaux avec un isolant en polystyrène expansé graphité, une bande de raccord en polystyrène graphité d'épaisseur 15 mm est mise en œuvre en usine sur la hauteur du chevron. Elle doit être complétée par une bande auto adhésive aluminium.
- Dans le cas des panneaux avec un isolant en laine minérale, une bande de raccord en laine minérale référencée ISOLAIR de la société ISOVER classé A1 est mise œuvre in situ, complétée par une bande auto adhésive aluminium d'épaisseur totale 80 µm et de largeur 100 mm.

Les joints transversaux sont réalisés avec un mastic d'étanchéité extrudé sous label SNJF. On a recours à un fond de joint en mousse pour désolidariser le fond du support, de cette manière ne seront collées que les deux faces des extrémités de l'isolant.

3. Fabrication et contrôles

3.1 Fabrication

La fabrication est effectuée dans l'usine de Signes (83870).

Elle consiste à assembler les panneaux, les chevrons et les plaques d'isolants.

3.2 Contrôles

Contrôles matières

- qualité des plaques de sous-face (à réception)
- qualité des bois de chevrons (y compris leur traitement) (à réception).

Contrôles fabrication et sur produit fini (contrôles permanents)

- Bois : section et aspect
- Sous-face : positionnement et aspect
- Fixation des sous-faces sur chevrons : espacement et enfoncement
- Dépose de la colle
- Positionnement des isolants
- Contrôle du positionnement des chevrons
- Aspect des caissons en sortie avant palettisation

3.3 Marquage et conditionnement

Les palettes sont marquées sur chant : longueur, épaisseur de l'isolant nombre de panneaux et type de sous face.

Le conditionnement est effectué par palettes cerclées, protégées par un bâchage plastique marqué BEOPAN rétracté anti-UV, ceci afin de protéger sur le chantier les panneaux non encore posés sur la toiture.

4. Mise en œuvre (fig. 4 à 8)

Les éléments BEOPAN doivent être posés sur trois appuis. La pose sur deux appuis est toutefois possible pour des parties limitées de toiture (en général une rangée), dans ce cas, les portées à prendre en compte devront être réduite de 30 %.

4.1 Transport et stockage

Les éléments BEOPAN doivent être transportés et stockés à plat, à l'abri des intempéries. Dans leur emballage d'origine. Un vide permettant une circulation d'air entre le colis et le sol doit être prévu.

4.2 Ossature porteuse

4.2.1 Type de charpente

Les éléments peuvent être fixés :

- sur charpentes traditionnelles, en bois massif ou lamellé collé (les fermettes industrialisées sont exclues),
- sur des charpentes en béton avec interposition d'une fourrure en bois, scellée, alignée et nivelée,
- sur des charpentes métalliques avec interposition éventuelle d'une fourrure en bois.

Ils sont posés avec les chevrons parallèles à la ligne de plus grande pente.

La largeur minimale d'appui doit être de 40 mm en extrémité de caisson, et de 65 mm pour les appuis intermédiaires.

Le scellement des pannes sur les murs pignons et refends est indispensable, mais il est possible d'utiliser pour la fixation des pannes des platines métalliques, sabot à âme, étriers, etc. La mise en œuvre des charpentes doit être conforme aux normes et DTU en vigueur au moment de la délivrance de l'avis technique.

4.22 Entraxes

4.221 Charges descendantes

Le tableau 3 en fin de dossier indique les entraxes maximaux (m) des appuis en fonction des charges descendantes en prenant comme critère :

- Portée en m (les panneaux reposant sur 3 appuis au moins),
- Module d'élasticité des chevrons : 10 000 N/mm²,
- Contrainte admissible des bois : 75 daN/cm²,
- Flèche sous vent normal de 1/400^{ème} de la portée,
- coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture des caissons égal à 5.

Pour la pose sur 2 appuis, réduire les entraxes du tableau 5 de 30%.

Les charges permanentes comprennent :

- Le poids des panneaux
- Le poids des contre liteaux ou voliges
- Le poids de la couverture (kg/m²) :
 - Ardoises naturelles : 30 à 40 kg/m²
 - Tuiles grand moule : 40 à 50 kg/m²
 - Tuiles plates : 60 à 80 kg/m²
 - Tuiles canal : 50 à 100 kg/m²

La charge climatique de neige qui doit être prise en compte est la charge normale, au sens des règles NV 65 modifiées. La notion de charge de neige accidentelle est implicitement vérifiée. L'utilisateur doit cumuler les charges climatiques, le poids propre des panneaux et le poids propre de la couverture.

4.222 Charges ascendantes

Le *tableau 4* en fin de dossier précise les entraxes de supports admissibles, en fonction des charges ascendantes, compte tenu de la charge de vent normale diminuée des charges permanentes et en considérant une résistance caractéristique à l'arrachement des fixations de 300 daN, d'un nombre de 2 fixations par élément et par appui et d'un coefficient de sécurité de 2,35 par rapport au vent normal.

4.223 Débords de toitures et découpes

La sous-face de l'élément en débord sera protégée contre les remontées d'eau par des systèmes efficaces : planche de rive, voliges clouées sous le panneau, ceci dans tous les cas de figure.

La protection des débords en sous-face est faite par peinture selon le DTU 59.1 "Peinturage" et est entretenue périodiquement.

Dans le cas de découpe en largeur du caisson, il faudra reclipser un chevron de même hauteur après avoir ménagé un espace sur le bord du panneau isolant (cf. fig. 7).

Dans le cas de débord en épaisseur totale de caisson, le porte-à-faux est limité à 40 cm (cf. fig. 15).

4.3 Calepinage

Les caissons ont une largeur utile de 60 cm.

Les longueurs standards de 30 cm en 30 cm dépendent de la sous-face. La longueur maximale est de 10 m.

Le choix de la longueur est fait d'après le calepinage en respectant les principes suivants :

- les caissons doivent reposer sur trois appuis au minimum,
- les extrémités des panneaux de sous-face aboutés doivent être supportées et il faut réserver un jeu de 5 mm entre abouts, compte tenu des variations dimensionnelles prévisibles.
- les caissons peuvent reposer sur deux appuis pour des parties limitées d'ouvrage, en respectant les dispositions du paragraphe 4. Il faudra également tenir compte des débords de toiture.

Sur demande des utilisateurs, la Société STOCKBOIS prend en charge le calepinage des chantiers au niveau des détails de toiture et peut assurer le démarrage du chantier, dans le cadre de son assistance technique.

4.4 Fixation des éléments

4.41 Nomenclature des fixations des supports de couverture BEOPAN sur la charpente

La fixation des éléments se fait selon les indications du tableau 8.

Tableau 8 - Fixation des éléments

Ossature porteuse	Tous types de caissons BEOPAN	
Charpente bois ou fourrure bois sur charpente béton	1 clou (cf. § 2.61) à tête L au croisement de chaque chevron sur chaque appui (*)	1 tirefond dans les chevrons avec pré perçage de ces derniers pour chaque appui (*)
Charpente métallique	Vis auto taraudeuse au croisement de chaque chevron sur chaque appui après perçage des chevrons (*)	
(*) Sur justification de la résistance caractéristique à l'arrachement de ces fixations particulières, en fonction des efforts résultant du tableau 6.		

4.42 Solidarisation des chevrons de rive contigus

Lorsque les caissons reposent sur des pannes distantes entre axe de plus de 2 m, les chevrons des caissons doivent être solidarisés par lardage, au milieu de la portée (cf. fig. 8).

4.5 Mise hors d'eau et rejointoiement des éléments

Il est obligatoire, avant la pose de la couverture, de recouvrir tous les joints entre les panneaux, le faitage et les bas de versants.

L'intervalle entre les chevrons latéraux des panneaux contigus doit être rempli à l'aide de mousse polyuréthane en bombe et recouvert par une bande aluminium auto-adhésive (fournie sur demande), posée à cheval, avant de clouer les liteaux (fig. 8). Dans le cas de mise en place d'un écran de sous toiture HPV, la bande aluminium peut être supprimée.

L'intervalle transversal (variable) entre panneaux au niveau du faitage, arêtiers, noues, découpes, planches de rive, etc., doit être garni par un isolant, celui-ci pouvant être en vrac ou en bombe.

Les raccords bout à bout sur les pannes (intervalles 5 mm) doivent être traités par un mastic mis en œuvre sur chantier.

Temporairement, la protection de la couverture est nécessaire afin d'éviter le ruissellement de l'eau à travers les joints de panneaux.

4.6 Circulation sur la couverture

Les règles de sécurité en matière de circulation du personnel sur la couverture doivent être respectées. La circulation peut se faire soit par échelle, soit par planche à tasseau. On prendra uniquement appui sur les chevrons. Dans le cas des caissons avec isolants fibreux, une plaque en bois aggloméré et des entretoises sont mises en complément.

4.7 Détails particuliers de toiture

- Faitages (fig. 9 à 12)
- Arêtier (fig. 13)
- Noue (fig. 14)
- Egouts (fig. 15 et 16)

La planche de rive arasée au niveau de la mousse doit être fixée sur les chevrons, la ventilation étant ainsi assurée.

La gouttière doit être maintenue par des crochets universels, ou par des crochets à pattes latérales, cloués sur la planche de rive ou sur les chevrons.

