

Sur le procédé

Panneaux KLH

Titulaire : Société **KLH – MASSIVHOLZ GmbH**

Internet : www.klh.at

Distributeur : Société **LIGNATEC**

Internet : www.lignatec.fr

Descripteur :

Les panneaux structuraux KLH sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif, empilées en plis croisés à 90° sur 3 à 8 plis et collées entre elles sur toute leur surface. Les panneaux sont fabriqués en largeur maximum de 2,95 m, et en longueur maximum de 16,5 m.

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à la réalisation de planchers et de murs porteurs à fonction de contreventement. Ils peuvent indifféremment être associés entre eux au sein d'un même bâtiment ou utilisés pour plusieurs des fonctions visées, en association avec des éléments de structure autres. Ils peuvent également être supports d'étanchéité, éléments porteurs de complexes d'étanchéité, et élément porteur supports de couverture.

Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

Famille de produit/Procédé : Panneaux structuraux en bois contrecollé-croisé, utilisés en mur et plancher

AVANT-PROPOS

Les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction des éléments d'appréciation sur la façon de concevoir et de construire des ouvrages au moyen de produits ou procédés de construction dont la constitution ou l'emploi ne relèvent pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Au terme d'une évaluation collective, l'avis technique de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés relativement aux exigences réglementaires et d'usage auxquelles l'ouvrage à construire doit normalement satisfaire.

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n°3.3/20-1016_V1.	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZLAN

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	6
1.1.	Définition succincte	6
1.1.1.	Description succincte	6
1.1.2.	Mise sur le marché	6
1.1.3.	Identification	6
1.2.	AVIS.....	6
1.2.1.	Domaine d'emploi accepté.....	6
1.2.2.	Appréciation sur le procédé	8
1.2.3.	Prescriptions Techniques dans le cas de l'utilisation en mur et planchers	11
1.2.4.	Utilisation en zone sismique.....	12
1.2.5.	Traitement de préservation.....	13
1.2.6.	Disposition constructives générales	13
1.2.7.	Prescription technique dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées 14	
1.2.8.	Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en support de couverture	16
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	17
1.4.	Annexe 1 à l'Avis Technique	19
1.4.1.	Dimensionnement des planchers	19
1.4.2.	Conception	19
1.4.3.	Vérifications à l'ELU instantané	19
1.4.4.	Vérifications à l'ELU final	20
1.4.5.	Vérifications ELS	20
1.5.	Dimensionnement des murs	21
1.5.1.	Vérification en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales	21
1.5.2.	Vérification en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges horizontales.....	21
1.6.	Conception des assemblages	22
2.	Dossier Technique.....	23
2.1.	Données commerciales	23
2.1.1.	Coordonnées	23
2.2.	Principe et domaine d'emploi	23
2.3.	Identification et marquage	23
2.4.	Définition des matériaux	24
2.4.1.	Planches en bois	24
2.4.2.	Colles	24
2.5.	Description des panneaux	24
2.5.1.	Géométrie des panneaux.....	24
2.5.2.	Caractéristiques physiques des panneaux.....	26
2.6.	Fabrication et contrôle	26
2.6.1.	Fabrication	26

2.6.2.	Contrôle de la fabrication	27
2.7.	Dimensionnement	28
2.7.1.	Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux – plancher	28
2.7.2.	Dimensionnement des éléments porteurs verticaux – Murs	31
2.7.3.	Eléments soumis à de la compression oblique	35
2.8.	Mise en œuvre	35
2.8.1.	Dispositions générales relatives aux assemblages.....	35
2.8.2.	Dispositions spécifiques relatives au passage de câbles techniques dans l'épaisseur même du panneau KLH	37
2.8.3.	Dispositions spécifiques et comportement aux séismes	37
2.8.4.	Dispositions pour les membranes pare-vapeur	37
2.8.5.	Dispositions concernant les parements extérieurs	37
2.8.6.	Mise en œuvre des revêtements de sol désolidarisés.....	37
2.8.7.	Dispositions de transport et de stockage	38
2.8.8.	Spécificité dans les DROM COM	38
2.8.9.	Performances acoustiques de composition KLH.....	38
2.9.	Distribution et assistance technique.....	42
2.10.	Résultats expérimentaux.....	42
2.11.	Références	43
2.11.1.	Données Environnementales	43
2.11.2.	Autres références	43
3.	Annexes A : Utilisation en support d'étanchéité.....	61
3.1.	Généralités.....	61
3.1.1.	Principe.....	61
3.1.2.	Destination d'emploi	61
3.2.	Prescriptions relatives aux toitures inaccessibles, techniques et végétalisées	61
3.2.1.	Généralités.....	61
3.2.2.	Stockage, approvisionnement	62
3.2.3.	Support isolants thermiques non porteurs	62
3.2.4.	Revêtements d'étanchéité	63
3.2.5.	Protections	64
3.2.6.	Dispositions particulières pour les toitures froides.....	64
3.3.	Dispositions relatives aux terrasses accessibles aux piétons et au séjour.....	64
3.3.1.	Généralités.....	64
3.3.2.	Couche de protection de l'élément porteur.....	64
3.3.3.	Support isolant thermique porteur	64
3.3.4.	Revêtement d'étanchéité.....	65
3.3.5.	Traitement des relevés.....	65
3.3.6.	Protections	65
3.3.7.	Dispositions de contrôle par manchons.....	65
3.4.	Cas des terrasses avec élément porteur pente nulle, avec isolant FOAMGLAS penté en climat de plaine	65
3.5.	Habillage plafond suspendu	66
3.6.	Dispositions particulières au climat de montagne	66
3.7.	Dispositions particulières en DROM.....	66
3.8.	Entretien et réparation.....	67
3.9.	Organisation de la mise en œuvre et assistance technique	67

4.	Annexe B : Utilisation en support de couverture.....	75
4.1.	Généralités.....	75
4.1.1.	Principe.....	75
4.1.2.	Destination.....	75
4.1.3.	Type de couvertures.....	75
4.1.4.	Disposition vis-à-vis du feu.....	76
4.2.	Dimensionnement.....	76
4.2.1.	Dimensionnement des panneaux par le lot « structure ».....	76
4.2.2.	Dimensionnement de la couverture par le lot « couverture ».....	76
4.3.	Complément d'isolation par l'intérieur (isolant sous le panneau KLH).....	76
4.4.	Mise en œuvre en climat de plaine.....	77
4.4.1.	Organisation de la mise en œuvre.....	77
4.4.2.	Configurations de pose (cf. fig. B.2).....	77
4.4.3.	Assemblages des panneaux (cf. fig. B.1).....	77
4.4.4.	Accessoires complémentaires.....	77
4.4.5.	Fixations des panneaux.....	77
4.4.6.	Mise en œuvre du pare-vapeur.....	77
4.4.7.	Pièces de bois support de couverture et leurs fixations.....	77
4.4.8.	Traitement des points singuliers.....	77
4.5.	Couvertures en climat de plaine.....	78
4.5.1.	Isolation.....	78
4.5.2.	Ecran de sous-toiture (climat de plaine uniquement).....	78
4.5.3.	Couverture.....	78
4.5.4.	Traitement des points singuliers.....	79
4.5.5.	Réalisation d'ouvertures pour pénétrations discontinues (cf. fig. B.11a et 11b).....	80
4.5.6.	Dispositions relatives à la sécurité incendie dans les ERP.....	80
4.6.	Mise en œuvre en climat de montagne (lot couverture).....	80
4.6.1.	Généralités (cf. fig. B12).....	80
4.6.2.	Étanchéité complémentaire mise en œuvre sur platelage bois ventilé en sous-face.....	80
4.6.3.	Ventilation de la couverture et de l'étanchéité complémentaire, mise en œuvre de l'isolation thermique.....	80
4.6.4.	Couvertures en toiture froide en climat de montagne.....	81
4.7.	Mise en œuvre en DROM de la Réunion et Mayotte.....	81
4.8.	Assistance Technique.....	81
4.9.	Coordination.....	81
4.10.	Acceptation du support de couverture.....	81

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 27 février 2020, le procédé **Panneaux KLH**, présenté par la Société KLH – MASSIVHOLZ GmbH. Il a formulé, sur ce procédé, le Document Technique d'Application ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine et DROM-COM.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Les panneaux structuraux KLH sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif, empilées en plis croisés à 90° sur 3 à 8 plis et collées entre elles sur toute leur surface. Les panneaux sont fabriqués en largeur maximum de 2,95 m, et en longueur maximum de 16,5 m.

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à la réalisation de planchers et de murs porteurs à fonction de contreventement. Ils peuvent indifféremment être associés entre eux au sein d'un même bâtiment ou utilisés pour plusieurs des fonctions visées, en association avec des éléments de structure autres. Ils peuvent également être supports d'étanchéité, éléments porteurs de complexes d'étanchéité, et élément porteur supports de couverture.

1.1.2. Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n° 305/2011, le produit fait l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base de l'Evaluation Technique Européenne ETE-06/0138 :2017. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

1.1.3. Identification

Après fabrication selon le protocole décrit au § 2.6 du Dossier Technique les panneaux sont identifiés de la façon suivante :

- Le logo KLH ;
- Le numéro de fabrication ;
- Les dimensions et la masse ;
- Une référence permettant un montage rapide ;
- Le type de panneau ;
- Le lieu de fabrication.

Les produits sont assortis du marquage CE accompagné des informations prévues par l'évaluation Technique Européenne ETE-06/0138 :2017.

1.2. AVIS

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions fixées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 1.2.3).

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Le domaine d'emploi proposé est accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3, n°5.1 et n°5.2, à savoir les utilisations dans les bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de la 1^{ère} à la 4^{ème} famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

Les limitations du domaine d'emploi résultent du respect de la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments, notamment vis-à-vis du Règlement de Sécurité pour la Construction.

Les panneaux structuraux « Panneaux KLH » sont destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 à 2 au sens de la norme NF EN 335.

Pour les murs, planchers et support d'étanchéité, l'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine et en DROM-COM, zones sismiques 1 à 5 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié. Pour les supports de couverture, l'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne, et à Mayotte et La Réunion, dans ce cas uniquement en association avec le procédé Kalzip® Droit en couverture froide ventilée non isolée, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Les éléments de levage ne sont pas visés par cet Avis Technique.

La mise en œuvre d'un système d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant sur les panneaux « Panneaux KLH » doit faire l'objet d'un Avis Technique visant les supports bois dans les limitations d'usage de celui-ci.

Le domaine d'emploi proposé est limité aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie, à l'exclusion des locaux à forte et très forte hygrométrie au sens de Cahier du CSTB n°3567, c'est à dire ceux pour lesquels $W/n \leq 5g/m^3$, avec :

- W = quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur du local par heure ;
- n = taux horaire de renouvellement d'air.

Seuls les locaux ponctuellement et temporairement rafraîchis en période chaude par un système d'appoint associé à la ventilation mécanique, pour autant que la température de consigne soit telle que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur soit inférieure ou égale à 5°C sont visés.

L'utilisation des panneaux KLH en plancher sur vide sanitaire est à exclure des zones infestées par les termites en l'absence de procédé de barrière anti-termite sous Avis Technique visant les planchers bois en vide-sanitaire.

Précisions du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en mur et planchers

Pour la réalisation des planchers, le procédé est limité à la reprise de charges à caractère statique ou quasi-statique pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, C4, C5, D1, E1, H, I au sens de la norme NF EN 1991-1-1. Les chariots élévateurs ne sont pas visés par l'Avis Technique.

La conception des assemblages devra être effectuée suivant les prescriptions du paragraphe 1.2.3.1.5 du présent avis.

Pour les catégories E1, trois types d'assemblage sont acceptés :

- Assemblage mi-bois avec vis anti-fendage ;
- Assemblage avec vis lardées ;
- Assemblage avec languette et vis lardées.

L'Avis est formulé en excluant la reprise des cloisons maçonnées ou fragiles. Les revêtements fragiles doivent être mis en place en pose désolidarisée.

Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

Les ouvrages enterrés en panneaux KLH sont exclus du domaine d'emploi.

Les entures de grandes dimensions n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

Précisions du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées

Les panneaux structuraux KLH sont utilisés selon l'annexe A du Dossier Technique, en travaux neufs :

- Sur tous types de construction ;
- Au-dessus des locaux classés à faible ou moyenne hygrométrie selon l'Annexe B du NF DTU 43.4 P1-1.
- En France européenne en climat de plaine et de montagne, et en DROM.
- En toitures :
 - Inaccessibles, avec chemins de circulation éventuels, sans terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales ;
 - Inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïques avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique ;
 - À zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades ;
 - Végétalisées de pente minimum 3 % ;
 - Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots ou par platelage bois.

Les toitures-terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales ne sont pas revendiquées.

- Sous des systèmes d'étanchéité :
 - En toitures froides ou en toitures chaudes ;
 - Avec un revêtement d'étanchéité indépendant, semi-indépendant ou adhérent ;
 - En apparent ou sous protection lourde ;
 - En asphalte ou mixte sous asphalte bénéficiant d'un Avis Technique, en feuilles bitumineuses ou en membrane synthétique bénéficiant d'un Document Technique d'Application.

Le procédé « Panneaux KLH » vise également les toitures-terrasses inversées (hors toitures accessibles aux piétons), lorsqu'il est associé à un panneau isolant de polystyrène extrudé bénéficiant d'un Document Technique d'Application.

Les pentes sur plan des toitures inaccessibles, techniques et accessibles aux piétons sont dépendantes du critère de dimensionnement choisi :

- ≥ 3 %, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au 1/250e de la portée ;
- $\geq 1,8$ %, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au 1/400e de la portée ;
- $\geq 1,6$ %, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au 1/500e de la portée ;
- ≥ 3 % pour les terrasses et toitures végétalisées.

Sont également visés les toitures-terrasses inaccessibles, techniques (hors TTV) et accessibles aux piétons, avec élément porteur à pente nulle et isolant en FOAMGLAS® TAPERED (sous Avis technique en cours de validité et visant ce domaine d'emploi) penté, en France métropolitaine (hors DROM) en climat de plaine.

Précision du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en support de couverture

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à l'emploi comme éléments porteur support de couverture, en France métropolitaine, et DROM-COM de La Réunion et Mayotte, dans ce cas uniquement en association avec le procédé Kalzip® Droit en couverture froide ventilée non isolée, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, en construction neuve ou en rénovation, dans les bâtiments suivants :

- Bâtiments d'habitation : maisons individuelles ou bâtiments collectifs ;
- Bâtiments relevant du code du travail (locaux industriels et commerciaux) ;
- Etablissements recevant du public (ERP) ;

Les panneaux KLH sont mis en œuvre sur des porteurs en béton ou maçonneries, métalliques ou en bois suivant les préconisations de la partie Avis et du Dossier Technique.

Ils sont support d'isolation mise en œuvre entre chevrons ou en continu. Dans ce deuxième cas, on se référera aux prescriptions des Avis Techniques ou Documents Techniques d'Application relatifs aux procédés « Sarking ».

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Satisfactions aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Stabilité

La résistance et la stabilité du procédé sont normalement assurées dans le domaine d'emploi accepté sous réserve des dispositions complémentaires données au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§1.2.3 ci-après et Annexe 1).

Sécurité en cas d'incendie

Résistance au feu

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les panneaux KLH, qu'ils soient utilisés en tant que porteur vertical ou horizontal, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu et de coupe-feu dans les conditions précisées dans l'Appréciation de laboratoire de résistance au feu AL 13-117_V2.

Réaction au feu

Les panneaux KLH bruts bénéficient d'un classement conventionnel en réaction au feu D-s2, d0 selon la norme NF EN 13501-1. L'adéquation entre ce classement et les exigences réglementaires doit être examinée au cas par cas en fonction du type de bâtiment et de l'emplacement du panneau dans l'ouvrage.

Les panneaux KLH bénéficient d'un classement B-s2, d0 dans leur version traitée chimiquement tel que décrit dans le PV de classement du FCBA N°-16/RC-49 cité en référence pour les épaisseurs de panneaux ≥ 60 mm.

Sécurité en cas d'incendie pour une utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées

Dans les lois et règlements en vigueur, les dispositions à considérer pour les toitures proposées ont trait à la tenue au feu venant de l'extérieur et de l'intérieur.

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur

Le comportement au feu des toitures mises en œuvre sous une protection lourde conformes à celles de l'arrêté du 14 février 2003 satisfait aux exigences vis-à-vis du feu extérieur (art. 5 de l'arrêté du 14 février 2003) ; le procédé avec d'autres protections rapportées n'est pas classé.

Le classement de tenue au feu des revêtements apparents pour toitures est indiqué dans les Documents Techniques d'Application particuliers aux procédés.

Vis-à-vis du feu intérieur

a) 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.

b) Les panneaux KLH ont fait l'objet d'une appréciation de laboratoire de résistance au feu AL - 13-117_V2 (établi par le CSTB, le 12/03/2020) permettant de considérer que les éléments respectent les dispositions en matière de protection des isolants non A2 vis-à-vis d'un feu intérieur pour les bâtiments d'habitation et les Établissements Recevant du Public (ERP).

Sécurité en cas d'incendie pour une utilisation en support de couverture

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

Selon l'arrêté du 14 février 2003 relatif à la performance des toitures et couvertures de toitures exposées à un incendie extérieur, les couvertures relèvent d'un classement de réaction au feu A1 dans le cas des tuiles, des ardoises naturelles, des ardoises et des plaques en fibres-ciment et des couvertures en feuilles et longues feuilles métalliques. Elles relèvent du classement propre à chaque produit dans le cas des bardeaux bitumés.

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

La sécurité en cas d'incendie provenant de l'intérieur doit être examinée au cas par cas en fonction de la destination des locaux. Les panneaux KLH disposent d'un classement conventionnel de réaction au feu D-s2, d0 selon la norme NF EN 13501-1 ; Les panneaux KLH ont fait l'objet d'appréciation de laboratoires de résistance au feu AL - 13-117_V2 (établi par le CSTB, le 12/03/2020) permettant de considérer que ces éléments respectent les dispositions en matière de protection des isolants non A2 vis-à-vis d'un feu intérieur pour les bâtiments d'habitation, les locaux régis par le Code du Travail et les Établissements Recevant du Public (ERP) ; Lorsque le panneau est visible en sous-face, il fait office de plafond.

Propagation du feu aux façades

Pour la propagation du feu en façade, les dispositions constructives permettant de limiter le risque de propagation du feu par les façades dont la participation à l'indice C+D (écran thermique, jonction façade/plancher) sont déterminées par application de l'Appréciation de Laboratoire au feu n° n°AL13-117_V2.

Dans le cas d'intégration de coffres de volet roulant, de modénatures de façade et/ou de brises soleil ou de spécifications sur les côtes C+D, un Avis de chantier conformément à l'Arrêté du 22 mars 2004 modifié devra être réalisé.

Pose en zones sismiques

Le procédé KLH a fait l'objet d'essais afin d'évaluer son comportement en sollicitation dynamique. Les rapports d'essais sont cités en référence au chapitre B du Dossier Technique.

Le procédé KLH peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

Sécurité en cas de séisme pour une utilisation en support de couverture

Selon la réglementation définie par :

- Le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Le décret n° 2010-1255 portant sur la 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 KLH support de couverture peut être mis en œuvre en respectant les prescriptions du Dossier Technique et de l'Annexe B 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 classes A, B, C, D et E.

Pour les couvertures plaques support de tuiles, tuiles métalliques et plaques bitumineuses, la limitation d'utilisation en zone sismique est donnée dans le DTA du procédé de couverture.

Pour les couvertures traditionnelles (petits éléments de couverture, plaques profilées en fibres-ciment, tôles métalliques nervurées, feuilles et longues feuilles métalliques et bardeaux bitumés), la limitation d'utilisation en zone sismique devra être déterminée selon les référentiels techniques appropriés.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

La sécurité du travail sur chantier peut être normalement assurée, en ce qui concerne le procédé proprement dit, moyennant les précautions habituelles à prendre pour la manutention d'éléments préfabriqués de grandes dimensions. Une attention particulière doit être portée à la manutention des panneaux KLH destinés à la réalisation de murs munis d'ouvertures et transportés tels quels. Dans le cas où la phase de manutention génère des efforts nettement supérieurs à ceux subis par le panneau mis en œuvre dans l'ouvrage, les points d'attaches conçus et prescrits par KLH – MASSIVHOLZ GmbH doivent être respectés sur chantier.

Lors des phases provisoires, et tant que l'ensemble des éléments nécessaires au contreventement définitif de l'ouvrage ne sont pas mis en œuvre, la stabilité des panneaux KLH, en position verticale ou horizontale, doit être assurée au moyen d'un étaielement garantissant la stabilité particulière de chaque élément et la stabilité générale du bâtiment en cours de construction. D'une manière générale, et quelle que soit la fonction du panneau KLH dans l'ouvrage, la mise en œuvre des panneaux KLH impose les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

Le procédé dispose d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS). L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce procédé sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port d'équipements de protection individuelle (EPI). La FDS est disponible à la Société KLH – MASSIVHOLZ GmbH.

Isolation thermique

Le procédé KLH présente une isolation thermique « moyenne » évaluée par le coefficient U de transmission surfacique calculable conformément aux règles Th-U de la RT 2012, en prenant pour conductivité thermique utile du bois $\lambda = 0,12 \text{ W/m.K}$, pour capacité thermique massique $C_p = 1600 \text{ J/kg.K}$.

Les panneaux KLH, peuvent nécessiter, selon leur emplacement dans l'ouvrage, la mise en œuvre d'une isolation thermique complémentaire.

Les valeurs et dispositions décrites dans les figures du Dossier Technique sont données à titre indicatif et n'ont pas été examinées par le GS n°3.3, une étude devra être réalisée au cas par cas. Sur les figures sont indiqués les isolants qui sont prescrits dans le DTU 31.2-1-2 (CGM).

Un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face du panneau KLH exposée au climat intérieur (entre le panneau KLH et l'ouvrage en plaque de plâtre). La valeur de Sd (épaisseur de lame d'air équivalente) du pare-vapeur sera au minimum de 18m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90m le cas contraire.

Utilisation en support d'étanchéité de toitures et de couverture

Afin de vérifier le respect des réglementations thermiques en vigueur, pour les bâtiments neufs et existants selon le cas, les bâtiments équipés de ce procédé doivent faire l'objet d'études énergétiques. Ces études doivent tenir compte des caractéristiques des produits mis en œuvre, notamment lorsqu'ils sont sous Avis Technique ou Document Technique d'Application.

L'arrêté du 26 octobre 2010 (Réglementation Thermique 2012) et le décret RE 2020 n°2021-1004 (Réglementation Environnementale RE 2020) n'impose pas d'exigences minimales sur la transmission thermique surfacique des parois mais imposent des exigences sur les performances énergétiques globales du bâti

Les constructions existantes sont soumises aux dispositions de l'arrêté du 22 mars 2017, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, qui définit la résistance thermique totale minimum que la paroi doit respecter lorsqu'il est applicable.

En toitures, les « Panneaux KLH » sans isolation thermique complémentaire, ne peuvent être mis en œuvre que sur les ouvrages où la réglementation thermique n'est pas applicable tels que bâtiments ouverts et auvents.

Isolation acoustique

Aucun essai de caractérisation des performances acoustiques n'a été réalisé. En conséquence les performances acoustiques du procédé n'ont pas été visées et l'utilisation du procédé devra être décidée au cas par cas en fonction des exigences réglementaires d'isolation acoustique.

Les panneaux KLH ne permettent pas toujours de satisfaire aux exigences en vigueur en matière d'isolation acoustique entre logements dans les bâtiments d'habitation. L'atteinte des critères d'isolation fixés par la réglementation nécessite parfois la mise en œuvre de matériaux d'isolation acoustique ou d'ouvrages complémentaires par exemple un plafond suspendu.

L'efficacité du complexe ainsi constitué vis-à-vis de l'isolation acoustique dépend de la conception particulière du plafond et de sa suspension. Cette efficacité peut être jugée soit à partir d'essais, soit à partir de calcul, après s'être assuré que la fréquence de résonance de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté est inférieure à 60 Hz.

L'efficacité du complexe ainsi constitué vis-à-vis de l'isolation acoustique peut être évalué suivant le paragraphe 2.10.3 du Cahier du CSTB 3802-P2.

Étanchéité à l'eau et à l'air

Les panneaux KLH eux-mêmes ne sont pas destinés à jouer un rôle seul vis-à-vis de l'étanchéité à l'eau ni de l'étanchéité à l'air.

Données environnementales et sanitaires

Il existe une Déclaration Environnementales (DE) pour ce procédé mentionné au paragraphe C1 du Dossier Technique. Il est rappelé que cette DE n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

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

1.2.2.2. Durabilité - Entretien

Compte tenu de la limitation à des usages exposant les panneaux KLH aux classes d'emploi 1 et 2, leur durabilité face aux éléments fongiques peut être normalement assurée soit du fait de la durabilité naturelle de l'essence utilisée, soit par l'application d'un traitement de préservation dans les conditions fixées au §2.314 du Cahier des prescriptions techniques particulières.

Le deuxième décret n° 2006-591 d'application de la loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages » - dite loi termites, suivi par l'arrêté du 16 février 2010 modifiant l'arrêté du 27 juin 2006 relatif à l'application des articles R.112-2 et R. 112-4 du code de la construction et de l'habitation, vise la protection des bois et des matériaux à base de bois participant à la solidité des ouvrages et mis en œuvre lors de la construction de bâtiments neufs ou de travaux d'aménagement. Les panneaux KLH répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données au § Prescriptions Techniques (§2.318 ci-après).

Utilisation en support d'étanchéité

Les panneaux doivent être vérifiés avant travaux de réfections du système d'étanchéité ; se reporter au paragraphe 1.2a de l'Annexe A.

Le Systèmes d'étanchéité : se reporter à leurs Documents Techniques d'Application, et à l'Avis Technique des terrasses et toitures végétalisées.

Concernant l'entretien du système d'étanchéité, se reporter à leurs Documents Techniques d'Application, à l'Avis Technique des procédés de végétalisation de toitures ou des dispositions conformes au DTU.

Utilisation en support de couverture

La durabilité du procédé de panneaux KLH est assurée si, comme prévu, ces éléments sont réservés à la couverture de locaux à faible ou moyenne hygrométrie et si ces supports sont protégés de l'humidification lors de la pose (cf. § 1.2.3 Prescriptions Techniques).

Dans les conditions de pose prévues par l'Annexe B, et complétées par les Prescriptions Techniques, la durabilité des couvertures associées est comparable à celle des mêmes couvertures posées sur support traditionnel.

Concernant l'entretien du système de couverture, se reporter aux dispositions du DTU de la série 40 ou au Document Technique d'Application dont relève la couverture.

Tous percements réalisés après le chantier, et quelque soient leurs dimensions, ne pourront être réalisés qu'après l'obtention de l'accord du bureau d'études de structure et/ou la Société KLH – MASSIVHOLZ GmbH.

1.2.2.3. Fabrication et contrôle

Cet avis ne vaut que pour les fabrications pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérification, décrits dans le Dossier Technique sont effectifs.

La fabrication des « Panneaux KLH » est assurée sur le site KLH Massivholz GmbH Katsch an der Mur 202 A 8842 Teufenbach-Katsch. La fabrication des panneaux KLH faisant appel au collage à usage structural, elle nécessite un contrôle permanent des différents paramètres conditionnant la réalisation d'un collage fiable (température, humidité, temps de pressage, pression de collage, etc.).

Le suivi de la production est effectué :

- Dans le cadre d'une procédure interne d'autocontrôle dont les étapes sont indiquées dans le §5.21 du Dossier Technique.
- L'ensemble des résultats ainsi que les dispositions prises en cas de résultat non conforme doivent être consignés sur un cahier ou sur des fiches de contrôle.
- Dans le cadre d'une procédure de contrôle externe réalisée par l'organisme Holzforchung, suivant les dispositions spécifiées au paragraphe 5.22 du Dossier Technique. La synthèse de ce contrôle externe doit être transmise une fois par an au CSTB.

La synthèse des résultats d'essais doit être adressée à KLH – MASSIVHOLZ GmbH. Le Titulaire transmettra l'ensemble des résultats au CSTB lors de la révision de l'Avis Technique.

1.2.3. Prescriptions Techniques dans le cas de l'utilisation en mur et planchers

1.2.3.1. Conditions de conception et de calcul

Elles sont prescrites dans l'Annexe 1.

Lorsque des « Panneaux KLH » sont utilisés comme murs pour assurer le contreventement, il est possible :

- Soit de les considérer comme une succession de panneaux isolés les uns des autres. Il est alors nécessaire de justifier leur tenue et celle de leurs ancrages en les considérant comme libres en tête et encastrés en pied. Ceci n'est applicable que si les panneaux sont fixés mécaniquement en pied et d'une largeur supérieure à 0,60 m. Il est également nécessaire de s'assurer de la présence d'une lisse haute transmettant l'effort horizontal et de justifier la transmission de l'effort aux panneaux par cette lisse ;
- Soit de considérer les liaisons entre panneaux. Il est alors nécessaire de justifier la tenue des panneaux et celles de leurs ancrages d'une part, de justifier la transmission des efforts de glissement entre panneaux d'autre part. Les dispositifs de liaisons entre panneaux sont ceux indiqués au Dossier Technique.

La conception et le calcul des panneaux KLH sont à la charge du bureau d'études techniques qui doit également fournir un plan de pose complet. LIGNATEC prête l'assistance technique nécessaire dans ce cadre en mettant notamment à disposition des acteurs de la construction une liste de bureau d'études techniques disposant de l'expertise requise pour le dimensionnement des panneaux KLH en respect des prescriptions techniques particulières du présent Avis et des normes en vigueur.

Les charges d'exploitation à prendre en considération dans les calculs sont celles précisées par la norme NF EN 1991 moyennant les limitations décrites §1.2.1.

1.2.3.1.1. Vérifications en phase définitive des éléments porteurs horizontaux

Les vérifications de la résistance sous l'effet du moment fléchissant et de l'effort tranchant peuvent être menées comme dit au §6.1 du Dossier Technique, en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont alors calculées comme dit au §6.14 du Dossier Technique. Il est tenu compte du fluage par le coefficient k_{def} pris selon la norme NF EN 1995-1-1.

La flèche finale ne pourra excéder $L/250$ où L est la portée du panneau entre appuis. La flèche est calculée en considérant les caractéristiques mécaniques finales des panneaux KLH.

La flèche instantanée due aux actions variables ne pourra excéder $L/300$ où L est la portée du panneau entre appuis. La flèche est calculée en considérant les caractéristiques mécaniques instantanées des panneaux KLH.

On appelle flèche active la part des déformations du plancher risquant de provoquer des désordres dans un ouvrage considéré généralement supporté (par exemple : cloison, carrelage, ...). C'est donc l'accroissement de la flèche, ou fléchissement, pris par le plancher à partir de l'achèvement de l'ouvrage concerné.

Le "fléchissement actif" des planchers pouvant nuire à l'intégrité des cloisons maçonnées ou aux revêtements de sol fragiles comporte :

- Les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher ;
- Les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles ;
- Les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes ;
- Les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

En l'absence de revêtement de sol fragile et de cloisons fragiles, la flèche active est limitée par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :

- $L/350$ pour $L \leq 7,00$ m ;
- 1 cm + $L/700$ pour $L > 7,00$ m.

En présence de revêtement de sol fragile ou de cloisons fragiles, les prescriptions portant sur la limitation des flèches nuisibles du FD P18 717 sont adoptées, soit :

- $L/500$ pour $L \leq 5,00$ m ;
- $0,5$ cm + $L/1000$ pour $L > 5,00$ m.

Pour les éléments de toiture, la flèche finale due à toutes les charges est limitée conventionnellement à :

- 1/250 de la portée pour une pente de 3 % minimale ;
- 1/400 de la portée pour une pente de 1,8 % minimale (hors TTV) ;
- 1/500 de la portée pour une pente de 1,6 % minimale (hors TTV).

Les critères de flèche active doivent être vérifiés en considérant les caractéristiques mécaniques à long terme des panneaux KLH.

Une attention particulière doit être portée à la conception des planchers et notamment à l'emplacement respectif des joints entre panneaux et des charges ponctuelles.

La longueur des porte-à-faux sera limitée à 50% de la longueur de la travée adjacente d'équilibre. La flèche au droit des porte-à-faux est limitée à $2.L/K$ lorsque celle de la portée courante est limitée à L/K (où K est par exemple 500 pour la flèche active des planchers supports de revêtements de sols rigides), sans pour autant que la limite qui en résulte soit inférieure à 5 mm ou excède les limites de déformation (flèche ou déplacement) prévues par certains NF DTUs.

1.2.3.1.2. Transmission des charges des éléments porteurs horizontaux à leurs appuis

La compression transversale et le cisaillement sur appui doivent faire l'objet d'une vérification conformément aux paragraphes 2.7.1.2 et 2.7.1.3 du Dossier Technique.

1.2.3.1.3. Vérification en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales

La résistance des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales dans leur plan doit être justifiée vis-à-vis du risque de flambement hors plan. Le calcul est donné dans §2.7.2 du Dossier Technique. Le calcul de la contrainte majorée de compression est effectué suivant la norme NF EN 1995-1-1.

Pour les murs étant chargés de façon dissymétrique, la charge verticale est considérée comme excentrée. Cet excentrement sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : $1/6$ de l'épaisseur du panneau ou l'excentricité réelle.

Lorsque les panneaux KLH utilisés comme murs porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant poteaux entre ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique en tenant compte, si besoin, du risque de flambement dans les deux directions (cf. Annexe 2 du Dossier Technique).

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique. Il convient de se reporter en Annexe 2 du Dossier Technique pour la conception des porteurs verticaux avec linteaux et ouvertures.

1.2.3.1.4. Vérification en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges horizontales

Les vérifications de la résistance sous l'effet des contraintes de cisaillement peuvent être menées comme dit au §2.7.1.2 du Dossier Technique et en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches hors plan sont alors calculées comme dit au §2.7.1.4 du Dossier Technique.

Les ancrages, reprenant les efforts de soulèvement générés par les charges horizontales, sont dimensionnés pour ne reprendre que ces efforts. L'effort tranchant à la base des éléments porteurs verticaux est alors équilibré par des connecteurs dédiés à cet usage et n'intervenant pas dans l'équilibrage des efforts de soulèvement.

Lorsque des « Panneaux KLH » munis d'ouvertures sont utilisés pour assurer le contreventement, il doit être vérifié que la « membrure » supérieure du panneau est capable de transmettre l'effort horizontal en ne tenant compte que des plis orientés dans le sens de cet effort.

1.2.3.1.5. Conception des assemblages et des liaisons

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des « Panneaux KLH » entre eux ou des « Panneaux KLH » à d'autres éléments de structure en matériaux bois doivent être choisis selon les prescriptions de la norme NF EN 14592 ou faire l'objet d'une Evaluation Technique Européenne visant l'utilisation sur panneau bois contrecollé. Les liaisons entre panneaux doivent être réalisées avec des éléments permettant la reprise des efforts de traction transversale (LVL, contreplaqué, panneau 3 plis), à l'exclusion du bois massif.

Les connecteurs mécaniques tridimensionnels devront être conformes au paragraphe 2.3.3 du cahier du CSTB 3802-P2.

Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiés au regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de la norme NF EN 1995-1-1 et du paragraphe 2.8.1 du Dossier Technique.

Les organes de fixation métalliques de type tige utilisés pour l'assemblage de panneaux structuraux massifs bois entre eux ou avec d'autres éléments de l'ouvrage font l'objet :

- D'un marquage CE selon la NF EN 14592, lorsque l'organe ne traverse pas plus de deux plans de cisaillement ;
- D'un ATE ou d'une ETE visant la fixation dans un panneau structural massif bois lorsque l'organe traverse plus de deux plans de cisaillement.

Pour les organes de fixation dans les supports béton, la liaison du cône béton avec la structure doit être assurée avec un ferrailage suivant le schéma bielle-tirant conformément à la norme NF EN 1992-1-1.

Pour les catégories d'usage C4, C5, D1, D2, E1 :

- La capacité de l'assemblage entre panneaux adjacents vis-à-vis de la charge concentrée de la catégorie d'usage visée devra être justifiée ;
- La distance entre les organes d'assemblage doit être de 30 cm maximum ;
- Le pianotage entre panneaux KLH est limité à la déformation acceptée par les éléments d'équipement supportés.

Lorsque la charge concentrée correspond à une charge long terme au sens de la norme NF EN 1995-1-1/NA, il y a lieu de considérer la concomitance de cette charge avec les efforts de contreventement.

1.2.4. Utilisation en zone sismique

La justification en zone sismique des structures assemblées par panneaux doit être menée en suivant le principe de comportement de structure soit dissipatif (Classe de ductilité M) soit faiblement dissipatif (Classe de ductilité L) conformément

à la norme NF EN 1998-1-1. Les effets des actions sont calculés sur la base de la méthode des forces latérales équivalentes ou de la réponse modale définies au § 4.3.3.1 de la norme NF EN 1998-1-1. Le spectre de calcul est déterminé en appliquant un coefficient de comportement $q=2,0$ pour la classe DCM et $q=1,5$ pour la classe DCL.

Les critères de régularité en plan et en élévation de la norme NF EN 1998-1-1 (cf. §4.2.3) doivent faire l'objet d'une vérification. Pour les bâtiments non-réguliers en élévation, les justifications doivent être menées avec un coefficient de comportement abaissé de 20 % et en déterminant les effets des actions sur la base d'une analyse modale.

Pour les bâtiments non-réguliers en plan, les effets de la torsion sont à prendre en considération selon les dispositions de la norme NF EN 1998-1.

Les coefficients de modification k_{mod} correspondant à une classe de durée de chargement instantanée sont appliqués.

Le coefficient partiel γ_M pris en compte dépend du principe de comportement de la structure :

- Pour le comportement faiblement dissipatif (DCL) on conserve les coefficients relatifs aux combinaisons fondamentales ;
- Pour le comportement dissipatif (DCM) on peut appliquer $\gamma_M = 1,0$.

Lorsqu'ils sont prévus en zone sismique, les panneaux utilisés en plancher doivent être organisés afin de vérifier les points suivants :

- L'intégrité de la structure lors d'un séisme ;
- La fonction tirant-buton horizontal, assurée uniquement par les plis orientés dans le sens de l'effort à reprendre. La valeur de l'effort tirant-buton doit être déterminée par une étude sismique spécifique. Cet effort sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 15 kN/ml ou l'effort de tirant-buton déterminé par calcul ;
- La fonction diaphragme horizontal avec justification des jonctions entre panneaux adjacents pour les efforts de cisaillement induits.

La justification des panneaux utilisés en murs de contreventement en zone sismique doit être effectuée en :

- Menant les vérifications précisées aux § 1.2.8, § 2.8 et § 4.3 du présent document ;
- Réalisant la fixation des panneaux au soubassement béton :
 - o Soit par des tiges d'ancrage et/ou bûches, le dimensionnement étant réalisé selon les dispositions de la NF EN 1993-1-8 pour les boulons d'ancrage tendus ;
 - o Soit par des chevilles bénéficiant d'une ETE visant une utilisation en béton fissuré et sous sollicitation sismique (catégorie de performance C2), le dimensionnement tenant compte des dispositions spécifiques de l'ETE pour cet usage ; on considère en outre un diagramme d'interaction linéaire pour justifier les chevilles sous charges combinées de traction et de cisaillement.

Note : Il est fréquent que l'ETE de la cheville limite la capacité résistante en cisaillement de ces chevilles à la moitié de celle indiquée sous sollicitation statique.

Les déplacements entre étages en situation sismique devront être conformes à l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, au §4.4.3.2 de la norme NF EN 1998-1 et au §2.4 du guide ENS.

1.2.5. Traitement de préservation

En fonction de la classe d'emploi liée à la position du panneau KLH dans l'ouvrage d'une part, et à l'essence utilisée d'autre part, un traitement de préservation du bois peut être nécessaire. Il convient de respecter à cet égard les prescriptions des normes NF EN 335 et NF EN 350.

Lorsqu'un traitement est nécessaire, il doit être réalisé en usine après façonnage des planches, de même qu'après le traitement des découpes réalisées sur les panneaux KLH.

Conformément à la réglementation en vigueur, les panneaux KLH qui participent à la solidité des bâtiments devront être protégés par une durabilité conférée ou naturelle contre les insectes à larves xylophages sur l'ensemble du territoire et en complément, contre les termites dans les départements dans lesquels a été publié un arrêté préfectoral pris par l'application des articles L. 126-6 et L. 131-3.

Les bâtiments neufs doivent être conçus et construits de façon à résister à l'action des termites et autres insectes xylophages. A cet effet doivent être mis en œuvre, pour les éléments participant à la solidité des structures, soit des bois naturellement résistants aux insectes ou des bois ou matériaux dérivés dont la durabilité a été renforcée, soit des dispositifs permettant le traitement ou le remplacement des éléments en bois ou matériaux dérivés.

1.2.6. Disposition constructives générales

Lorsque les panneaux KLH sont utilisés pour la réalisation de bâtiments entrant dans le domaine d'application du DTU 31.2, c'est à dire d'une manière générale pour les bâtiments dont la structure principale porteuse est en bois, les dispositions non spécifiquement visées dans le cadre de cet Avis Technique doivent être conformes aux prescriptions du DTU 31.2 pour la conception, aux prescriptions des Eurocodes pour le calcul.

Un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face du panneau KLH exposée au climat intérieur (entre le panneau KLH et l'ouvrage en plaque de plâtre). La valeur de S_d (épaisseur de lame d'air équivalente) du pare-vapeur sera au minimum de 18m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90m dans le cas contraire.

La pose systématique du pare vapeur n'est pas applicable pour les toitures avec étanchéités (pour lesquelles il conviendra de se rapporter à l'annexe A) et pour les toitures avec couvertures (pour lesquelles il conviendra de se rapporter à l'annexe B).

1.2.6.1. Conditions de mise en œuvre

1.2.6.1.1. Sollicitations perpendiculaires au sens porteur du panneau

Compte tenu de l'impossibilité qu'il y a à transmettre des moments entre panneaux adjacents au moyen des assemblages courants, les planchers composés de plusieurs panneaux adjacents doivent être conçus et mis en œuvre de manière à fonctionner en flexion sur deux appuis et non pas sur quatre côtés.

1.2.6.1.2. Manutention et stabilité provisoire

Le protocole de montage devra préciser les modes de manutention et des points de levage (type, nombre, résistance), au cas par cas ainsi que les dispositifs pour assurer leur stabilité provisoire. Ces éléments seront clairement identifiés sur les panneaux livrés sur chantier. Les éléments de levage ne sont pas visés dans cet avis technique.

1.2.6.1.3. Utilisation en zone infestée par les termites

Les panneaux KLH utilisés en zones infestées par les termites dans les DROM COM devront systématiquement être traités anti-termite par badigeonnage ou aspersion en supplément du traitement autoclave des planches (décrit au paragraphe 2.8.7.1 du Dossier Technique).

1.2.6.1.4. Plan d'exécution

Le bureau d'études devra fournir les plans d'exécution détaillés comprenant le calepinage et le sens des panneaux, les types et détails des ancrages en pied de panneaux et chaînages entête des panneaux et autres détails (traitement des ouvertures, etc.)

1.2.7. Prescription technique dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées**1.2.7.1. Conditions de conception et de calcul****1.2.7.1.1. Vérification en phase définitive des éléments utilisés en support d'étanchéité**

Les déformations prises par les toitures avec panneaux KLH sont :

- Les flèches sont calculées en tenant compte du fluage au travers du facteur de déformation k_{def} (valeur) défini dans la norme NF EN 1995-1-1 :2005 ;
- Les toitures, exceptées dans le cas de la végétalisation, doivent présenter des pentes sur plan :
 - $\geq 3 \%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/250e$ de la portée ;
 - $\geq 1,8 \%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/400e$ de la portée,
 - $\geq 1,6\%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/500e$ de la portée.
- Les terrasses et toitures végétalisées doivent présenter des pentes $\geq 3 \%$.
- En France métropolitaine (hors DROM-COM) en climat de plaine, en toitures-terrasses inaccessibles, techniques (hors toitures végétalisées) et accessibles aux piétons et au séjour, est également envisagé le cas de l'élément porteur en panneaux KLH à pente nulle avec un isolant FOAMGLAS® TAPERED (sous Avis technique en cours de validité et visant la pose sur panneaux CLT) penté.

Dans cette configuration, l'élément porteur en panneaux structuraux KLH est posé sur des appuis rigides de deux types :

- Murs de façade/long pans ou refends, tous porteurs et rejoignant en continuité les fondations ;
- Poutres porteuses de portée limitée à 9 mètres s'appuyant sur les éléments ci-avant ou sur des poteaux porteurs filants jusqu'aux fondations. Pour ces poutres, la flèche nette finale $w_{net,fin}$ est limitée à $L/500$ ou 10 mm selon le minimum observé des deux valeurs.

Les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte :

- D'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/500e$ de la portée,
- D'une valeur du facteur de déformation k_{def} définie dans la norme NF EN 1995-1-1 :2005 pour une classe de service 2.

L'élément porteur est dimensionné en tenant compte de l'effort de vent agissant sur la toiture, calculé selon l'Eurocode 1 partie 1-4 (NF EN 1991-1-4 d'octobre 2010) et son annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA de septembre 2012 (vent caractéristique calculé pour une période de retour de 50 ans) et des charges d'accumulation de neige définies selon l'Eurocode 1 partie 1-3 (NF EN 1991-1-3 d'octobre 2015) et son annexe nationale NF EN 1991-1-3/NA de juillet 2011.

Le dimensionnement prend en compte le poids propre des constituants (notamment de la protection lourde rapportée sur l'étanchéité) et les charges d'exploitation sont définies selon la destination de la toiture-terrasse selon l'annexe nationale NF EN 1991-1-1.

La charge à prendre en compte peut ne pas être la même sur toute la toiture : elle peut être plus forte dans certaines zones localisées (par exemple à l'aplomb de plots, longrines, massifs...). Dans le cas où les équipements techniques sont positionnés sur un dallage en béton armé, protection du revêtement d'étanchéité, la charge de cet équipement transmise à l'élément porteur par le complexe d'étanchéité, doit être prise en compte.

L'élément porteur support du système d'étanchéité, reprend en phase provisoire les actions due au poids des matériaux nécessaires aux travaux d'étanchéité à stocker sur la toiture ;

Les charges à prendre en compte pour le dimensionnement des ouvrages (panneaux porteur et appuis murs ou poutres) sont celles décrites ci-avant, incluant là où requis (pour les noues en particulier) l'application de la clause 5.2(6) de l'annexe nationale de l'EC1-3 (NF EN 1991-1-3/NA/A1) pour $0,2 \text{ kN/m}^2$.

La zone de toiture devra disposer, à minima, de deux descentes pluviales de section conforme à l'annexe C du DTU 20.12 : pas de charge accidentelle supplémentaire à considérer.

1.2.7.1.2. Résistance au vent des systèmes d'étanchéité

Systèmes d'étanchéité : se reporter aux DTA et Avis Techniques des procédés de terrasses et toitures végétalisées.

1.2.7.1.3. Attelages de fixation mécanique du système d'étanchéité

Résistance à la compression

Lorsque la compression à 10 % de déformation de l'isolant support est inférieure à 100 kPa (norme NF EN 826), il est rappelé que les

Attelages de fixation mécanique des panneaux isolants supports, et/ou des kits des systèmes souples d'étanchéités fixés mécaniquement, doivent être du type « solide au pas » qui empêche, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au-dessus de la plaquette.

Résistance à l'arrachement

Pour le calcul des densités de fixations des supports isolants ou des revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement, la résistance caractéristique à l'arrachement à prendre en compte est celle de la fixation dans du bois massif conforme à la NF P 30-310 définie dans la fiche technique de la fixation, à épaisseur égale.

1.2.7.2. Conditions de mise en œuvre

La mise en œuvre des systèmes d'étanchéité est faite par les entreprises d'étanchéité qualifiées.

Sous cette condition, la mise en œuvre des systèmes d'étanchéité sur les panneaux KLH ne présente pas de difficulté particulière.

En aucun cas, les réservations et/ou percements ne sont réalisés par le lot étanchéité ou par tout autre lot.. Cette interdiction ne concerne pas la pose des attelages de fixation mécanique des systèmes d'étanchéité (supports isolants, kits des systèmes souples d'étanchéités fixés mécaniquement, par exemple). Les panneaux de toitures sont assemblés, longitudinalement et transversalement selon le Dossier Technique.

1.2.7.2.1. Implantation des zones techniques

Les documents particuliers du marché (DPM) précisent, lorsqu'il y a en toiture des équipements qui justifient le traitement de la toiture en zone(s) technique(s), l'implantation et la surface de ces zones. La surface unitaire de la zone technique ou de chaque partie constituant chaque zone technique ne sera jamais inférieure à 200 m².

1.2.7.2.2. Implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales

L'implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales est faite selon le cahier du CSTB n°3814.

1.2.7.2.3. Terrasses et toitures végétalisées

Dans le cas de terrasses et toitures végétalisées, les charges de capacité maximale en eau (C.M.E.) du système de végétalisation devront être prises en compte. Ces charges sont indiquées dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

En référence aux « Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées » et lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plan, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² pour le dimensionnement des panneaux structuraux KLH, puisque le fluage est pris en compte dans leur dimensionnement.

À destination des terrasses et toitures végétalisées comprenant :

- Des panneaux isolants posés libres ;

Et/ou

- Un revêtement d'étanchéité indépendant en feuilles bitumineuses ou en membrane synthétique.

Le revêtement et la protection végétalisée devront bénéficier d'un Avis Technique visant la pose en indépendance des deux produits.

1.2.7.2.4. Terrasses accessibles aux piétons et au séjour

L'emploi en terrasses accessibles aux piétons et au séjour est prévu en Annexe A avec une constitution particulière du système d'étanchéité couche de protection/isolant/bicouche, protégé par des dalles sur plots ou par platelage en bois, en respectant les prescriptions de l'Annexe A.

Le maître d'ouvrage devra prévoir un dispositif de contrôle de fuite visible par l'occupant et permettant ainsi de s'assurer de l'absence de pénétrations d'eau en points bas de la toiture (descente d'eau pluviale spécifique selon la figure A.34 de l'Annexe A.

1.2.7.2.5. Cas de la réfection ultérieure du système d'étanchéité

a) Panneaux structuraux KLH : les études préalables prescrite au paragraphe 5 de la norme NF P 84-208 (référence DTU 43.5) doivent comprendre un contrôle de la teneur en humidité des panneaux en bois massifs contrecollés et la vérification de leur salubrité.

Ces études sont à la charge du maître d'ouvrage. Elles ne sont pas de la compétence du lot d'Étanchéité.

b) Systèmes d'étanchéité : l'emploi d'attelages de fixation mécanique pour la liaison des panneaux isolants, et/ou celle des kits des systèmes souples d'étanchéités fixés mécaniquement, doit être précédé d'une vérification systématique des valeurs d'ancrage des fixations envisagées, conformément au CPT Commun de l'e-Cahier du CSTB 3564 de juin 2006.

Il est rappelé qu'il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF P 84-208 (référence DTU 43.5) vis à vis des risques d'accumulation d'eau.

1.2.7.2.6. Cas des noues

Les noues à pente nulle et en pente doivent respecter les prescriptions du Cahier du CSTB n°3814.

1.2.7.2.7. Implantations de écrans de cantonnement

Les DPM doivent préciser la position des écrans de cantonnement et/ou des bandes de recouvrement de l'isolant combustible support d'étanchéité.

1.2.7.2.8. Classement FIT

Se référer au Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité.

1.2.7.2.9. Assistance technique vis-à-vis de la sécurité incendie

A la demande de l'entrepreneur, le titulaire de l'Avis Technique doit apporter son assistance technique vis-à-vis des dispositions pour le complexe à mettre en œuvre pour le respect de la réglementation incendie selon le type d'exploitation.

1.2.8. Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en support de couverture

1.2.8.1. Conditions de conception et de calcul

1.2.8.1.1. Utilisation en zone sismique

Pour les couvertures plaques support de tuiles, tuiles métalliques et plaques bitumineuses, la limitation d'utilisation en zone sismique est donnée dans l'Annexe B.

Pour les couvertures traditionnelles (petits éléments de couverture, plaques profilées en fibres-ciment, tôles métalliques nervurées, feuilles et longues feuilles métalliques et bardeaux bitumés), la limitation d'utilisation en zone sismique devra être déterminée selon les référentiels techniques appropriés.

1.2.8.1.2. Conditions de conception

La conception et le calcul des panneaux KLH utilisés en support de couverture doit être vérifié suivant les prescriptions du Dossier Technique.

Le dimensionnement doit être réalisé en classe de service 2 pour les bâtiments ouverts.

Le maître d'œuvre doit définir les cas de charges à prendre en compte en couverture : Les principes de couvertures peuvent conduire à des cas de charges particuliers linéaires et/ou ponctuels pouvant impacter le dimensionnement.

1.2.8.2. Conditions de mise en œuvre

La mise en œuvre de ce support relève de la compétence d'entreprises qualifiées, notamment des entreprises de charpente qualifiée. Elle ne présente pas de difficulté particulière. Elle nécessite le recours à des moyens de levage appropriés. La commande à dimensions, après étude de calepinage, peut faciliter la pose.

1.2.8.2.1. Mise hors d'eau

La mise hors d'eau des panneaux devra être immédiate.

Dans les conditions normales du chantier, la couverture sera exécutée à l'avancement. Si tel n'est pas le cas, un ouvrage parapluie tel que décrit au § 8.2 du Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019 est à mettre en œuvre par l'entreprise ayant posé ces supports.

1.2.8.2.2. Ventilation des couvertures en toiture froide

Les panneaux KLH revêtus 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.

1.2.8.2.3. Butée en bas de pente pour retenir l'isolant

Pour les pentes de couverture supérieures à 100%, il convient de réaliser un dispositif de butée en bas de pente. Le recours à l'assistance technique du titulaire peut être requis à cet égard.

1.2.8.2.4. Pare-vapeur

La mise en place d'un pare-vapeur est nécessaire dans les cas suivants :

- Lorsque le DTA du procédé de sarking et/ou de couverture le prévoit ;
- Lorsqu'un écran souple de sous-toiture classé Sd1, certifié QB, est prévu ;
- En climat de montagne.

Dans le cas où l'écran souple de sous-toiture est ventilé en sous-face (certifié QB et classé Sd2) ou dans le cas où il n'y a pas d'écran, un pare-vapeur est mis en œuvre lorsque le référentiel technique du procédé d'isolation ou du procédé de couverture le prescrit.

1.2.8.2.5. Complexité de couverture

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

1.2.8.2.6. Finitions en plafond

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

1.2.8.2.7. Étanchéité à la neige poudreuse

Lorsque l'étanchéité à la neige poudreuse est recherchée, il y a lieu de recourir à l'emploi d'un écran souple de sous-toiture mis en œuvre conformément aux dispositions du NF DTU 40.29.

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 1.2.1) est appréciée favorablement.

1.3.Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 3.3

Le groupe précise que l'appréciation de laboratoire a été actualisée à l'occasion de cette révision.

Le Groupe tient à attirer l'attention des utilisateurs du procédé KLH sur le fait que ses particularités nécessitent le recours, pour le dimensionnement des éléments, à un bureau d'études spécialisé.

Le groupe attire l'attention au positionnement de charges concentrées sur le dimensionnement des assemblages

En outre, compte tenu de ce que les éléments KLH offrent des surfaces de prise au vent importantes lors de leur manutention, il est impératif d'une part de recourir aux précautions habituelles relatives à la manutention des éléments de grande dimension, d'autre part de cesser la mise en œuvre lorsque la vitesse du vent empêche la manutention aisée par deux personnes.

Il est rappelé que le DTU 31.2 préconise la mise en œuvre d'une coupure anti-capillarité en pied de panneaux fixés au soubassement.

Comme pour toutes les structures légères, les performances acoustiques de l'ouvrage doivent être vérifiées in situ. En effet, les outils de calcul ne permettent pas actuellement de prévoir la performance acoustique à la conception des constructions légères.

En l'absence de précision dans le Dossier Technique, il appartient au MOE en accord du détenteur de l'Avis Technique de prévoir une conception adaptée dans les locaux « humides » en particulier pour les Salles de Bain accessibles aux PMR.

En l'absence de précision dans le Dossier Technique, il appartient au MOE en accord du détenteur de l'Avis Technique de prévoir une conception adaptée à la mise en place de revêtement fragile en pose désolidarisée sur supports bois.

Le GS attire l'attention sur le fait qu'en DROM, les revêtements extérieurs employés sur les murs constitués par le présent procédé, doivent faire l'objet d'un référentiel technique consensuel et reconnu pour une utilisation sur panneaux CLT en DROM.

La nature du revêtement extérieur (cf. les référentiels techniques -DTU, DTA, Règles Professionnelles- dont ils relèvent) et le mode d'intégration des fenêtres et portes extérieures dans les parois verticales peuvent limiter les hauteurs admissibles des bâtiments réalisés avec le procédé.

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5.1

Les panneaux KLH ne remplissent pas la fonction d'écran de sous-toiture dont la présence ou non est stipulée dans les Avis Techniques, Documents Techniques d'Application ou DTU des couvertures associées aux panneaux.

La longueur projetée du rampant de couverture doit rester inférieure à la longueur projetée admise dans les DTU de la série 40.

Les intégrations électriques et la fixation d'objet n'ont pas fait l'objet d'une évaluation dans le cadre du présent Avis Technique.

Dans le cas d'une isolation SARKING, relevant de la procédure de DTA, l'épaisseur minimale des panneaux KLH est 80 mm.

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5.2

L'avis est formulé en considération des préconisations que s'impose la Société KLH - MASSIVHOLZ GmbH dans son Annexe A, visant l'association de son procédé avec un système d'étanchéité (panneaux isolants thermiques - revêtement d'étanchéité - protection lourde) faisant, par ailleurs, l'objet d'un Document Technique d'Application pouvant ne pas viser l'ensemble du domaine d'emploi visé par le présent AVIS (cf. le paragraphe 2.21 de l'Annexe A).

Comme pour tous les supports en bois ou à base de bois selon le NF DTU 43.4, l'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales doit être faite conformément au cahier CSTB n°3814.

Dans le cas de terrasses accessibles aux piétons et au séjour, la conception de l'ouvrage devra prévoir des descentes d'eau pluviales visibles par les occupants des locaux ou autres systèmes décrit au §2.424 de l'avis.

La diminution du critère de fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges du 1/250e de la portée pour une pente de 3 % minimale, au 1/400e de la portée pour une pente de 1,8 % minimale, a pour conséquence d'augmenter le coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture d'environ 30 % et d'environ 50 % lorsque l'on passe au 1/500e de la portée pour une pente de 1,6 % minimale,

Comme pour tous les procédés à base de bois, la fixation des lignes de vie est réalisée dans la charpente.

La présente révision prend en compte les modifications et ajouts suivants :

- Extension du domaine d'emploi des couvertures en DROM COM (Mayotte et la Réunion uniquement) et des étanchéités en DROM COM;
- En France métropolitaine (hors DROM) en climat de plaine, en toitures-terrasses inaccessibles, techniques (hors toitures végétalisées) et accessibles aux piétons et au séjour, est également envisagé le cas de l'élément porteur en panneaux KLH à pente nulle et isolation en FOAMGLAS® TAPERED penté, nécessitant l'assistance technique du titulaire de l'Avis Technique, la société Pittsburgh Corning France SAS

1.4. Annexe 1 à l'Avis Technique

La présente annexe fait partie de l'Avis Technique : le respect des prescriptions indiquées est une condition impérative de la validité de l'avis

1.4.1. Dimensionnement des planchers

1.4.1.1. Données

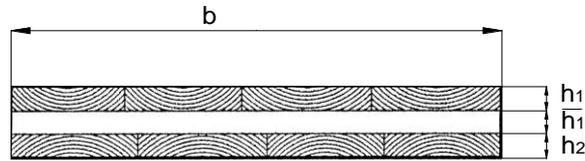


Figure 1 : Coupe transversale d'un panneau 3 plis.

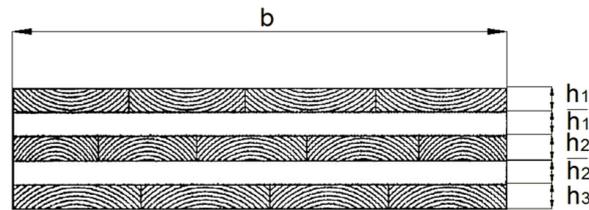


Figure 2 : Coupe transversale d'un panneau 5 plis.

Largeur	b
Portée	L
Résistance caractéristique à la flexion	$f_{m,k}$
Résistance caractéristique à la traction	$f_{t,0,k}$
Résistance caractéristique au cisaillement roulant	$f_{R,k}$
Module d'élasticité moyen	$E_{0,mean}$
Coefficient de sécurité Bois	γ_m
Coefficient de modification	k_{mod}
Coefficient de déformation	k_{def}
Résistance de calcul à la flexion	$f_{m,d} = k_{mod} \times f_{m,k} / \gamma_{m,l}$
Résistance de calcul à la traction	$f_{t,0,d} = k_{mod} \times f_{t,0,k} / \gamma_{m,l}$
Résistance de calcul au cisaillement	$f_{R,d} = k_{mod} \times f_{R,k} / \gamma_{m,l}$

1.4.2. Conception

Bien que les panneaux KLH eux-mêmes permettent la reprise locale de flexion transversale (sens perpendiculaire au fil des plis externes), compte tenu de l'impossibilité qu'il y a à transmettre des moments entre panneaux adjacents, les planchers doivent être conçus et mis en œuvre de manière à fonctionner en flexion sur deux appuis et non pas sur 4 côtés.

Lorsque les panneaux KLH utilisés comme planchers porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant trémie doivent faire l'objet d'une vérification spécifique (cf. §6.15 du Dossier Technique).

La méthode de dimensionnement des planchers KLH ci-dessous est valable pour des panneaux de 3 et 5 plis.

Le dimensionnement est réalisé en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont calculées en tenant compte du fluage par le coefficient k_{def} pris selon les valeurs définies pour le contreplaqué dans la norme NF EN 1995-1-1 et au §2.7.1.4.1 du Dossier Technique.

1.4.3. Vérifications à l'ELU instantané

Instantané – charges à court terme

Il convient que la rigidité efficace en flexion soit prise selon :

$$I_{ef} = \sum_{i=1}^3 (I_i + \gamma_i \cdot A_i \cdot a_i^2)$$

En utilisant les valeurs moyennes de E et où :

$$A_i = b \cdot h_i$$

$$I_i = \frac{b \cdot h_i^3}{12}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean,i} \cdot A_i \cdot \bar{h}_i}{L^2 \cdot G_{R,mean} \cdot b} \right]^{-1} \text{ pour } i = 1 \text{ et } i = 3$$

$$a_1 = \left(\frac{h_1}{2} + \bar{h}_1 + \frac{h_2}{2} \right) - a_2$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot A_1 \cdot \left(\frac{h_1}{2} + \bar{h}_1 + \frac{h_2}{2} \right) - \gamma_3 \cdot A_3 \cdot \left(\frac{h_2}{2} + \bar{h}_2 + \frac{h_3}{2} \right)}{\sum_{i=1}^3 (\gamma_i \cdot A_i)}$$

$$a_3 = \left(\frac{h_2}{2} + \bar{h}_2 + \frac{h_3}{2} \right) + a_2$$

Les contraintes normales sont prises selon

$$\sigma_{t,0,d}^i = \frac{\gamma_i \cdot a_i \cdot M_u}{I_{ef}}$$

$$\sigma_{m,0,d}^i = \frac{0,5 \cdot h_i \cdot M_u}{I_{ef}}$$

Vérification de la traction et flexion combinée des couches de bois

$$\frac{\sigma_{t,0,d}^i + \sigma_{m,0,d}^i}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

Vérification du cisaillement roulant

$$\tau_{v,d} = \frac{V_u \cdot \gamma_i \cdot S_i}{I_{ef} \cdot b} \leq f_{R,d}$$

Avec :

Moment statique d'un pli au sein d'un section rectangulaire

$$S_i = b \cdot h_i \cdot x_i$$

Avec la valeur caractéristique de résistance au cisaillement roulant définie dans l'ETA-06/0138.

Une attention particulière doit être portée à la conception des planchers et notamment à l'emplacement respectif des joints entre panneaux et des surcharges pour ne pas mobiliser de manière importante les cisaillements entre panneaux adjacents.

La compression transversale et le cisaillement sur appui doivent faire l'objet d'une vérification.

1.4.4. Vérifications à l'ELU final

Les caractéristiques élastiques prises en compte sont réduites pour pouvoir considérer le fluage. La réduction est obtenue par la prise en compte des coefficients de fluage. Pour une combinaison d'actions pour laquelle chaque action appartient à une classe de durée de chargement différente, la contribution de chaque action doit être calculée séparément en utilisant le coefficient $\psi_2 \cdot k_{def}$ approprié, puis additionnées pour les vérifications.

$$E_{0,mean,fin} = \frac{E_{0,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$$

$$G_{R,mean,fin} = \frac{G_{R,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$$

avec $G_{R,mean}$ le module de cisaillement roulant moyen défini dans l'ETA-06/0138 et pris égale à 50 Mpa.

Avec $\psi_2 = 1$ pour les charges permanentes.

1.4.5. Vérifications ELS

1.4.5.1. Caractéristiques mécaniques Instantané (charge à court terme - instantanées)

Il convient de considérer la rigidité efficace en flexion déterminée au §1.3.

1.4.5.2. Caractéristiques mécaniques Final (charge à long terme - permanentes)

Les caractéristiques élastiques prises en compte sont réduites pour pouvoir considérer le fluage. La réduction est obtenue par la prise en compte des coefficients de fluage. Pour une combinaison d'actions pour laquelle chaque action appartient à une classe de durée de chargement différente, la contribution de chaque action doit être calculée séparément en utilisant le coefficient k_{def} approprié, puis additionnées pour les vérifications.

$$E_{0,mean,fin} = \frac{E_{0,mean}}{1 + k_{def}}$$

$$G_{R,mean,fin} = \frac{G_{R,mean}}{1 + k_{def}}$$

$$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{1 + k_{def}}$$

Avec G_{mean} le module de cisaillement moyen du panneau KLH pris égal à 60 MPa comme défini dans l'ETA-06/0138.

1.4.5.3. Vérifications de flèche

Les vérifications des flèches doivent être menées en considérant d'une part la flèche générée par le moment fléchissant en considérant la rigidité efficace du panneau KLH et d'autre part la flèche générée par l'effort tranchant en considérant le module de cisaillement du panneau KLH.

1.4.5.4. Vérifications flèche totale – absolue

La flèche finale ne pourra excéder $L/250$ où L est la portée du panneau entre appuis. La flèche est calculée en considérant les caractéristiques mécaniques finales des panneaux KLH.

1.4.5.5. Vérifications flèche instantanée

La flèche instantanée due aux actions variables ne pourra excéder $L/300$ où L est la portée du panneau entre appuis. La flèche est calculée en considérant les caractéristiques mécaniques instantanées des panneaux KLH.

1.4.5.6. Vérifications flèche active

On appelle flèche active la part des déformations du plancher risquant de provoquer des désordres dans un ouvrage considéré généralement supporté (par exemple : cloison, carrelage, ...). C'est donc l'accroissement de la flèche, ou fléchissement, pris par le plancher à partir de l'achèvement de l'ouvrage concerné.

Le "fléchissement actif" des planchers pouvant nuire à l'intégrité des cloisons maçonnées ou aux revêtements de sol fragiles comporte :

- Les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher ;
- Les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles ;
- Les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes ;
- Les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

En l'absence de revêtement de sol fragile et de cloisons fragiles, la flèche active est limitée par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :

- $L/350$ pour $L \leq 7,00$ m ;
- $1 \text{ cm} + L/700$ pour $L > 7,00$ m.

En présence de revêtement de sol fragile ou de cloisons fragiles, les prescriptions portant sur la limitation des flèches nuisibles du FD P18 717 sont adoptées, soit :

- $L/500$ pour $L \leq 5,00$ m ;
- $0,5 \text{ cm} + L/1000$ pour $L > 5,00$ m.

Les critères de flèche active doivent être vérifiés en considérant les caractéristiques mécaniques à long terme des panneaux KLH.

Une attention particulière doit être portée à la conception des planchers et notamment à l'emplacement respectif des joints entre panneaux et des charges ponctuelles.

La longueur des porte-à-faux sera limitée à 50% de la longueur de la travée adjacente d'équilibre. La flèche au droit des porte-à-faux est limitée à $2.L/K$ lorsque celle de la portée courante est limitée à L/K (où K est par exemple 500 pour la flèche active des planchers supports de revêtements de sols rigides), sans pour autant que la limite qui en résulte soit inférieure à 5 mm ou excède les limites de déformation (flèche ou déplacement) prévues par certains NF DTUs.

1.5. Dimensionnement des murs

1.5.1. Vérification en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales

La résistance des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales dans leur plan doit être justifiée vis-à-vis du risque de flambement hors plan. Le calcul de l'élançement du panneau KLH est effectué en considérant d'une part la longueur de flambement calculée de manière usuelle en fonction des conditions d'appuis (considérées comme des articulations), d'autre part le rayon de giration dont le calcul est donné dans le §2.7.2.1 du Dossier Technique. Le calcul de la contrainte majorée de compression est effectué suivant la norme NF EN 1995-1-1.

Pour les murs chargés de façon dissymétrique, la charge verticale est considérée comme excentrée de $1/6$ de l'épaisseur du panneau.

Lorsque les panneaux KLH utilisés comme murs porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant poteaux entre ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique en tenant compte, si besoin, du risque de flambement dans les deux directions (cf. §2.7.2.1 et §2.7.2.2 du Dossier Technique).

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique. Il convient de se reporter au §2.7.2.1.1 du Dossier Technique pour la conception des porteurs verticaux avec linteaux et ouvertures.

1.5.2. Vérification en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges horizontales

Lorsque des panneaux KLH munis d'ouvertures sont utilisés pour assurer le contreventement, il est possible de justifier leur tenue et celle de leurs ancrages en les considérant comme une succession de consoles isolées les unes des autres, libres en tête et encastrées en pied. Ceci n'est applicable que si les panneaux sont fixés mécaniquement en pied et d'une largeur supérieure à 0,60 m. Il est également nécessaire de s'assurer de la présence d'une lisse haute transmettant l'effort horizontal

et de justifier la transmission de l'effort aux panneaux par cette lisse et en ne tenant compte que des plis orientés dans le sens de cet effort.

On peut aussi considérer des liaisons entre panneaux. Il est alors nécessaire de justifier la tenue des panneaux et celles de leurs ancrages d'une part, de justifier la transmission des efforts de glissement entre panneaux d'autre part.

Lorsque des panneaux KLH munis d'ouvertures sont utilisés pour assurer le contreventement, il doit être vérifié que la « membrure » supérieure du panneau est capable de transmettre l'effort horizontal en ne tenant compte que des plis orientés dans le sens de cet effort.

La capacité résistante au cisaillement des panneaux doit être justifiée lorsque ceux-ci sont soumis à des charges horizontales. La vérification consiste à s'assurer que les trois modes de ruptures potentiels ne sont pas atteints à l'ELU :

$$\tau_{1,d} = \frac{V_d}{b \cdot t} \leq f_{v,1,d} (N/mm^2) \text{ avec } f_{v,1,k} = 3,5 N/mm^2 ;$$

$$\tau_{2,d} = \frac{V_d}{b \cdot t_{\min v,2,d}} \text{ avec } f_{v,2,k} = \text{voir valeurs au §6.242} ;$$

$$\tau_{3,d} = \frac{V_d \cdot h \cdot a}{\sum I_p} \leq f_{v,3,d} (N/mm^2) \text{ avec } f_{v,3,k} = 2,5 N/mm^2 .$$

Avec :

b la largeur du panneau (mm)

t l'épaisseur du panneau (mm)

V_d effort tranchant agissant sur le panneau (N)

t_{\min} somme des épaisseurs de plis transversaux ou des plis longitudinaux, la plus petite des deux valeurs étant à retenir (mm)

a largeur d'une planche (mm)

I_p moment d'inertie polaire des sections croisées (mm⁴)

h hauteur du panneau perpendiculaire à l'effort agissant horizontal (mm)

Les ancrages, reprenant les efforts de soulèvement générés par les charges horizontales, sont dimensionnés pour ne reprendre que ces efforts. L'effort tranchant à la base des éléments porteurs verticaux est alors équilibré par des connecteurs dédiés à cet usage et n'intervenant pas dans l'équilibrage des efforts de soulèvement.

1.6. Conception des assemblages

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des panneaux KLH entre eux ou des panneaux KLH à d'autres éléments de structure en matériaux bois doivent être choisis selon les prescriptions de la norme NF EN 14592.

Les connecteurs mécaniques tridimensionnels devront être conformes aux paragraphe 2.3.3 du cahier du CSTB 3802-P2.

Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiés en regard des prescriptions des sections 2.8.1 et 8 de la norme NF EN 1995-1-1 et ses amendements A1 et A2 ainsi que de l'Annexe 7 de l'ETE 06/0138 :2017

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société KLH – MASSIVHOLZ GmbH
 Katsch an Der Mur 202
 A-8842 TEUFENBACH-KATSCH
 AUTRICHE
 Tél. : +43 (0)35.88/88.35.00
 Email : office@klh.at
 Internet : www.klh.at

Distributeur : Société LIGNATEC
 217, Chemin du Faing
 F-88100 SAINTE MARGUERITE
 Tél. : +33 (0)3.29.56.27.27
 Email : contact@lignatec.fr
 Internet : www.lignatec.fr

2.2. Principe et domaine d'emploi

Les panneaux structuraux KLH sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif, empilées en plis croisés à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. La disposition croisée des planches longitudinales et transversales permet de réduire considérablement les variations dimensionnelles et de reprendre efficacement les efforts dans les deux directions.

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à la réalisation de planchers, de murs porteurs, et/ou à fonction de contreventement. Ils peuvent indifféremment être associés entre eux au sein d'un même bâtiment où utilisés pour une ou deux des fonctions visées, en association avec des éléments de structure autres.

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à la réalisation des ouvrages de structure cités ci-dessus dans les bâtiments à usage d'habitation, Etablissements Recevant du Public, Bâtiments de bureaux ou industriels. Ils peuvent être utilisés pour la réalisation de travaux de surélévation sous réserve que la structure existante puisse reprendre les charges induites par cette surélévation.

Les panneaux structuraux « Panneaux KLH » sont destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 à 2 au sens de la norme NF EN 335.

Le domaine d'emploi vise les utilisations en France européenne et en DROM-COM, zones sismiques 1 à 5 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Le procédé « Panneaux KLH » est utilisé comme élément porteur pouvant être support d'étanchéité selon l'annexe A et comme éléments porteur support de couverture, avec ou sans isolation, selon l'Annexe B.

2.3. Identification et marquage

Les panneaux KLH font l'objet de l'évaluation technique européenne sous le N°ETE 06/0138.

Les panneaux KLH bénéficient du marquage CE.

Les panneaux font l'objet d'un marquage par étiquette apposé sur le panneau, indiquant :

- Le logo KLH ;
- Le numéro du certificat de conformité du marquage CE ;
- Le numéro de l'évaluation technique européenne ;
- Les deux derniers chiffres de l'année où le marquage CE a été apposé,
- Les essences de bois utilisées ;
- La référence du panneau (N° de position, épaisseur, nombre et direction des couches, qualité) ;
- Le numéro lot de fabrication.

2.4. Définition des matériaux

2.4.1. Planches en bois

2.4.1.1. Type d'essences utilisées

Les planches en bois utilisées pour la réalisation des panneaux KLH sont essentiellement en épicéa ou sapin. Elles peuvent être également en pin, mélèze ou douglas.

2.4.1.2. Caractéristiques géométriques des planches

Les possibilités décrites dans l'ETE prévoient une épaisseur de lamelles allant de 10 à 45mm. Les trois épaisseurs de lamelles courantes mesurent 20-30-40 mm. La largeur des planches est supérieure à quatre fois leur épaisseur, avec un minimum de 44 mm et un maximum de 298 mm. Pour les couches transversales, le ratio largeur/épaisseur des planches est abaissé à 2,3:1 et avec la possibilité d'avoir des panneaux avec double plis transversaux.

La tolérance sur l'épaisseur des planches après rabotage est de $\pm 0,15$ mm entre deux points d'une même planche et entre planches.

2.4.1.3. Caractéristiques mécaniques des planches

Les planches utilisées sont classées visuellement selon la méthode de la norme DIN 4074. 90% au minimum des planches utilisées relèvent de la classe C24, les 10% maximum restant relevant des classes C16.

2.4.2. Colles

2.4.2.1. Colle pour l'assemblage des plis

La colle utilisée pour l'assemblage des planches des différents plis entre elles est une colle Purbond à base de résine polyuréthane mono composant, fabriquée par la société HENKEL.

La colle Purbond est une colle liquide mono-composant qui durcit au contact de l'humidité de l'air et des matériaux pour former un film élastique à haut module. La colle Purbond est produite sans addition de solvants ou de formaldéhyde.

Les colles sont conformes au paragraphe 1.10 du cahier du CSTB 3802-P2.

2.4.2.2. Colle pour la réalisation des aboutages

La colle utilisée pour l'aboutage des planches longitudinales et transversales est également une colle Purbond à base de résine polyuréthane mono composant, fabriquée par la société HENKEL.

2.5. Description des panneaux

2.5.1. Géométrie des panneaux

Les panneaux KLH sont fabriqués en quatre largeurs standards : 240 cm, 250 cm, 273 cm et 295 cm et avec une longueur maxi de 16,5 m.

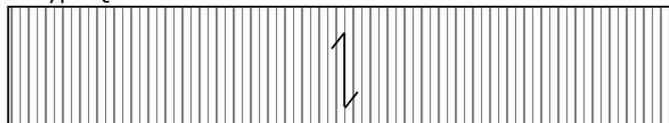
Les panneaux KLH sont constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. Le nombre de couches (dénommées plis) est impair. De ce fait, les plis extérieurs sont orientés dans la même direction. Les panneaux sont constitués de 3, 5, 7 ou 8 plis de manière standard.

L'épaisseur des panneaux KLH dépend du nombre de plis et des combinaisons possibles entre les différentes épaisseurs de planches. Les épaisseurs des panneaux sont des valeurs nominales qui peuvent varier jusqu'à 1mm par rapport aux épaisseurs réelles.

On distingue deux types de panneaux selon l'orientation des planches des plis extérieurs. Ils sont appelés panneaux type Q et panneaux type L.

Les plis extérieurs des panneaux de type Q sont constitués de planches non aboutées orientées transversalement par rapport à la grande longueur. Ces panneaux sont destinés principalement à une utilisation en paroi verticale.