- Rives latérales en butée contre mur (fig. 17)

Il faut ménager un jeu de quelques millimètres qu'on garnit avec un isolant.

- Réalisation des pénétrations continues (fig. 18 et 19)

(Châssis d'éclairage ou de ventilation - pénétration des conduits de fumée et souches de cheminée - conduits de ventilation).

Un chevêtre doit être constitué. Celui-ci repose sur les pannes et est fixé à ces dernières. Des éléments de support seront posés sur celui-ci et l'étanchéité aux raccords doit être réalisée de façon identique à une couverture traditionnelle.

En traversée de charpente, la distance de sécurité doit être respectée entre la paroi extérieure du conduit et l'élément combustible le plus proche. La distance de sécurité pour le passage des conduits de fumée doit être remplie d'un matériau ignifugé afin de protéger la charpente. Dans tous les cas les dispositions du DTU 24.1 doivent être respectées.

4.8 Dispositions relatives à la ventilation

La ventilation s'effectue entre l'isolant et la sous-face des liteaux ou voliges qui réservent dans tous les cas une lame d'air d'épaisseur minimale 20 mm.

Il faut prévoir des entrées et des sorties d'air dont la surface totale doit être conforme aux DTU, Avis Technique ou DTA.

Il est possible d'utiliser des chatières pour assurer la ventilation basse. Certaines couvertures nécessitent une épaisseur de lame d'air supérieure à 20 mm. Dans ce cas, on cloue une planche d'épaisseur adéquate au droit des chevrons (cf. DTU 40.14 et série 40.4*).

4.9 Dispositions relatives à la sécurité incendie dans les ERP (cf. fig. 25)

La réglementation incendie pour les toitures ventilée prévoit un recouvrement par une barrière étanche au flux thermique, aux gaz et matières fondues.

Un recouvrement est réalisé par l'interposition d'une pièce de bois massif de 7 cm minimum, formant des mailles de surface n'excédant pas 300 m² dont la plus grande dimension ne dépasse pas 30 m.

5. Finitions en sous-face

Sur des plaques de plâtre cartonnées bords amincis, les finitions sont réalisées après avoir rejointoyé les plaques. On utilise un enduit et une bande calicot titulaires d'un Avis technique.

Pour les autres types de sous face, les joints sont traités par bande et enduit, ou laissé apparent, ou avec interposition d'un profil chaise en PVC M1.

Les finitions par peintures sont à effectuer selon le DTU 59.1 "Peinture".

6. Mise en œuvre des couvertures

6.1 Généralités

Les supports de la couverture (litesaux, voliges, panneaux) seront fixés sur les chevrons des caissons.

La pose de la couverture se fera conformément au DTU ou à l'Avis Technique en vigueur.

6.2 Petits éléments de couverture (tuiles, ardoises)

Se conformer aux prescriptions des DTU 40.11 – 40.13 - 40.21 - 40.22 - 40.211 - 40.23 - 40.24 - 40.241 - 40.25. Pour ce qui est de l'utilisation éventuelle d'un écran de sous-toiture, se référer aux prescriptions du DTU ou de l'Avis Technique en vigueur.

6.3 Plaques métalliques nervurées

La pose s'effectue sur lambourdes, de section 60 x 80 mm, fixées sur les chevrons de caisson.

Il faut se conformer aux prescriptions du DTU 40.35.

6.4 Bardeaux bitumés (fig. 22)

Sur un support continu selon les prescriptions du DTU 40.14.

6.5 Éléments métalliques en feuilles et longues feuilles (fig. 23)

La pose est faite sur voligeage dit jointif, par panneaux possédant un Avis Technique en tant que panneaux supports de couverture. Il faut prévoir une ventilation de 6 cm.

Se conformer aux prescriptions des DTU 40.41, 40.44, 40.45 et 40.46 et Avis Techniques des panneaux supports.

6.6 Plaques profilées en fibres-ciment support de tuiles canal (fig. 24)

La pose est effectuée sur lambourdes fixées perpendiculairement aux chevrons par l'intermédiaire de vis à bois ou de pointes en acier zingué bichromaté, galvanisé à chaud ou électrozingué. La section de ces supports sera de 65 mm de largeur conformément au cahier du CSTB 3297 et d'au moins 50 mm de hauteur. La mise en œuvre des plaques est faite conformément aux Avis Techniques relatifs à ces procédés.

B. Résultats expérimentaux

- Essais de flexion et ruine sous charge descendante répartie :
 - CR CSTB réf. 29938 du 7mai 1990.
- Isolation phonique :
 - BEOPAN DPXP120 : Polystyrène expansé UNIMAT TH32 N° 05/009/359, Société LAFARGE PLATRES épaisseur 120 + BA13 HYDRO M1 suivant test N°TDC-03 –ACOU-012-RW/6 ET RW/7 validation SOCOTEC.
 - rapport DER/HTO 2010-192-AD/LS du 18 juin 2010: validation de calculs de ponts thermiques intégrés des caissons chevrons BEOPAN

C. Références

Les premières références d'utilisation du procédé BEOPAN remontent à 1990.

Les applications de ce procédé, citées par le fabricant, portent sur plus de 1 500 000 m².

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 – Caractéristiques de l'isolant thermique (§ 2.33)

Isolant	Certificats ACERMI	Epaisseur certifiée (mm)	Masse volumique (kg/m ³)	Conductivité thermique (W/(m.K))
STISOLTOIT 25 (PLACOPLATRE, EPS - EN 13163)	ACERMI n° 03/081/067/5	20 à 150	15-25	0,034
UNIMAT PRIMITIF TH38 (LAFARGE PLATRES, EPS - EN 13163)	ACERMI n° 03/009/077/3	20 à 100	13 à 20	0,038
STISOSOL TH (PLACOPLATRE, EPS - EN 13163)	ACERMI n° 03/081/061/3	20 à 105	13 à 20	0,038
UNIMAT TH 32 (LAFARGE PLATRES, EPS - EN 13163)	ACERMI n° 09/009/539/1	60 à 200	15-20	0,032
IBR REVETU ALU (ISOVER, LV – EN 13162)	ACERMI n° 02/018/054/2	45 à 200	/	0,040
IBR NU (ISOVER, LV – EN 13162)	ACERMI n° 02/018/050/4	45 à 200	/	0,040

Tableau 2 – Caractéristiques dimensionnelles des éléments BEOPAN

Unité	60	80	100	120	140	150	160	180
Epaisseur isolant mm (*)	60	80	100	120	140	150	160	180
Hauteur chevron mm	100	100	125	140	160	175	180	200
Largeur chevron mm	25	25	25	25	25	25	25	25
Poids panneau kg/m ² mini	13,3	14,0	14,7	15,4	16,0	17,6	16,8	17,6
Poids panneau kg/m ² maxi	17	18,4	19,7	21	22,3	24,4	23,6	24,4

Pour les panneaux avec plaques de plâtre de 18 mm, il faut ajouter l'épaisseur de la plaque et augmenter le poids de 5 kg/m².

Tableau 3 - Entraxes maximales (cm) des appuis supports (pose sur 3 appuis) en fonction des charges descendantes normales admissibles (§ 4.221) selon NV 65 modifiées

Charges descendantes normales admissibles en daN/m ²	BEOPAN de largeur 60 cm					
	60	80	100	120	140/150	160/180
100	240	260	290	310	330	350
125	220	235	275	295	315	335
150	210	220	260	280	300	320
175	190	210	250	270	290	310
200	180	200	240	260	280	300
300	140	170	200	220	240	260
400	120	150	180	200	220	240
500	100	135	160	180	200	220

Tableau 4 - Entraxes maximales (cm) des appuis supports (pose sur 2 appuis) en fonction des charges normales ascendantes admissibles (§ 4.222) selon NV 65 modifiées

Charges ascendantes normales admissibles en daN/m ²	BEOPAN de largeur 60 cm					
	60	80	100	120	140/150	160/180
50	230	270	270	270	290	310
75	230	270	270	270	290	310
100	230	255	270	270	290	310
125	195	195	270	270	290	310
150	165	165	270	270	290	310
200	125	125	245	245	245	245

Compte tenu : d'une résistance caractéristique à l'arrachement des fixations de 300 daN, d'un nombre de 2 fixations par support et d'un coefficient de sécurité de 2,35 par rapport au vent normal.