Composition usuelle des panneaux de Type Q :



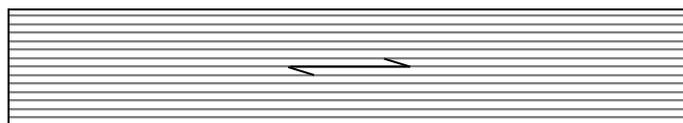
Epaisseur totale	Nombre de couches	Epaisseur et disposition des plis*						
		Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q
mm	-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
60 O	3	20	20	20	-	-	-	-
70 O	3	20	30	20	-	-	-	-
80 O	3	30	20	30	-	-	-	-
90 O	3	30	30	30	-	-	-	-
100 O	3	30	40	30	-	-	-	-

110 O	3	40	30	40	-	-	-	-
120 O	3	40	40	40	-	-	-	-
100 O	5	20	20	20	20	20	-	-
110 O	5	20	20	30	20	20	-	-
120 O	5	30	20	20	20	30	-	-
130 O	5	30	20	30	20	30	-	-
140 O	5	30	20	40	20	30	-	-
150 O	5	30	30	30	30	30	-	-
160 O	5	40	20	40	20	40	-	-
180 O	5	40	30	40	30	40	-	-

* Les plis Q sont des plis constitués de planches orientées dans la direction transversale et les plis L sont orientés dans la direction longitudinale.

Les plis extérieurs des panneaux de type L sont constitués de planches aboutées, orientées longitudinalement par rapport à la grande longueur.

Composition usuelle des panneaux de type L :



Epaisseur totale mm	Nombre de couches	Epaisseur et disposition des plis*						
		Pli L	Pli O	Pli L	Pli O	Pli L	Pli O	Pli L
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
60 L	3	20	20	20	-	-	-	-
70 L	3	20	30	20				
80 L	3	30	20	30	-	-	-	-
90 L	3	30	30	30	-	-	-	-
100 L	3	40	20	40	-	-	-	-
110 L	3	40	30	40	-	-	-	-
120 L	3	40	40	40	-	-	-	-
100 L	5	20	20	20	20	20	-	-
110 L	5	20	20	30	20	20		
120 L	5	30	20	20	20	30	-	-
130 L	5	30	20	30	20	30	-	-
140 L	5	40	20	20	20	40	-	-
150 L	5	40	20	30	20	40	-	-
160 L	5	40	20	40	20	40	-	-
170 L	5	40	30	30	30	40		
180 L	5	40	30	40	30	40	-	-
190 L	5	40	40	30	40	40		
200 L	5	40	40	40	40	40	-	-
160 LL**	5	60	40	60				
180 L	7	20	40	20	20	20	40	20
200 L	7	20	40	20	40	20	40	20
220 L	7	30	40	30	20	30	40	30
240 L	7	30	40	30	40	30	40	30
180 LL**	7	60**	20	20	20	60**		
200 LL**	7	60**	20	40	20	60**		
220 LL**	7	80**	20	20	20	80**		
240 LL**	7	80**	20	40	20	80**		
260 LL**	7	80**	30	40	30	80**		
280 LL**	7	80**	40	40	40	80**		
300 LL**	8	80**	30	80**	30	80**		

*Les plis L sont orientés dans la direction longitudinale et les plis Q sont orientés dans la direction transversale.

** pli comprenant deux couches successives orientées dans la même direction. Exemple : 60 mm se traduit par 2 couches de 30 mm orientées longitudinalement. Seuls les panneaux LL sont concernés.

L'épaisseur des panneaux KLH dépend du nombre de plis et des combinaisons possibles entre les différentes épaisseurs de planches. L'épaisseur des panneaux standards varie de 60 mm à 300 mm.

2.5.2. Caractéristiques physiques des panneaux

2.5.2.1. Masse volumique ρ_m et ρ_k

Les masses volumiques à prendre en compte pour le KLH épicéa sont $\rho_{k\text{ KLH}} = 385$ (Draft EC5) kg/m^3 et $\rho_{\text{mean KLH}} = 420$ kg/m^3 . Pour le transport et le levage des panneaux sur chantier, il est conseillé de prendre une masse volumique de 500 kg/m^3 avec de l'épicéa.

2.5.2.2. Variations dimensionnelles

La rétractibilité du panneau dans son plan est très faible du fait de la présence de planches disposées longitudinalement : 0,01 % pour 1% de variation d'humidité du bois.

La rétractibilité du panneau dans son épaisseur est de 0,24% pour 1% de variation d'humidité du bois.

2.5.2.3. Capacité calorifique massique c_p

Se reporter au paragraphe 2.1.7.3 du cahier du CSTB 3802-P2.

2.5.2.4. Coefficient de conductibilité thermique

Les panneaux KLH ont un coefficient de conductibilité thermique utile λ_{utile} égal à 0,12 (suivant valeur mentionnée dans l'ETE W/m.K. Les résistances thermiques ci-dessous sont données pour les principaux panneaux :

PANNEAU	Résistance thermique ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)	PANNEAU	Résistance thermique ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
KLH 60	0,50	KLH 140	1,17
KLH 70	0,58	KLH 150	1,25
KLH 90	0,75	KLH 160	1,33
KLH 100	0,83	KLH 180	1,50
KLH 110	0,92	KLH 200	1,67
KLH 130	1,08	KLH 230	1,92

2.5.2.5. Affaiblissement acoustique R_w

Selon la norme NF EN 12354-1, il est possible d'estimer l'affaiblissement acoustique au bruit aérien des panneaux nus, très proche de la valeur testée.

On pourra utiliser les valeurs R_w suivantes :

PANNEAU	R_w (dB)	PANNEAU	R_w (dB)
KLH 60	29 dB	KLH 140	37 dB
KLH 70	31 dB	KLH 145	37 dB
KLH 90	33 dB	KLH 160	38 dB
KLH 95	33 dB	KLH 180	39 dB
KLH 100	34 dB	KLH 200	40 dB
KLH 125	36 dB	KLH 230	42 dB

2.6. Fabrication et contrôle

La société KLH est certifiée :

- ISO 9001:2008 : exigences normalisées pour un système de management de la qualité, afin de produire régulièrement un produit correspondant aux attentes des clients ;
- ISO 14001:2004 : traitant des différents aspects du système de management environnemental en permettant une organisation de travail responsable vis-à-vis de l'environnement et une maîtrise des processus et activités.

2.6.1. Fabrication

La fabrication des panneaux KLH est effectuée dans l'usine de la société KLH Massivholz GmbH à Katsch an der Mur en Autriche.

Le processus de fabrication des panneaux KLH comporte les étapes suivantes :

- Stockage des planches destinées à la fabrication des panneaux à une humidité de 12 ± 2 % ;
- Aboutage d'extrémité des planches destinées à la réalisation des plis longitudinaux des panneaux conformément à la norme NF EN 15497 ;
- Sciage des planches aboutées à la longueur prévue des panneaux ;
- Rabotage des planches ;

- Mise en place bord à bord des planches longitudinales aboutées du premier pli (cas des panneaux de type L) ou des planches transversales non aboutées du premier pli (cas des panneaux de type Q) sur le plateau métallique plan d'un chariot mobile ;
- Serrage latéral des planches longitudinales du premier pli dans le cas de la fabrication des panneaux de type L ;
- Encollage de la face supérieure du premier pli par aspersion automatique à raison de 0,15 kg de colle par m² de surface collée, l'encollage se faisant par translation de l'ensemble du pli à encoller sous un portique de collage fixe. Les opérations de collage sont effectuées avec un enregistrement en continu de la température et de l'humidité de l'air ;
- Mise en place bord à bord des planches transversales non aboutées du second pli (cas des panneaux de type L) ou des planches longitudinales aboutées du second pli (cas des panneaux de type Q). Les planches de ce second pli sont posées sur la face supérieure préalablement encollée des planches du premier pli.

Les opérations de mise en place des planches bord à bord, de serrage latéral et de collage sont répétées autant de fois que nécessaire en fonction du type de panneau fabriqué (3, 5 ou 7 plis).

Plusieurs panneaux sont fabriqués successivement par empilage. Un film plastique de type polyane est interposé entre les panneaux successifs sur toute leur surface.

Les panneaux réalisés lors d'une rotation sont ensuite soumis aux opérations suivantes :

- Pressage pendant 2 heures (au maximum suivant la ligne de production) perpendiculairement au plan moyen des panneaux, pour une température de 20°C et une humidité relative de l'air de 65%, sous une pression comprise entre 6 et 8 bars ;
- Stabilisation pendant 12 heures à une température de 20°C.

Les panneaux peuvent ensuite être usinés individuellement en fonction de leur destination finale moyennant leur mise à dimension particulière ou la création d'ouvertures.

Pour une mise en œuvre dans les DROM, le traitement autoclave des planches en pin sylvestre est réalisé conformément à la norme NF EN 15228 afin d'atteindre la classe 4. L'aboutage, le rabotage et le collage sont réalisés conformément à l'ETE. Lorsque les panneaux KLH sont utilisés en zones infestées par les termites, ils devront systématiquement recevoir un traitement anti-termite par badigeonnage ou aspersion en supplément du traitement autoclave des planches.

2.6.2. Contrôle de la fabrication

La fabrication des panneaux KLH est soumise d'une part à une procédure de contrôle interne en usine mise en œuvre par le fabricant, d'autre part à un contrôle externe assuré par l'organisme autrichien Holzforchung.

L'autocontrôle interne et le contrôle externe garantissent notamment une résistance caractéristique au cisaillement des plans de collage supérieure à 1,2 MPa avec un taux de rupture dans le bois de 100 %.

2.6.2.1. Contrôle interne de fabrication

Le contrôle interne de la fabrication, destiné à assurer la maîtrise de la qualité, est organisé selon les prescriptions de l'ETE06/0138, de la norme NF EN 14080 et la NF EN 408.

Le contrôle interne porte sur :

- La qualité du bois ;
- L'aboutage des planches longitudinales et transversales ;
- Le collage des panneaux ;

Les résultats du contrôle interne sont consignés sur un registre spécifique qui précise notamment les éléments suivants :

- Date et numéro de production ;
- Essence et classe des bois ;
- Epaisseur des planches ;
- Dimensions de l'élément ;
- Humidité du bois ;
- Heure de début de l'encollage ;
- Heure de début et de fin de pressage ;
- Pression de collage ;
- Quantité de colle utilisée ;
- Calibrage de l'appareil de mesure de l'humidité ;
- Température et humidité relative du local de production.

Les essais de délamination sur éprouvettes sont réalisés conformément aux prescriptions de la norme NF EN 14080.

Les essais de contrôle des aboutages sont réalisés conformément aux prescriptions de la norme NF EN 14080 et NF EN 408.

Les appareils de mesure font l'objet d'un étalonnage interne mensuel.

En outre, les essais sont effectués directement après polymérisation des éléments de telle sorte qu'il est toujours possible de réagir à d'éventuels défauts avant expédition des panneaux.

Les essais réalisés sur les panneaux traités en autoclave à destination des DROM COM sont identiques à ceux réalisés sur les panneaux KLH ne subissant pas de traitement autoclave.

2.6.2.2. Contrôle externe de fabrication

Le contrôle externe est réalisé par l'organisme autrichien notifié Holzforchung. Ces essais sont réalisés indifféremment sur les panneaux traités ou non traités.

Le contrôle externe effectué par cet organisme comporte les tâches suivantes :

- Vérification de la tenue à jour des procédures de contrôle interne ;
- Contrôle sur la production courante de tous les paramètres de collage ;
- Contrôle du personnel effectuant le classement visuel des bois ;
- Prélèvement d'échantillons pour réalisation d'essais dans leur propre laboratoire 1 fois par an : essais aboutage : 15 éprouvettes par ligne de production / Essais de délamination : 10 éprouvettes par ligne de production ;
- Commentaires sur les résultats d'essais.

2.7. Dimensionnement

La documentation technique mise à disposition des utilisateurs du procédé par la société KLH propose des abaques ou des tableaux de prédimensionnement en fonction de la portée, des charges d'exploitation et des critères de flèche retenus. Ce prédimensionnement, utile en phase d'avant-projet, ne se substitue pas au dimensionnement qui doit faire l'objet d'une note de calcul spécifique par un bureau d'études, au cas par cas, en tenant compte des particularités du projet.

Un logiciel de calcul intégrant les particularités de la norme NF EN 1995-1-1/NA de mai 2010 est à disposition des bureaux d'études. Les caractéristiques mécaniques des panneaux sont données en valeurs caractéristiques aux tableaux 3. Lorsque les calculs sont ramenés à la section brute du panneau KLH, les propriétés du panneau à considérer sont données au Tableau 7.

La société LIGNATEC propose une assistance pour le dimensionnement des panneaux KLH.

Le coefficient partiel de sécurité à prendre en compte pour le calcul des résistances est celui présent dans l'annexe nationale de la norme NF EN 1995-1-1 à savoir $\gamma_M = 1,25$.

Le facteur modificatif k_{mod} à appliquer au KLH est celui du bois massif.

Effet Système :

Les contraintes de fabrication et de taillage modifient parfois localement les propriétés du panneau KLH. C'est le cas par exemple des linteaux à faibles retombées. Une majoration ou une minoration de la résistance est possible à travers le coefficient k_{sys} en appliquant le §6.6 de la norme NF EN 1995-1-1. Sur les éléments KLH avec des largeurs ou hauteurs importantes plusieurs planches collées participent alors à la redistribution de charge. A l'inverse, les éléments KLH de faibles largeurs ou hauteurs doivent être minorés de 10% en résistance.

Charge perpendiculaire au panneau en bois massif :

Charge perpendiculaire au panneau en bois massif	Coefficient de résistance du système
Largeur de l'élément	
b	k_{sys}
$b \leq 20$ cm	0,90
20 cm < $b \leq 100$ cm	1,00
100 cm < $b \leq 160$ cm	1,05
$b > 160$ cm	1,10

Charge dans le plan du panneau en bois massif :

Charge dans le plan du panneau en bois massif	Coefficient de résistance du système
Nombre de plis	
n	k_{sys}
$n \leq 1$	0,90
$2 \leq n < 5$	1,00
$5 \leq n < 8$	1,05
$n \geq 8$	1,10
n = nombre de plis dans le sens considéré de la portée – forces exercées dans le plan du panneau en bois massif	

Ce coefficient est à appliquer sur les résistances sous les sollicitations suivantes :

- Traction axiale dans le plan du panneau : $f_{t,0,d}$
- Compression axiale dans le plan du panneau : $f_{c,0,d}$
- Flexion appliquée dans le plan du panneau : $f_{m,0,d}$
- Flexion appliquée sur la face du panneau : $f_{m,0,d}$

2.7.1. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux – plancher

Les planchers sont réalisés essentiellement avec des panneaux dont les couches extérieures sont orientées longitudinalement. De manière générale, on considère les panneaux KLH formant « plancher » comme des éléments de 1 m de large sur lesquels on applique la théorie des poutres. (Voir tableau 1 donnant les caractéristiques géométriques dans la direction x).

Les panneaux KLH ont une capacité porteuse dans les deux directions perpendiculaires au plan.

2.7.1.1. Vérification de la résistance sous l'effet du moment fléchissant

2.7.1.1.1. Flexion dans le sens de portée – calcul 2D sur une bande de 1m de large

L'influence de la déformation de cisaillement étant négligeable pour le calcul de la contrainte de flexion (de l'ordre de 3 à 4% pour les cas défavorables avec des chargements supérieurs à 12kN/m²), les contraintes normales dues à l'effet du moment fléchissant peuvent être calculées en utilisant l'inertie nette I_{net} sans considérer le cisaillement, donnée dans le tableau 1 de ce dossier technique. Cette Inertie nette fait abstraction de la participation des plis orientés perpendiculairement au sens de la portée.

Pour un élancement des panneaux $KLH/LH \geq 15$, on vérifiera la contrainte de flexion comme suit :

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_{net, x \text{ ou } y}} = \frac{0,5.M_d \times h}{I_{net, x \text{ ou } y}} \leq k_{sys} \times f_{m,d}$$

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \times k_{mod}}{\gamma_M}$$

Avec $f_{m,k}$ défini au Tableau 3.

Lorsque l'élancement sera $L/H < 15$ et lorsque le taux de contrainte dépasse 90% en travée, la contrainte de flexion doit être déterminée plus précisément en considérant l'inertie efficace I_{eff} définie en Annexe 1.

2.7.1.1.2. Flexion dans les 2 directions principales

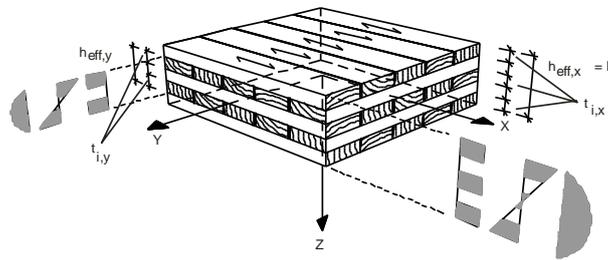


Figure 1 : définition des directions porteuses sous sollicitations perpendiculaires au panneau

Lorsqu'un panneau travaille dans les deux directions, les contraintes de flexion longitudinales des deux directions principales sont reprises par les sections transversales qui leur sont propres, car différentes planches sont sollicitées longitudinalement et transversalement.

De ce fait, les contraintes de flexion ne doivent donc pas être superposées. On prendra le coefficient $k_m = 0$ et on justifiera un taux de travail indépendamment pour les 2 directions :

$$\frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \text{et} \quad \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Les contraintes de cisaillement sont à vérifier en procédant de la même façon. La hauteur efficace dans la direction longitudinale x est $h_{eff,x}$.

$$\frac{\tau_{x,d}}{f_{v,Rd}} \leq 1 \quad \text{et} \quad \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,Rd}} \leq 1$$

Les réactions d'appuis seront décomposées suivant les surfaces définies de chaque direction x et y .

La vérification des appuis en compression s'effectuera ponctuellement ou linéairement en fonction du type d'appui.

On vérifiera également que la flèche globale satisfait les états limites de service.

Le calcul des panneaux avec flexion dans les 2 directions pourra s'effectuer en utilisant un programme aux éléments finis avec définition d'un matériau orthotrope.

2.7.1.2. Vérification de la résistance sous l'effet de l'effort tranchant

De manière courante, on vérifiera uniquement le cisaillement roulant, plus défavorable que le cisaillement longitudinal.

On ne prendra pas en compte de réduction de l'effort tranchant sous charge ponctuelle. De même, la valeur k_{cr} sera prise à 1, l'influence des fissures étant déjà intégrée dans la résistance caractéristique, (§ 6.17 de l'EN1995-1-1).

2.7.1.2.1. Cisaillement roulant - cisaillement perpendiculaire au sens des fibres des plis extérieurs

Les contraintes de cisaillement dues aux forces latérales (cisaillement roulant) sont déterminées de façon simplifiées en utilisant l'inertie nette I_{net} et le moment statique net S_{net}

$$\tau_d = \frac{V_d \times S_{net}}{I_{net} \times b} \leq f_{v,Rd}$$

$$\text{et } f_{v,R,d} = \frac{f_{v,R,k} \times k_{mod}}{\gamma_M}$$

Avec :

- $S_{net}(z=0) = \sum_0^{z_{max}} A_i \times z_{ib}$: largeur du panneau ;
- h_i : épaisseur du pli ;
- z_i : abscisse du barycentre du pli à l'axe de symétrie du panneau ;
- $f_{R,v,k} = 1,2 \text{ N/mm}^2$ pour les épaisseurs de plis transversaux $\leq 45 \text{ mm}$ (ratio de planches $\geq 4:1$ et $\geq 2,3:1$) ;
- $f_{R,v,k} = 0,8 \text{ N/mm}^2$ pour les épaisseurs de plis transversaux $> 45 \text{ mm}$ (ratio de planches $\geq 2,3:1$).

Sous charges ponctuelles appliqués dans le tiers central d'une travée de plancher, il convient de limiter également la résistance caractéristique de cisaillement roulant $f_{R,v,k} = 0,8 \text{ N/mm}^2$.

2.7.1.2.2. Cisaillement longitudinal - cisaillement parallèle au sens des fibres des plis extérieurs

Pour les panneaux 3 plis sollicités transversalement, la section cisailée passe uniquement à travers le pli central. Il n'y a donc pas de cisaillement roulant et on vérifie donc un cisaillement longitudinal en considérant que la hauteur h du pli central, prise comme une section en bois massif et en prenant une résistance de cisaillement caractéristique de $2,7 \text{ N/mm}^2$ (valeur incluant k_{cr}).

2.7.1.2.3. Cas particulier - cisaillement avec entaille au niveau de l'appui

Pour les appuis entaillés, on vérifiera le cisaillement roulant en utilisant la hauteur efficace réduite $h_{eff,i,red}$ réellement cisailée et en minorant la contrainte de calcul $f_{v,d}$ par le facteur de réduction k_v .

Le calcul du coefficient k_v est effectué conformément à la norme NF EN 1995-1-1 point 6.5.2 en fixant la valeur $k_n = 5$

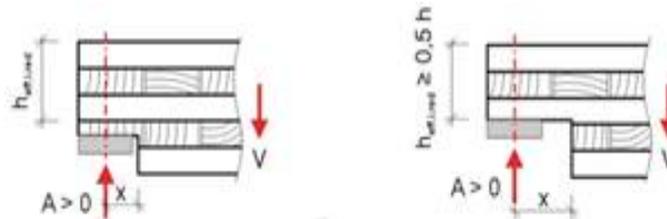


Figure 2 : définition de la hauteur efficace pour un appui entaillé

A symbolisant la réaction d'appui.

Il est conseillé de renforcer les zones tendues des appuis entaillés de préférence avec des vis à filetage total ou double filetage dimensionnées pour reprendre l'effort de traction transversale à l'appui engendré par l'effort tranchant maxi.

L'équation suivante est à vérifier :

$$\frac{F_{t,90,d}}{F_{ax,Rd}} = \frac{1,3 \times V_d \times [3 \times (1 - \alpha)^2 - 2 \times (1 - \alpha)^3]}{F_{ax,Rd}} \leq 1$$

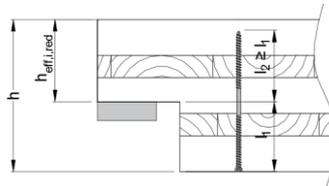
Avec :

$$\alpha = \frac{h_{eff,i,red}}{h}$$

h , la hauteur du panneau KLH

$F_{ax,Rd}$ Résistance à l'arrachement de la partie filetée de la vis déterminée selon les données de l'ETE du fabricant ou par défaut selon la norme NF EN 1995-1-1.

la longueur des vis est adaptée à la configuration de l'entaille en respectant $l_2 \geq l_1$.



La vérification de la traction transversale se justifie sur une seule rangée de vis.

Les pinces à retenir sont celles décrites dans l'ETE du fabricant de vis ou par défaut celles selon la norme NF EN 1995-1-1.

2.7.1.3. Vérification des efforts de compression perpendiculaires à la surface des éléments de plancher

La vérification est réalisée conformément aux prescriptions du CPT 3802-P2, paragraphe 3.3.3.

2.7.1.4. Vérification des déformations

Les valeurs limites de flèche sont calculées conformément aux Eurocodes, leurs annexes nationales et les DTU en vigueur.

Les valeurs limites sont données dans l'annexe 1 à l'avis technique.

Les déformations sont classiquement déterminées suivant la méthode du gamma (annexe B de la NF EN 1995-1-1). Cette méthode livre des résultats exacts uniquement pour des poutres sur deux appuis avec chargement réparti. Il est préférable de considérer la rigidité de cisaillement séparément de la rigidité de flexion avec par exemple la méthode selon la théorie de Timoshenko.

La flèche totale est alors déterminée selon l'expression suivante :

$$w_{\text{tot}} = w_m + w_v = \int \frac{M \cdot \bar{M}}{E \times I_{\text{NET}}} dx + \int \frac{V \cdot \bar{V}}{G \times A_s} dx$$

Avec :

- w_m : déformation par flexion
- w_v : déformation par cisaillement
- w_{tot} : déformation totale

Pour une poutre KLH sur 2 appuis, sous une charge uniformément répartie, l'expression de la flèche totale maximale devient :

$$w_{\text{tot}} = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_{\text{net}}} + \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot G \cdot A_s}$$

2.7.1.4.1. Coefficient de Fluage : k_{def}

La flèche due au fluage est calculée en appliquant à la part des charges de longue durée le coefficient k_{def} adéquat de la NF EN 1995-1-1. Le coefficient k_{def} à prendre en compte pour le fluage est celui du contreplaqué suivant l'EN1995-1-1, soit 0.8 et 1 respectivement pour la classe de service 1 et 2.

L'expression de la flèche finale u_{fin} de la NF EN 1995-1-1 est calculée conformément au CPT « panneaux structuraux massifs bois » au §2.5.11.1.

$$\begin{aligned} u_{\text{fin}} &= u_{G,\text{inst}} + u_{\text{diff}} + u_{Q,\text{inst}} \\ u_{\text{fin}} &= (1 + k_{\text{def}}) \times u_{G,\text{inst}} + (1 + \Psi_2 \times k_{\text{def}}) \times u_{Q,\text{inst}} \\ \text{avec } u_{\text{diff}} &= (u_{G,\text{inst}} + \Psi_2 \times u_{Q,\text{inst}}) \times (k_{\text{def}}) \end{aligned}$$

2.7.1.5. Vérification des planchers au confort vibratoire.

Le critère vibratoire peut se vérifier suivant la méthode proposée au §3.3.6 du CPT « panneaux structuraux massifs bois ».

2.7.1.6. Vérification des planchers avec ouvertures

L'affaiblissement des ouvertures sur les dalles KLH peut être repris soit par le panneau seul soit à l'aide de renforts structuraux de type poutre.

La justification sans renforts additionnels peut s'effectuer par décomposition ou par report de charge suivant la méthode décrite dans le CPT « panneaux structuraux massifs bois » au §3.3.7.

Pour les réservations espacées et de petites tailles carrées ou circulaires (Diamètre env. $\leq 30\text{cm}$), aucune justification n'est à effectuer pour tout type charge, se justifiant par un taux de travail en flexion du panneau qui ne dépasse pas les 30%.

2.7.1.7. Reprise des efforts horizontaux dans les planchers – diaphragme de plancher

Les planchers et les supports de couverture peuvent reprendre des efforts horizontaux sous les effets du vent et d'un séisme. Ils se comportent comme une plaque indéformable, qui a pour but de reporter ces efforts en tête de murs, refends porteurs ou autre triangulation, disposés dans le même sens que ces efforts horizontaux. Les planchers KLH sont conçus pour fonctionner comme des diaphragmes et doivent être dimensionnés conformément aux préconisations du CPT « panneaux structuraux massifs bois » au §5.2.1.

Les panneaux KLH sont assemblés côte à côte par couturage pour former une dalle monolithique.

En fonction des efforts à transmettre en cisaillement, les panneaux sont assemblés par mi-bois ou par languettes rapportées (voir figure 10). Le choix de la jonction et de sa dimension dépend de la conception du bâtiment et des efforts à transmettre.

De façon simplifiée, on peut considérer que le cisaillement au niveau du couturage est repris uniquement dans le sens des jonctions, permettant ainsi de limiter la largeur des mi-bois à 5cm ou des fausses languettes à 10cm. Le cisaillement transversal à ces jonctions peut alors être repris en fonction de la conception par des plaques perforées métalliques vissées ou clouées ou, naturellement par la fixation du plancher sur les murs du niveau inférieur. Toutefois, en fonction des efforts et de la conception, les joints mi-bois ou fausses languettes peuvent être dimensionnés pour reprendre à la fois le cisaillement longitudinal et transversal avec les pinces minimales à respecter.

2.7.2. Dimensionnement des éléments porteurs verticaux – Murs

Les parois verticales peuvent être réalisées de 2 façons, soit en panneaux type Q avec les couches extérieures orientées transversalement soit par des panneaux de type L avec les plis extérieurs longitudinaux.

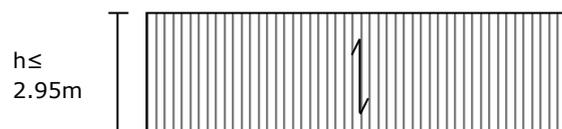


Figure 4 : exemple de mur type Q

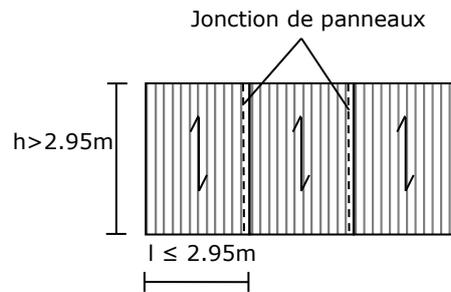


Figure 5 : exemple de façade reconstituée par mur type L

Dans certaines conceptions ou pour des raisons esthétiques, on peut également utiliser des panneaux type L avec les plis horizontaux, maintenus avec ou sans raidisseurs complémentaires.

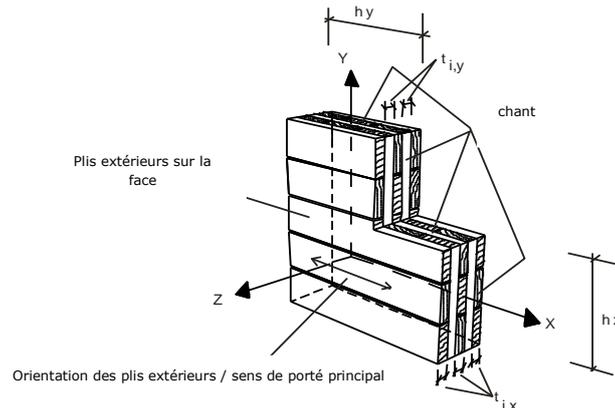


Figure 6 : définition des directions porteuses sous sollicitations sur le chant du panneau

2.7.2.1. Reprise des charges verticales

Les contraintes normales dues à l'effet des charges verticales agissant dans le plan du panneau sont calculées en faisant abstraction des plis orientés perpendiculairement à ces charges ; ne sont donc considérés que les plis travaillant en compression axiale. On calcule ainsi la contrainte de compression en utilisant la section et l'inertie nette des panneaux (A_{net} et I_{net}) figurant dans le tableau 1 de ce Dossier Technique et dans la documentation KLH.

Lorsque les murs sont munis d'ouvertures, on veillera à prendre en compte la bande de chargement D sur le même principe que la figure 7 pour la vérification en flambement de la bande de mur n°2.

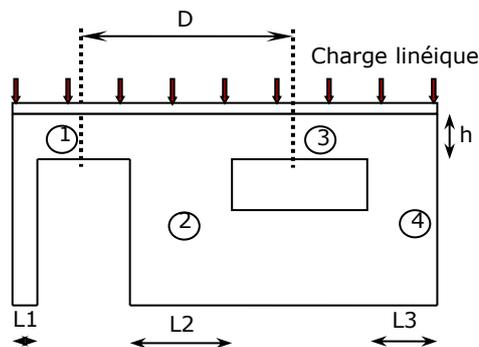


Figure 7 : exemple de mur type Q avec ouvertures

Pour les chargements dissymétriques, la charge verticale est considérée comme excentrée de 1/6 de l'épaisseur du panneau. Pour les charges concentrées, la largeur efficace formant poteau peut se déterminer en considérant une distribution de charge suivant la méthode décrite au §4.3.7 du CPT « panneaux structuraux massifs bois ».

Le calcul des efforts de compression et de flexion combinés doit être mené selon le §4.3.3.2 du CPT « panneaux structuraux massifs bois ».

Pour les murs non soumis à de la flexion horizontale perpendiculaire au plan (mur intérieur), la justification se limite à de la compression avec ou sans risque flambage.

2.7.2.1.1. Murs sollicités en flexion à chant : Linteaux, ouvertures

La vérification des linteaux est réalisée conformément aux préconisations du CPT « panneaux structuraux massifs bois » au §4.3.6. Pour les linteaux ou murs sollicités en flexion dans leur plan avec un élancement $L/h \geq 4$, la vérification se ramène à de la flexion à chant en considérant les plis horizontaux comme une section homogène en bois massif et en faisant abstraction des

plis verticaux. Par exemple, pour un panneau 3 plis type Q, la section porteuse se limite au pli central. Pour un panneau 5 plis type Q, on prendra la somme des plis horizontaux 2 et 4.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_{net,x \text{ ou } y}} \leq k_{sys} \times f_{m,0,d}$$

$$W_{net,x} = e \frac{\sum t_{i,x} \times h_x^2}{6}$$

$$W_{net,y} = \frac{\sum t_{i,y} \times h_y^2}{6}$$

2.7.2.2. Reprise des charges verticales ponctuelles

Les contraintes de compression engendrées par un appui ponctuel (appuis de poteaux, de poutres ou de murs KLH...) s'appliquant sur la tranche d'un mur KLH, sont reprises normalement par les plis orientés verticalement et ce sans considérer de répartition de contraintes.

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,d}}{A_{net,x \text{ ou } y}} \leq k_{c,0} \times f_{c,0,d}$$

Avec :

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \times k_{mod}}{\gamma_M}$$

La contrainte de compression localisée, est à vérifier en majorant la valeur de calcul de résistance en compression $f_{c,0,d}$ par le coefficient $k_{c,0}$, variable ne fonction du cas de figure étudié :

- $k_{c,0} \leq 1,5$ pour les appuis ou application de charges à une distance $a \leq H/2$ ou $a \leq 500\text{mm}$;
- $k_{c,0} \leq 1,9$ pour les appuis ou application de charges à une distance $a > H/2$ ou $a > 500\text{mm}$;
- $k_{c,0} > 1,3$ uniquement pour les appuis KLH avec appuis métallique.

Lorsque deux tranches de murs sont en contact direct, seul l'intersection des surfaces seront utilisées. En intercalant une plaque d'acier par exemple, les surfaces complètes A_{net} peuvent être réactivées.

La longueur mini d'appui b sur le panneau KLH doit être de $L_A = 50\text{mm}$.

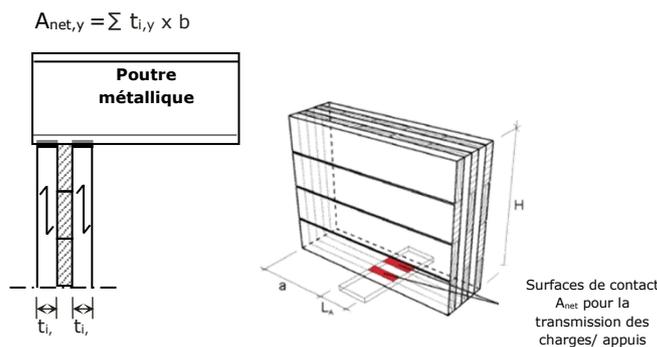


Figure 8 : définition des surfaces de contacts

Dans le cas d'un appui de poutre en bois, la compression transversale de cette poutre peut être dimensionnante et doit être vérifiée en tenant compte de la surface d'appui telle que représenté dans le schéma 2 de la figure 9 ci-dessous.

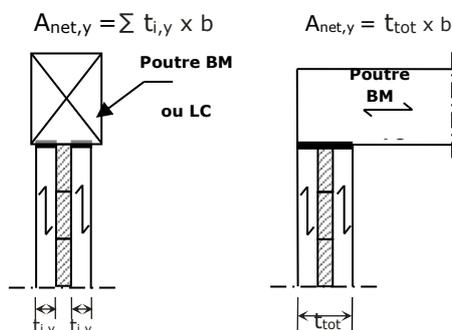


Figure 9 : définition des surfaces de contacts pour vérification des appuis de poutre en compression transversale

2.7.2.3. Reprise des charges de vent sur la face des panneaux

L'étude est similaire à celle d'un plancher KLH soumis à de la flexion plane.

2.7.2.4. Reprise des charges horizontales – contreventement de mur

Les panneaux KLH utilisés en paroi verticale peuvent servir au contreventement du bâtiment dans lequel ils sont utilisés. Ils sont alors sollicités dans leur plan par des efforts horizontaux qui doivent être transmis jusqu'aux fondations de l'ouvrage.

Les vérifications peuvent être menées suivant le §4.3.4 du CPT « panneaux structuraux massifs bois ». Pour la vérification de la résistance au cisaillement des panneaux, il est possible de contrôler la résistance au cisaillement selon la méthode des trois modes de rupture théoriques présentés au §4.3.4.2. du CPT « panneaux structuraux massifs bois ». Cependant, la largeur des planches ne pouvant être connue dans la réalité, il est préférable de mener les vérifications du §6.241 ou du §6.242 ou du §6.243 suivant le cas étudié.

2.7.2.4.1. Flux de cisaillement transitant dans les surfaces de collages entre planches – sens porteur non défini

Généralement, les panneaux sollicités à chant doivent reprendre le cisaillement qui transite par les surfaces de contact entre les différentes couches. C'est pourquoi, on vérifiera un flux de cisaillement $t_{v,d}$ en N/mm exercé dans le panneau indépendamment du sens de l'effort aux niveaux des joints de colles :

$$t_{v,d} = \frac{n_{x,y}}{L_K} = \frac{n_{x,y}}{n_K \times h} \leq f_{v,K,d}$$

Avec :

- $n_{x,y}$: effort de cisaillement total par unité de longueur résultant d'un programme aux éléments finis ;
- L_K : longueur totale des joints de colle dans les couches croisées du panneau ;
- n_K : nombre de joint de colle du panneau considéré ;
- h : hauteur du panneau ; normalement h est pris égal à 1m.

$$f_{v,KF,d} = \frac{f_{v,KF,k} \times k_{mod}}{\gamma_M} \quad f_{v,KF,k} = 90 \text{ N/mm}$$

2.7.2.4.2. Contrainte de cisaillement avec sens porteur défini avec rapport L/h < 4

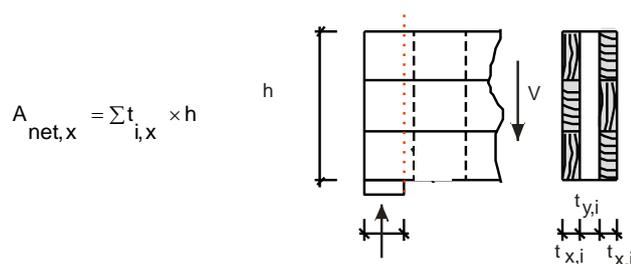
Pour les murs dont le sens porteur est « clairement défini », et avec un rapport L/h < 4, la contrainte de cisaillement dans les joints de colle n'est plus à calculer. Par contre, on vérifiera la contrainte cisaillement qui dépend de l'épaisseur du ou des plis considérés comme travaillant. Un sens porteur est défini, lorsque les couches de planches orientées perpendiculairement au sens porteur, ne participent que très peu à la reprise d'efforts. La section cisailée et porteuse reprenant le cisaillement est constituée uniquement des plis perpendiculaires à l'effort. C'est le cas par exemple les linteaux restants au-dessus des portes ou fenêtres.

$$\tau_{v,d} = \frac{V_{d,x \text{ ou } u}}{A_{net,x \text{ ou } u}} \leq f_{v,d} \quad \text{avec } f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \times k_{mod}}{\gamma_M}$$

Avec :

- $f_{v,k} = 8,2 \text{ N/mm}^2$ pour les plis de 20mm ;
- $f_{v,k} = 6,2 \text{ N/mm}^2$ pour les plis en 30mm ;
- $f_{v,k} = 4,6 \text{ N/mm}^2$ pour les plis en 40mm ;
- $f_{v,k} = 3,9 \text{ N/mm}^2$ pour les plis en 45mm.

Ces valeurs caractéristiques de cisaillement sont valables avec une évolution parabolique de la contrainte. Pour une répartition de contrainte rectangulaire, ces valeurs sont à diviser par 1,5.



Lorsque ce sont des plis internes qui sont utilisés pour justifier la reprise du cisaillement, les valeurs caractéristiques ci-dessus peuvent être augmentées de 25%, se justifiant par la présence des plis extérieurs, contribuant à améliorer la reprise du cisaillement.

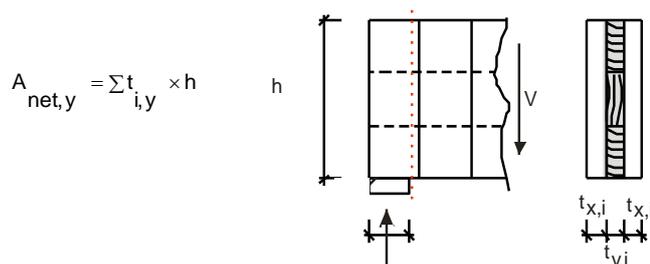


Figure 10 : Vérification du cisaillement pour voiles en contreventement**2.7.2.4.3. Simplification : calcul de Contrainte de cisaillement par modélisation par réseaux de poutres avec sens porteur défini avec rapport $L/h \geq 4$ et $H \leq 800\text{mm}$**

Pour les éléments KLH de rapport $L/H \geq 4$ et $H \leq 800\text{mm}$ fonctionnant en poutre, la contrainte de cisaillement se vérifie pour les sections rectangulaires suivant l'expression ci-dessous.

$$\tau_{v,d} = \frac{1,5 \cdot V_{d,x \text{ ou } y}}{A_{\text{net},x \text{ ou } y}} \leq f_{v,d} \quad \text{avec} \quad f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \times k_{\text{mod}}}{\gamma_M}$$

2.7.3. Eléments soumis à de la compression oblique

On appliquera la vérification qui se trouve au §4.3.3.4 du CPT « panneaux structuraux massifs bois ». Combinaisons de sollicitations appliquées sur le chant et la face du panneau

Lorsque des éléments KLH sont soumis à la fois à des sollicitations qui s'appliquent sur le chant et sur la face du panneau, les effets de celle-ci doivent être superposés ($k_m = 1$). On vérifiera un taux de travail inférieur à un en se référant à la NF EN1995-1-1.

Par contre, la flexion qui s'exerce sur la face d'un panneau travaillant dans ces deux directions principales, ne doivent pas être superposées. Les contraintes sont à valider séparément suivant la section h_{eff} dans le sens porteur x ou y considéré ($k_m = 0$).

2.8. Mise en œuvre

La société LIGNATEC propose une assistance pour la mise en œuvre des panneaux KLH.

2.8.1. Dispositions générales relatives aux assemblages

Les assemblages de panneaux KLH sont essentiellement réalisés par organe métalliques. En complément, il est possible de concevoir des assemblages bois/bois entre différents éléments KLH. Ces assemblages travaillant par surface de contact, ils sont à justifier suivant la NF EN 1995-1-1 tout en tenant compte des caractéristiques du panneau KLH.

2.8.1.1. Règles générales de dimensionnement des assemblages

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des panneaux KLH entre eux ou avec d'autres éléments de structure doivent être choisis selon les prescriptions du CPT « panneaux structuraux massifs bois » et particulièrement au §2.3.2.

Les organes de fixations ou d'assemblages métalliques doivent être justifiés suivant les prescriptions des sections 7.1 et 8 de la NF EN 1995-1-1 et son amendement A1 et/ou suivant une évaluation technique européenne relative aux fixations pour bois massif ou panneaux contrecollés tout en tenant compte des dispositions supplémentaires citées ci-après.

Il convient de différencier les chants des faces, qui présentent des comportements différents face aux assemblages. En effet, les organes de liaison suivants (crampons, broches lisses, boulons et pointes) ne peuvent être pris en compte dans le calcul lorsqu'ils sont mis en place sur le chant des panneaux.

Sur le chant des panneaux, seules les vis/ tire-fonds et les anneaux peuvent reprendre des efforts.

Pour les justifications d'après la NF EN 1995-1-1, il y a lieu de considérer les réductions suivantes :

- Sur le chant des panneaux, la portance locale du bois (vis sollicitées perpendiculairement à leurs axes) doit être diminuée de 50 % par rapport à un assemblage sur la face des panneaux ;
- Sur le chant des panneaux, la capacité résistante de vis sollicitées axialement $R_{ax,k}$ doit être diminué de 25 % par rapport à un assemblage sur la face des panneaux. Les pointes ne sont pas admises sur le chant des panneaux. Seules les pointes non lisses ou les vis peuvent reprendre des efforts de traction ;
- Les tire-fonds et vis doivent avoir un diamètre extérieur minimal de 4mm pour les assemblages sur la face et 8 mm pour les assemblages sur chant ;
- Les boulons et broches doivent avoir un diamètre minimal de 10mm ;
- La distance minimale entre les broches ou les boulons et une rive chargée doit être de 5d et de 3d dans le cas d'une rive non chargée, indépendamment de l'angle entre le sens de l'effort et celui du fil.

Dans l'application des formules d'espacement, le sens du fil à prendre en compte est celui des couches extérieures.

Les connecteurs métalliques tridimensionnels utilisés pour l'assemblage de panneaux structuraux massifs bois entre eux ou avec d'autres éléments de l'ouvrage devront être conformes au paragraphe 2.3.3 du cahier du CSTB 3802-P2.

2.8.1.2. Assemblages usuels**2.8.1.2.1. Assemblage entre panneaux-Jonctions**

Les assemblages entre panneaux d'un même plan sont effectués soit par feuillure à mi-bois dans l'épaisseur du panneau, soit par interposition d'une bande de liaison par exemple en panneau contreplaqué ou 3 plis avec ou sans feuillure sur l'une des faces, soit par vis à double filetage lardée à 45° ou vis à filetage total comme ci-dessous ou de ferrures mécano-soudées

Ces assemblages courants sont non exhaustifs, d'autres assemblages sont présentés au §2.4.3 du CPT « panneaux structuraux massifs bois ».

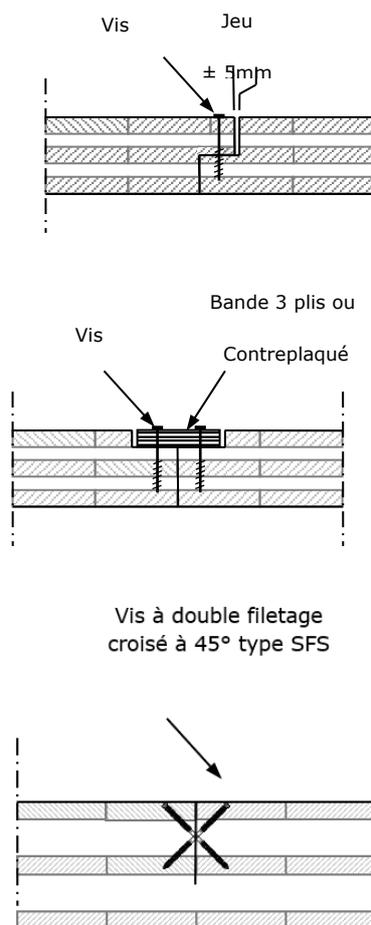


Figure 10 : jonctions courantes entre panneaux de plancher ou de murs

Ces dispositions sont complétées par la mise en œuvre de vis auto-taraudeuses de type Spax, SFS ou équivalent, dont l'espacement est déterminé par le calcul. Les panneaux seront juxtaposés sans jeu, les languettes de liaison présenteront un jeu de 5 mm par rapport aux feuillures ou rainures exécutées dans les panneaux. D'autres fixations peuvent être choisies dès lors qu'elles sont justifiées.

L'étanchéité à l'air est assurée dans chacun des cas cités ci-dessus par la mise en œuvre d'un joint mousse de type « Comriband » entre les panneaux, ou par une bande adhésive ou par la continuité de l'isolant et du pare vapeur disposé coté extérieur des panneaux.

2.8.1.2.2. Liaison d'un élément KLH vertical ou horizontal avec un mur ou une dalle béton

En partie basse, la liaison avec le soubassement en maçonnerie est assurée couramment par des équerres en acier galvanisé, fixées à la dalle par des chevilles à expansion ou vis à béton et vissées ou clouées sur le coté des panneaux. Entre la dalle et le panneau est incorporée une bande d'étanchéité anticapillaire ainsi qu'un ou plusieurs joint mousse de type « Comriband » ou équivalent. Un calage néoprène, métallique, ou en bois dur peut être interposé si nécessaire. On peut également placer entre le mur et la dalle, une lisse basse continue en classe d'emploi 3 ou 4, naturellement durable ou à durabilité conférée. Celle-ci est fixée couramment par chevilles à expansion ou vis à béton.

Une bande d'étanchéité autocollante via un primaire d'accrochage peut aussi assurer l'étanchéité à l'air des liaisons béton avec des éléments KLH.

Dans le cas de vide sanitaire, conformément au DTU 51.3, la hauteur minimale sous le solivage ou le support bois le plus bas doit être de 0,30 m. Celui-ci doit être débarrassé de toute matière organique et les orifices de ventilation doivent être en place et judicieusement répartis. La surface totale minimum des orifices de ventilation est de 1/150^{ème}. Un film pare vapeur devra être fixé sur la sous face du plancher.

2.8.1.2.3. Liaison d'angle entre panneaux

La liaison d'angle entre deux panneaux de murs ou entre les planchers, et les murs les supportant est assurée par des vis auto-taraudeuses de diamètre 8 à 10 mm de type Spax, SFS ou équivalent. L'espacement est déterminé par le calcul. Selon la nature du parement extérieur, et pour assurer l'étanchéité à l'air, il sera mis en œuvre coté extérieur un joint « Comriband » et/ou une bande d'étanchéité à l'air au niveau des joints et des chants de panneaux.

L'assemblage de ces jonctions entre éléments peut s'effectuer également par des équerres métalliques rapportées sur le côté, soit par assembleurs en âme invisible de type queues d'arondes ou encore par interposition d'une pièce de bois. Les assemblages courants sont décrits au §2.4.4 du CPT « panneaux structuraux massifs bois ».

En complément, des assemblages bois/bois travaillant en compression/cisaillement, peuvent être conçus en les justifiant suivant la NF EN 1995-1-1.

2.8.2. Dispositions spécifiques relatives au passage de câbles techniques dans l'épaisseur même du panneau KLH

Les gaines électriques et autres conduites de petits diamètres sont à prévoir dans les doublages de murs et de planchers qui n'affaiblissent pas les propriétés mécaniques des éléments porteurs KLH.

Sur demande, des réservations pour câbles techniques peuvent être aménagées par fraisage dans l'épaisseur des panneaux KLH. Leur mise en place est à coordonner avec le BET en charge de la note de calcul de l'ouvrage. Pour les cas courants, aucune justification n'est à prévoir.

2.8.2.1. Réservations dans les panneaux de murs

Lorsque les plis des couches extérieures sont verticaux, les réservations peuvent être réalisées ponctuellement dans le sens vertical afin de ne pas réduire la résistance mécanique du panneau, mais en aucun cas horizontalement.

Lorsque les plis des couches extérieures sont horizontaux, les réservations dans ces couches sont possibles sans restriction de direction seulement si ces plis horizontaux ne sont pas travaillants.

2.8.2.2. Réservations dans les panneaux de plancher

Il est possible de réaliser des réservations si elles sont orientées dans le sens de la portée.

2.8.3. Dispositions spécifiques et comportement aux séismes

Les principales dispositions sont traitées au paragraphe 5 du CPT « panneaux structuraux massifs bois ».

Les liaisons entre les panneaux sont faites couramment avec des cornières métalliques de type ABR (Simpson) (raccords cloués ou vissés) et des vis à bois auto-taraudeuses et les panneaux sont également reliés aux fondations ou aux parties en béton par des cornières métalliques (pointes, vis et chevilles).

2.8.4. Dispositions pour les membranes pare-vapeur

Au niveau des parois verticales donnant sur l'extérieur, un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face du panneau KLH exposée au climat intérieur (entre le panneau KLH et l'ouvrage en plaque de plâtre). La valeur de S_d (épaisseur de lame d'air équivalente) du pare-vapeur sera au minimum de 18m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90m le cas contraire

2.8.5. Dispositions concernant les parements extérieurs

Le panneau est considéré comme un élément de structure qui nécessite la mise en œuvre d'un revêtement extérieur conforme au paragraphe 2.12 du CPT 3802-P2 « panneaux structuraux massifs bois ».

2.8.6. Dispositions concernant les revêtements de sol désolidarisés

Les caractéristiques des planchers CLT du présent Avis Technique permettent de répondre aux exigences des chapes ou revêtements de sol visant les planchers bois spécifiés dans les normes de mises en œuvre suivantes et uniquement pour les revêtements désolidarisés :

- Dans le DTU 51.3 pour la pose des revêtements de sol ;
- Dans les Recommandations Professionnelles RAGE « Chapes et dalles sur planchers bois – neuf » pour la mise en œuvre des chapes relevant du DTU 26.2 ;
- Dans le DTU 51.3 pour la mise en œuvre des chapes relevant des Avis Techniques visant le support bois.

Concernant la vérification du support :

- La vérification de l'humidité devra être réalisée conformément au guide Construction bois et gestion de l'humidité en phase chantier (CODIFAB – Avril 2020) en considérant les compléments suivants et devra faire l'objet d'une fiche d'autocontrôle qui prendra la forme d'un « Bon à Fermer » (cf. Tableau 5 en Annexe) :
 - La mesure d'humidité doit être mesurée régulièrement, au moins une fois par mois, jusqu'au jour du « Bon à Fermer » conformément au §3.1 du guide CODIFAB ;
 - Les points de mesure doivent être répartis régulièrement, à raison de 2 points de contrôle tous les 100 m² d'un local : une proche de la façade et une au centre de la pièce ;
 - Pour le « Bon à Fermer », une mesure complémentaire d'humidité devra être relevée à 2 cm de profondeur ;
 - Les résultats obtenus devront être de 15±3% si la structure a été dimensionnée en classe de service 2 et de 12±2% si la structure a été dimensionnée en classe de service 1.
- Planéité et désaffleurement : imposés par le référentiel de la chape ou du revêtement de sol ou, à défaut, ceux du DTU 51.3. En cas de reprise de désaffleurement, un ponçage 5 mm au plus pourra être réalisé à l'aide d'une ponceuse par le charpentier ;
- Largeur des joints entre panneaux : La vérification de la largeur de joint devra être réalisée et consignée par le charpentier avant la mise en place des bandes adhésives. Si l'ouverture du joint entre panneaux est inférieure à 2 mm, il n'est pas nécessaire de traiter les joints. Lorsque l'ouverture des joints est supérieure à 2 mm sans dépasser 10 mm, ceux-ci doivent être remplis de mastics souples compatibles avec les éléments bois et doivent être affleurés. La mise en œuvre de ce mastic sera réalisée par le charpentier ;
- Continuité au droit des appuis : La rotation sur appui induit une ouverture entre deux panneaux inférieure à 2 mm. Lorsqu'elle est nécessaire pour le revêtement de sol, la continuité peut être réalisée par la mise en place d'une jonction par languette si le panneau CLT support n'est pas continu sur appuis ;
- Il relève de la conception d'éviter toute présence de point dur au moment du coulage de la chape (exemple : connecteurs nervurés).

2.8.7. Dispositions de transport et de stockage

Le panneau est considéré comme un élément de structure dont la mise en œuvre doit être conforme au paragraphe 3 du CPT 3690_V2 « panneaux structuraux massifs bois ».

2.8.8. Spécificité dans les DROM COM

Les panneaux KLH destinés au DROM sont conditionnés par l'usine KLH dans des conteneurs fermés comportant obligatoirement un toit. En fonction du type de conteneurs utilisés, le transport des panneaux en conteneurs est assuré soit par l'entreprise soit directement par KLH. Dans tous les cas à la réception des panneaux dans les DROM, l'entreprise veillera au respect des points suivants :

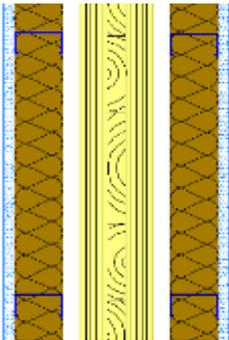
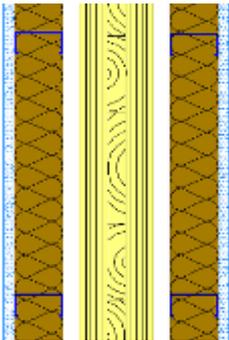
- Avant le démarrage de tous travaux de structures bois, il est impératif de bien choisir les jours du démarrage des travaux (jours sans intempéries) et de s'organiser avec tous les corps de métier pour garantir un temps de montage court et en continu.
- A l'ouverture des conteneurs, l'entreprise s'assure que l'humidité des panneaux KLH respecte la classe de service 2 définie dans l'Eurocode 5 suite au transport en porte conteneur.
- Une fois les travaux commencés, L'entreprise prendra les dispositions nécessaires sur chantier afin d'éviter toute reprise d'humidité des panneaux en respectant les dispositions définies au paragraphe 7.9 dispositions spécifiques relative au montage.
- Avant la pose des doublages isolants ou des membranes d'étanchéité, un contrôle de siccité des panneaux KLH supports doit être réalisé, afin de constater que les surfaces soient sèches et respectent bien la classe de service 2 conformément au § 8.3 du cahier du CSTB n°3814.

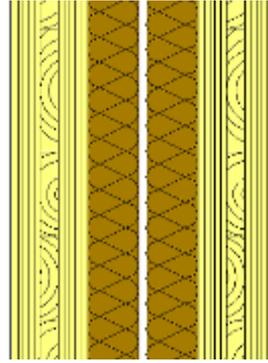
2.8.9. Performances acoustiques de composition KLH

Pour les panneaux KLH non doublés, les affaiblissements acoustiques R_w sont donnés à titre indicatif au §2.5.2.5.

KLH met à disposition des compositions de plancher ou de murs dont les caractéristiques acoustiques ont été testées en laboratoire soit in situ. Les performances obtenues sont fonction du type et épaisseurs des compositions (plaques de plâtre, isolant phonique, chape, vide d'air...). Quelques-unes sont présentées ci-dessous :

Mur mitoyen KLH :

Composition - 2*12.5mm Plaque de plâtre - 50mm laine de verre ($\rho=22\text{kg/m}^3$) fixés sur rails métalliques désolidarisés - Mur KLH 95mm 3 plis - 50mm laine de verre ($\rho=22\text{kg/m}^3$) fixés sur rails métalliques désolidarisés -2* 12.5mm Plaque de plâtre	Epaisseur totale masse surfacique R_w (C ; Ctr)	264mm 117kg/m ² 71(-7 ; -14)dB
Coupe verticale <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Logement A</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Logement B</p> </div> </div>		
Composition - Mur KLH 80mm 3 plis - 60mm laine de verre ($\rho=15\text{kg/m}^3$) - 10mm vide d'air - 60mm laine de verre ($\rho=15\text{kg/m}^3$) - Mur KLH 80mm 3 plis	Epaisseur totale masse surfacique R_w (C ; Ctr)	286mm 80 kg/m ² 65(-3; -9) dB

Coupe verticale**Logement A****Logement B**

Composition

- Mur KLH 95mm 3 plis
- 40mm vide d'air
- 50mm laine de roche($\rho=22\text{kg/m}^3$) entre ossature métallique - entraxe 450mm
- 2x12.5mm Plaques de plâtre

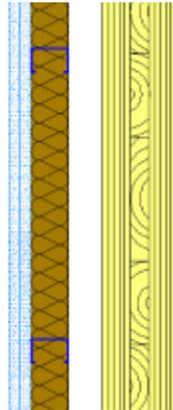
Epaisseur totale

209mm

masse surfacique

82 kg/m²R_w (C ;Ctr)

63(-3;-9) dB

Coupe verticale**Logement A****Logement B****Plancher KLH :**

Composition

- Plancher 145mm 5 plis
- Plénum de 90mm composés de connecteurs et cavaliers acoustiques
- 60mm laine de verre Isoconfort 38
- 2x12.5mm Plaques de plâtre

Epaisseur totale

260mm

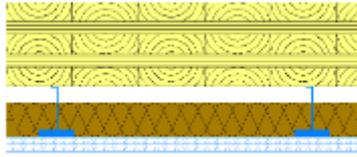
masse surfacique

92 kg/m²R_w (C ;Ctr)

65(-3 ; -9) dB

L_{n,w} (Ci)

51(-1)dB

Coupe verticale**Logement A****Logement B**

- Composition
- 2x22mm Plaques de CTBH
 - 60mm laine de verre Isoconfort 38
 - 40*95mm lambourdes bois massif avec plots caoutchouc ponctuels
 - Plancher 145mm 5 plis

Epaisseur totale

249mm

masse surfacique

117 kg/m² R_w (C ;Ctr)

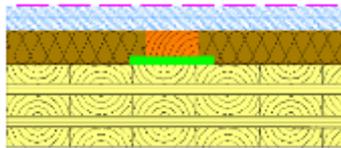
53(-1 ; -6) dB

 $L_{n,w}$ (Ci)

65(0)dB

 $L_{n,w}$ (Ci)
avec dalle textile

56(2)dB

Coupe verticale**Logement A****Logement B**

Composition

- Plancher 145mm 5 plis
- Plénum de 90mm composés de connecteurs et cavaliers acoustiques
- 60mm laine de verre isoconfort 38
- 2x12.5mm Plaques de plâtre

Epaisseur totale

260mm

masse surfacique

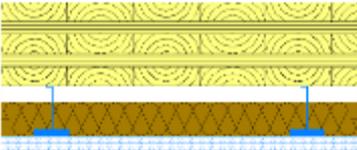
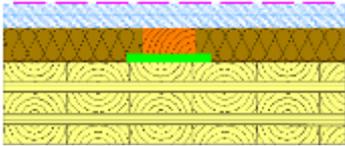
92 kg/m² R_w (C ;Ctr)

65(-3 ; -9) dB

 $L_{n,w}$ (Ci)

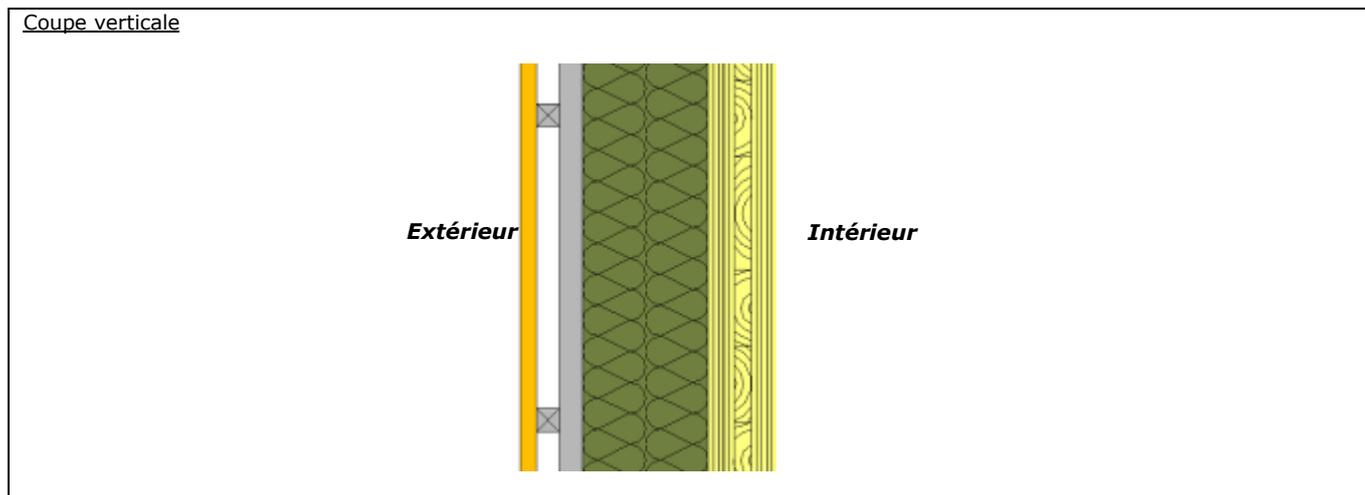
51(-1)dB

Coupe verticale

<p>Logement A</p>  <p>Logement B</p>		
<p>Composition</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2x22mm Plaques de CTBH 60mm laine de verre Isoconfort 38 - 40*95mm lambourdes bois massif avec plots caoutchouc ponctuels - Plancher 145mm 5 plis 	<p>Epaisseur totale</p> <p>masse surfacique</p> <p>R_w (C ;Ctr)</p> <p>Ln,w (Ci)</p> <p>Ln,w (Ci) avec dalle textile</p>	<p>249mm</p> <p>117 kg/m²</p> <p>53(-1 ; -6) dB</p> <p>65(0)dB</p> <p>56(2)dB</p>
<p><u>Coupe verticale</u></p> <p style="text-align: center;">Logement A</p>  <p style="text-align: center;">Logement B</p>		

Mur extérieur KLH :

<p>Composition</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bardage mélèze 20mm - 2X30mm Lattage + contre lattage - 2x100mm laine de roche 70kg/m³ (= 0.04W / m.K) - Mur KLH 95mm 3 plis 	<p>Epaisseur totale</p> <p>masse surfacique</p> <p>R_w (C ;Ctr)</p>	<p>374mm</p> <p>92 kg/m²</p> <p>46(-1;-5)dB</p>
--	---	--



2.9. Distribution et assistance technique

La commercialisation des panneaux KLH en France est confiée exclusivement à la société LIGNATEC qui dispose de personnel compétent et présentant une longue expérience dans le domaine de la construction bois.

La société LIGNATEC fournit une assistance technique sur demande en phase de conception et de préparation d'exécution de la structure.

La conception et le calcul des panneaux KLH sont à la charge du bureau d'études techniques qui doit également fournir un plan de pose complet. La société LIGNATEC prête l'assistance technique nécessaire dans ce cadre en mettant notamment à disposition des acteurs de la construction une liste de bureau d'études techniques disposant de l'expertise requise pour le dimensionnement des panneaux KLH en respect des prescriptions techniques particulières du présent Avis et des normes en vigueur.

La mise en œuvre est réalisée par l'entreprise générale. L'assistance technique de la mise en œuvre pourra être fournie sur demande par la société LIGNATEC.

2.10. Résultats expérimentaux

Essais de flexion 4 points sur 10 éléments de portée égale à 3,12 m réalisés par l'Otto-Graf Institut de Stuttgart (Rapport d'essai 1432952 du 15/11/2000).

Essais de déamination sur échantillons à 2 lamelles orthogonales et à 3 lamelles orthogonales suivant pr EN 789 (Rapport d'essai 1432952 du 15/11/2000).

Essai de comportement au feu destiné à déterminer la vitesse de carbonisation réalisé par l'IBS (Linz - Autriche). (Rapport d'essai 3774/98 du 20/04/1998).

Essai de comportement au feu destiné à confirmer la vitesse de carbonisation proposée réalisé par le CSTB.

Essai de compression sur des petits éléments par le HOLZFORSCHUNG AUSTRIA de Vienne (Rapport d'essai 1515/2001 du 12/12/2001).

Essais de flexion 4 points et de cisaillement sur différents éléments réalisés par le HOLZFORSCHUNG AUSTRIA de Vienne (Rapport d'essai 938/2001 du 13/03/2002).

Essai de comportement au feu sur plusieurs éléments KLH destiné à vérifier la tenue au feu et le comportement au niveau des joints réalisé par le MA 39 VFA, de Vienne (Rapport d'essai MA39-VFA2003-0019.01 et MA39-VFA2003-0020.01 du 18/06 et du 13/06/2009).

Essais de flexion 4 points et de cisaillement sur différents éléments 5 plis réalisés par le HOLZFORSCHUNG AUSTRIA de Vienne (Rapport d'essai 367/2004 du 03/03/2004).

Essais de contreventement de panneaux KLH verticaux sous sollicitation alternées (Report on Evaluation of racking strength of KLH system- Université de Ljubljana- Slovénie (Rapport n°622-2004 du 01/11/2004).

Estimation du facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau réalisé par le laboratoire d'études et de recherches sur le matériau bois - Février 2007.

Etude hygrothermique sur différents complexes de murs et de toitures, réalisé par le CSTB (Rapport CPM 07/260 – 10042 du 12/11/2008).

Détermination des propriétés de sorption hygroscopique, réalisé par le Fraunhofer IBP (rapport HoFM-09/2012_F du 16 mars 2012).

Rapport de classement européen de réaction au feu FCBA N°-16/RC-49 sur KLH Fire Protect II (05/09/2016).

Appréciation de laboratoire au feu CSTB AL 13-117 du 14/02/2014. Référence 26043843.

Déclaration de la Commission fixant les classes de performance de réaction au feu pour certains produits de construction du 17 janvier 2003, Journal officiel des Communautés européennes du 18 janvier 2003 ;

Procès-verbal de la réunion du 2 juin 2009 du Comité d'Étude et de Classification des Matériaux et éléments de construction par rapport au danger d'Incendie (CECMI) du Ministère de l'Intérieur de l'Outre-Mer et des Collectivités territoriales ;

Attestation n° HCA-CoC-0097 du 1er avril 2009 de Holzcert Austria, relative aux exigences forestières PEFC ;

Rapports d'essais de LR Étanco n° 110425 - 110426 du 18 avril 2011, essais d'arrachement ;
 Rapports d'essais de SFS intec n° 37.11a BNAD - 37.11b BNAD - 37.11c BNAD du 19 mai 2011, essais d'arrachement ;
 Rapport d'essais du CSTB n° HO 08 07 131 du 9 septembre 2008, détermination d'une résistance et conductivité thermiques sur panneaux contrecollés (norme NF EN 12664) ;
 Rapport d'essais du CSTB n° R2EM-ETA-12-26033487 du 6 janvier 2012, variations dimensionnelles à l'état libre de déformation et en fonction de l'humidité (Guide technique UEAtc, e-Cahier du CSTB 2662_V2 de juillet 2010)

2.11. Références

2.11.1. Données Environnementales

Le procédé de panneaux structuraux KLH fait l'objet d'une fiche de déclaration environnementale et sanitaire produit (FDES) conforme à la norme NF EN 15804+A1 et son complément national NF EN 15804/CN.

Cette FDES a été établie en janvier 2018 par la société Werner Umwelt & Entwicklung. Elle a fait l'objet d'une vérification INIES par la société EVEA. Elle est disponible sur le site www.declaration-environnementale.gouv.fr.

Les données issues des FDES 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.

2.11.2. Autres références

En 2018, la société KLH totalise à son actif plus de 3000 références françaises de géométrie variable en bâtiments publics et privés.

Outre les réalisations françaises, la société KLH possède de nombreuses références en Autriche, Allemagne, Suisse, Angleterre, Espagne.

2019 : Groupe scolaire Jules Ferry, 10000m² panneaux KLH en mur, plancher et support de toiture, Drancy

2019 : Bureaux du Studio d'Architecture Antoine Reusa, 400 m² (50m³) de panneaux CLT de KLH en murs, planchers et support de toiture, Tassin La Demi-lune (69)

2019 : Siège de Nature & Découvertes à Versailles, 4700 m² de panneaux KLH (CLT) en murs, planchers et support de couverture, Versailles

2018 : Résidence Sociale des Hautes Noues à Villiers sur Marne ; 15480 m² de panneaux CLT de KLH en murs, planchers et supports de toiture terrasse, Villiers sur Marne

2018 : Mysterra - Maison du Parc des Labyrinthes à Montendre ; 360 m² (80 m³) de panneaux type CLT de KLH en planchers ; Montendre

2018 : École Canta Lauseta à Villeneuve-Tolosane; 2000 m² de panneaux CLT KLH en mur, plancher et toiture ; Villeneuve-Tolosane

Outre les réalisations françaises, la société KLH possède de nombreuses références en Autriche, Allemagne, Suisse, Angleterre, Espagne.

Support d'étanchéité

En France, au moins 35 000 m² de panneaux de toitures ont été réalisés avec un revêtement d'étanchéité.

2019 : L'Orée des bois ; 45m² de support d'étanchéité dont du KLH pente nulle avec isolant FOAMGLASS penté 1,7% ; Annecy

2019 : Maison de l'enfance ; 1000m² de support d'étanchéité dont du KLH pente nulle avec isolant FOAMGLASS penté 1,7% ; Albertville

2018 : Ecole Maternelle boulevard Vincent Auriol; 680m² de support d'étanchéité dont du KLH pente nulle avec isolant FOAMGLASS penté 3% ; Paris 13eme

2016 : Aqualagon ; 6800m² de toiture terrasse accessible et végétalisée pente 3% ; Marne la vallée

2019 : Immeuble collectif ; 90m² de support d'étanchéité, Strasbourg

2016 : Surélévation hôtel le Pierre Paris 17eme, 150m² de support d'étanchéité

Support de couverture

Les premières applications de panneaux KLH utilisés en support de couverture remontent en Europe à 1997.

Les panneaux ont été utilisés sur le marché français à partir de 2000 et ont permis la réalisation de plus de 20 000 m² de couverture sur maisons individuelles, logements collectifs, bureaux, bâtiments recevant du public et bâtiments industriels.

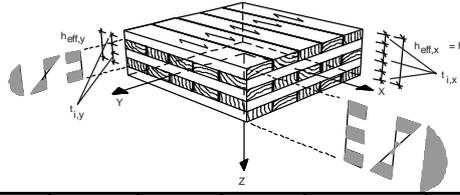
Dernières références :

2017/2018 : Extension du lycée polyvalent de Kahani ; 3100m² de KLH en support de couverture ; Ouangani-Mayotte.

2017 : Pôle d'excellence Rural de Coconi ; 1550m² de KLH en support de couverture ; Ouangani-Mayotte.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 - Caractéristiques géométriques des sections de panneaux KLH dans la direction x « Sens porteur principal »



Type de panneau	Nb de plis	$h_{eff, x}$	$A_{net, x}$	$I_{net, x}$	$W_{net, x}$	$S_{R, net, x}$	$i_{net, x}$	D11 - $EI_{KLH, x}$	D44 - $GA_{KLH, x}$	$I_{effectif, x}$			
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9			
-	-	[cm]	[cm ²]	[cm ⁴ ·]	[cm ³]	[cm ³]	[cm]	[kNm ² /m]	[kN/m]	[cm ⁴ ·]	[cm ⁴ ·]	[cm ⁴ ·]	[cm ⁴ ·]
										Portées			
PANNEAUX TYPE Q : Couches extérieures en direction transversale										1m	2m	2.95m	
KLH 3s 60 Q	3	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1190	1560	1650	-
KLH 3s 70 Q	3	7.0	400	2633	752	500	2.6	316	4450	1570	2250	2440	-
KLH 3s 80 Q	3	8.0	600	4200	1050	750	2.6	504	7150	2500	3590	3900	-
KLH 3s 90 Q	3	9.0	600	5850	1300	900	3.1	702	6630	2900	4660	5240	-
KLH 3s 100 Q	3	10.0	600	7800	1560	1050	3.6	936	6600	3300	5820	6740	-
KLH 3s 110 Q	3	11.0	800	10867	1976	1400	3.7	1300	9260	4630	8130	9410	-
KLH 3s 120 Q	3	12.0	800	13867	2311	1600	4.2	1660	8840	4950	9560	11500	-
KLH 5s 100 Q	5	10.0	600	6600	1320	800	3.3	792	7980	3380	5330	5950	-
KLH 5s 110 Q	5	11.0	700	8458	1538	900	3.5	1020	10100	4290	6810	7610	-
KLH 5s 120 Q	5	12.0	800	12667	2111	1350	4	1520	10200	5210	9330	10900	-
KLH 5s 130 Q	5	13.0	900	15675	2412	1500	4.2	1880	12400	6380	11500	13400	-
KLH 5s 140 Q	5	14.0	1000	19133	2733	1650	4.4	2300	14900	7710	14000	16300	-
KLH 5s 150 Q	5	15.0	900	22275	2970	1800	5	2670	12000	7100	14500	17900	-
KLH 5s 160 Q	5	16.0	1200	30400	3800	2400	5	3650	17600	10200	20300	24700	-
										Portées			
PANNEAUX TYPE L : Couches extérieures en direction longitudinale										2m	4m	6m	8m
KLH 3s 60 L	3	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1560	1690	1710	1720
KLH 3s 70 L	3	7.0	400	2633	752	500	2.6	316	4450	2250	2530	2580	2610
KLH 3s 80 L	3	8.0	600	4200	1050	750	2.6	504	7150	3590	4030	4120	4160
KLH 3s 90 L	3	9.0	600	5850	1300	900	3.1	702	6630	4660	5500	5690	5760
KLH 3s 100 L	3	10.0	800	8267	1653	1200	3.2	992	10500	6740	7820	8060	8150
KLH 3s 110 L	3	11.0	800	10867	1976	1400	3.7	1300	9260	8130	10000	10500	10600
KLH 3s 120 L	3	12.0	800	13867	2311	1600	4.2	1660	8840	9560	12500	13200	13500

KLH 5s 100 L	5	10.0	600	6600	1320	800	3.3	792	7980	5330	6230	6430	6500
KLH 5s 110 L	5	11.0	700	8458	1538	900	3.5	1020	10100	6810	7970	8240	8330
KLH 5s 120 L	5	12.0	800	12667	2111	1350	4	1520	10200	9330	11600	12200	12400
KLH 5s 130 L	5	13.0	900	15675	2412	1500	4.2	1880	12400	11500	14400	15100	15300
KLH 5s 140 L	5	14.0	1000	21133	3019	2000	4.6	2540	12700	14300	18900	20100	20500
KLH 5s 150 L	5	15.0	1100	25492	3399	2200	4.8	3060	15000	17100	22700	24200	24700
KLH 5s 160 L	5	16.0	1200	30400	3800	2400	5	3650	17600	20300	27000	28800	29500
KLH 5s 170 L	5	17.0	1100	35092	4128	2600	5.6	4210	14100	20400	29800	32500	33600
KLH 5s 180 L	5	18.0	1200	40800	4533	2800	5.8	4900	16200	23600	34500	37800	39000
KLH 5s 190 L	5	19.0	1100	46292	4873	3000	6.5	5560	14100	23800	37400	41900	43700
KLH 5s 200 L	5	20.0	1200	52800	5280	3200	6.6	6340	16000	27100	42700	47800	49800
KLH 5ss 160 L	5	16.0	1200	33600	4200	3000	5.3	4030	14300	20000	28700	31300	32200
KLH 7s 180 L	7	18.0	800	27467	3052	2000	5.9	3300	12700	16900	23800	25700	26400
KLH 7s 200 L	7	20.0	800	36267	3627	2400	6.7	4350	13000	20100	30200	33300	34500
KLH 7s 220 L	7	22.0	1200	58800	5345	3600	7	7060	17800	30100	47500	53200	55500
KLH 7s 240 L	7	24.0	1200	74400	6200	4200	7.9	8930	17600	33500	57000	65500	69100
KLH 7ss 180 L	7	18.0	1400	46867	5207	3600	5.8	5620	18800	27300	39700	43400	44900
KLH 7ss 200 L	7	20.0	1600	62933	6293	4200	6.3	7550	24100	35900	53000	58100	60100
KLH 7ss 220 L	7	22.0	1800	87000	7909	5600	7	10400	25900	44300	70100	78600	82100
KLH 7ss 240 L	7	24.0	2000	111467	9289	6400	7.5	13400	31600	55200	88900	100000	105000
KLH 7ss 260 L	7	26.0	2000	138667	10667	7200	8.3	16600	27400	56500	102000	119000	127000
KLH 7ss 280 L	7	28.0	2000	169067	12076	8000	9.2	20300	25500	58100	114000	139000	151000
KLH 8ss 300 L	8	30.0	2400	206400	13760	8800	9.3	24800	38700	81300	149000	176000	188000

(1) épaisseur de panneau selon la direction principale x.