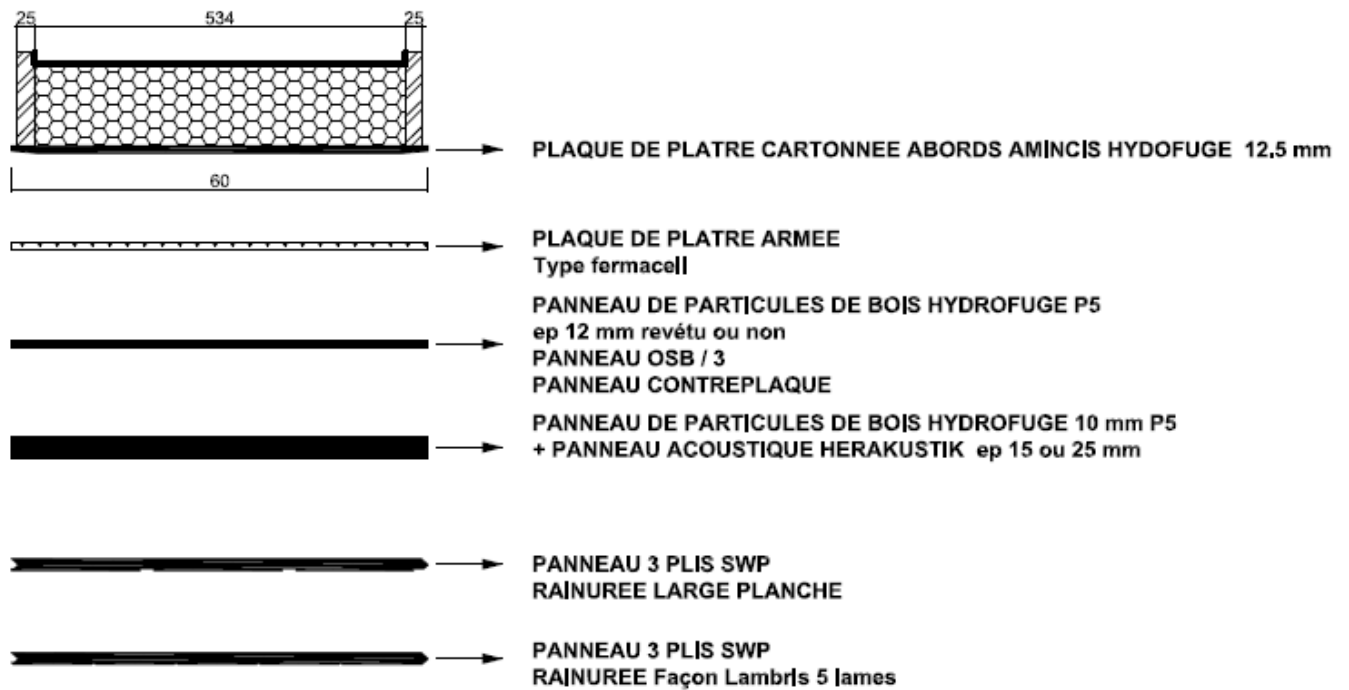


Figure 1 – Parement intérieur du caisson BEOPAN

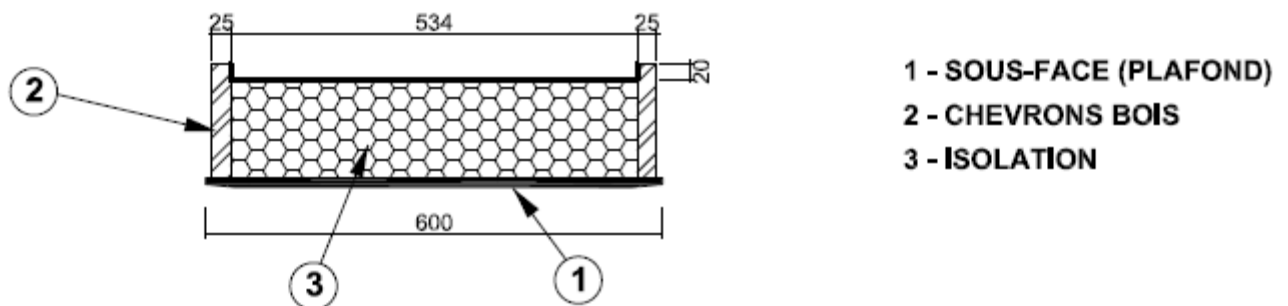


Figure 2 – Dimensions du caisson

- 1 - REMPLISSAGE PAR MOUSSE PU OU BANDE ISOLANTE DU MEME TYPE QUE L' ISOLANT DU PANNEAU
- 2 - BANDE ALU AUTO ADHESIVE

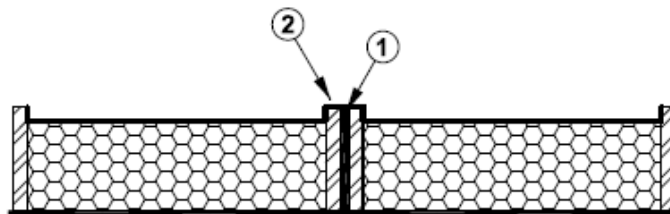


Figure 3 – principe de jonction des caissons BEOPAN

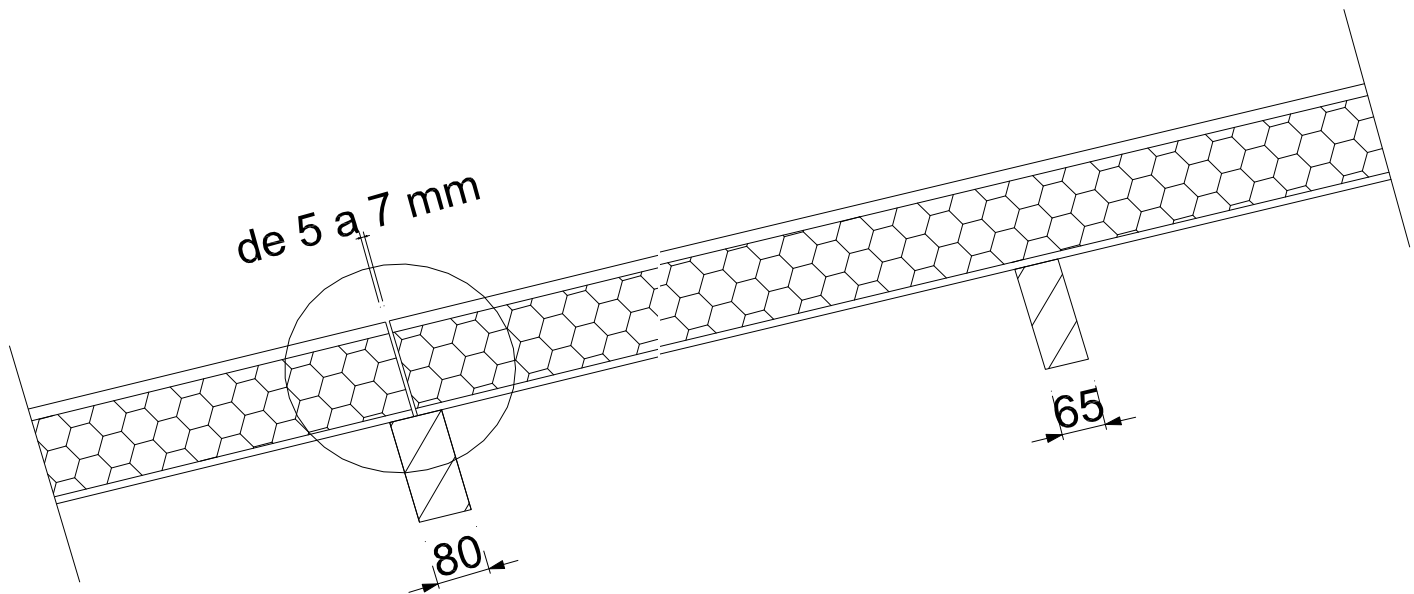


Figure 4 – Largeur d'appui d'extrémité