(2) Section nette pour un panneau de 1 mètre de large, en faisant abstraction des plis non orientés selon la direction principale x.

(3) Inertie nette pour un panneau de 1 mètre de large, en faisant abstraction des plis non orientés selon la direction principale x.

(4) Module d'inertie net pour un panneau de 1 mètre de large = Inertie nette divisée par la demie épaisseur du panneau.

(5) Moment Statique net pour un panneau de 1 mètre de large = Inertie nette divisée par la demie épaisseur du panneau.

(6) Rayon de giration net = Racine carrée de l'inertie nette sur la section nette.

(7) Rigidité de flexion dans la direction principale x.

(8) Rigidité de cisaillement dans la direction principale x.

(9) Inertie effective tenant compte du glissement lié à la déformation des plis transversaux pour un panneau de 1 mètre selon la direction principale x.

Tableau 2 - Caractéristiques géométriques des sections de panneaux KLH dans la direction y
« Sens porteur transversal »

Type de panneau	Nb de plis	$h_{eff, y}$	$A_{net, y}$	$I_{net, y}$	$W_{net, y}$	$S_{Rnet, y}$	$\dot{I}_{net, y}$	D22 - $EI_{KLH, y}$	D55 - $GA_{KLH, y}$	$I_{effectif, y}$		
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9		
-	-	[cm]	[cm ²]	[cm ⁴ .]	[cm ³]	[cm ³]	[cm]	[kNm ² /m]	[kN/m]	[cm ⁴ .]	[cm ⁴ .]	[cm ⁴ .]
										Portées		
PANNEAUX TYPE Q : Couches extérieures en direction transversale										1m	2m	2.95m
KLH 3s 60 Q	3	2.0	200	67	67	22.3	0.6	8	11500	66.6	66.9	66.9
KLH 3s 70 Q	3	3.0	300	225	150	50	0.9	27	17200	222	224	225
KLH 3s 80 Q	3	2.0	200	67	67	22.3	0.6	8	11500	66.6	66.9	66.9
KLH 3s 90 Q	3	3.0	300	225	150	50	0.9	27	17200	222	224	225
KLH 3s 100 Q	3	4.0	400	533	267	88.8	1.2	64	23000	519	529	531
KLH 3s 110 Q	3	3.0	300	225	150	50	0.9	27	17200	222	224	225
KLH 3s 120 Q	3	4.0	400	533	267	88.8	1.2	64	23000	519	529	531
KLH 5s 100 Q	5	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1190	1560	1650
KLH 5s 110 Q	5	7.0	400	2633	752	500	2.6	316	4450	1570	2250	2440
KLH 5s 120 Q	5	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1190	1560	1650
KLH 5s 130 Q	5	7.0	400	2633	752	500	2.6	316	4450	1570	2250	2440
KLH 5s 140 Q	5	8.0	400	3733	933	600	3.1	448	4710	1950	3040	3380
KLH 5s 150 Q	5	9.0	600	5850	1300	900	3.1	702	6630	2900	4660	5240
KLH 5s 160 Q	5	8.0	400	3733	933	600	3.1	448	4710	1950	3040	3380
										Portées		
PANNEAUX TYPE L : Couches extérieures en direction longitudinale										1m	2m	2.95m
KLH 3s 60 L	3	2.0	200	67	67	22.3	0.6	8	11500	66.6	66.9	66.9
KLH 3s 70 L	3	3.0	300	225	150	50	0.9	27	17200	222	224	225
KLH 3s 80 L	3	2.0	200	67	67	22.3	0.6	8	11500	66.6	66.9	66.9
KLH 3s 90 L	3	3.0	300	225	150	50	0.9	27	17200	222	224	225
KLH 3s 100 L	3	2.0	200	67	67	22.3	0.6	8	11500	66.6	66.9	66.9
KLH 3s 110 L	3	3.0	300	225	150	50	0.9	27	17200	222	224	225
KLH 3s 120 L	3	4.0	400	533	267	88.8	1.2	64	23000	519	529	531
KLH 5s 100 L	5	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1190	1560	1650
KLH 5s 110 L	5	7.0	400	2633	752	500	2.6	316	4450	1570	2250	2440
KLH 5s 120 L	5	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1190	1560	1650

KLH 5s 130 L	5	7.0	400	2633	752	500	2.6	316	4450	1570	2250	2440
KLH 5s 140 L	5	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1190	1560	1650
KLH 5s 150 L	5	7.0	400	2633	752	500	2.6	316	4450	1570	2250	2440
KLH 5s 160 L	5	8.0	400	3733	933	600	3.1	448	4710	1950	3040	3380
KLH 5s 170 L	5	9.0	600	5850	1300	900	3.1	702	6630	2900	4660	5240
KLH 5s 180 L	5	10.0	600	7800	1560	1050	3.6	936	6600	3300	5820	6740
KLH 5s 190 L	5	11.0	800	10867	1976	1400	3.7	1300	9260	4630	8130	9410
KLH 5s 200 L	5	12.0	800	13867	2311	1600	4.2	1660	8840	4950	9560	11500
KLH 5ss 160 L	5	4.0	400	533	267	88.8	1.2	64	23000	519	529	531
KLH 7s 180 L	7	14.0	1000	21133	3019	2000	4.6	2540	12700	7240	14300	17300
KLH 7s 200 L	7	16.0	1200	30400	3800	2400	5	3650	17600	10200	20300	24700
KLH 7s 220 L	7	16.0	1000	29933	3742	2400	5.5	3590	12200	7830	17500	22600
KLH 7s 240 L	7	18.0	1200	40800	4533	2800	5.8	4900	16200	10500	23600	30600
KLH 7ss 180 L	7	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1190	1560	1650
KLH 7ss 200 L	7	8.0	400	3733	933	600	3.1	448	4710	1950	3040	3380
KLH 7ss 220 L	7	6.0	400	1733	578	400	2.1	208	4420	1190	1560	1650
KLH 7ss 240 L	7	8.0	400	3733	933	600	3.1	448	4710	1950	3040	3380
KLH 7ss 260 L	7	10.0	600	7800	1560	1050	3.6	936	6600	3300	5820	6740
KLH 7ss 280 L	7	12.0	800	13867	2311	1600	4.2	1660	8840	4950	9560	11500
KLH 8ss 300 L	8	14.0	600	18600	2657	1650	5.6	2230	7780	4960	11000	14100

(1) épaisseur de panneau selon la direction transversale y.

(2) Section nette pour un panneau de 1 mètre de large, en faisant abstraction des plis non orientés selon la direction transversale y.

(3) Inertie nette pour un panneau de 1 mètre de large, en faisant abstraction des plis non orientés selon la direction transversale y.

(4) Module d'inertie net pour un panneau de 1 mètre de large = Inertie nette divisée par la demie épaisseur du panneau.

(5) Moment Statique net pour un panneau de 1 mètre de large = Inertie nette divisée par la demie épaisseur du panneau.

(6) Rayon de giration net = Racine carrée de l'inertie nette sur la section nette.

(7) Rigidité de flexion dans la direction transversale y.

(8) Rigidité de cisaillement dans la direction transversale y.

(9) Inertie effective tenant compte du glissement lié à la déformation des plis transversaux pour un panneau de 1 mètre selon la direction transversale y.

Tableau 3 – Valeurs des résistances caractéristiques des panneaux suivant L'ATE-06/0138

SOLLICITATIONS APPLIQUEES SUR LA FACE DES PANNEAUX	METHODE D'IDENTIFICATION	VALEUR CARACTERISTIQUE
Module d'élasticité - parallèlement au sens des fibres des plis extérieurs $E_{0,mean}$ - perpendiculairement au sens des fibres des plis extérieurs $E_{90,mean}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06 EN 338	12000 N/mm ² 370 N/mm ²
Module de cisaillement - parallèlement au sens des fibres des plis $G_{0,mean}$ - perpendiculairement au des fibres des plis $G_{R,90,mean}$	EN 338 A plein selon annexe 4 CUAP 03.04/06	690 N/mm ² 50 N/mm ²
Résistance à la flexion - parallèlement au sens des fibres des plis $f_{m,k}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06	24 N/mm ²
Résistance à la traction - perpendiculairement au sens des fibres des plis $f_{t,90,k}$	EN 1194 - réduit	0,12 N/mm ²
Résistance à la compression - perpendiculairement au sens des fibres des plis $f_{c,90,k}$	EN 1194	2,7 N/mm ²
Résistance au cisaillement - parallèlement au des fibres des plis $f_{v,k}$ -perpendiculairement au des fibres des plis agissant le plus à l'extérieur dans le sens porteur (résistance au cisaillement roulant $f_{v,R,k}$)	EN 1194 A plein , annexe 4 CUAP 03.04/06	2.7 N/mm ² 1.2 N/mm ² si $tq \leq 45mm$ 0.8 N/mm ² si $tq > 45mm$ $tq = \text{ép plis transversaux}$
SOLLICITATIONS APPLIQUEES SUR LE CHANT DES PANNEAUX	METHODE D'IDENTIFICATION	VALEUR CARACTERISTIQUE
Module d'élasticité - parallèlement au sens des fibres des plis $E_{0,mean}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06	12000 N/mm ²
Module de cisaillement - parallèlement au sens des fibres des plis $G_{0,mean}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06	Modélisation orthotrope : 500 N/mm ² Modélisation poutre : 250 N/mm ²
Résistance à la flexion - parallèlement au sens des fibres des plis $f_{m,k}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06	24 N/mm ²
Résistance à la traction - parallèlement au sens des fibres des planches $f_{t,0,k}$	EN 1194	16.5 N/mm ²
Résistance à la compression - parallèlement au sens des fibres des plis $f_{c,0,k}$ - concentré, parallèlement au sens des fibres des plis $f_{c,0,k} \times kc,0$	EN 1194 CUAP 03.04/06	24 N/mm ² $kc,0 \leq 1.5$ si $a \leq \min(H/2;500mm)$ $kc,0 \leq 1.9$ si $a > \min(H/2;500mm)$ a : distance entre la transmission de la charge et le bord du panneau
Résistance au cisaillement - parallèlement au sens des fibres des planches $f_{v,k}$	A net, Annexe 4 CUAP 03.04/06	8.4 N/mm ² plis de 13 à 19 mm 5.5 N/mm ² plis de 34 mm 3.9 N/mm ² plis de 45 mm suivant ép des plis (détail §6.242)

Tableau 4 – Valeurs des résistances caractéristiques des panneaux ramenés à l'épaisseur totale homogène et équivalente en massif

		Valeurs de résistance caractéristiques [MPa]												Valeurs de rigidité moyenne [MPa]						Masses volumiques [kg/m ³]				
		A plat						A chant						Dans le plan du panneau			A plat			A chant			masse volumique caractéristique à considérer pour le calcul des connecteurs en résistance	masse volumique moyenne à considérer pour le calcul des charges permanentes
nb de plis	épaisseur (mm)	flexion longitudinale	flexion transversale	compression perpendiculaire au panneau	traction perpendiculaire au panneau	cisaillement longitudinal	cisaillement transversal	flexion longitudinale	flexion transversale	cisaillement relatif à la flexion longitudinale	traction longitudinale	traction transversale	compression longitudinale	compression transversale	module d'élasticité longitudinal moyen	module d'élasticité transversal moyen	module de cisaillement moyen	module d'élasticité longitudinal moyen	module d'élasticité transversal moyen	module de cisaillement longitudinal	module de cisaillement transversal			
		$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{v,0,k}$	$f_{v,90,k}$	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$E_{0,mean}$	$E_{90,mean}$	G_{mean}	$E_{0,mean}$	$E_{90,mean}$	$G_{0,mean}$	$G_{90,mean}$	ρ_k	ρ_{mean}	
3s DQ	60	23,1	2,67	2,70	0,12	1,16	0,10	16,0	8,00	1,90	11,00	5,50	16,0	8,0	11556	444	50	8000	4000	460	230	385	420	
	70	22,1	4,41	2,70	0,12	1,11	0,21	13,7	10,29	1,63	9,43	7,07	13,7	10,3	11055	945	50	6857	5143	394	296	385	420	
	80	23,6	1,50	2,70	0,12	1,18	0,04	18,0	6,00	1,43	12,38	4,13	18,0	6,0	11813	188	50	9000	3000	518	173	385	420	
	90	23,1	2,67	2,70	0,12	1,16	0,10	16,0	8,00	1,27	11,00	5,50	16,0	8,0	11556	444	50	8000	4000	460	230	385	420	
	100	22,5	3,84	2,70	0,12	1,12	0,17	14,4	9,60	1,14	9,90	6,60	14,4	9,6	11232	768	50	7200	4800	414	276	385	420	
	110	23,5	1,79	2,70	0,12	1,18	0,05	17,5	6,55	1,04	12,00	4,50	17,5	6,5	11757	243	50	8727	3273	502	188	385	420	
5s DQ	100	19,0	8,32	2,70	0,12	0,95	0,56	14,4	9,60	2,28	9,90	6,60	14,4	9,6	9504	2496	50	7200	4800	414	276	385	420	
	110	18,3	8,95	2,70	0,12	0,92	0,64	15,3	8,73	2,07	10,50	6,00	15,3	8,7	9151	2849	50	7636	4364	439	251	385	420	
	120	21,1	5,78	2,70	0,12	1,06	0,33	16,0	8,00	1,90	11,00	5,50	16,0	8,0	10556	1444	50	8000	4000	460	230	385	420	
	130	20,5	6,41	2,70	0,12	1,03	0,39	16,6	7,38	1,76	11,42	5,08	16,6	7,4	10274	1726	50	8308	3692	478	212	385	420	
	140	20,1	6,86	2,70	0,12	1,00	0,44	17,1	6,86	1,63	11,79	4,71	17,1	6,9	10041	1959	50	8571	3429	493	197	385	420	
	150	19,0	8,32	2,70	0,12	0,95	0,56	14,4	9,60	1,52	9,90	6,60	14,4	9,6	9504	2496	50	7200	4800	414	276	385	420	
	160	21,4	5,25	2,70	0,12	1,07	0,30	18,0	6,00	1,43	12,38	4,13	18,0	6,0	10688	1313	50	9000	3000	518	173	385	420	
	180	20,1	6,93	2,70	0,12	1,01	0,43	16,0	8,00	1,27	11,00	5,50	16,0	8,0	10074	1926	50	8000	4000	460	230	385	420	

nb de plis	épaisseur (mm)	Valeurs de résistance caractéristiques [MPa]										Valeurs de rigidité moyenne [MPa]						Masses volumiques [kg/m³]				
		A plat					A chant					Dans le plan du panneau			A plat			A chant			P _k	P _{mean}
		flexion longitudinale	flexion transversale	compression perpendiculaire au panneau	traction perpendiculaire au panneau	cisaillement longitudinal	cisaillement transversal	flexion longitudinale	flexion transversale	cisaillement relatif à la flexion longitudinale	traction longitudinale	traction transversale	compression longitudinale	compression transversale	module d'élasticité longitudinal moyen	module d'élasticité transversal moyen	module de cisaillement moyen	module d'élasticité longitudinal moyen	module d'élasticité transversal moyen	module de cisaillement longitudinal			module de cisaillement transversal
60	23.1	2.67	2.70	0.12	1.16	0.10	16.0	8.00	1.90	11.00	5.50	16.0	8.0	11550	444	50	8000	4000	460	230	385	420
70	22.1	4.41	2.70	0.12	1.11	0.21	13.7	10.29	1.63	9.43	7.07	13.7	10.3	11050	945	50	6850	5140	394	296	385	420
80	23.6	1.50	2.70	0.12	1.18	0.04	18.0	6.00	1.43	12.38	4.13	18.0	6.0	11810	188	50	9000	3000	518	173	385	420
90	23.1	2.67	2.70	0.12	1.16	0.10	16.0	8.00	1.27	11.00	5.50	16.0	8.0	11550	444	50	8000	4000	460	230	385	420
100	23.8	0.96	2.70	0.12	1.19	0.02	19.2	4.80	1.14	13.20	3.30	19.2	4.8	11900	96	50	9600	2400	552	138	385	420
110	23.5	1.79	2.70	0.12	1.18	0.05	17.5	6.55	1.04	12.00	4.50	17.5	6.5	11750	243	50	8720	3270	502	188	385	420
120	23.1	2.67	2.70	0.12	1.16	0.10	16.0	8.00	0.95	11.00	5.50	16.0	8.0	11550	444	50	8000	4000	460	230	385	420
100	19.0	8.32	2.70	0.12	0.95	0.56	14.4	9.60	2.28	9.90	6.60	14.4	9.6	9500	2496	50	7200	4800	414	276	385	420
110	18.3	8.95	2.70	0.12	0.92	0.64	15.3	8.73	2.07	10.50	6.00	15.3	8.7	9150	2849	50	7630	4360	439	251	385	420
120	21.1	5.78	2.70	0.12	1.06	0.33	16.0	8.00	1.90	11.00	5.50	16.0	8.0	10550	1444	50	8000	4000	460	230	385	420
130	20.5	6.41	2.70	0.12	1.03	0.39	16.6	7.38	1.76	11.42	5.08	16.6	7.4	10270	1726	50	8300	3690	478	212	385	420
140	22.2	4.24	2.70	0.12	1.11	0.20	17.1	6.86	1.63	11.79	4.71	17.1	6.9	11090	916	50	8570	3420	493	197	385	420
150	21.8	4.82	2.70	0.12	1.09	0.25	17.6	6.40	1.52	12.10	4.40	17.6	6.4	10870	1124	50	8800	3200	506	184	385	420
160	21.4	5.25	2.70	0.12	1.07	0.30	18.0	6.00	1.43	12.38	4.13	18.0	6.0	10680	1313	50	9000	3000	518	173	385	420
170	20.6	6.48	2.70	0.12	1.03	0.39	15.5	8.47	1.34	10.68	5.82	15.5	8.5	10280	1715	50	7760	4230	446	244	385	420
180	20.1	6.93	2.70	0.12	1.01	0.43	16.0	8.00	1.27	11.00	5.50	16.0	8.0	10070	1926	50	8000	4000	460	230	385	420
190	19.4	7.88	2.70	0.12	0.97	0.51	13.9	10.11	1.20	9.55	6.95	13.9	10.1	9710	2281	50	6940	5050	399	291	385	420
200	19.0	8.32	2.70	0.12	0.95	0.56	14.4	9.60	1.14	9.90	6.60	14.4	9.6	9500	2496	50	7200	4800	414	276	385	420
5ss DL	160	23.6	1.50	2.70	0.12	1.18	18.0	6.00	0.71	12.38	4.13	18.0	6.0	11810	188	50	9000	3000	518	173	385	420
7s DL	180	13.6	13.42	2.70	0.12	0.68	10.7	13.33	3.56	7.33	9.17	10.7	13.3	6782	6709	50	5330	6660	307	383	385	420
200	13.1	13.68	2.70	0.12	0.65	1.23	9.6	14.40	3.20	6.60	9.90	9.6	14.4	6528	6840	50	4800	7200	276	414	385	420
220	15.9	11.13	2.70	0.12	0.80	0.91	13.1	10.91	3.64	9.00	7.50	13.1	10.9	7952	5566	50	6540	5450	376	314	385	420
240	15.5	11.33	2.70	0.12	0.78	0.96	12.0	12.00	4.00	8.25	8.25	12.0	12.0	7750	5667	50	6000	6000	345	345	385	420
180	23.1	2.57	2.70	0.12	1.16	0.10	18.7	5.33	1.27	12.83	3.67	18.7	5.3	11572	428	50	9333	2667	537	153	385	420
200	22.7	3.36	2.70	0.12	1.13	0.15	19.2	4.80	1.14	13.20	3.30	19.2	4.8	11328	672	50	9600	2400	552	138	385	420
220	23.5	1.72	2.70	0.12	1.18	0.05	19.6	4.36	1.04	13.50	3.00	19.6	4.4	11766	234	50	9818	2182	565	125	385	420
240	23.2	2.33	2.70	0.12	1.16	0.09	20.0	4.00	0.95	13.75	2.75	20.0	4.0	11611	389	50	10000	2000	575	115	385	420
260	22.7	3.32	2.70	0.12	1.14	0.14	18.5	5.54	0.88	12.69	3.81	18.5	5.5	11361	639	50	9231	2769	531	159	385	420
280	22.2	4.24	2.70	0.12	1.11	0.20	17.1	6.86	0.81	11.79	4.71	17.1	6.9	11090	910	50	8571	3429	493	197	385	420
8ss DL	300	22.0	4.25	2.70	0.12	1.10	19.2	4.80	0.76	13.20	3.30	19.2	4.8	11000	992	50	9600	2400	552	138	385	420

Exemples de détails de mise œuvre – non limitatif

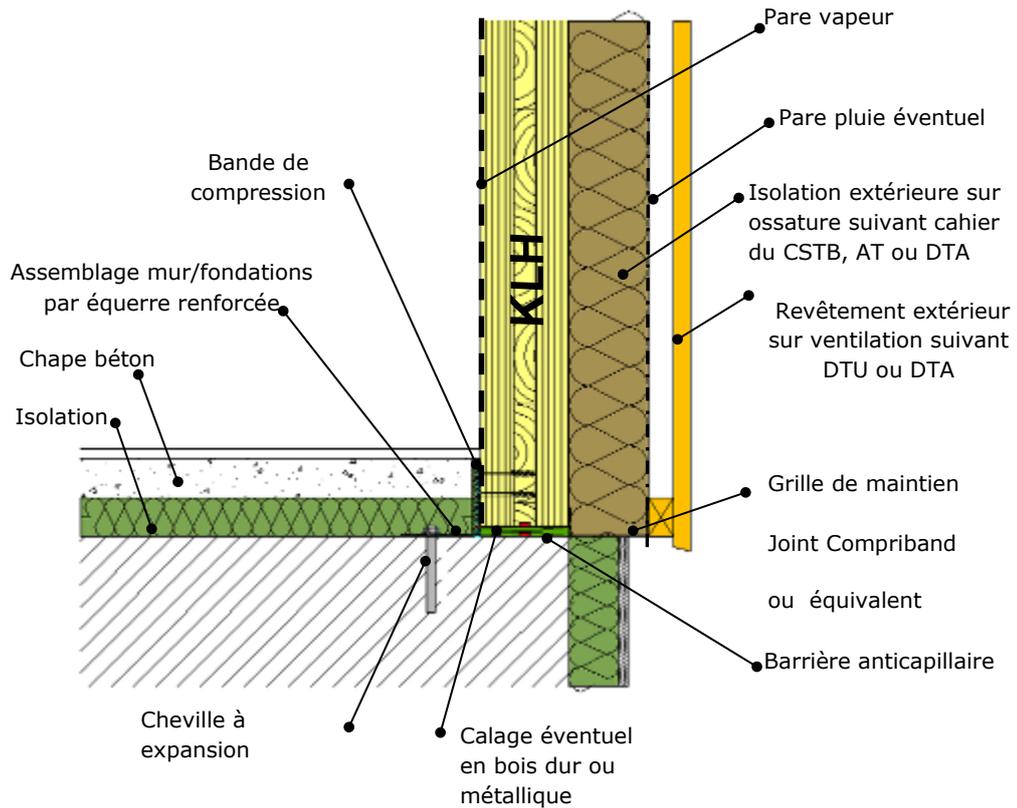


Figure 11 : Coupe verticale mur extérieur/dalle béton avec bardage rapporté

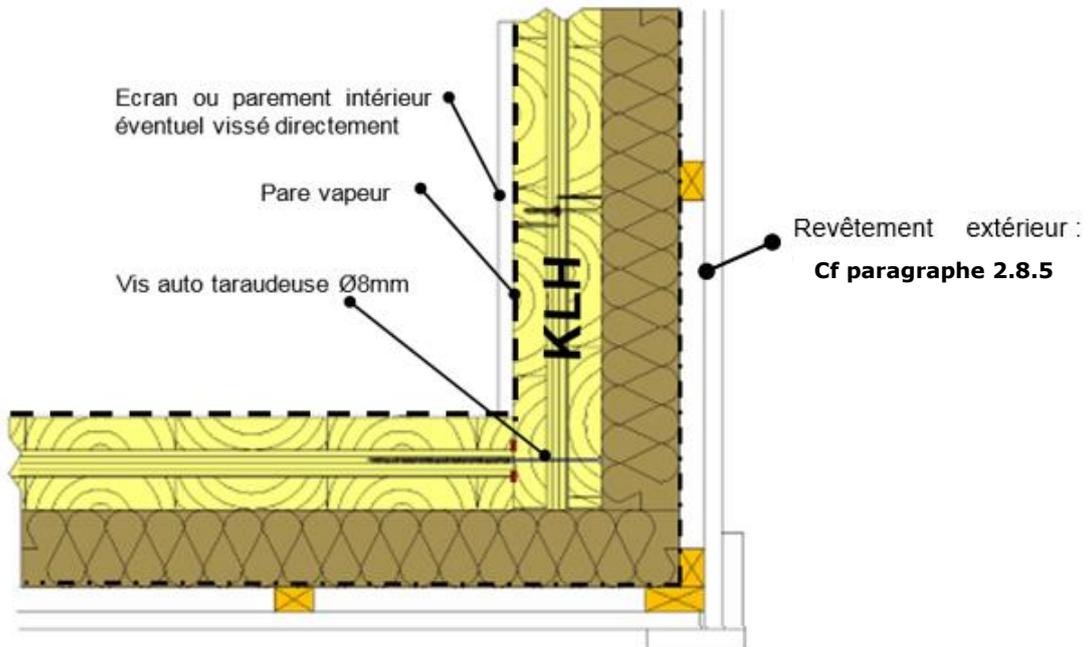


Figure 12 : Coupe horizontale sur angle de murs extérieurs

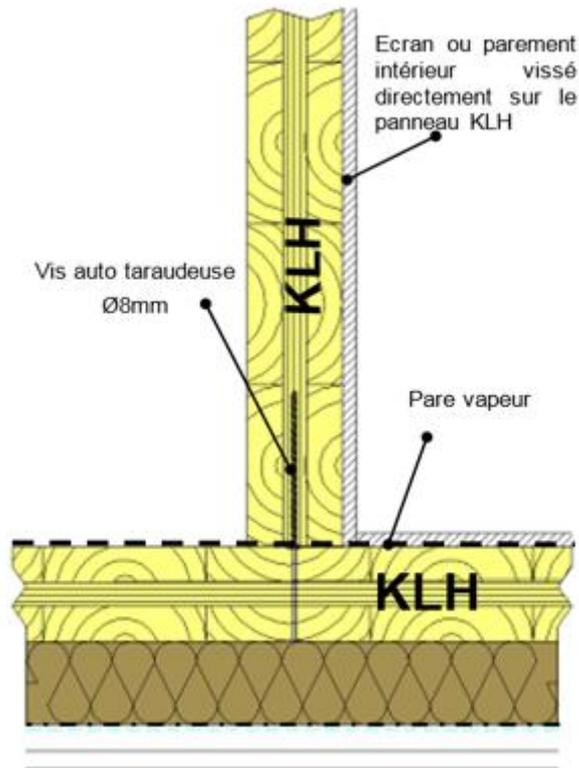


Figure 13 : Jonction refend contre mur extérieur

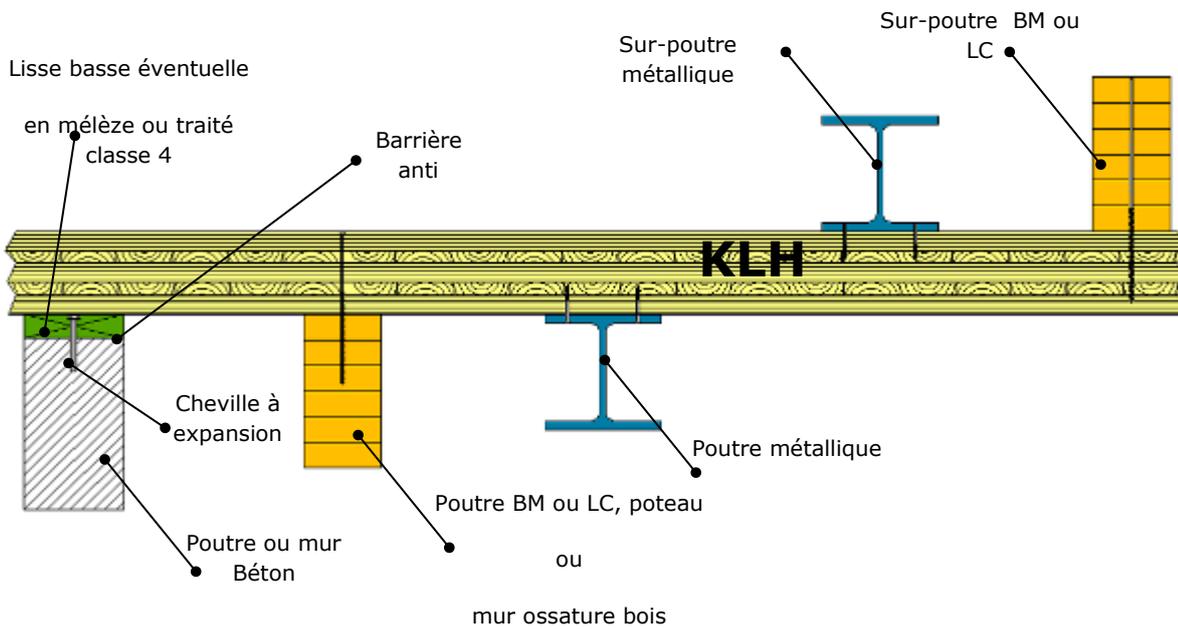


Figure 14 : Autre Type d'appui usuels sur plancher KLH

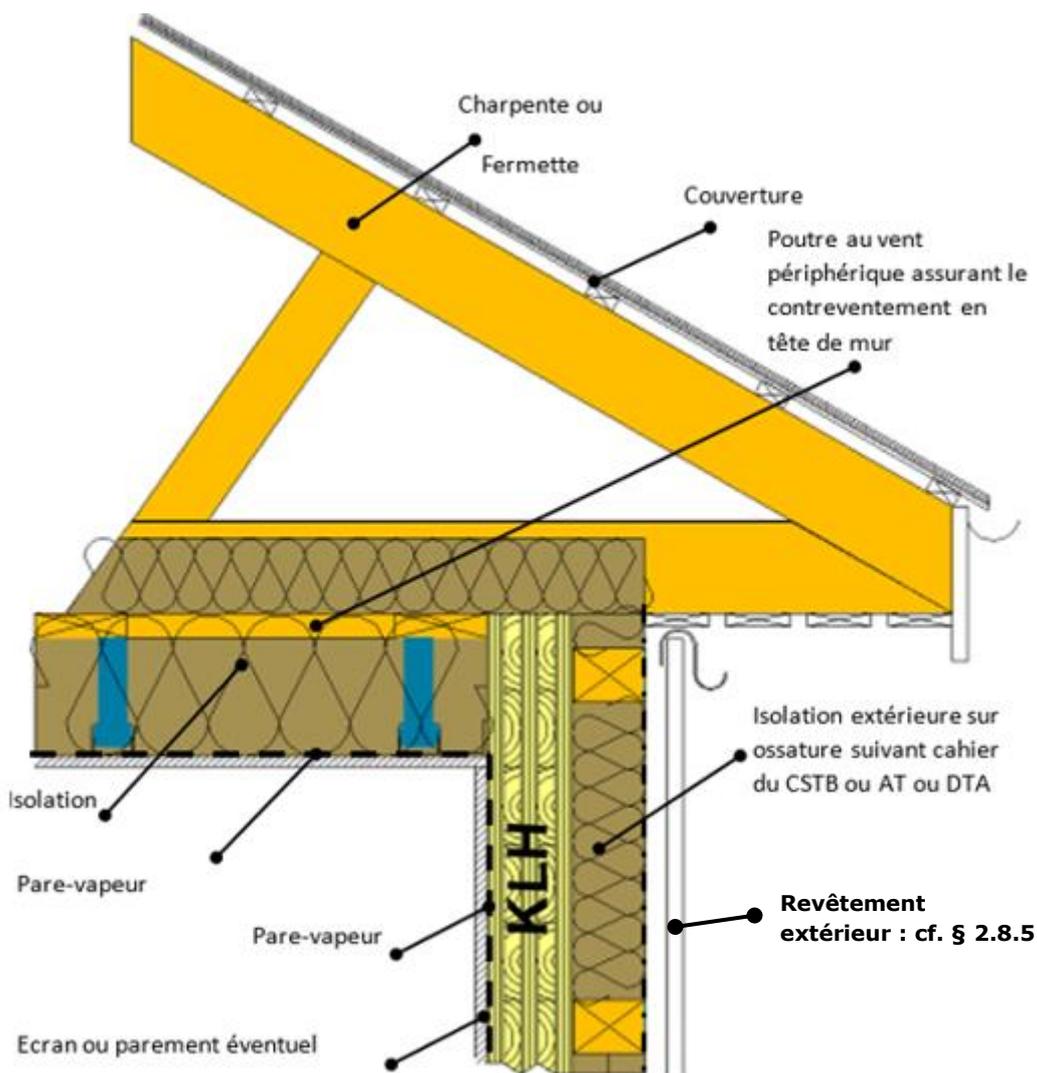


Figure 15 : Coupe verticale charpente/ mur extérieur

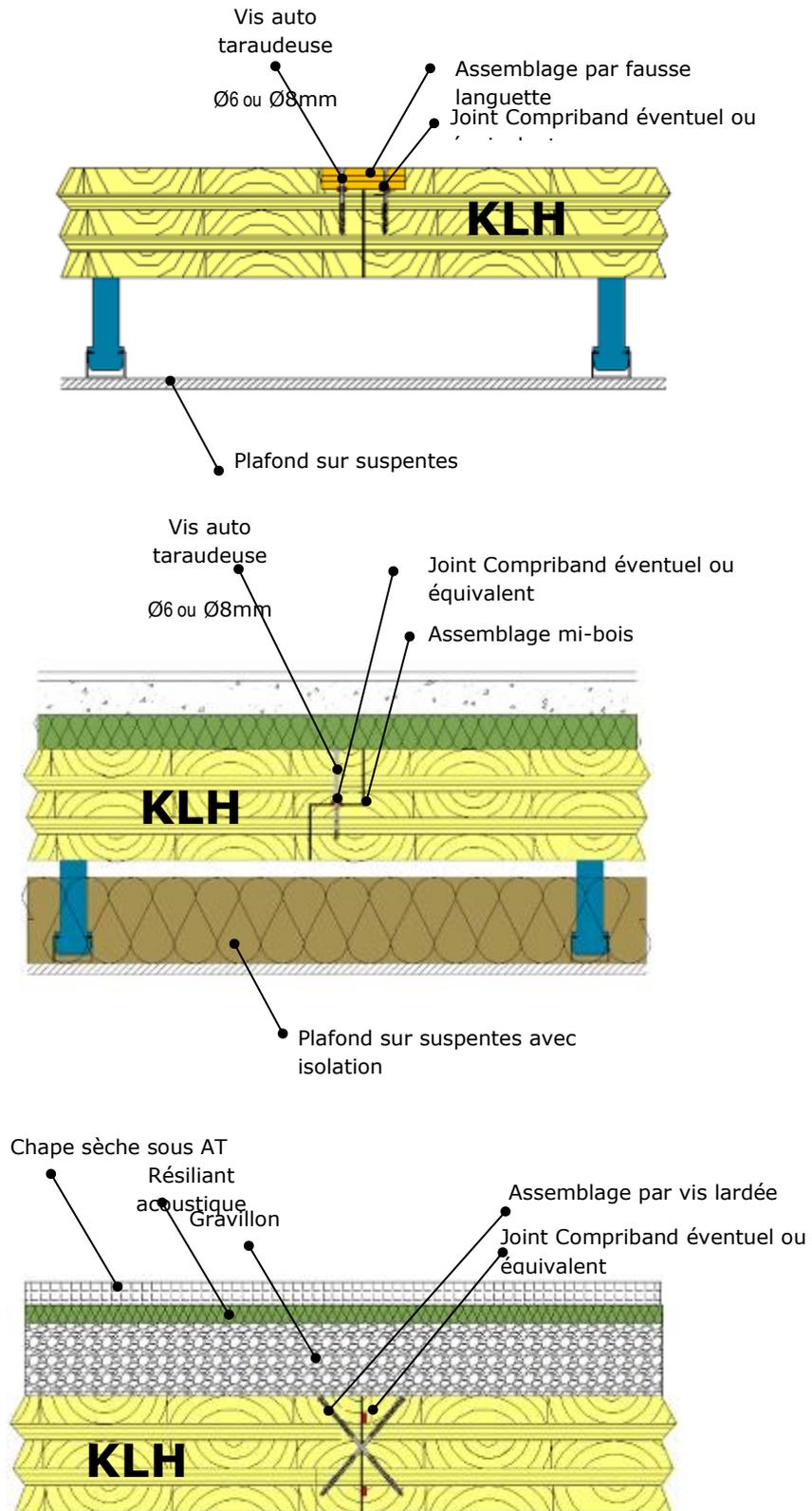


Figure 16 : Coupe verticales jonction usuelles de planchers ou de murs

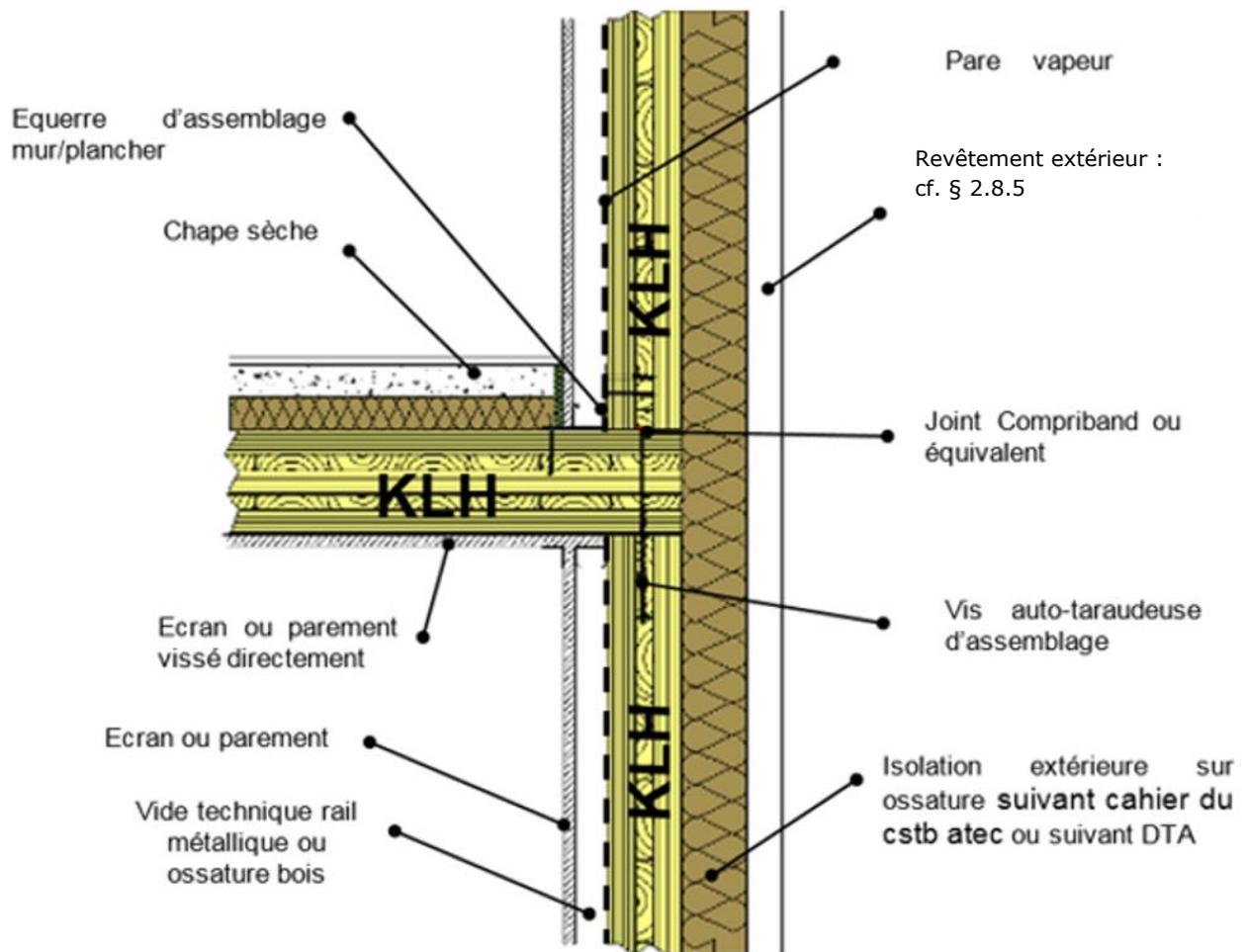


Figure 17 : Assemblage mur/plancher locaux superposés dans un même logement

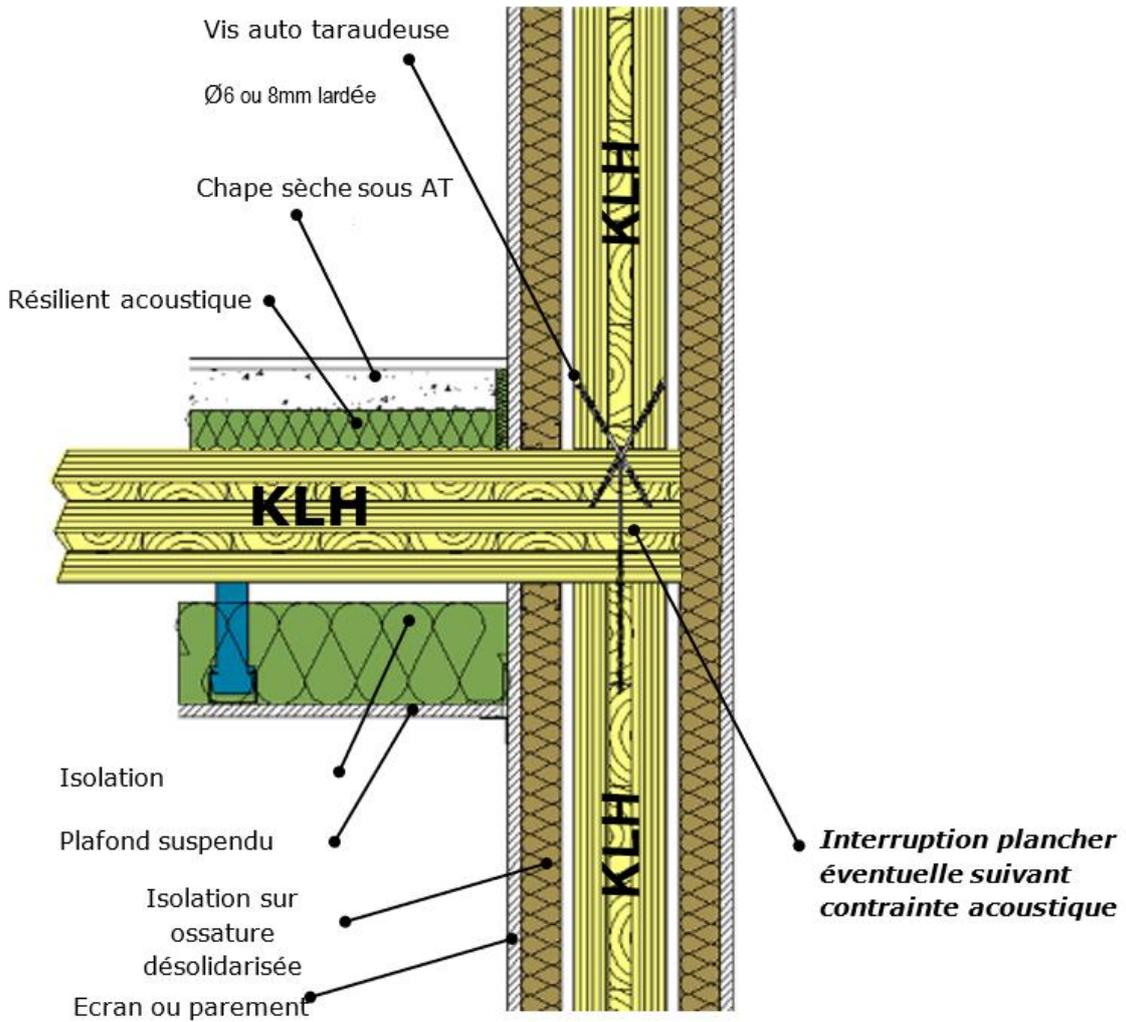


Figure 18 : Coupe verticale sur locaux superposés avec plancher filant

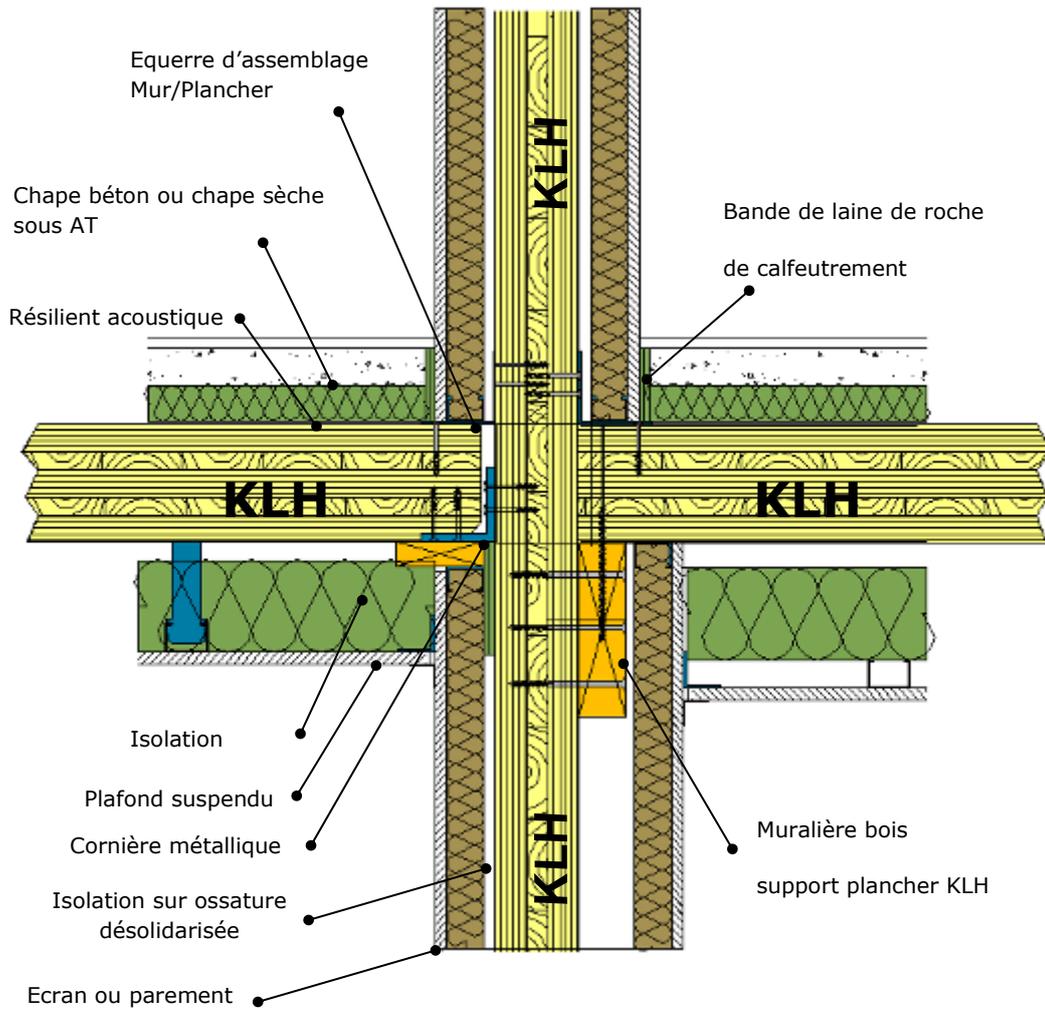


Figure 19 : Coupe verticale sur locaux mitoyens et superposés avec plancher interrompu
(Présentation de 2 types d'appuis à titre d'exemple : appui sur muralière à droite et sur cornière métallique à gauche)

Tableau 5 – Fiche d'autocontrôle avant mise en œuvre des revêtements « Bon à fermer »

Bon à Fermer – Fiche d'autocontrôle avant mise en œuvre des revêtements	
L'émission d'un bon à fermer signifie que pour les zones concernées par le bon, l'humidité du bois est comprise dans une plage permettant de débiter les travaux de second œuvre sans qu'il n'y ait un risque de confinement d'une humidité excessive et l'état de surface des éléments formant support satisfait aux tolérances attendues.	
Informations Générales du Chantier	
Coordonnées : (nom, adresse)	..... ..... ..... .....
Donneur d'ordre :	..... ..... .....
Maître d'œuvre :	..... ..... ..... .....
Autres informations :	..... ..... ..... .....
Zone(s) concernée(s)	
Etage :	..... ..... ..... .....
Partie concernée :	Structure / Mur / Plancher / Autre (préciser) :
Contrôle dimensionnel	
Date et heure du contrôle :	..... ..... ..... .....
Contrôle effectué par : (Nom, Prénom, Société)	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
Planéité et désaffleurement :	..... ..... ..... .....
Largeur des joints entre panneaux :	..... ..... ..... .....
Continuité au droit des appuis :	..... ..... .....

Rappel de l'intervalle acceptable : <ul style="list-style-type: none"> • Planéité et désaffleurement : imposés par le référentiel de la chape ou du revêtement de sol ou, à défaut, ceux du DTU 51.3. En cas de reprise de désaffleurement, un ponçage 5 mm au plus pourra être réalisé à l'aide d'une ponceuse par le charpentier. (Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné) • Largeur des joints entre panneaux : la vérification de la largeur de joint devra être réalisée et consignée par le charpentier avant la mise en place des bandes adhésives. Si l'ouverture du joint entre panneaux est inférieure à 2 mm, il n'est pas nécessaire de traiter les joints. Lorsque l'ouverture des joints est supérieure à 2 mm sans dépasser 10 mm, ceux-ci doivent être remplis de mastics souples compatibles avec les éléments bois et doivent être affleurés. La mise en œuvre de ce mastic sera réalisée par le charpentier ; • Continuité au droit des appuis : la rotation sur appui induit une ouverture entre deux panneaux inférieure à 2 mm. Lorsqu'elle est nécessaire pour le revêtement de sol, la continuité peut être réalisée par la mise en place d'une jonction par languette si le panneau CLT support n'est pas continu sur appuis. 	
Conformité :	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
Rappel de l'intervalle acceptable : Les résultats obtenus devront être de $15\pm 3\%$ si la structure a été dimensionnée en classe de service 2 et de $12\pm 2\%$ si la structure a été dimensionnée en classe de service 1. (Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné)	
Contrôle de l'Humidité	
Date et heure du contrôle :	..... ..... .....
Contrôle effectué par : (Nom, Prénom, Société)	..... ..... ..... ..... .....
Nombre de points de contrôle :	..... ..... .....
Emplacement des points de contrôle : (joindre plan annoté)	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
Valeurs obtenues (en %) :	..... ..... .....
Conformité :	..... .....

<p>Fait à Le Nom prénom responsable Signature du responsable + cachet entreprise (précédés de la mention « Bon pour fermeture »)</p>	

3. Annexes A : Utilisation en support d'étanchéité

3.1. Généralités

3.1.1. Principe

Les panneaux structuraux KLH de grandes dimensions sont constitués de planches en bois massif (épicéa, sapin ou pin sylvestre), empilées en couches croisées à 90° et liaisonnées entre elles à la colle polyuréthane mono-composant sur toute leur surface.

Le procédé «Panneaux KLH » est utilisé comme élément porteur pouvant être support d'étanchéité selon le e-Cahier du CSTB n°3814, complété des prescriptions particulières pour l'utilisation :

- En terrasses à élément porteur à pente nulle avec isolant FOAMGLASS TAPERED penté (cf.3.4) ;
- En climat de montagne (cf.3.6).
- En DROM (cf. 3.7).

3.1.2. Destination d'emploi

Les panneaux structuraux KLH sont utilisés en travaux neufs :

- Sur tous types de construction.
- En France européenne en climat de plaine et de montagne, et en DROM.
- En toitures :
 - inaccessibles, avec chemins de circulation éventuels, sans terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales,
 - inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïques avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique,
 - à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades,
 - végétalisées de pente minimum 3 %,
 - accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots ou par platelage bois selon le § 3.3.
 - Les toitures-terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales ne sont pas revendiquées.
- Sous des systèmes d'étanchéité :
 - en toitures froides (cf. § 3.2.6) ou en toitures chaudes,
 - avec un revêtement d'étanchéité indépendant, semi-indépendant ou adhérent,
 - en apparent (hors toitures froides) ou sous protection lourde,
 - en asphalte ou mixte sous asphalte bénéficiant d'un Avis Technique, en feuilles bitumineuses ou en membrane synthétique bénéficiant d'un Document Technique d'Application.

Le procédé « Panneaux KLH pour toitures » vise également les toitures-terrasses inversées (hors toitures accessibles aux piétons), lorsqu'il est associé à un panneau isolant de polystyrène extrudé bénéficiant d'un Document Technique d'Application.

Les pentes sur plan des toitures inaccessibles, techniques et accessibles aux piétons sont dépendantes du critère de dimensionnement choisi :

- $\geq 3 \%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au 1/250^e de la portée,
- $\geq 1,8 \%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au 1/400^e de la portée,
- $\geq 1,6 \%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au 1/500^e de la portée,
- $\geq 3 \%$ pour les terrasses et toitures végétalisées.

Sont également visés les toitures-terrasses (hors toitures végétalisées), avec élément porteur à pente nulle en France métropolitaine (hors DROM) en climat de plaine, selon les dispositions définies au §3.4.

Les *tableaux A1 à A5* résument les conditions d'utilisation.

3.2. Prescriptions relatives aux toitures inaccessibles, techniques et végétalisées

3.2.1. Généralités

Conformément au e-Cahier du CSTB n°3814, le support d'étanchéité peut être constitué :

- de panneaux structuraux KLH,
- ou

- d'un panneau isolant.

Une acceptation du support est nécessaire si les titulaires du lot « Structure » et « Etanchéité » sont différents.

Les points suivants doivent être observés :

- Planéité du plan de pose avec notamment limitation du désaffleurement entre deux panneaux < 2 mm et ouverture entre deux panneaux < 10 mm ;
- Rebouchage des trous laissés par les fixations des ancrages ayant permis la manipulation des panneaux, si leur diamètre est supérieur à 10 mm ;
- Désaflleur non admis pour les têtes de fixation des panneaux ;
- Respect de la pente prescrite par le présent document ;
- Contrôle de la siccité du support.

Les supports destinés à recevoir les revêtements d'étanchéité doivent être stables et plans, présenter une surface propre, libre de tout corps étranger et sans souillure d'huile, plâtre, hydrocarbures, etc.

Les panneaux structuraux KLH sont préparés conformément aux dispositions du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité avec application préalable d'un EIF.

3.2.2. Stockage, approvisionnement

3.2.2.1. Stockage au sol

a) Panneaux structuraux KLH : se reporter aux § 2.8.6 du Dossier Technique ;

b) Systèmes d'étanchéité : se reporter au Document Technique d'Application des panneaux isolants et à celui du revêtement d'étanchéité, et à l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

3.2.2.2. Approvisionnement en toiture

Le poids des matériaux nécessaires aux travaux d'étanchéité à stocker sur la toiture en panneaux structuraux KLH, est communiqué par le lot Étanchéité au maître d'ouvrage, assisté de son maître d'œuvre.

3.2.3. Support isolants thermiques non porteurs

3.2.3.1. Nature des isolants thermiques

En complément du liège normalisé, les isolants thermiques possibles sont :

- La laine de verre, nue ou parementée, uniquement en toitures inaccessibles ;
- La laine de roche, nue ou parementée ;
- Le verre cellulaire ;
- La perlite expansée (fibrée) ;
- Le polyuréthane parementé ;
- Le polyisocyanurate parementé ;
- Le polystyrène expansé ;
- Le polystyrène extrudé, uniquement pour les isolations inversées.

Ils sont définis par leurs Documents Techniques d'Application particuliers favorables pour l'emploi sur élément porteur bois et panneaux à base de bois.

Cas particuliers

a) Panneaux de laine de roche ; dans le cas :

- des toitures à zones techniques,
- des fonds et parois de chéneaux,

les panneaux isolants doivent être de Classe C (Guide UEAtc).

En terrasses et toitures végétalisées, le Document Technique d'Application des panneaux isolants doit viser favorablement cette destination d'emploi.

b) Panneaux de polystyrène expansé ; dans le cas :

- des toitures à zones techniques,
- des fonds et parois de chéneaux,

les panneaux isolants doivent être de Classe C (Guide UEAtc).

3.2.3.2. Composition du pare-vapeur

Ce paragraphe ne s'applique pas dans le cas des toitures avec isolation inversée.

Le pare-vapeur est mis en œuvre conformément au :

- NF DTU 43.4 P1 ;
- Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité visant favorablement l'élément porteur bois ou panneaux à base de bois.

Il peut être posé :

- Collé à l'EAC exempt de bitume oxydé visé dans un DTA de revêtement d'étanchéité, avec bande de pontage entre panneaux KLH (cf. § 8.1 du e-Cahier du CSTB 3814) ;
- Fixé mécaniquement ;

- Libre et sous protection rapportée, pour les surfaces et dépressions au vent extrême autorisées par le Document Technique d'Application des panneaux isolants ;
- Libre sous des panneaux isolants et/ou un revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement ;
- Autoadhésif en semi-indépendance ou en adhérence totale, avec bande de pontage entre panneaux KLH selon le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité ;
- Par toute autre technique visée favorablement par le Document Technique d'Application des panneaux isolants et celui du revêtement d'étanchéité, pour autant que le Document Technique d'Application vise l'élément porteur bois et panneaux à base de bois.

3.2.3.3. Technique de mise en œuvre de l'isolant

Les panneaux isolants sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application visant favorablement l'élément porteur bois ou panneaux à base de bois.

En un ou plusieurs lits, ils peuvent être posés :

- Collés à l'EAC exempt de bitume oxydé visé dans un DTA de revêtement d'étanchéité, selon le NF DTU 43.4 P1 et le Document Technique d'Application particuliers des panneaux isolants ;
- Fixés mécaniquement, selon le NF DTU 43.4 P1 et le Document Technique d'Application particuliers des panneaux isolants ;
- Libres et sous protection rapportée, pour les surfaces et dépressions au vent extrême autorisées par le Document Technique d'Application des panneaux isolants ;
- Collés à froid, sous protection lourde et en système autoprotégé, selon les Documents Techniques d'Application particuliers des panneaux isolants et des revêtements d'étanchéité ;
- Par toute autre technique visée favorablement par le Document Technique d'Application des panneaux isolants et celui du revêtement d'étanchéité, pour autant que le Document Technique d'Application vise l'élément porteur bois et panneaux à base de bois.

Cas particuliers de la toiture inversée (hors terrasse accessible aux piétons)

Les panneaux isolants de polystyrène extrudé sont toujours posés libres

3.2.4. Revêtements d'étanchéité

3.2.4.1. Généralités sur les revêtements d'étanchéité

Le choix du type de revêtement d'étanchéité est fonction de la destination des toitures, du support isolant et de la protection rapportée éventuels.

3.2.4.2. Systèmes de pose en partie courante

Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application visant favorablement la destination de la toiture.

Les revêtements d'étanchéité peuvent être mis en œuvre :

- a) En indépendance, toujours sous une protection lourde rapportée, selon le NF DTU 43.4 P1 et les Documents Techniques d'Application particuliers des revêtements d'étanchéité.
- b) En semi-indépendance :
 - avec une sous-couche clouée (ou fixée mécaniquement) selon le NF DTU 43.4 P1,
 - par collage à froid,
 - par auto-adhésivité,
 - par soudage à la flamme à travers un écran perforé,
 - à l'aide d'attelages de fixation mécanique,

selon le Document Technique d'Application particulier du support isolant éventuel et du revêtement d'étanchéité.

Ou par toute autre technique visée favorablement par le Document Technique d'Application des panneaux isolants ou du revêtement d'étanchéité, pour autant que le Document Technique d'Application vise l'élément porteur bois et panneaux à base de bois.

- c) En adhérence totale :

- par collage à froid,
- par auto-adhésivité,
- par soudage à la flamme selon le NF DTU 43.4 P1,

selon le Document Technique d'Application particulier du support isolant éventuel et du revêtement d'étanchéité.

Ou par toute autre technique visée favorablement par le Document Technique d'Application des panneaux isolants ou du revêtement d'étanchéité, pour autant que le Document Technique d'Application vise l'élément porteur bois et panneaux à base de bois.

3.2.4.3. Traitement des relevés

3.2.5. Protections

3.2.5.1. Protection meuble pour terrasses inaccessibles et les zones techniques

La protection meuble, les dalles préfabriquées sur couche de désolidarisation des chemins de circulation et des zones techniques, sont réalisées selon le :

- NF DTU 43.4 P1 ;
- Paragraphe 5.1 du CPT Commun « Étanchéité de toitures par membranes monocouches synthétiques en PVC-P non compatible avec le bitume » du Fascicule du CSTB 3502 d'avril 2004 ;
- Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité.

3.2.5.2. Terrasses et toitures végétalisées

La protection des toitures végétalisées est réalisée à la fois selon :

- Le paragraphe 5.8 du CPT Commun du Fascicule du CSTB 3502 d'avril 2004 ;
- Le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité ;
- Et l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

3.2.6. Dispositions particulières pour les toitures froides

En terrasses inaccessibles et techniques sous protection lourde, ou végétalisées, les panneaux KLH peuvent être utilisés en toiture froide en constituant le support direct du revêtement d'étanchéité sous protection lourde en respectant le § 3.2.4.2.

La pente minimale est de 3% sur plan.

Cette conception est limitée aux bâtiments non isolés et non chauffés.

La sous-face des panneaux KLH doit être ventilée sur l'air extérieur conformément aux prescriptions du NF DTU 43.4, et donc prévoir :

- Des entrées d'air à l'égout dans l'avant-toiture ;
- Soit un faitage ventilé assurant la sortie de l'air en haut de versant soit une ou plusieurs cheminées de ventilation en haut de versant.

Les entrées d'air en égout doivent être protégées des intempéries par le débord de la toiture. Il n'est donc pas possible de prévoir de chéneau dans ce cas.

3.3. Dispositions relatives aux terrasses accessibles aux piétons et au séjour

3.3.1. Généralités

Conformément au e-Cahier du CSTB n°3814, en terrasses accessibles aux piétons et au séjour, l'ouvrage de toiture est constitué de la manière suivante :

- Élément porteur en panneaux KLH pentés ;
- Couche de protection de l'élément porteur (cf. paragraphe § 3.3.2) servant de pare-vapeur ;
- Isolation thermique ;
- Revêtement d'étanchéité monocouche en bitume modifié ou PVC-P, ou bicouche en bitume modifié ;

identifiés selon les paragraphes ci-après.

Les supports destinés à recevoir les revêtements d'étanchéité doivent être stables et plans, présenter une surface propre, libre de tout corps étranger et sans souillure d'huile, plâtre, hydrocarbures, etc.

3.3.2. Couche de protection de l'élément porteur

L'élément porteur en panneaux KLH reçoit, après pontage des joints si l'ouverture du joint entre languette et panneaux est supérieure à 2 mm, une feuille monocouche en bitume SBS ou APP, utilisé sans autoprotection, faisant l'objet d'un DTA en tant que revêtement d'étanchéité visant la pose directe sur supports à base de bois. Cette feuille est mise en œuvre par soudage au chalumeau à flamme en pleine adhérence, avec une largeur de recouvrement des lès conforme à son DTA.

Cette couche de protection fait office de pare-vapeur.

En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche en bitume modifié SBS ou APP, faisant l'objet d'un DTA visant les supports à base de bois, peut être également utilisé. Ce revêtement bicouche est mis en œuvre en adhérence totale par auto-adhésivité ou soudage au chalumeau à flamme (avec une largeur de recouvrement des lès de 0,06 m minimum).

La couche de protection est relevée en acrotère et en points singuliers, selon les prescriptions de son DTA, jusqu'au revêtement d'étanchéité (cf. figure A.8).

3.3.3. Support isolant thermique porteur

Sont admis les panneaux isolants thermiques faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi en pose libre sur éléments porteurs en maçonnerie, en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots ou par platelage bois (cf. § 3.3.6.2), de nature ci-après :

- Verre cellulaire ;
- Polyuréthane parementé ;

- Polyisocyanurate parementé ;
- Polystyrène expansé ;
- Perlite expansée fibrée

Les panneaux isolants sont mis en œuvre conformément à leur DTA, à l'exclusion des fixations mécaniques. Dans le cas du verre cellulaire, la finition de la couche de protection sera grésée ou sablée.

3.3.4. Revêtement d'étanchéité

Sont admis les revêtements d'étanchéité faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie, en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots ou par platelage bois conformes aux « Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures-terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois » (CSFE Juin 2017) :

- En monocouche en bitume modifié SBS ou APP ;
- En monocouche en PVC-P ;
- En bicouche en bitume modifié SBS ou APP.

Les revêtements peuvent être mis en œuvre :

- En indépendance selon le NF DTU 43.4 P1 ;
- En semi-indépendance :
 - par collage à froid,
 - par soudage à la flamme à travers un écran perforé,

selon le Document Technique d'Application particulier du support isolant éventuel et du revêtement d'étanchéité ;

- En adhérence totale :
 - par autoadhésivité (collage à froid),
 - par soudage à la flamme selon le NF DTU 43.4 P1,

selon le Document Technique d'Application particulier du support isolant et du revêtement d'étanchéité.

3.3.5. Traitement des relevés

La couche de protection (cf. § 3.3.2) est relevée suffisamment pour permettre un recouvrement avec le revêtement d'étanchéité d'au moins 6 cm (cf. figure. A.8).

Le relevé étanché protégé par une bande solin est placé derrière un bardage étanche à l'eau de type IV ou XIV au sens du cahier CSTB n°1833.

Les documents particuliers du marché (DPM) doivent indiquer la composition de ce bardage et identifier le lot concerné par cet ouvrage.

3.3.6. Protections

3.3.6.1. Protection par dalles sur plots

La protection par dalles sur plots est réalisée selon le :

- Paragraphe 6.6.3.3 de la norme NF DTU 43.1 P1 ;
- Paragraphe 5.5 du CPT Commun du Fascicule du CSTB 3502 d'avril 2004 ;
- Le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité visant l'élément porteur en maçonnerie.

3.3.6.2. Protection par platelage bois

La protection par platelage bois est réalisée selon :

- Les Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures -terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois (CSFE Juin 2017).
- Le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité visant l'élément porteur en maçonnerie.

3.3.7. Dispositions de contrôle par manchons

En France métropolitaine (hors DROM) en climat de plaine, en toitures-terrasses inaccessibles, techniques (hors toitures végétalisées) et accessibles aux piétons et au séjour, est également envisagé le cas de l'élément porteur en panneaux KLH à pente nulle.

3.4. Cas des terrasses avec élément porteur pente nulle, avec isolant FOAMGLAS penté en climat de plaine

En France métropolitaine (hors DROM) en climat de plaine, en toitures-terrasses inaccessibles, techniques (hors toitures végétalisées) et accessibles aux piétons et au séjour, est également envisagé le cas de l'élément porteur en panneaux KLH à pente nulle.

Élément porteur

Dans cette configuration, l'élément porteur en panneaux structuraux KLH est posé sur des appuis rigides. Les appuis rigides sont des appuis périphériques du bâtiment ou intermédiaires dont la raideur verticale est suffisamment importante.

Deux types d'appuis sont réputés rigides dans ce document :

- Murs de façade/long pans ou refends, tous porteurs et rejoignant en continuité les fondations.
- Poutres porteuses de portée limitée à 9 mètres s'appuyant sur les éléments ci-avant ou sur des poteaux porteurs filants jusqu'aux fondations. Pour ces poutres, la flèche nette finale $w_{net,fin}$ est limitée à $L/500$ ou 10 mm selon le minimum observé des deux valeurs.

Les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte :

- d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/500e$ de la portée,
- d'une valeur du facteur de déformation k_{def} définie dans la norme NF EN 1995-1-1 :2005 pour une classe de service 2.

Toiture

Quelle que soit la destination de toiture, les panneaux structuraux KLH reçoivent :

- en terrasse inaccessible et technique, comme spécifié dans l'Avis Technique Foamglas® Tapered, une feuille bitumeuse, face supérieure grésée, soudée en pleine adhérence sur le panneau KLH, avec une largeur de recouvrement des lès conforme à son DTA ;
- en terrasse accessible aux piétons, une couche de protection, face supérieure grésée, soudée en pleine adhérence sur le panneau KLH (cf. § 3.3.2) ;
- un isolant support d'étanchéité en verre cellulaire penté d'au moins 1,6 %, référencé FOAMGLAS® TAPERED, collé en plein à l'EAC, faisant l'objet d'un Avis Technique pour son emploi en toiture ;
- un revêtement bicouche en bitume modifié soudé sur EAC refroidi.

L'éventuelle protection lourde est mise en œuvre sur le revêtement.

La zone de toiture dispose, a minima, de deux descentes pluviales de section conforme à l'annexe C du DTU 20.12.

Evacuation des eaux pluviales

Les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales sont implantés selon l'annexe D du e-Cahier du CSTB n°3814.

Dispositifs de contrôle

Les dispositifs de contrôle sont réalisés comme décrits au § 3.3.7.

3.5. Habillage plafond suspendu

Conformément au e-cahier du CSTB n°3814, les panneaux structuraux KLH peuvent recevoir un habillage de sous-face ou un plafond suspendu.

Dans ce cas, selon le § 7.3 du Cahier du CSTB n°3814, il y a lieu de vérifier :

- En climat de plaine, hors zone très froide, le respect de la règle du 1/3-2/3 en tenant compte des résistances thermiques des éléments placés côté intérieur, sous l'écran pare-vapeur (panneaux structuraux, isolants acoustiques, habillage ou faux-plafond).
- En zone très froide et en climat de montagne, le respect de la règle du 1/4-3/4. L'épaisseur minimale de l'isolant support d'étanchéité est déterminée de manière à ce que sa résistance thermique soit supérieure ou égale à trois fois la résistance thermique du panneau structural utilisé (calculée selon son épaisseur avec λ des panneaux KLH défini dans le dossier technique) et de l'éventuelle isolation apportée par le plafond suspendu en sous-face du panneau structural.

3.6. Dispositions particulières au climat de montagne

En climat de montagne, l'élément porteur présente une pente sur plan dépendantes du critère de dimensionnement choisi :

- $\geq 3 \%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/250e$ de la portée,
- $\geq 1,8 \%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/400e$ de la portée,
- $\geq 1,6 \%$, lorsque les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/500e$ de la portée,
- $\geq 3 \%$ pour les terrasses et toitures végétalisées.

On se référera au Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité, et à la norme NF DTU 20.12 P1 pour la hauteur des reliefs selon la destination des terrasses.

Dans le cas d'ouvrage en climat de montagne, en toiture accessible aux piétons, la couche de protection devra présenter une performance renforcée à la résistance à la diffusion de vapeur d'eau, en intégrant un parement aluminium.

En variante, la couche de protection en revêtement d'étanchéité bicouche comprendra en seconde couche une feuille de bitume élastomérique 35 Alu choisie parmi celles du DTA du revêtement d'étanchéité bicouche prévue pour cette utilisation.

Les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales sont implantés selon l'annexe D du e-Cahier du CSTB n°3814.

3.7. Dispositions particulières en DROM

En DROM (Guyane, Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte), l'élément porteur présente une pente sur plan de 3 %. Les panneaux KLH sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges, limité au $1/250e$ de la portée.

Les noues et chéneaux présentent une pente minimale de 1,5 %.

Les toitures-terrasses inaccessibles et techniques avec revêtements d'étanchéité apparents sont admises en DROM.

Les toitures-terrasses accessibles aux piétons ne sont admises qu'à La Réunion et à Mayotte. Dans ce cas, la couche de protection (cf. § 3.3.2) est mise en œuvre systématiquement.

Les conditions de protection pendant le transport et de réception des panneaux sont définies au § 2.8.8 du Dossier Technique. La protection de l'ouvrage en cours de chantier est réalisée conformément au e-Cahier du CSTB 3814.

3.8. Entretien et réparation

a) Entretien et réparation des panneaux structuraux KLH : se reporter au Dossier Technique.

b) L'entretien des toitures est celui prescrit par le NF DTU 43.4 P1-1, complété par :

- Cas des terrasses et toitures végétalisées : se reporter à l'Avis Technique de la protection végétalisée ;
- Cas des terrasses accessibles avec dalles sur plots ou avec platelage bois, se reporter :
 - au paragraphe 5 de la norme NF DTU 43.1 P3,
 - aux Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures - terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois (CSFE Juin 2017).
 - aux Documents Techniques d'Application particuliers des revêtements d'étanchéité.

c) Réparation d'anciens revêtements d'étanchéité établis sur les panneaux structuraux KLH

Ce sont d'anciennes étanchéités, à base d'asphalte, de feuilles bitumineuses ou de membrane synthétique. Les critères de conservation et de préparation de ces anciennes étanchéités sont définis dans la norme NF DTU 43.5.

Le nouveau système d'étanchéité est conforme aux dispositions de son Document Technique d'Application.

Panneaux structuraux KLH : les études préalables doivent comprendre un contrôle de la teneur en humidité des panneaux en bois massifs contrecollés et la vérification de leur salubrité.

Ces études sont à la charge du maître d'ouvrage. Elles ne sont pas de la compétence du lot d'Étanchéité.

3.9. Organisation de la mise en œuvre et assistance technique

Conformément au e-cahier du CSTB n°3814 :

a) Le lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre) assure :

- La construction du support ou de l'élément porteur de partie courante du système d'étanchéité en panneaux structuraux KLH ;
- L'exécution des points singuliers nécessaires au système d'étanchéité, reliefs - acrotères - costières - joint de dilatation par exemple ;
- La réalisation, dans les panneaux KLH, des réservations nécessaires au système d'étanchéité. Elles concernent, par exemple, les:
 - lanterneaux ou bandes éclairantes ou voûtes d'éclairage,
 - sorties de crosse,
 - pénétrations diverses et variées,
 - entrées d'eaux pluviales (EEP),
 - etc.
- La protection de l'ouvrage vis-à-vis des intempéries (cf. § 8.2 eCahier du CSTB 3814)

Dans le cas où les titulaires du lot « Structure » et « Etanchéité » sont différents Une acceptation du support est nécessaire.

Les points suivants doivent être observés :

- Planéité du plan de pose avec notamment limitation du désaffleurement entre deux panneaux < 2 mm et ouverture entre deux panneaux < 10 mm ;
- Rebouchage des trous laissés par les fixations des ancrages ayant permis la manipulation des panneaux, si leur diamètre est supérieur à 10 mm ;
- Désaffleure non admis pour les têtes de fixation des panneaux ;
- Respect de la pente prescrite par le présent document ;
- Contrôle de la siccité du support selon le § 8.3 du cahier du CSTB n°3814.

Une assistance technique peut être demandée à la Société Lignatec SAS.

b) Le lot Étanchéité :

- Vérifie les réservations nécessaires au système d'étanchéité prévues par le maître d'œuvre.
- Assure la mise en œuvre du système d'étanchéité, pare-vapeur et support isolant éventuels - revêtement d'étanchéité - protection éventuelle (incluant la protection végétalisée), au-dessus du support en panneaux structuraux KLH ;

L'assistance technique s'effectue conformément aux dispositions indiquées dans le Document Technique d'Application des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité, et de l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

Tableaux et figures de l'Annexe A

Tableau A.1 – Emploi en toitures inaccessibles, chemins de circulation et toitures à zones techniques ⁽¹⁾, en France européenne

Support direct du revêtement d'étanchéité	Revêtement d'étanchéité (4)				
	Systèmes apparents		Systèmes sous protection meuble		
	semi-indépendant	adhérent	indépendant	semi-indépendant	adhérent
Panneaux KLH penté $\geq 3\%$ (3)			OUI	OUI	OUI (5)
(8)+ Panneaux KLH penté (2) (3) sous isolation inversée (6)			OUI	OUI	OUI (5)
(8)+ Panneaux KLH penté (2) (3) + pare-vapeur + support isolant (7)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
(8)+ Panneaux KLH à pente nulle + feuille (10) + support isolant en verre cellulaire penté (3) (9)		OUI			OUI

OUI : signifie pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité. Les zones grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

(1) Avec les dispositions du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.
(2) La pente minimum des parties courantes dépend des critères de dimensionnement des panneaux porteurs (cf. § A1.2).
(3) En systèmes apparents : $\leq 7\%$ en zones techniques et $\leq 50\%$ pour les chemins de circulation ; sous protection meuble : pente $\leq 5\%$.
(4) Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application.
(5) Pontage des panneaux KLH selon les dispositions du e-Cahier du CSTB n°3814.
(6) Le Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé visant l'emploi en toitures-terrasses indique les protections admises.
(7) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.
(8) Habillage ou plafond suspendu éventuel (non isolé pour les toitures froides, isolés pour les toitures chaudes) (cf. § A5)
(9) Pente minimale de 1,6 %
(10) Feuille bitumineuse à surface grésée, soudée en pleine adhérence sur le panneau KLH (cf. Avis Technique FOAMGLAS TAPERED)

Tableau A.2 – Emploi en terrasses et toitures végétalisées ⁽¹⁾ en France européenne

Support direct du revêtement d'étanchéité	Revêtement d'étanchéité (3) (8)	
	semi-indépendant	adhérent
Panneaux KLH penté (2)	OUI	OUI (4)
(7)+ Panneaux KLH pente (2) sous isolation inversée (5)	OUI	OUI (4)
(7)+ Panneaux KLH pente (2)+ pare-vapeur + support isolant (6)	OUI	OUI

OUI : signifie pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité, et de l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

(1) Avec la protection végétalisée définie dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation.
(2) Les pentes maximales sont celles définies dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation et la pente minimale est de 3%.
(3) Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application.
(4) Pontage des panneaux KLH selon les dispositions du e-Cahier du CSTB n°3814.
(5) Le Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé, complété par l'Avis Technique du procédé de végétalisation, indique les protections admises.
(6) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.
(7) Habillage ou plafond suspendu éventuel (non isolé pour les toitures froides, isolés pour les toitures chaudes) (cf. § A5)

Tableau A.3 – Emploi en terrasses accessibles avec dalles sur plots (1) ou avec platelage bois (7), en France européenne

Support direct du revêtement d'étanchéité	Revêtement d'étanchéité (2)		
	indépendant	semi-indépendant	adhérent
(8) + Panneaux KLH penté (4) + couche de protection (5-6) + support isolant	OUI	OUI (11)	OUI (3)
(8)+ Panneaux KLH à pente nulle + feuille (10) + support isolant en verre cellulaire penté (3) (9)			OUI (3)

Les zones grisées correspondent à des exclusions d'emploi.
 OUI : signifie pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité.