Figure 5 – Largeur d'appui intermédiaire

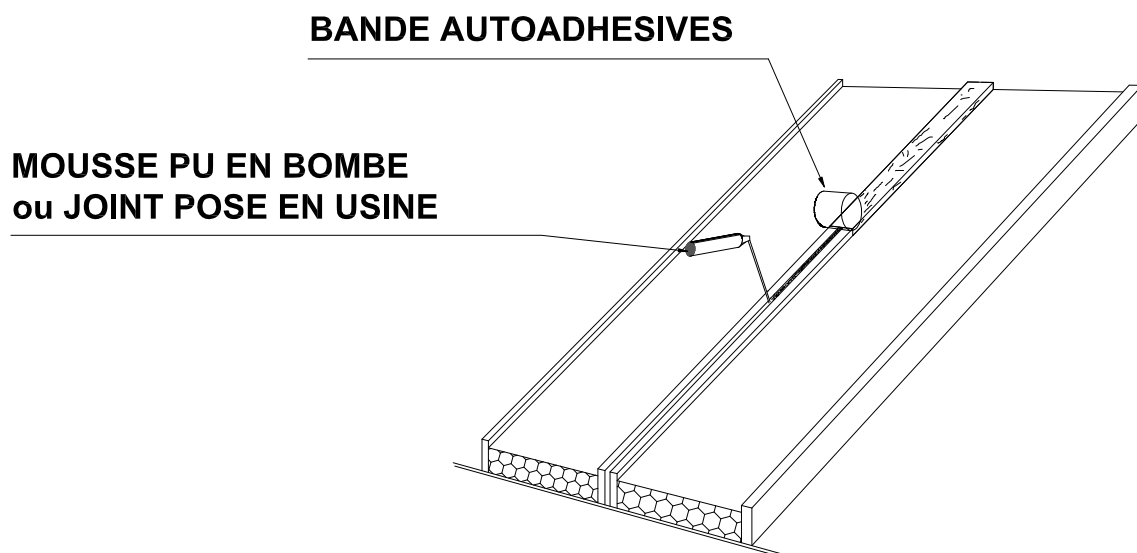


Figure 6 – Jonction longitudinale

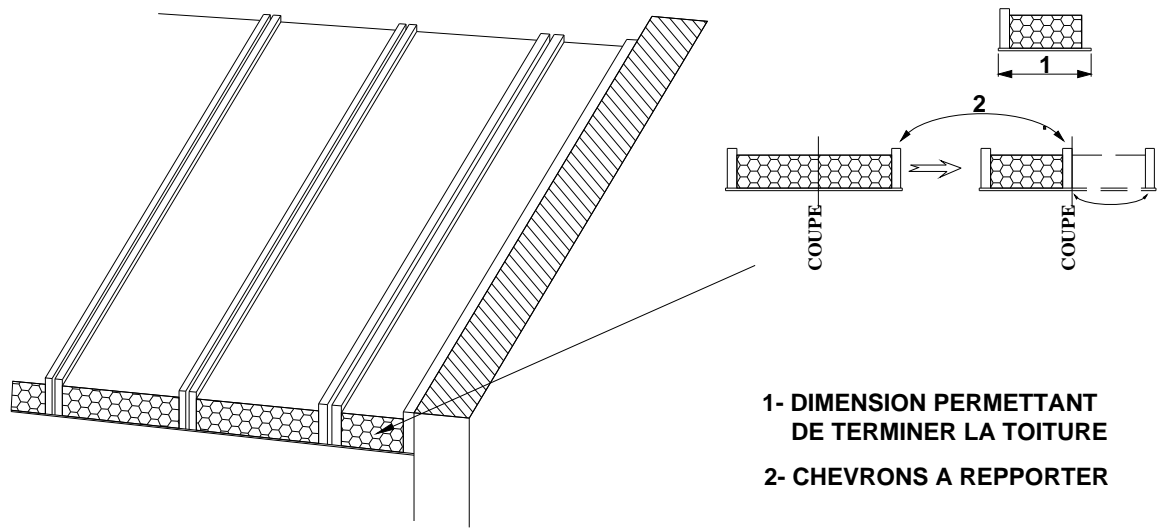


Figure 7 – Découpe de caissons en rives de couverture

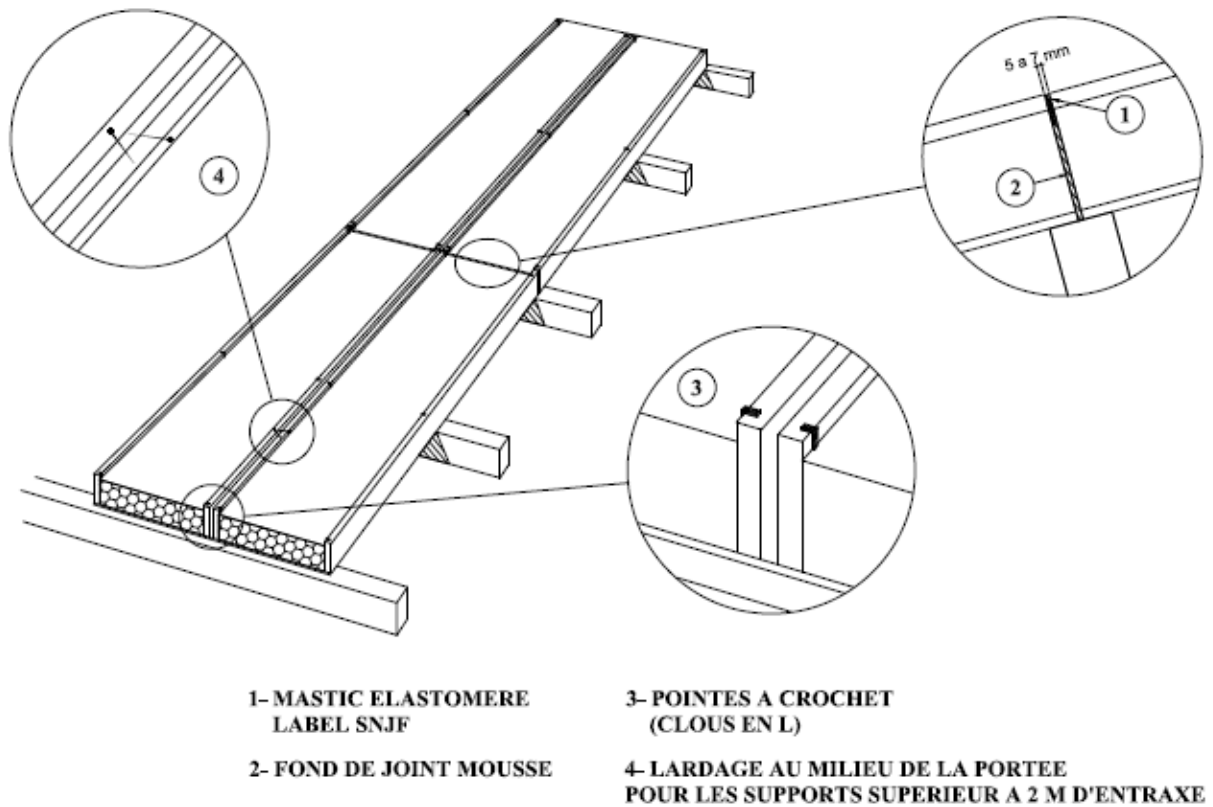


Figure 8 – Fixation des caissons à la charpente

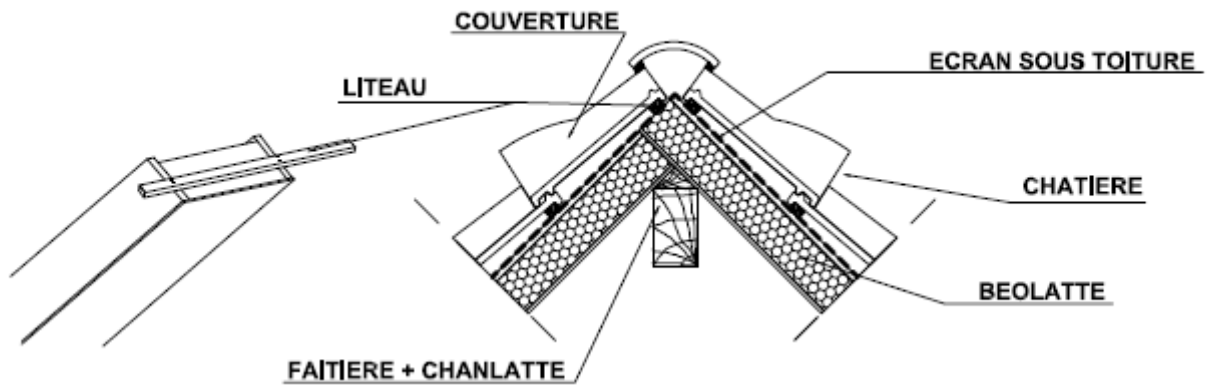


Figure 9 – Faîtage avec chevauchement des caissons (cas de 2 versants à 45°)

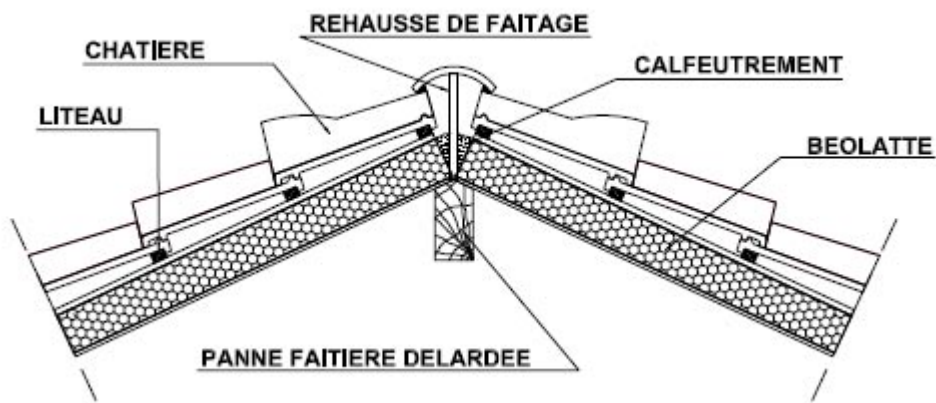


Figure 10 – Faîtage à sec

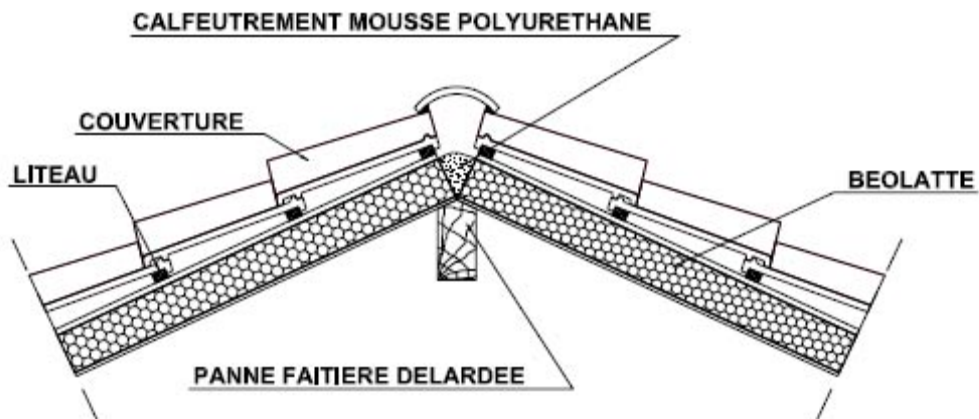


Figure 11 – Faîtage maçonné

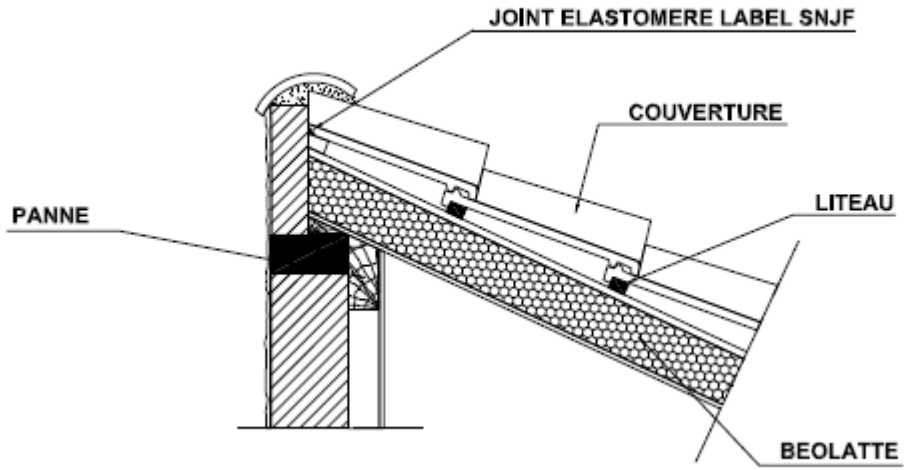


Figure 12 – Faitage monopente

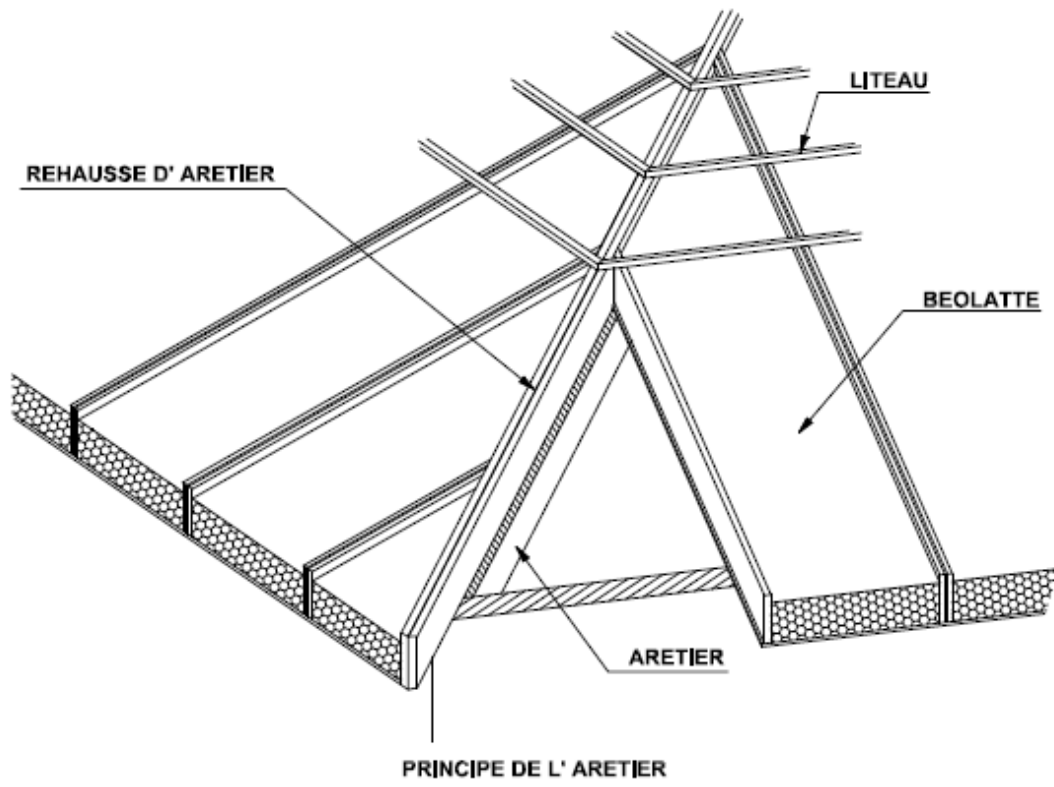


Figure 13 – Arêtier