(1) Avec le système de dalles sur plots du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.
 (2) Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre conformément à son Document Technique d'Application.
 (3) Pontage des panneaux KLH selon les dispositions du e-Cahier du CSTB n°3814.
 (4) La pente minimum des parties courantes dépend des critères de dimensionnement des panneaux porteurs (cf. § A1.2). La pente est de 5% maxi
 (5) La couche de protection adhérente est mise en œuvre conformément à son Document Technique d'Application. En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche adhérent peut également être utilisé (cf. § A3.2).
 (6) En climat de montagne, un aluminium bitumé (norme NF P84-310) est placé sur la couche de protection ou, en variante, le revêtement bicouche comprendra une seconde feuille de bitume élastomère 35 alu.
 (7) Respectant les règles professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures-terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois (CSFE juin 2017)
 (8) Habillage ou plafond suspendu éventuel (non isolé pour les toitures froides, isolés pour les toitures chaudes) (cf. § A5)
 (9) Pente minimale de 1,6 %
 (10) Feuille bitumineuse à surface grésée, soudée en pleine adhérence sur le panneau KLH (cf. Avis Technique FOAMGLAS TAPERED)
 (11) Fixations mécaniques exclues

Tableau A.4 – Emploi en toitures inaccessibles, chemins de circulation et toitures à zones techniques ⁽¹⁾, en DROM

Support direct du revêtement d'étanchéité	Revêtement d'étanchéité (4)				
	Systèmes apparents		Systèmes sous protection meuble		
	semi-indépendant	adhérent	indépendant	semi-indépendant	adhérent
Panneaux KLH penté (2) (3)			OUI	OUI	OUI (5)
(7)+ Panneaux KLH penté (2) (3) + pare-vapeur + support isolant (6)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

OUI : signifie pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité. Les zones grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

(1) Avec les dispositions du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.
 (2) La pente minimum est de 3% sur plan.
 (3) En systèmes apparents : ≤ 7 % en zones techniques et ≤ 50 % pour les chemins de circulation ; sous protection meuble : pente ≤ 5 %.
 (4) Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application.
 (5) Pontage des panneaux KLH selon les dispositions du e-Cahier du CSTB n°3814.
 (6) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.
 (7) Habillage ou plafond suspendu éventuel (non isolé pour les toitures froides, isolés pour les toitures chaudes) (cf. § A5)

Tableau A.5 – Emploi en terrasses accessibles avec dalles sur plots ⁽¹⁾ à La Réunion et Mayotte

Support direct du revêtement d'étanchéité	Revêtement d'étanchéité (2)		
	indépendant	semi-indépendant	adhérent
(6) + Panneaux KLH penté (4) + couche de protection (5-6) + support isolant	OUI	OUI (7)	OUI (3)

Les zones grisées correspondent à des exclusions d'emploi.
 OUI : signifie pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité.

(1) Avec le système de dalles sur plots du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité visant l'emploi en DROM.
 (2) Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre conformément à son Document Technique d'Application.
 (3) Pontage des panneaux KLH selon les dispositions du e-Cahier du CSTB n°3814.
 (4) La pente est au minimum de 3% et au maximum de 5%.
 (5) La couche de protection adhérente est mise en œuvre conformément à son Document Technique d'Application. En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche adhérent peut également être utilisé (cf. § A3.2).
 (6) Habillage ou plafond suspendu éventuel (non isolé pour les toitures froides, isolés pour les toitures chaudes) (cf. § A5)
 (7) Fixations mécaniques exclues

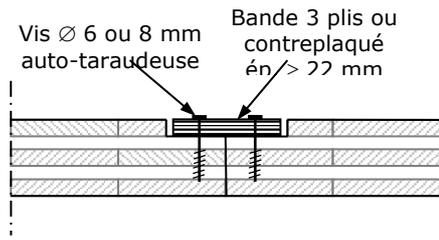


Figure A.1a – Assemblage par feuillure à mi-bois dans l'épaisseur du panneau

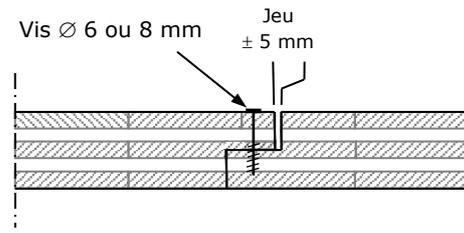


Figure A.1b – Assemblage par interposition d'une bande de liaison (joint languette)

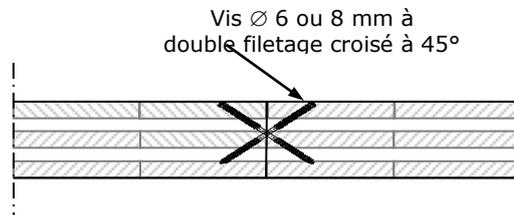


Figure A.1c – Assemblage par vis à double filetage lardée à 45° ou vis à filetage total

Figures A.1 – Différents assemblages des panneaux structuraux KLH

Note : Les figures ci-après ne montrent précisément que les panneaux KLH ; Pour les ouvrages d'étanchéité et de bardage, se reporter aux référentiels techniques (DTU, DTA, Règles Professionnelles) dont ils relèvent.

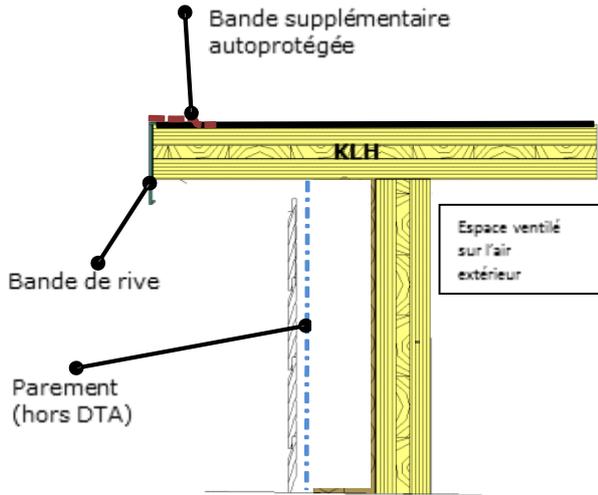
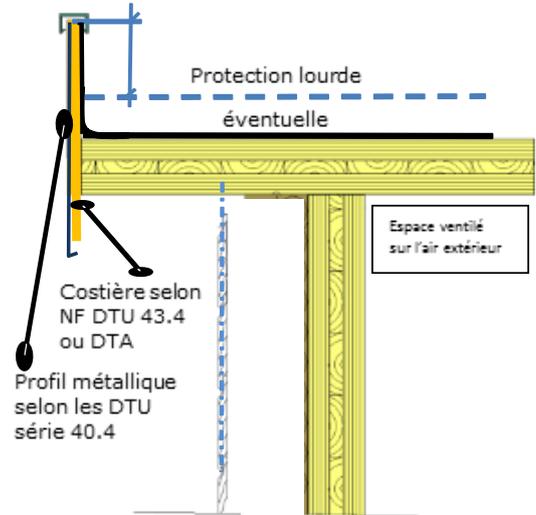
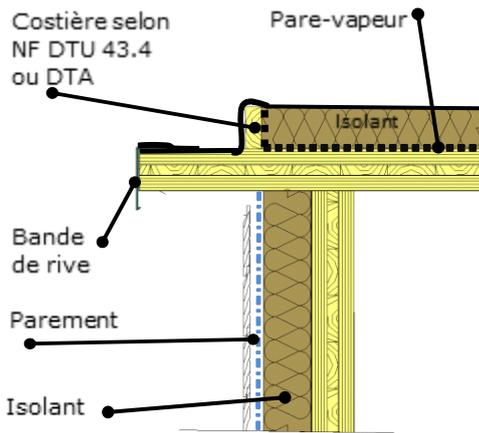


Figure A.2a – Bande de rive métallique - toiture non isolée
 Bâtiment non chauffé et ventilé par l'air extérieur
 (coupe perpendiculaire à la pente)



Cote c selon le NF DTU 43.4 P1

Figure A.2b – Costière de rive selon le NF DTU 43.4 P1,
 sur toiture non isolée
 Bâtiment non chauffé et ventilé par l'air extérieur
 (coupe perpendiculaire à la pente)



Note : l'isolant en terrasse va au moins jusqu'au nu extérieur de l'isolant de façade

Figure A.2c – Bande de rive métallique - toiture isolée
 (coupe perpendiculaire à la pente)

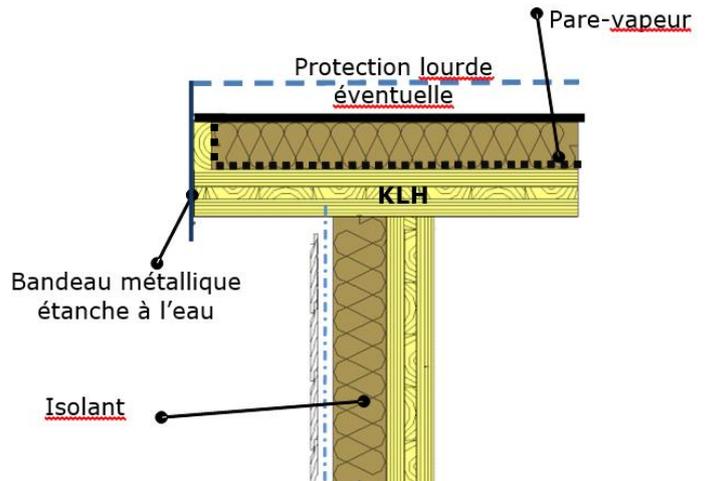
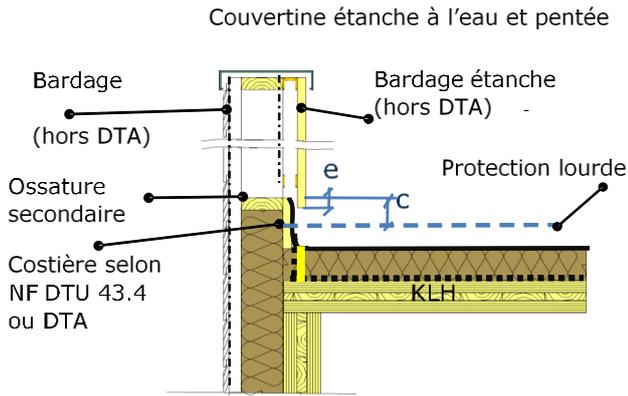
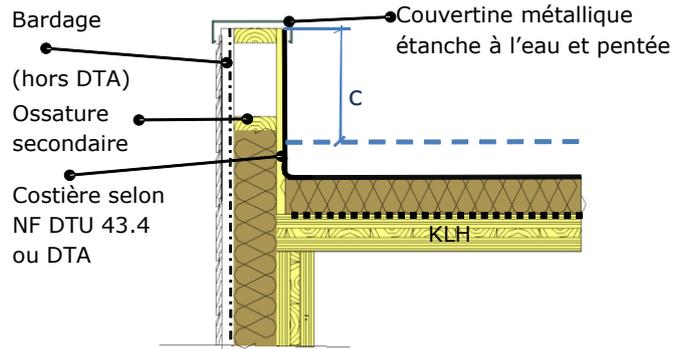


Figure A.2d – Costière de rive selon le NF DTU 43.4 P1,
 sur toiture isolée
 (coupe perpendiculaire à la pente)

Figure A.2 – Exemples de relief en bois

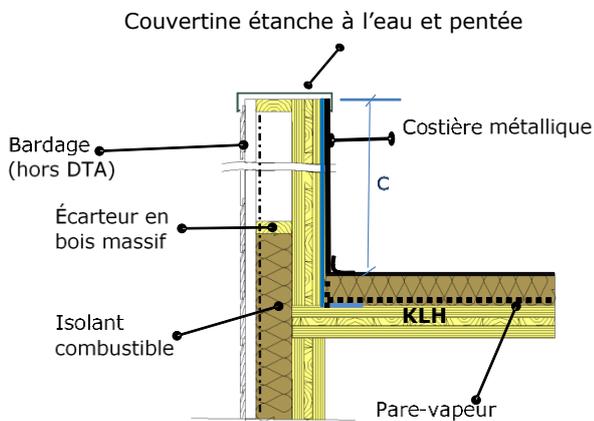


Cotes e et c selon le NF DTU 43.4 P1



Cote c selon le NF DTU 43.4 P1

Figure A.3 – Exemple de relevés en toiture inaccessible, technique ou végétalisée (coupe perpendiculaire à la pente)



Cote c selon le NF DTU 43.4 P1

Figure A.4 – Exemple de relevés avec costière métallique toiture inaccessible, technique ou végétalisée (Coupe perpendiculaire à la pente)

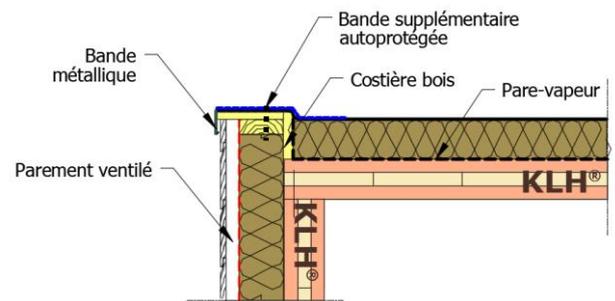
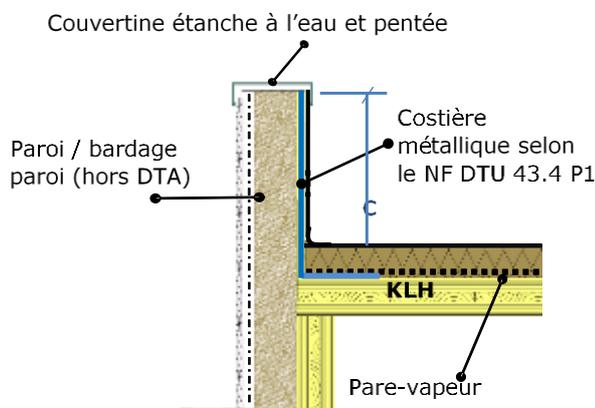
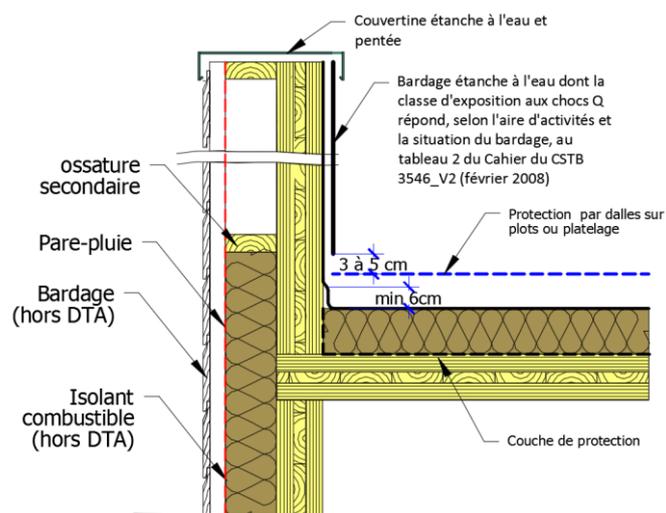


Figure A.5 – Exemple d'une rive avec support isolant de partie courante toiture inaccessible, technique ou végétalisée (coupe perpendiculaire à la pente)



Cote c selon le NF DTU 43.4 P1

Figure A.6 – Exemple de relevé avec costière métallique, dont l'aille horizontale repose sur le panneau KLH de partie courante toiture inaccessible, technique ou végétalisée (coupe perpendiculaire à la pente)



**Figure A.7 – Exemple de relevé en terrasses accessibles aux piétons et au séjour
La fonction garde-corps, si elle est nécessaire, doit être vue par ailleurs
(Coupe perpendiculaire à la pente)**

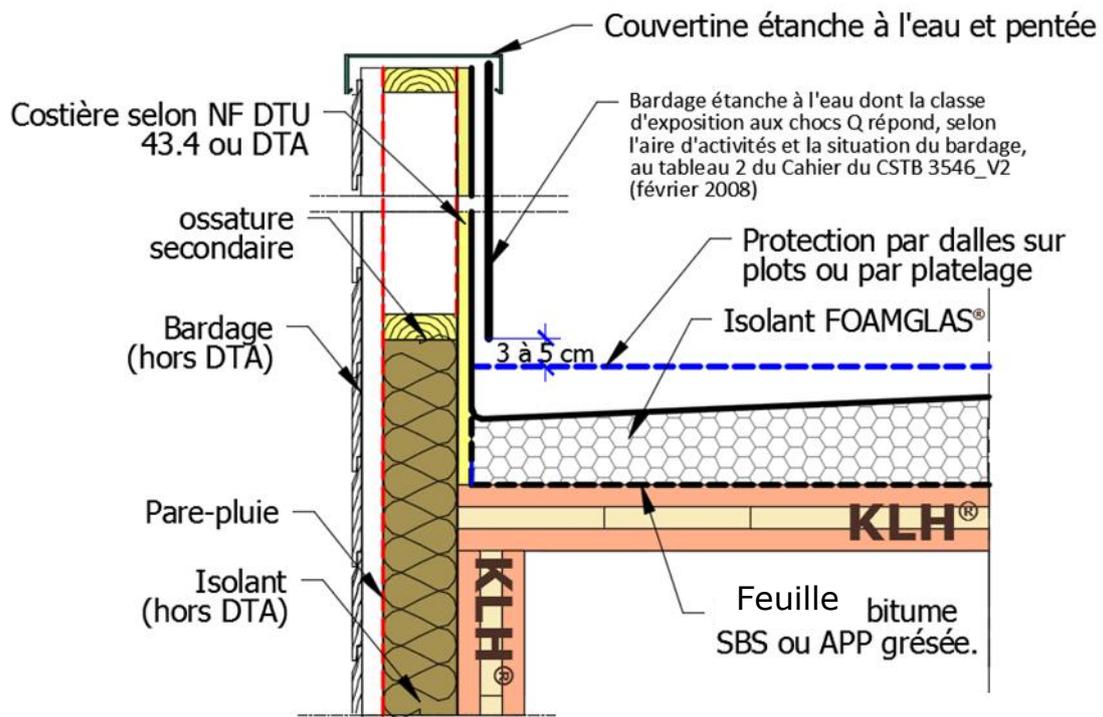


Figure A.8 – Exemple de relevé en terrasses accessibles aux piétons et au séjour
 La fonction garde-corps, si elle est nécessaire, doit être vue par ailleurs
 (coupe parallèle à la pente)

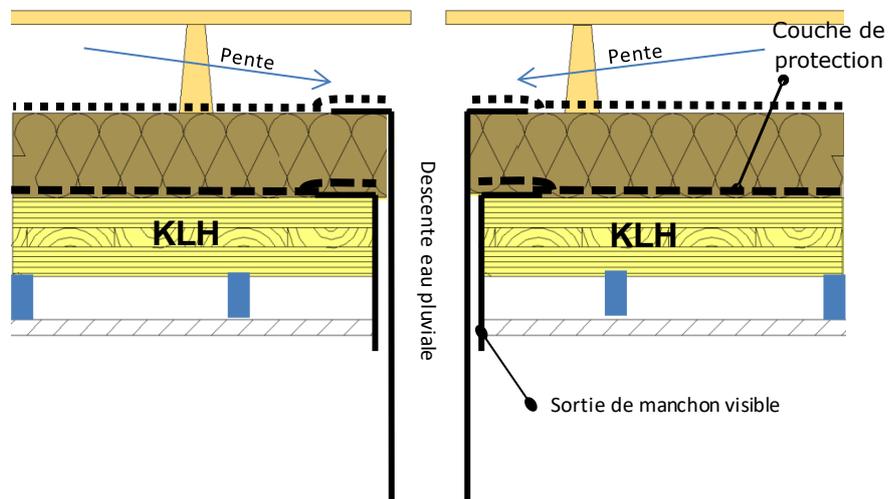


Figure A.9 – Dispositif de contrôle de fuite au niveau des descentes des eaux pluviales en terrasses accessibles aux piétons et au séjour

4. Annexe B : Utilisation en support de couverture

4.1. Généralités

4.1.1. Principe

Les panneaux structuraux KLH sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface.

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à l'emploi comme éléments porteur support de couverture, avec ou sans isolation.

4.1.2. Destination

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à l'emploi comme éléments porteur support de couverture :

- en France métropolitaine ;
- en climat de plaine et de montagne ;
- en DROM de La Réunion et Mayotte uniquement en association avec le procédé Kalzip® Droit bénéficiant d'un DTA en cours de validité en couverture froide ventilée non isolée ;
- en zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ;
- en construction neuve ou en rénovation ;
- sur tous types de construction ;
- au-dessus de locaux à faible ou moyenne hygrométrie.

Les panneaux KLH sont mis en œuvre sur des porteurs en béton ou maçonnés, métalliques ou en bois suivant les prescriptions de la partie Avis et du Dossier Technique.

Ils sont support d'isolation mise en œuvre entre chevrons ou en continu. Dans ce deuxième cas, on se référera aux prescriptions des Avis Techniques ou Documents Techniques d'Application relatifs aux procédés « Sarking ».

4.1.3. Type de couvertures

Les couvertures sont de type « froide ». Leur conception nécessite une ventilation en sous-face de la couverture ou de son support direct, par l'aménagement d'une lame d'air ventilée avec entrée en partie basse de toiture et sortie en partie haute.

Les entrées et sorties d'air, la pente, et les épaisseurs minimales de lame d'air doivent être conforme aux NF DTU en vigueur ou aux Avis Techniques, visés ci-dessous.

L'isolation de la couverture est mise en œuvre à l'extérieur du bâtiment (sur le panneau KLH).

L'isolation thermique est réalisée à partir de :

- matériaux bénéficiant d'une certification ACERMI dont le classement ISOLE minimal est : I1 S1 O2 L2 E1 (O2 : isolant non hydrophile, L2 : isolant semi-rigide). En l'absence de classement, il peut être utilisé :
- des panneaux de polystyrène bénéficiant d'une certification ACERMI. Les plastiques alvéolaires étant réputés satisfaire intrinsèquement au niveau L2 et O2 ;
- des panneaux ou des rouleaux de laine minérale bénéficiant d'une certification ACERMI attestant des niveaux :
 - WS, ce qui correspond au critère d'absorption à court terme (24 h) par immersion partielle $W_p < 1,0 \text{ kg/m}^2$ selon la norme EN 1609 – Méthode A,

Nota : le classement WL (P) ne se substitue pas au classement WS.

- « Isolant semi-rigide » pour l'épaisseur concernée ou, à défaut, TR50 ce qui correspond au critère de résistance en traction $\sigma_{mt} > 50$ selon la norme 1607.
- Au cas par cas et sous couvert de l'Avis Technique, d'autres produits ou procédés d'isolation entre chevrons.
- Complexe isolant suivant un procédé de « Sarking » conformément à son AT/DTA.

En complément, la mise en œuvre d'une isolation par l'intérieur du bâtiment est admise (cf. §4.3).

Les panneaux KLH peuvent être associés :

- Aux différents types de couvertures discontinues :
 - ardoises naturelles (NF DTU 40.11)
 - ardoises en fibres-ciment (NF DTU 40.13)
 - tuiles de terre cuite à emboîtement et à glissement (NF DTU 40.21)
 - tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat (NF DTU 40.211)
 - tuiles canal de terre cuite (NF DTU 40.22)
 - tuiles plates de terre cuite (NF DTU 40.23)
 - tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal (NF DTU 40.24)
 - tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal (NF DTU 40.241)
 - tuiles plates en béton (NF DTU 40.25)
- Aux différents types de couvertures discontinues ou continues sur voligeage jointif ou sur panneaux supports :
 - ardoises naturelles (NF DTU 40.11)

- bardeaux bitumés (NF DTU 40.14)
- tuiles canal de terre cuite (NF DTU 40.22)
- grands éléments en feuilles et longues feuilles de zinc, d'acier inoxydable étamé, de cuivre ou de plomb (NF DTU 40.4*)
 - Aux différents types de couvertures discontinues posées sur lambourdes :
- tôles d'acier nervurées (NF DTU 40.35)
- tôles d'aluminium nervurées (NF DTU 40.36)
- plaques profilées en fibres-ciment (NF DTU 40.37)
 - Couvertures discontinues sous Document Technique d'Application posées sur liteaux, voliges ou lambourdes :
- tuiles et feuilles métalliques
- plaques bitumineuses
 - Procédés de couverture bénéficiant d'un DTA visant favorablement l'utilisation sur charpente bois.

La pose s'effectue sur contre-liteaux ou chevrons fixés directement aux panneaux structuraux KLH ou sur complexe isolant suivant un procédé de « Sarking » conformément à son AT/DTA.

Les pentes minimales et les longueurs maximales de rampants sont données dans les NF DTU et Avis Techniques des couvertures associées.

4.1.4. Disposition vis-à-vis du feu

Le panneau KLH, quelle que soit son épaisseur, peut être utilisé en tant qu'écran de protection pour tous les isolants, même ceux moins bien classés que A2 s2 d0, en bâtiments d'habitation et en ERP.

Afin d'assurer la continuité de l'écran au droit des joints de panneaux, ceux-ci sont réalisés par le charpentier de la manière suivante :

- Sur un élément de structure
- Avec un assemblage à mi-bois
- Avec un assemblage par fausse languette dans feuillures (l'épaisseur de la fausse languette d'assemblage en bois est au minimum de 22 mm).
- Avec mise en œuvre d'un joint en matière incombustible entre les panneaux du type mousse expansive retardant la propagation du feu (PROMAFOAM-C), mastic intumescent (GUTA stop feu), ou bourrelet en fibre minérale suivant l'épaisseur du joint.

Si aucune de ces mises en œuvre ne pouvaient être réalisées, ce dont le maître d'œuvre et le charpentier informeront l'entreprise en charge de l'isolation, les isolants non classés A2 sont remplacés par un isolant au moins classé A2 sur une largeur minimum de 30 cm de part et d'autre du joint.

4.2. Dimensionnement

4.2.1. Dimensionnement des panneaux par le lot « structure »

Le dimensionnement des panneaux KLH support de couverture, pouvant assurer le contreventement est réalisé suivant les prescriptions définies dans le Dossier Technique. Pour les bâtiments ouverts décrits au § 4.5.3.6, le dimensionnement est réalisé en classe de service 2.

Les panneaux KLH constituent un ouvrage continu plan, fixé sur une structure porteuse discontinu, en bois, métal ou béton.

Dans le cas d'une pose « Sarking », les panneaux doivent être d'épaisseur minimale 80 mm.

4.2.2. Dimensionnement de la couverture par le lot « couverture »

Les fixations des couvertures sont dimensionnées (arrachement et cisaillement) conformément aux NF DTU et Avis Techniques des procédés mentionnés au § 4.1.3 en considérant le panneau KLH comme un support en bois massif de même épaisseur.

4.3. Complément d'isolation par l'intérieur (isolant sous le panneau KLH)

En complément de l'isolation par l'extérieur, la réalisation d'une isolation rapportée sous les panneaux KLH est possible dans la limite, en climat de plaine hors zones très froides, d'un tiers de la résistance thermique totale en incluant la résistance thermique des panneaux KLH et d'un quart de la résistance thermique totale en incluant la résistance thermique des panneaux KLH en climat de montagne ou en zones très froides (cf. fig. B.14).

Cette isolation rapportée en sous-face des panneaux CLT est réalisée à l'aide d'un procédé d'isolation de rampants de comble sous Avis Technique.

NOTE : La zone très froide est définie comme la zone où la température de base est inférieure à -15°C. La température de base est déterminée selon la NF P 52-612/CN.

NOTE : selon la destination du bâtiment, l'ensemble isolant + sous-face (faisant écran thermique) doit répondre :

- Pour les ERP et les locaux régis par le Code du Travail dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 m : aux critères de sécurité en cas d'incendie définis dans l'Article AM8 de l'arrêté du 06 octobre 2004, consolidé au 24 janvier 2010 ;
- Pour l'habitation et les locaux régis par le Code du Travail dont le plancher bas du dernier niveau est situé à moins de 8 m : au Cahier du CSTB 3231 (Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie).

4.4. Mise en œuvre en climat de plaine

4.4.1. Organisation de la mise en œuvre

Le charpentier a en charge la mise en œuvre des panneaux KLH, de ses fixations, des pannes, lambourdes ou chevrons selon le type de couverture retenu (cf. § 4.5 en climat de plaine et § 4.6 en climat de montagne).

Lorsqu'il existe, le pare-vapeur est mis en œuvre par une entreprise de couverture ou par le charpentier dans le cas d'isolation rapportée avec chevronnage.

Le couvreur met en œuvre l'ouvrage de couverture et lorsqu'ils existent, l'isolation et l'écran de sous-toiture.

4.4.2. Configurations de pose (cf. fig. B.2)

Les panneaux positionnés parallèlement ou perpendiculairement à l'égout sont mis en œuvre suivant leurs dimensions nominales (longueur jusqu'à 16,50 m et largeur de 2,40 à 2,95m). Ils reposent sur 2, 3 ou plus de 3 appuis, avec possibilités de porte à faux (cf. fig. B.2).

4.4.3. Assemblages des panneaux (cf. fig. B.1)

Les assemblages entre panneaux d'un même plan sont effectués soit par feuillure à mi-bois dans l'épaisseur du panneau, soit par feuillure sur l'une des faces avec interposition d'une bande de liaison en panneau contreplaqué ou 3 plis. Ces dispositions sont complétées par la mise en œuvre de vis à bois électro zinguées de diamètre 6 à 8 mm dont l'espacement est déterminé par le calcul.

Les panneaux sont juxtaposés sans jeu, les languettes de liaison présentent un jeu de 5 mm par rapport aux feuillures ou rainures exécutées dans les panneaux.

L'assemblage peut également être réalisé par des vis à double filetage posées à 45°.

Le désaffleure entre panneaux est au maximum de 2 mm.

4.4.4. Accessoires complémentaires

Les joints longitudinaux et transversaux sont généralement réalisés par la mise en œuvre d'un joint mousse de type « Compriband » entre les panneaux, ou par une bande adhésive disposée coté extérieur des panneaux.

4.4.5. Fixations des panneaux

La liaison entre les panneaux support de couverture et les structures les supportant est assurée par des vis à bois électro-zinguées de diamètre 8 à 10 mm dont l'espacement est déterminé par le calcul (ou boulons de diamètre équivalent dans le cas de structure porteuse métallique).

4.4.6. Mise en œuvre du pare-vapeur

La mise en œuvre d'un pare-vapeur est obligatoire lorsqu'un écran de sous-toiture, certifié QB et classé Sd1, est posé directement sur l'isolant (pas de ventilation en sous-face).

Dans le cas de mise en œuvre d'une isolation entre chevrons fixés aux panneaux CLT, le pare-vapeur est mis en œuvre conformément au cahier du CSTB 3560_V2.

Dans le cas de la mise en œuvre d'un procédé « Sarking », l'Avis Technique ou Document Technique d'Application du procédé prescrit la nécessité d'un pare-vapeur.

En climat de montagne, le pare-vapeur est obligatoire (cf. § 4.6.1) et conforme au Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011.

4.4.7. Pièces de bois support de couverture et leurs fixations

Trois cas de figure peuvent se rencontrer :

- Des tasseaux ou des contre-lattes parallèles au rampant (ex. Couvertures selon NF DTU 40.1 – 40.2 – 40.4) ;
- Des pannes/lambourdes perpendiculaires au rampant dans le cas de couverture où la ventilation peut se faire par les ondes des plaques (ex. Couvertures en plaques de fibres-ciment selon NF DTU 40.37 ou en plaques sous-tuiles sous DTA) ;
- Des pannes/lambourdes perpendiculaires au rampant et surélevées par des pièces ponctuelles de bois lorsque la ventilation ne peut pas se faire par les ondes des plaques (ex. Couverture en plaques nervurées selon NF DTU 40.35 ou NF DTU 40.36).

La fixation des pannes, lambourdes et chevrons entre eux et sur les panneaux KLH est assurée par des vis auto-perceuses de diamètre minimum 6 mm, ayant une longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 50 mm.

Les largeurs d'appuis de ces pièces de bois respectent les valeurs prescrites par les NF DTU de la série 40 concerné.

Leur hauteur doit permettre de ménager une lame d'air d'épaisseur égale ou supérieure à celle prescrite par le NF DTU ou le DTA dont relève la couverture envisagée.

Ces pièces de bois et leurs fixations sont dimensionnées et mises en œuvre par le charpentier.

4.4.8. Traitement des points singuliers

4.4.8.1. Egouts

Afin de limiter la hauteur des planches d'égout, les avancées de toiture en bas de pente sont réalisées par le prolongement des chevrons dans le système de couverture avec isolation entre chevrons, ou par la mise en œuvre de chevrons d'about dans le procédé « Sarking » (cf. Figure B.4 et B.5).

4.4.8.2. Rives latérales

Les avancées de toiture en rives latérales sont assurées par le dépassement des pannes ou abouts sur lesquels reposent une ou plusieurs rangées de chevrons (cf. Figure B.6).

4.4.8.3. Faîtages

Suivant le sens de pose des panneaux KLH, ceux-ci peuvent être ou non supportés par un appui continu au faîtage. L'assemblage des panneaux entre-eux est réalisé par vissage.

4.4.8.4. Noues et arêtières

Suivant le sens de pose des panneaux KLH, ceux-ci peuvent être ou non supportés par un appui continu (arêtière). L'assemblage des panneaux entre-eux est réalisé par vissage.

4.5. Couvertures en climat de plaine

4.5.1. Isolation

4.5.1.1. Isolation entre chevrons

Selon les performances exigées par le marché, l'isolant est posé, selon son épaisseur en 1 ou 2 couches (cf. Fig. B.5a à B.5d). Si cette isolation est visée par un Avis Technique, s'y référer pour sa mise en œuvre.

Isolant monocouche

L'isolant est posé en une couche répartie entre les chevrons disposés parallèlement à la pente. En partie basse les panneaux isolants sont bloqués par une entretoise.

Isolant bicouche

L'isolant est posé en deux couches croisées, l'une posée perpendiculairement à la pente entre les pannes, et la suivante parallèlement à la pente entre les chevrons.

Une structure rapportée sur les chevrons recevant la couverture (lattage et/ou contre-lattage, voligeage) doit permettre de créer les conditions de ventilation nécessaires (cf. NF DTU mentionnés au § 4.1.3).

4.5.1.2. Procédé « Sarking »

L'isolant est posé de manière continue sur les panneaux (hors recoupement en ERP).

Dans le procédé « Sarking » les éléments supports de la couverture (contre lattes, liteaux, etc..) sont fixés directement dans le panneau KLH au travers de l'isolant. Dans ce cas, les panneaux KLH ont une épaisseur minimale de 80 mm.

Les Avis techniques des procédés d'isolation SARKING sont à respecter tant pour la conception que pour la mise en œuvre.

4.5.2. Ecran de sous-toiture (climat de plaine uniquement)

La pose d'un écran de sous-toiture, certifié QB, peut être rendue nécessaire lorsque la fonction écran de sous-toiture pour la récupération de la neige poudreuse et évacuation des eaux de fonte vers l'égout est prescrit par les NF DTU et Avis Techniques de la couverture envisagée.

L'écran souple de sous-toiture est mis en œuvre selon la norme NF DTU 40.29.

4.5.3. Couverture

4.5.3.1. Couverture en ardoises

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions des NF DTU 40.11 ou NF DTU 40.13.

La pose directe des ardoises sur les panneaux KLH n'est pas admise.

Les liteaux ou les voliges sont placés et ancrés dans les pièces de bois définies au § 4.4.7.

4.5.3.2. Couverture en bardeaux bitumés

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions du NF DTU 40.14.

Les bardeaux bituminés ne sont jamais mis en œuvre directement sur les panneaux KLH comme supports direct de couverture.

Le support direct de couverture (volige ou panneaux à base de bois) suivant § 3.2.2 du NF DTU 40.14, est fixé dans les pièces de bois définies au § 4.4.7 selon le type de conception envisagée.

4.5.3.3. Couverture en tuiles

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions des NF DTU de la série 40.2.

La pose directe des tuiles sur les panneaux KLH n'est pas admise.

Les liteaux sont posés et fixés sur les pièces de bois définies au § 4.4.7.

Les dimensions des contre-liteaux sont choisies de façon à ce qu'il subsiste un espace minimal de 2 cm en sous-face de la tuile.

4.5.3.4. Couvertures en plaques nervurées

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions des NF DTU de la série 40.35 et 40.36.

Les conditions de ventilation à respecter sont définies dans ces NF DTU (cf. Fig. B.10).

La pose directe sur les panneaux KLH n'étant pas possible, il est nécessaire de poser les plaques sur lambourdes définies au § 4.4.7(cf. figure B.10) , elles-mêmes sur pièces de bois pour permettre la ventilation en sous-face de la couverture .

4.5.3.5. Couvertures en feuilles et longues feuilles métalliques sur voligeage et ventilation en sous face

La pose des éléments métalliques n'est pas autorisée en contact direct avec les panneaux KLH.

La mise en œuvre s'effectue sur chevrons ou tasseaux définis au § 4.4.7, en y fixant un platelage ventilé continu conforme aux NF DTU de la série 40.4* afin de supporter la couverture en feuilles métalliques.

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions des NF DTU de la série 40.4*.

4.5.3.6. Couverture en feuilles et longues feuilles métalliques Delta VMZINC® pour bâtiments ouvert (cf.Fig B.9a et B.9b)

Ce type de mise en œuvre est exclusivement réservé aux toitures froides où les conditions climatiques en sous face de panneaux sont comparables aux conditions climatiques extérieures (bâtiments ouverts ventilés par l'air extérieur - exemple : tribunes ou hangars ouverts non chauffés, etc.).

Une telle conception n'est envisageable qu'avec le procédé de couverture « Delta VMZINC® » de la société VM Building Solutions bénéficiant d'un Document Technique d'Application en vigueur. On s'y référera particulièrement afin de prendre connaissance de :

- la limitation au climat de plaine en France européenne (hors climat de montagne) ;
- des limites de mise en œuvre, telles les pentes de toiture,
- les éléments et matériaux adaptés à la réalisation de la couverture (systèmes de fixation, écran d'interposition, etc.).

4.5.3.7. Couverture en tuile métalliques

Il peut être envisagé de réaliser des couvertures avec tuiles métalliques.

On se référera aux DTA de ces produits pour en connaître les limitations et préconisations de mise en œuvre.

On limitera leur utilisation à la réalisation de toiture froide, incluant donc la création d'une lame d'air ventilé en sous face du support de couverture rapporté sur les panneaux KLH, notamment le recours systématique à un écran de sous toiture.

Les liteaux support des tuiles métalliques sont posés sur des contre-liteaux, sous lesquels est systématiquement prévu un écran de sous-toiture souple, conformément au DTA du procédé de couverture en tuiles métalliques. Les liteaux support des tuiles métalliques sont fixés dans les pièces de bois définies au § 4.4.7.

4.5.3.8. Couverture en bac métalliques autoportant Kalzip® Droit

Il peut être envisagé de réaliser des couvertures en bac métalliques autoportants à joints sertis ou à emboîtement avec le procédé Kalzip® Droit, bénéficiant d'un Document Technique d'Application.