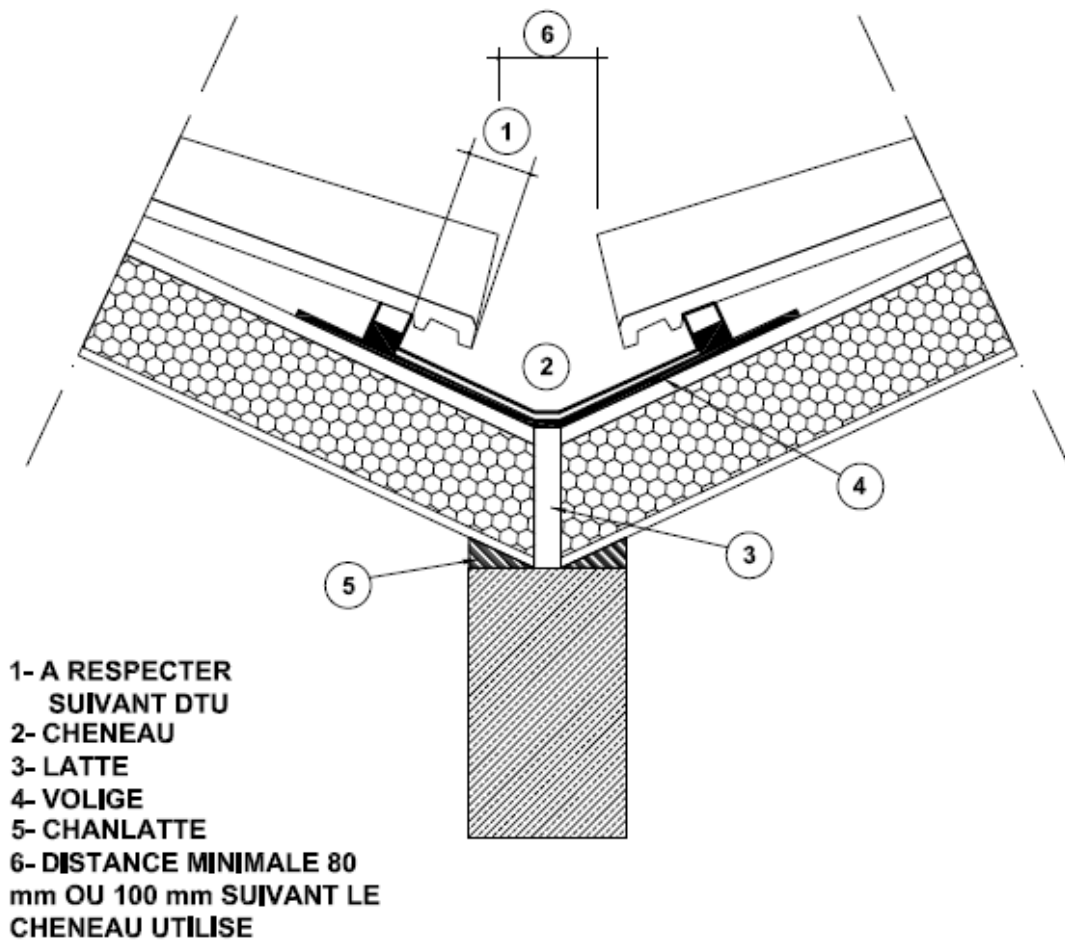


Figure 14 – Noue

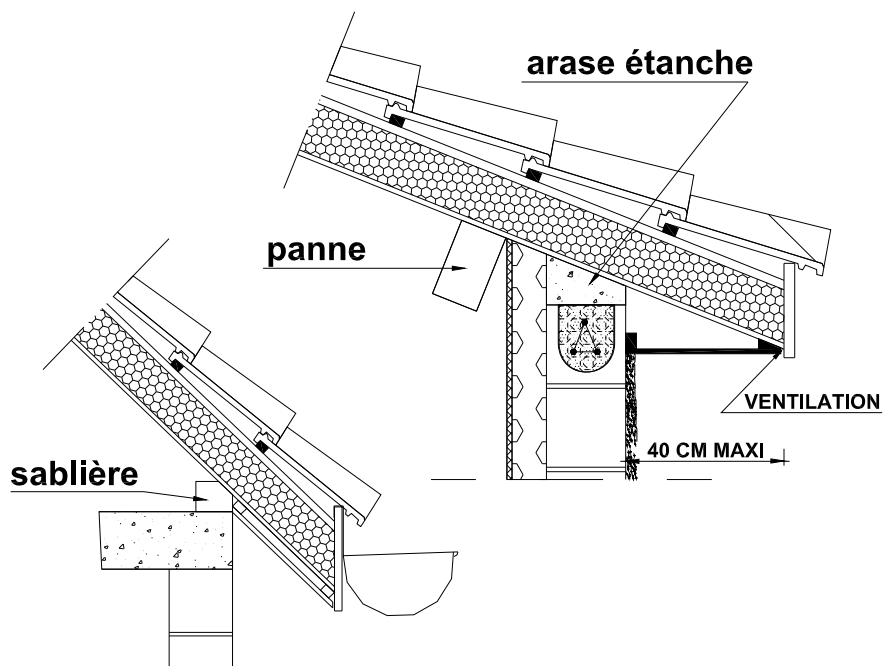


Figure 15 – Egouts et débords

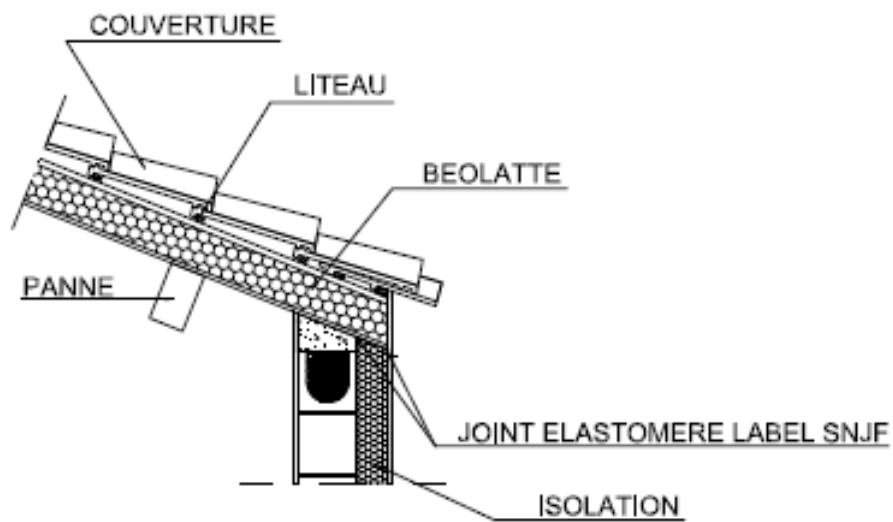


Figure 16 - Isolation par l'extérieur

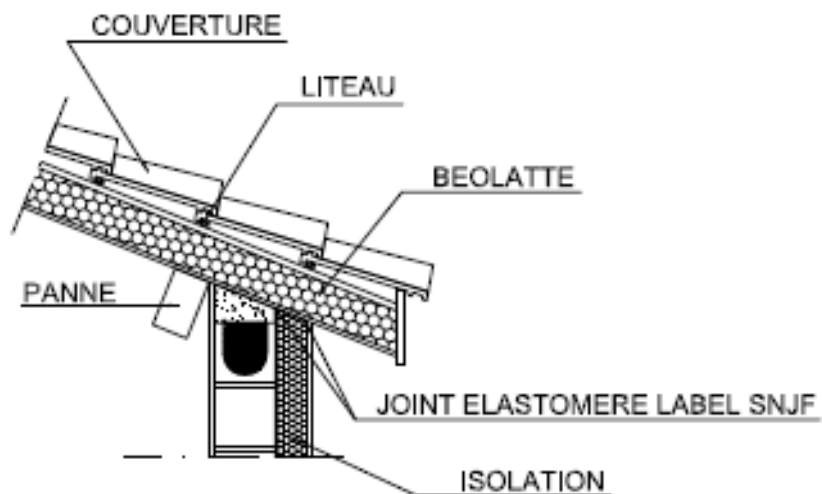


Figure 16 bis - Isolation par l'extérieur

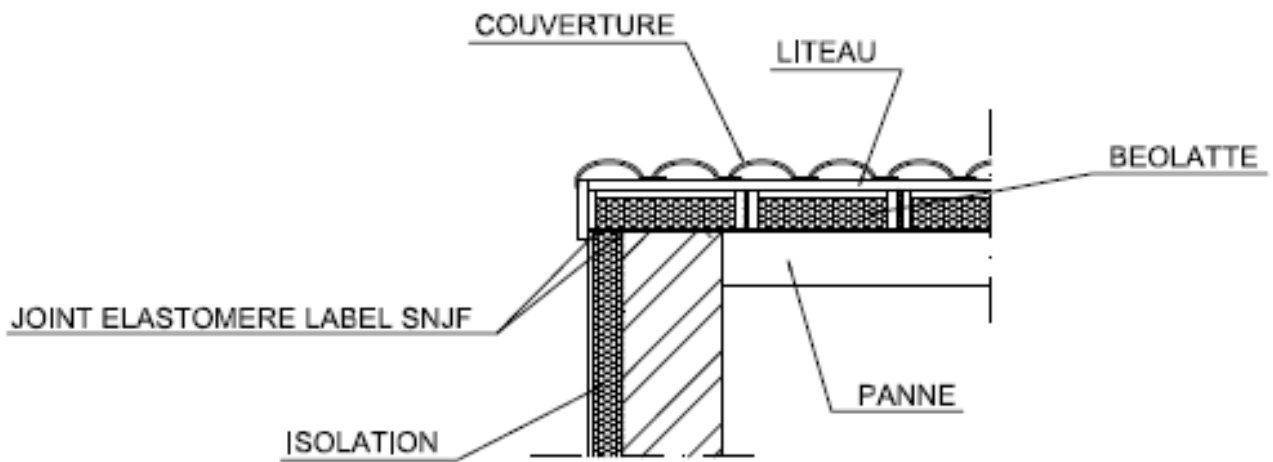


Figure 17 – Rive latérale

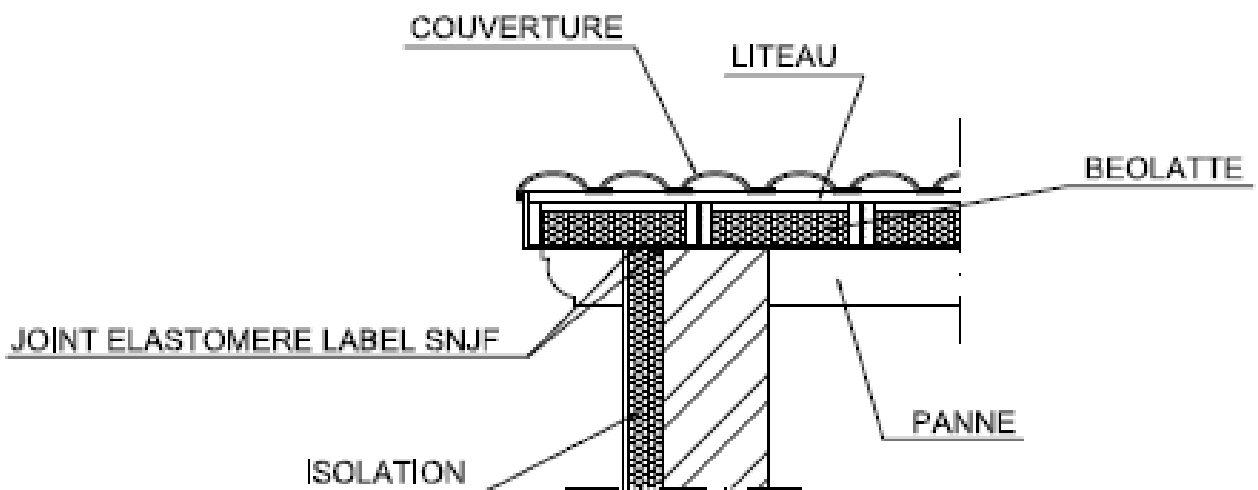


Figure 17bis - Rive latérale

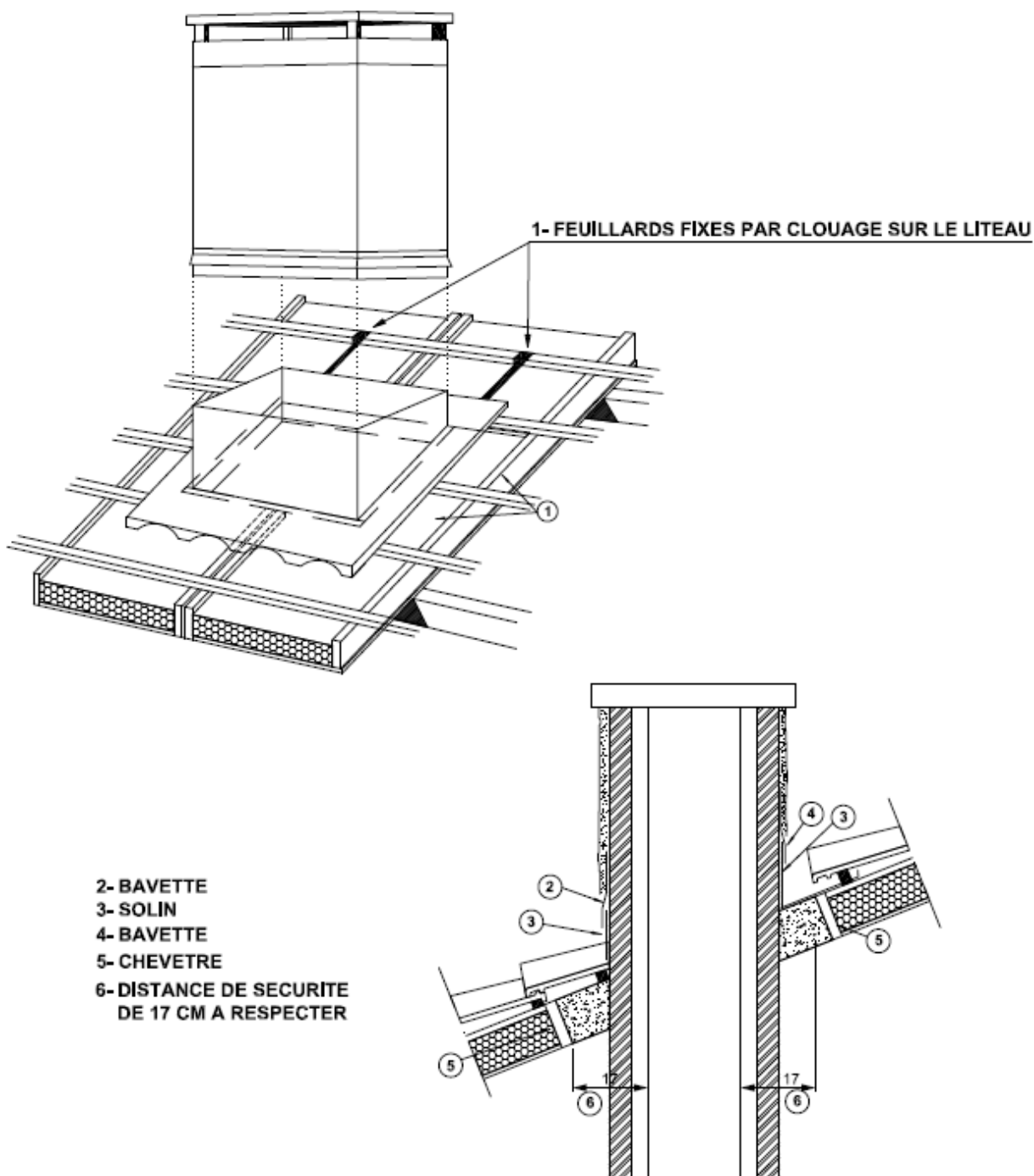
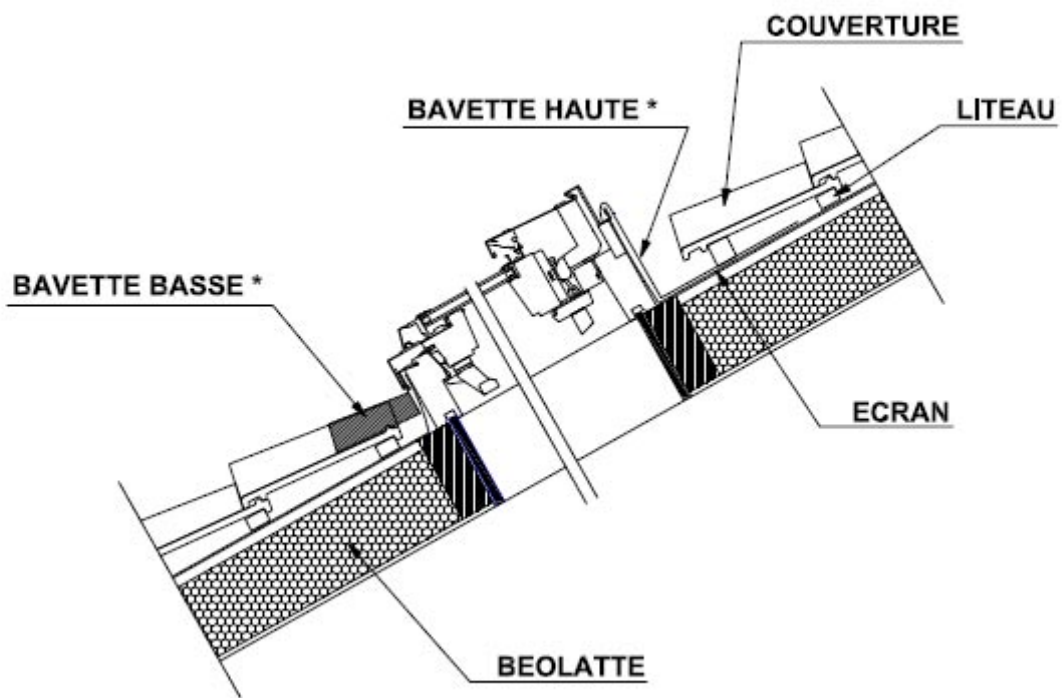


Figure 18 – Passage de conduit de fumée



* PENTE ENTRE 15° ET 75° CE REFERER A L'AVIS TECHNIQUE DE LA FENETRE DE TOIT

Figure 19 – Fenêtre de toit

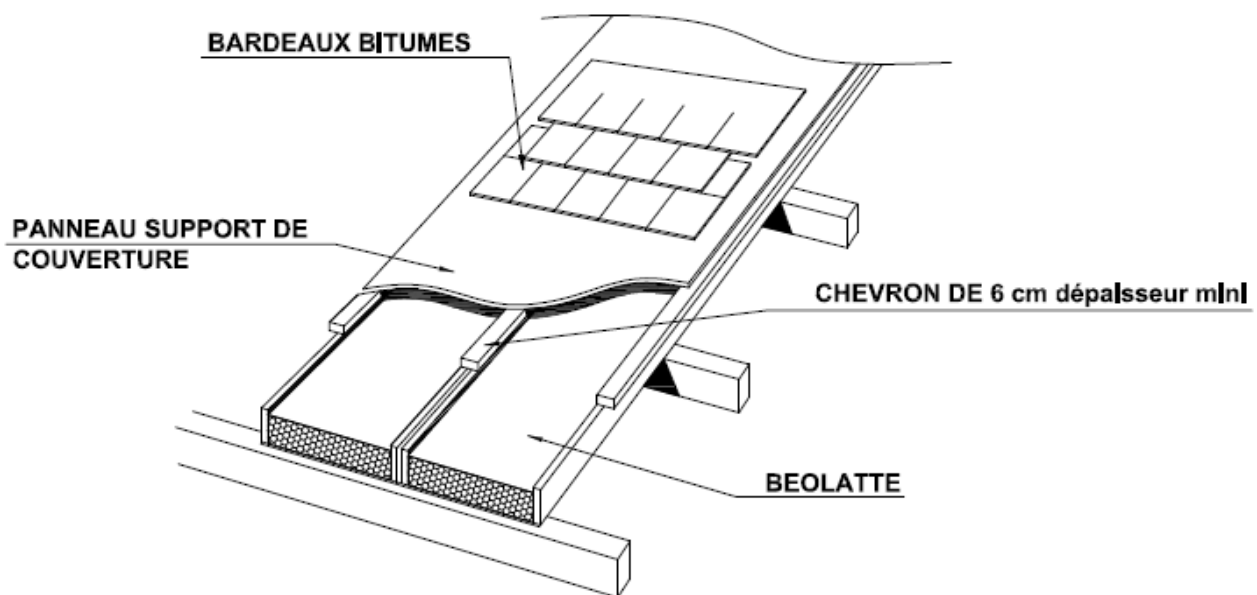


Figure 20 – Couverture en bardeaux bitumés

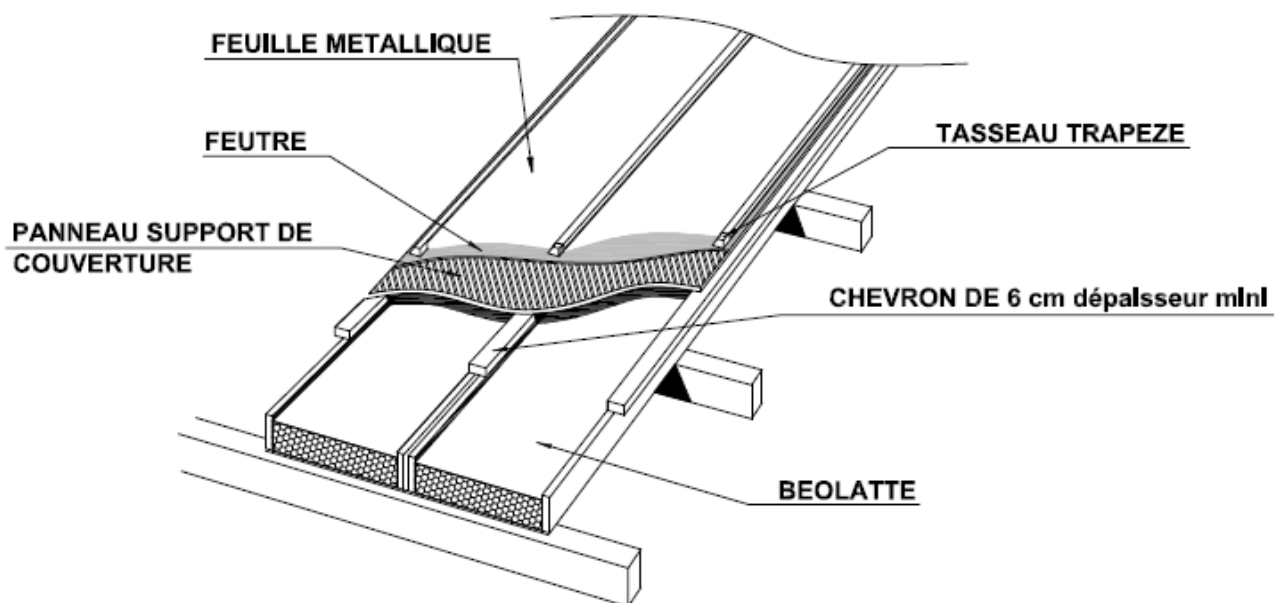


Figure 21 – Couverture en feuilles et bandes métalliques

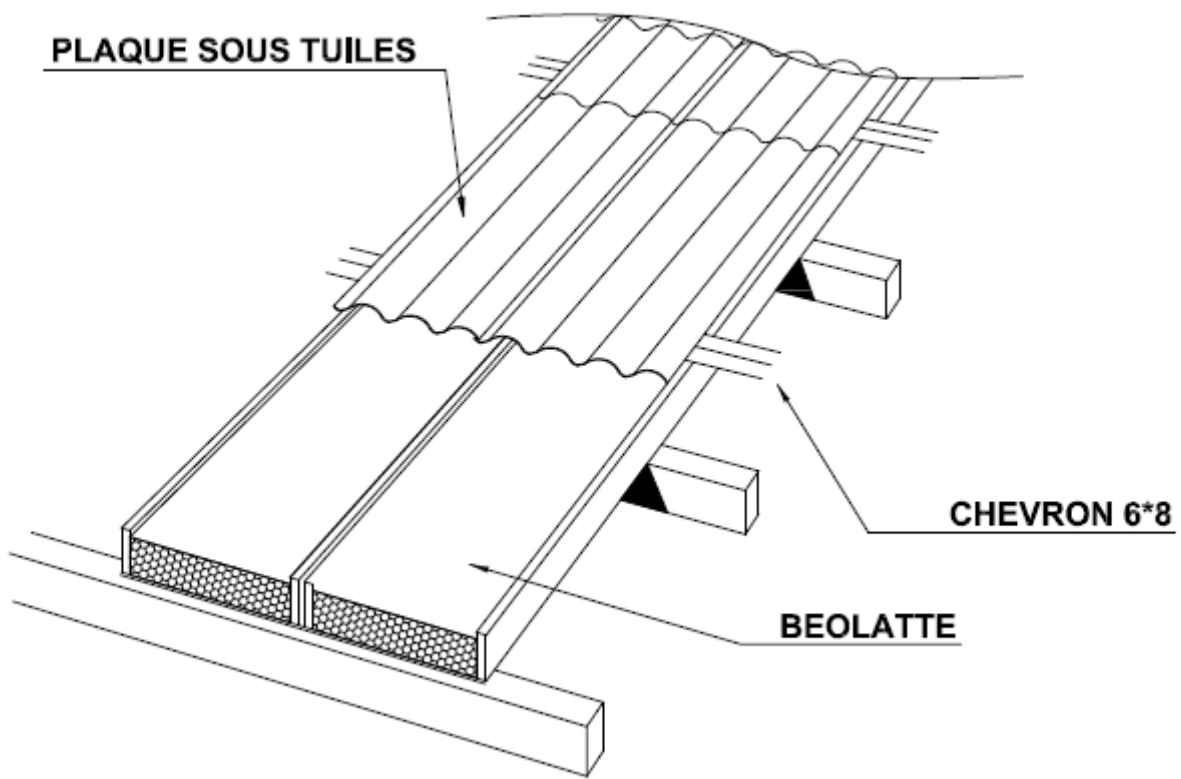


Figure 22 – Couverture en plaques de fibres ciment supports de tuiles canal

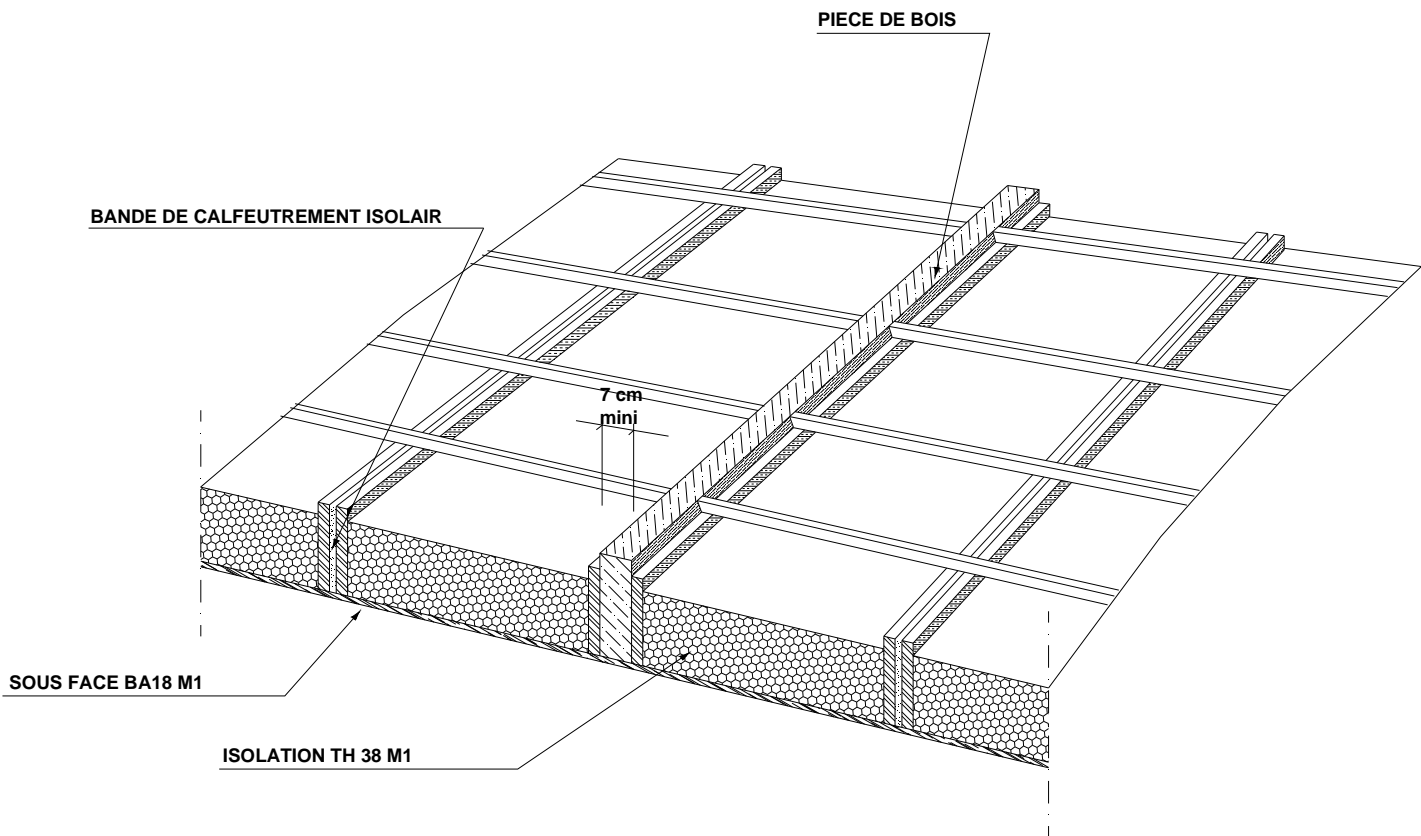


Figure 23 – Principe de recouvrement ERP tous les 300 m²

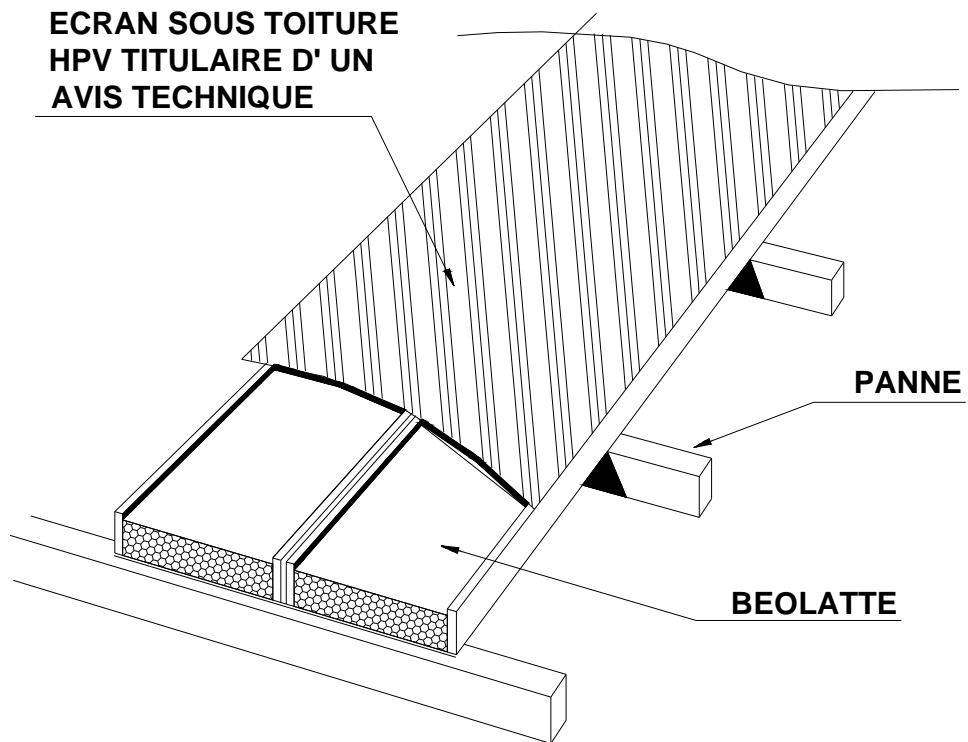


Figure 24 – Ecran sous-toiture HPV