On limitera leur utilisation à la réalisation de toiture froide non isolée, incluant donc la création d'une lame d'air ventilé en sous face des bacs Kalzip® sur les panneaux KLH.

Les bacs métalliques Kalzip® droits sont posés sur pattes directement fixées à l'élément porteur. La hauteur des pattes doit permettre de ménager en sous-face des bacs, une lame d'air ventilée d'épaisseur (25 mm minimum) conforme au Document Technique d'Application du procédé de couverture Kalzip® Droit.

4.5.3.9. Couverture en plaques de fibres-ciment

La mise en œuvre des couvertures en plaques profilées de fibres ciment est faite conformément aux dispositions du NF DTU 40.37.

Les conditions de ventilation à respecter sont définies dans ce NF DTU.

La pose directe sur les panneaux KLH n'étant pas possible, il est nécessaire de poser les plaques sur lambourdes.

Pour les plaques de fibres-ciment support de tuiles se reporter aux DTA correspondant.

Dans le cas où la ventilation par les seules ondes des plaques de fibres-ciment suffit par application du NF DTU 40.37 ou du DTA des plaques de fibres-ciment support de tuiles, les lambourdes peuvent être posées directement sur les panneaux KLH (cf. figure B.10a).

Dans le cas contraire, les lambourdes sont posées et fixées dans les pièces de bois définies au § 4.4.7(cf. figure B.10b).

4.5.4. Traitement des points singuliers

4.5.4.1. Egouts

Afin de limiter la hauteur des planches d'égout, les avancées de toiture en bas de pente sont réalisées par le prolongement des chevrons dans le système de couverture avec isolation entre chevrons, ou par la mise en œuvre de chevrons d'about dans le procédé « Sarking » (cf. Figure B.4 et B.5).

4.5.4.2. Rives latérales

Les avancées de toiture en rives latérales sont assurées par le dépassement des pannes ou abouts sur lesquels reposent une ou plusieurs rangées de chevrons (cf. Figure B.6).

Les isolants de toiture sont arrêtés et maintenus, suivant les cas, par un chevron, une entretoise de fermeture disposées entre pannes ou par l'isolant de façade qui pourra être maintenu par une structure secondaire.

4.5.4.3. Faîtages

Suivant le sens de pose des panneaux KLH, ceux-ci peuvent être ou non supportés par un appui continu au faitage.

L'assemblage des panneaux entre-eux est réalisé par vissage.

Le faitage est traité en pose scellée ou avec closiers, en prenant soin de préserver une ventilation de sous face.

4.5.4.4. Noues et arêtières

Une volige de fond de noue est clouée sur les contre-lattes de chaque versant, et supportera la noue métallique relevée de part et d'autre contre le premier liteau support de la couverture. Pour ces points singuliers de couverture, il y aura lieu de veiller à conserver la ventilation en sous face des éléments.

4.5.5. Réalisation d'ouvertures pour pénétrations discontinues (cf. fig. B.11a et 11b)

Pénétration des conduits de fumée et de ventilation, souches de cheminée, châssis d'éclairage et de ventilation.

L'étanchéité aux raccords est réalisée de façon identique à une couverture traditionnelle. Pour le passage des conduits de fumée, la distance de sécurité est garnie d'un matériau isolant incombustible afin de protéger les panneaux et les structures complémentaires.

4.5.6. Dispositions relatives à la sécurité incendie dans les ERP

Un recoupement du plan de toiture doit être réalisé par l'interposition d'une barrière étanche au flux thermique, aux effluents gazeux et matières fondues, au droit des écrans de cantonnement (simple ou double mur). Cette barrière de recoupement est réalisée sur chantier par le prolongement du panneau KLH séparatif, ou par une pièce de bois massif d'une épaisseur de 7 cm minimum (cf. figures B.13a et 13b).

4.6. Mise en œuvre en climat de montagne (lot couverture)

4.6.1. Généralités (cf. fig. B12)

Les dispositions du § 4.5 « Mise en œuvre en climat de plaine » s'appliquent.

La mise en œuvre d'un pare-vapeur en sous-face de l'isolant d'une valeur Sd de 57 m (perméance $\leq 0,00158$ g/m².h.mmHg) minimum est obligatoire.

Le pare-vapeur doit être conforme aux prescriptions du Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011.

Les types de couverture réalisables sur panneaux KLH en climat de montagne, suivant prescriptions des NF DTU associés et le Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011, sont les :

- Ardoises naturelles (NF DTU 40.11) ;
- Bardeaux bituminés (NF DTU 40.14) ;
- Grands éléments en feuilles et longues feuilles de zinc, d'acier inoxydable étamé ou de cuivre (NF DTU 40.4*) ;
- Tôles d'acier nervurées (NF DTU 40.35).

Les éléments de couverture faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un DTA visant une utilisation en climat de montagne sont également utilisables sur panneaux KLH. Leur mise en œuvre est décrite dans les Avis Techniques / DTA correspondant.

La conception et la réalisation de couvertures en climat de montagne doivent respecter les préconisations du Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011.

4.6.2. Etanchéité complémentaire mise en œuvre sur platelage bois ventilé en sous-face

Elle doit être citée dans le Document Technique d'Application d'un revêtement d'étanchéité visant la mise en œuvre sur élément porteur en panneaux bois ou à base de bois.

On se référera au Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011 pour intégrer les prescriptions de mise en œuvre de l'étanchéité complémentaire dans la conception de la couverture, notamment la mise en œuvre d'un platelage bois ventilé en sous-face et le traitement des points singuliers.

L'étanchéité complémentaire est placée sur son support mis en œuvre sur des contrelattes posées :

- Soit sur l'isolant dans le cas du Sarking, en respectant le DTA de ce dernier. Ces contrelattes sont ancrées dans les panneaux KLH.
- Soit sur les tasseaux ou les chevrons ou les pannes/lambourdes définies au § 4.7. Selon l'épaisseur de ces derniers éléments, les fixations de ces contrelattes sont ancrées dans ceux-ci ou dans le panneau KLH après vérification mécanique.

4.6.3. Ventilation de la couverture et de l'étanchéité complémentaire, mise en œuvre de l'isolation thermique

La ventilation de la sous-face de la couverture doit être assurée dans tous les cas.

Si un isolant thermique est disposé le long du rampant sur le panneau KLH, un espace ventilé doit être ménagé entre la sous-face du support de l'étanchéité complémentaire, et la surface de l'isolant.

Dans tous les cas, la ventilation doit être assurée par la mise en œuvre de dispositifs appropriés, notamment :

- D'entrées d'air à l'égout dans l'avant-toit, ou à l'aide du pied de versant ;
- D'un faitage ventilé assurant la sortie de l'air en haut de versant ;
- D'une ou plusieurs cheminées de ventilation en haut de versant
- De prises d'air en pignons, lorsque la largeur de la toiture n'excède pas 12 mètres (sans obstacle à la ventilation dans le comble) ;

- De la suppression de tout obstacle à la ventilation dans le comble.

Ce cas n'est possible que s'il existe un espace suffisamment vaste pour permettre la ventilation (cf. § 2.4.1.2 a de la partie 2 du Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011).

4.6.4. Couvertures en toiture froide en climat de montagne

La pose des couvertures est réalisée conformément aux prescriptions du Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011.

Les couvertures sont mises en œuvre en climat de montagne selon le principe de la double toiture ventilée défini dans le guide susmentionné.

4.6.4.1. Couverture en ardoises naturelles (cf. § 4.5.3.1)

Les ardoises naturelles sont mises en œuvre en climat de montagne selon le principe de la double toiture ventilée.

4.6.4.2. Couverture en ardoises fibres-ciment (cf. § 4.5.3.9)

Les ardoises fibres-ciment sont mises en œuvre conformément au DTA de l'ardoise visant son application en climat de montagne.

4.6.4.3. Couverture en bardeaux bitumés (cf. § 4.5.3.2)

La conception et la réalisation de la couverture en climat de montagne sont à envisager sur le principe de la double toiture ventilée.

4.6.4.4. Couverture en plaques nervurées (cf. § 4.5.3.4)

On attachera une attention toute particulière à la conception de la toiture en climat de montagne notamment vis-à-vis de la réalisation d'une ventilation conforme au Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011.

4.6.4.5. Couverture en feuilles et bandes métalliques (cf. § 4.5.3.5)

La conception traditionnelle de cette toiture en climat de montagne se fait suivant le principe de la double-toiture ventilée avec étanchéité complémentaire ventilée sur ses deux faces telle que décrite dans les NF DTU de la série 40.4*.

Les couvertures en plomb ne sont pas autorisées pour cette application.

4.6.4.6. Couverture en tuiles métalliques (cf. § 4.5.3.7)

Compte-tenu de leur caractère non traditionnel, ces toitures ne peuvent être envisagées que si le domaine d'emploi de l'Avis Technique ou du DTA du produit envisagé vise leur utilisation en climat de montagne.

4.7. Mise en œuvre en DROM de la Réunion et Mayotte

Le type de couverture froide ventilée (sans isolation) réalisable sur panneaux KLH en DROM de la Réunion et Mayotte, suivant prescriptions des Avis Techniques de couverture visant cet emploi, est le bac métallique autoportant à joints sertis ou à emboîtement du procédé Kalzip® Droit, bénéficiant d'un Document Technique d'Application.

On limitera leur utilisation à la réalisation de toiture froide non isolée, incluant donc la création d'une lame d'air ventilé en sous face des bacs Kalzip® sur les panneaux KLH.

Leur mise en œuvre est décrite dans le Document Technique d'Application Kalzip® Droit. Les pattes de fixation des bacs sont ancrées directement dans les panneaux KLH, en le considérant comme du bois massif de même épaisseur. Leur hauteur doit être choisie pour obtenir une épaisseur de lame d'air ventilé conforme au Document Technique d'Application du procédé de couverture.

4.8. Assistance Technique

La conception et le calcul des panneaux KLH ainsi que les pièces de bois définies au § 4.7, sont à la charge du Bureau d'Études Techniques qui doit également fournir un plan de pose complet.

La société LIGNATEC fournit une assistance technique sur demande en phase de conception et de préparation d'exécution de la structure.

4.9. Coordination

Le bureau d'études, le charpentier en charge de la réalisation de la structure et le couvreur doivent se coordonner afin d'assurer la gestion des interfaces entre leurs activités respectives. Il s'agira par exemple de vérifier l'adéquation des poids propres des matériaux de couverture mis en œuvre, de la faisabilité des fixations et assemblages, etc.

4.10. Acceptation du support de couverture

Le support constitué par le charpentier doit faire l'objet d'une acceptation contradictoire avec le couvreur, portant sur les points suivants :

- Planéité du plan de pose avec notamment limitation du désaffleurement entre deux panneaux ± 2 mm, compatible avec la nature des éléments à mettre en œuvre, et notamment l'isolant pour les couvertures ;

- Respect de la pente prescrite par la maîtrise d'œuvre conformément au NF DTU, DTA ou à l'Avis Technique dont relève la couverture adoptée et intégrant notamment les prescriptions de la partie Avis et du Dossier Technique.
- Contrôle de la siccité du support selon le § 8.3 du cahier du CSTB 3814.

Figures du § 4 de l'Annexe B

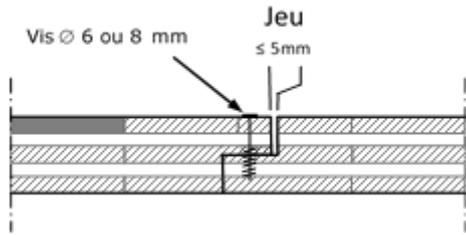


Figure B.1a – Assemblage par feuillure à mi-bois dans l'épaisseur du panneau

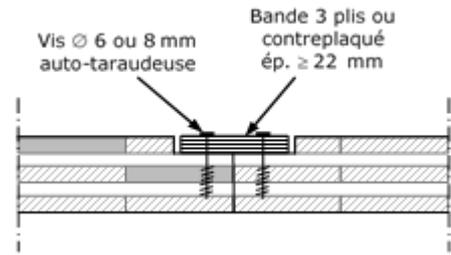


Figure B.1b – Assemblage par interposition d'une bande de liaison (joint languette)

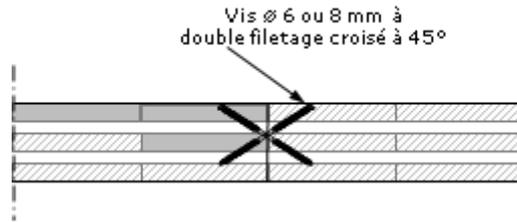


Figure B.1c – Assemblage par vis à double filetage lardées à 45° ou vis à filetage total

Figure B.1 – Assemblage des panneaux KLH

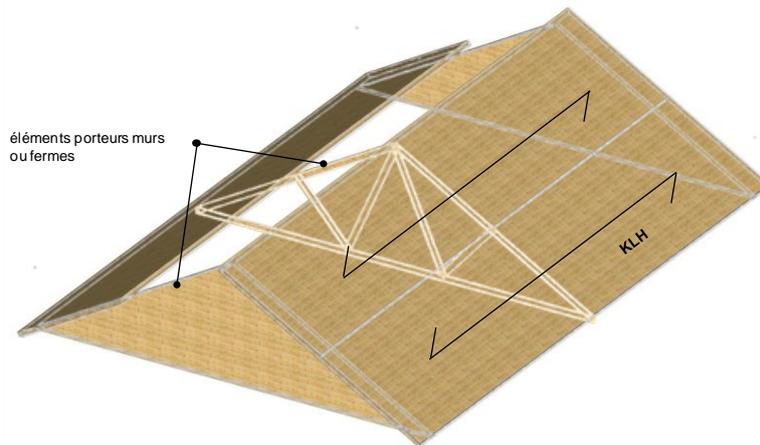


Figure B.2a - Panneaux KLH positionnés perpendiculairement à la pente

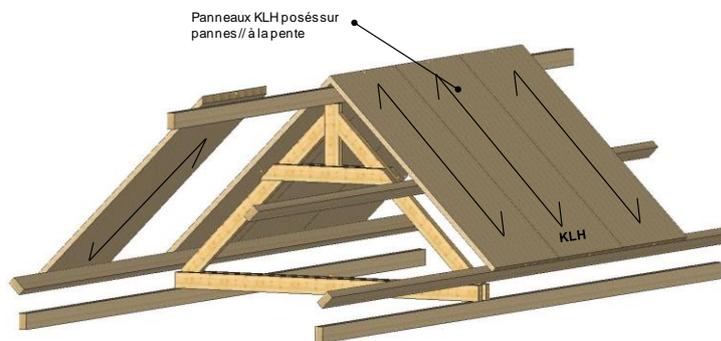


Figure B.2b - Panneaux KLH positionnés parallèlement à la pente - Pose en chevron

Figure B.2 - Pose des panneaux KLH

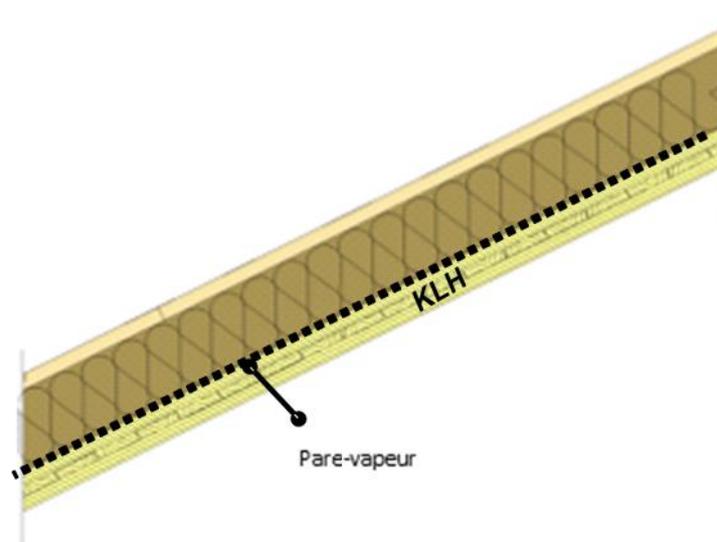


Figure B.3 - Pose en sarking (cf. AT/DTA du procédé de sarking)

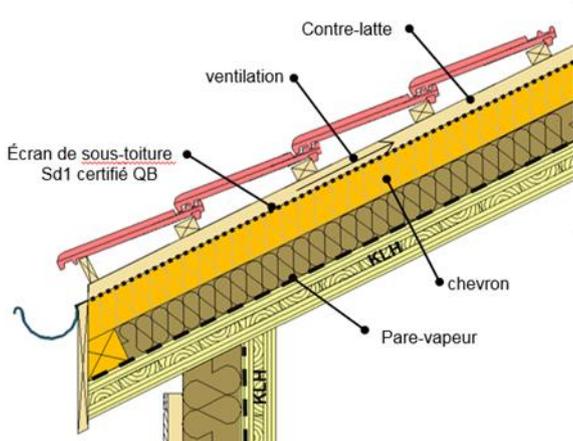


Figure B.4a - Avancée avec support KLH

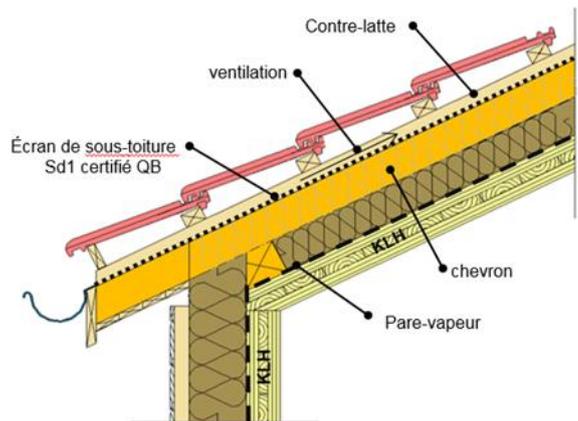


Figure B.4b - Avancée avec chevron d'about

**Figure B.4 - Avancées de toiture en égout
Climat de plaine**

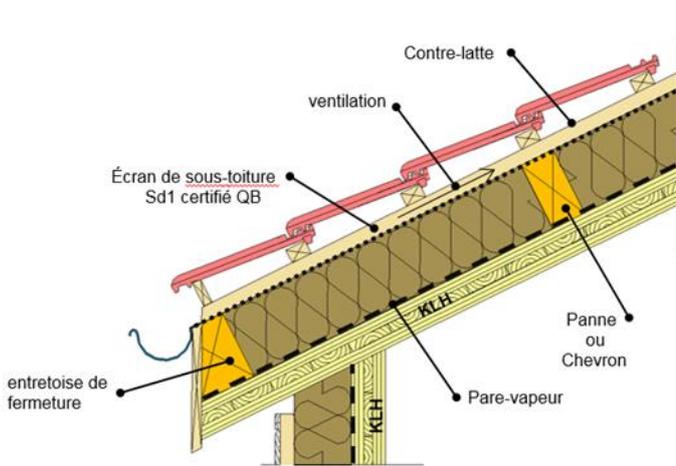


Figure B.5a - Avancée isolant monocouche

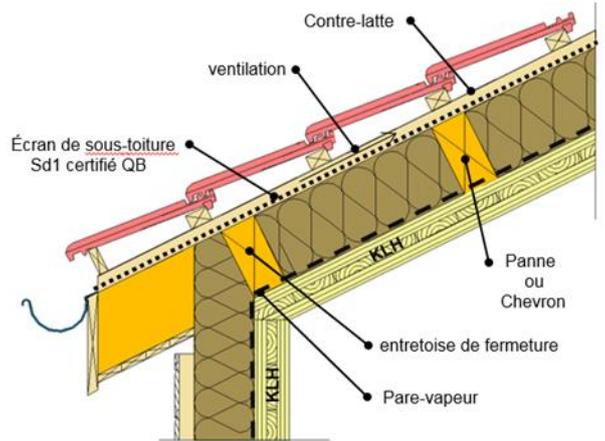


Figure B.5b - Avancée isolant monocouche

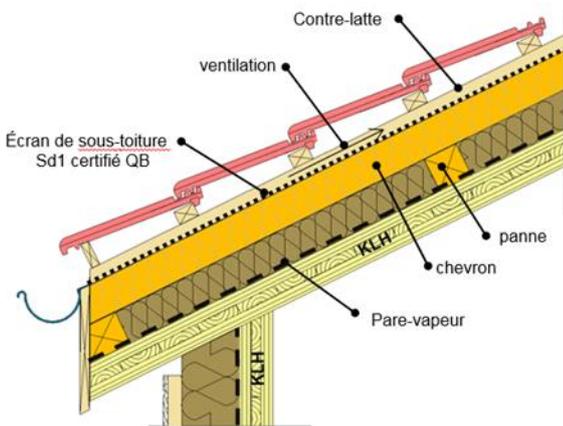


Figure B.5c - Avancée isolant bicouche

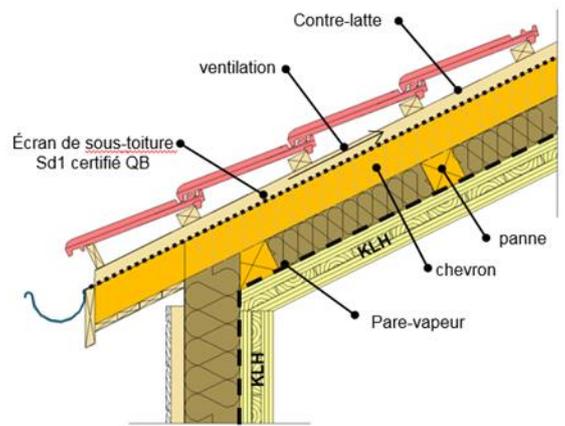


Figure B.5d - Avancée isolant bicouche

**Figure B.5 - Avancées de toiture en égout – Procédé « Pannes-chevrons »
Climat de plaine**

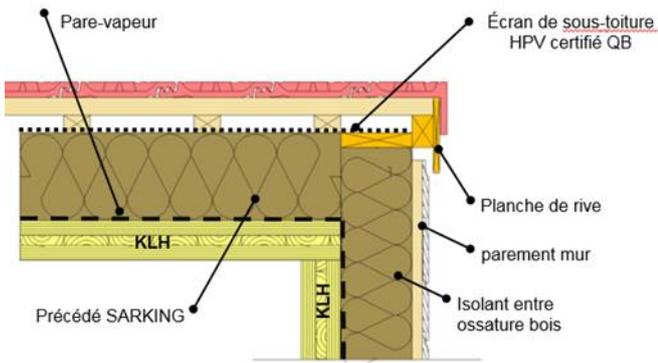


Figure B.6a - rive sans débord

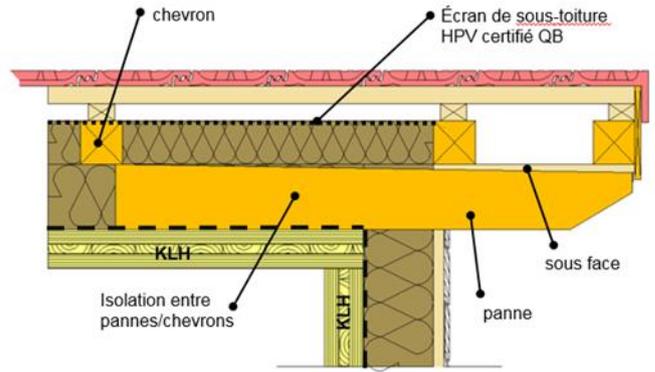


Figure B.6b - rive avec débord

Figure B.6 - Détail de rive – climat de plaine

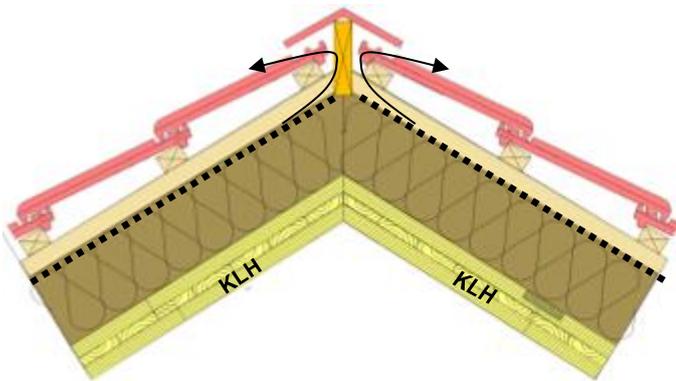


Figure B.7a - Faîtage en technique « SARKING »

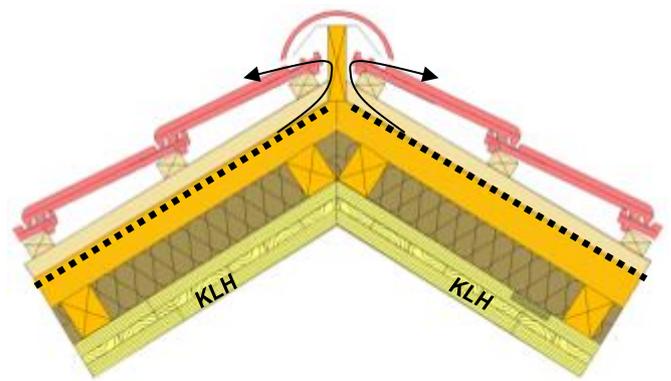


Figure B.7b - Faîtage avec pannes-chevrons

Figure B.7 - Détail de faîtage – Climat de plaine

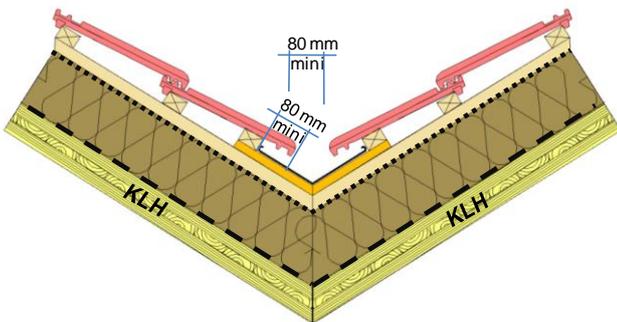


Figure B.8a - Noue en technique « SARKING »

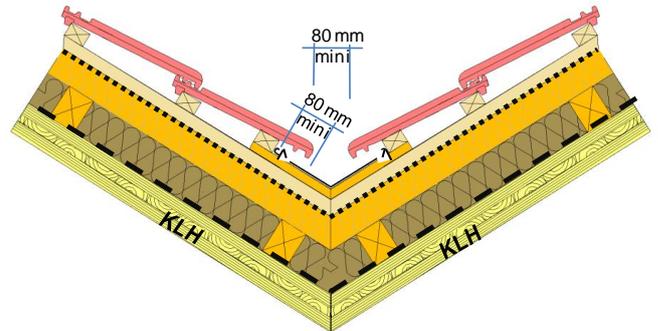


Figure B.8b - Noue avec pannes-chevrons

Figure B.8 - Détail de noue – Climat de plaine

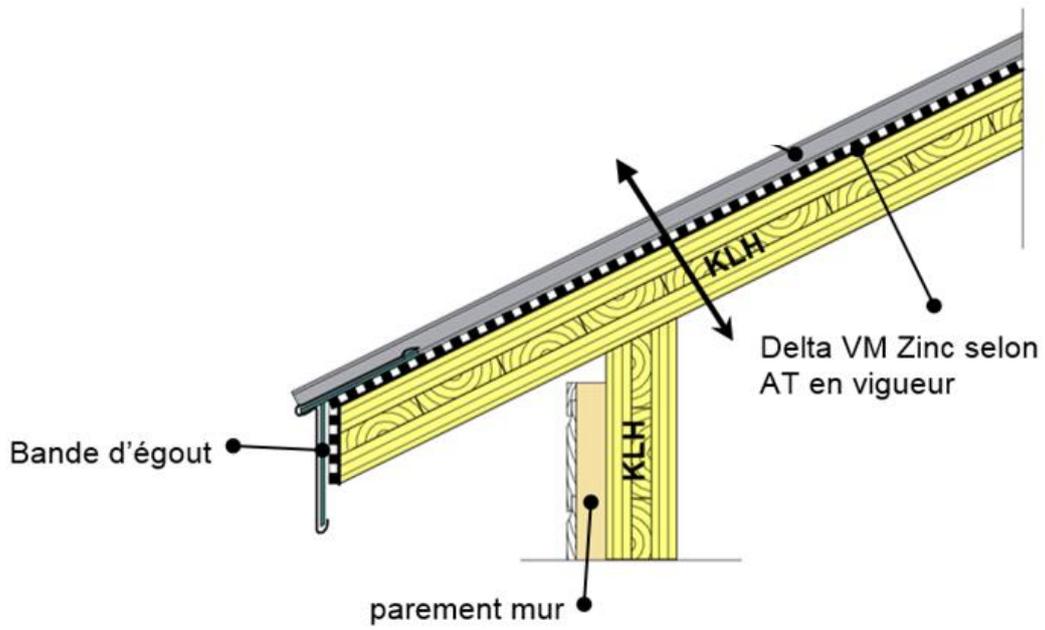


Figure B.9a - Détail d'égout uniquement en bâtiment ouvert
Panneau KLH ventilé en sous-face - Cf § 4.5.3.6
Climat de plaine

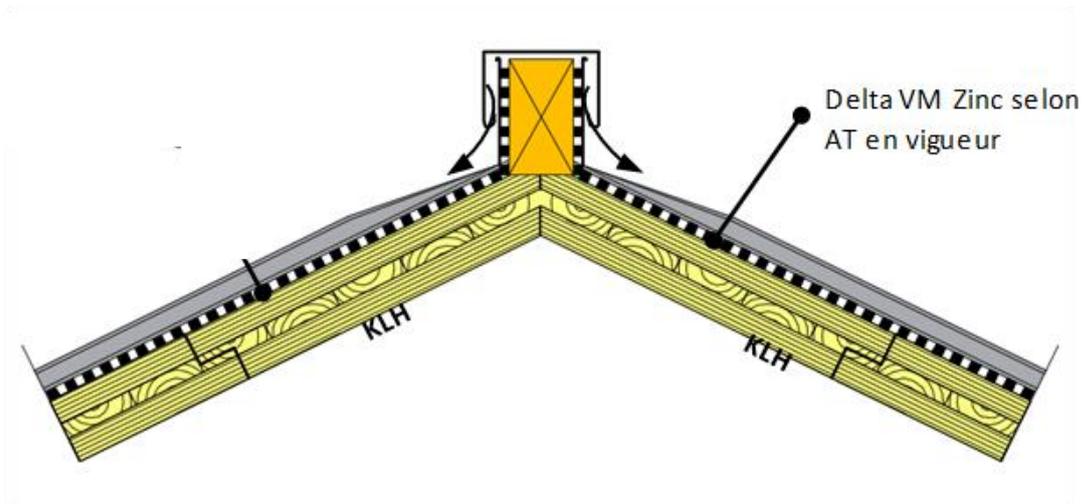
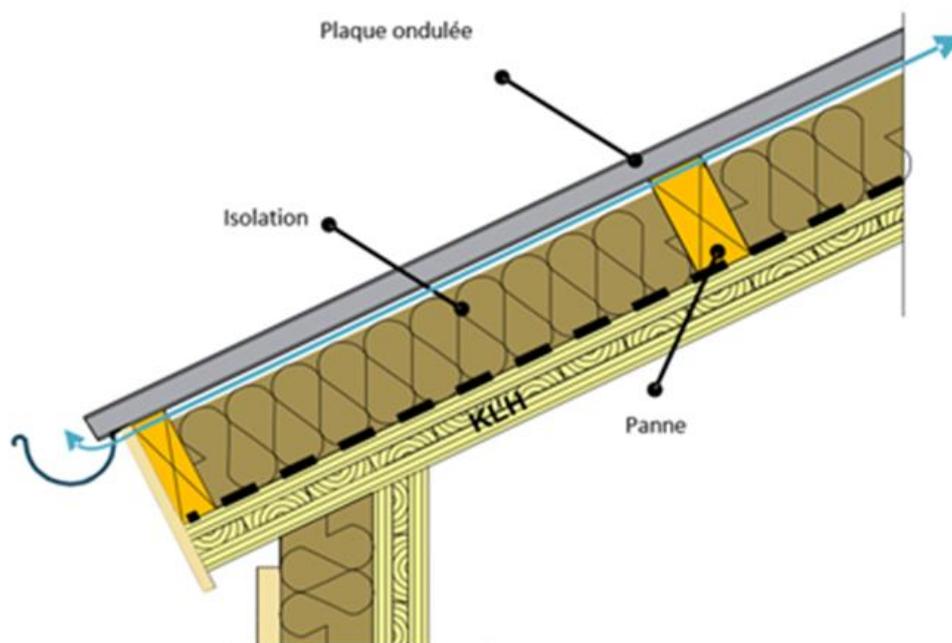
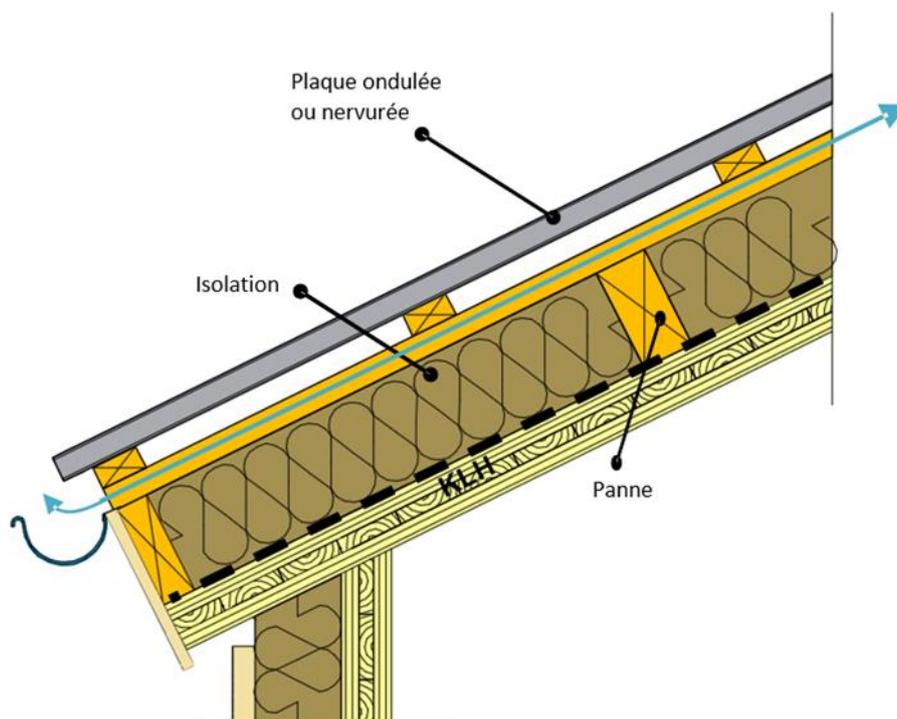


Figure B.9b - Détail de faitage uniquement en bâtiment ouvert
Panneau KLH ventilé en sous-face - Cf § 4.5.3.6
Climat de plaine



**Figure B.10a – Couverture en plaques ondulées en fibres-ciment
Cas où la section des ondes des plaques est suffisante pour la ventilation en sous-face -
Climat de plaine**



**Figure B.10b – Couverture en plaques nervurées métalliques ou ondulées fibres-ciment avec chevron de ventilation
Cas où la section des ondes des plaques ondulées n'est pas suffisante pour la ventilation en sous-face
Climat de plaine**

Figure B.10 – Couverture en plaques nervurées métalliques ou ondulées fibres-ciment - Climat de plaine

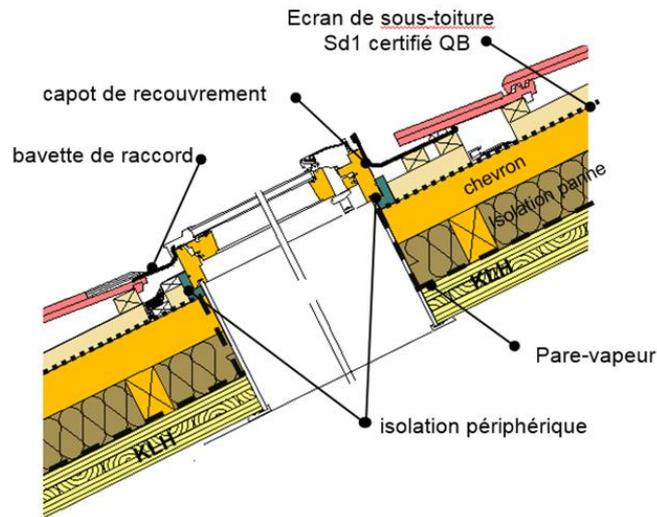


Figure B.11a - Ouverture dans toiture avec chevrons

NB : en amont de la fenêtre de toit, l'EST est mis en œuvre comme prescrit par le DTU 40.29. De plus, l'AT de la fenêtre de toit est à respecter

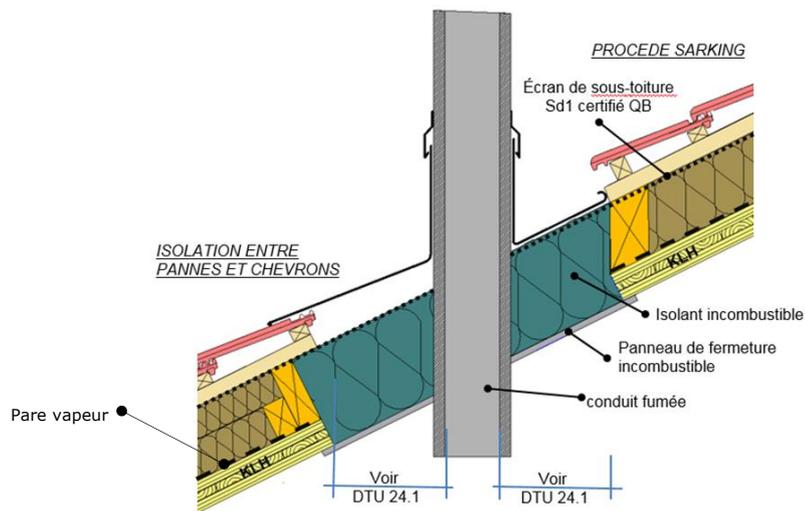


Figure B.11b - Pénétration

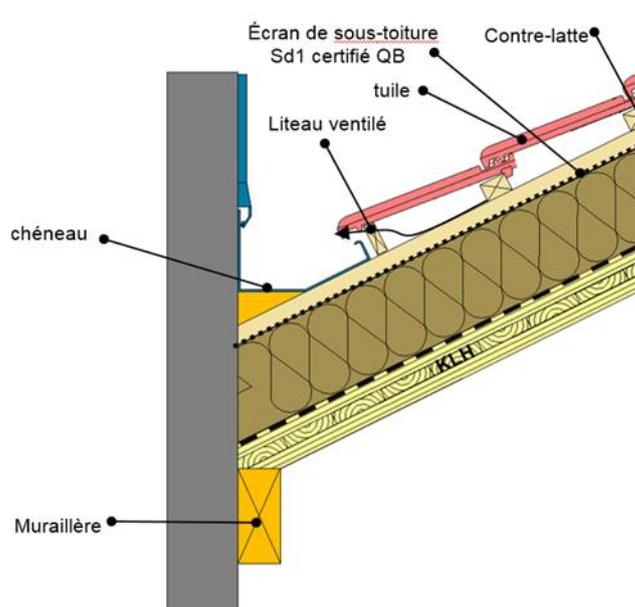


Figure B.11c - Détail de raccord sur mur

**Figure B.11 - Détails sur ouvertures, pénétrations et raccords
Climat de plaine**

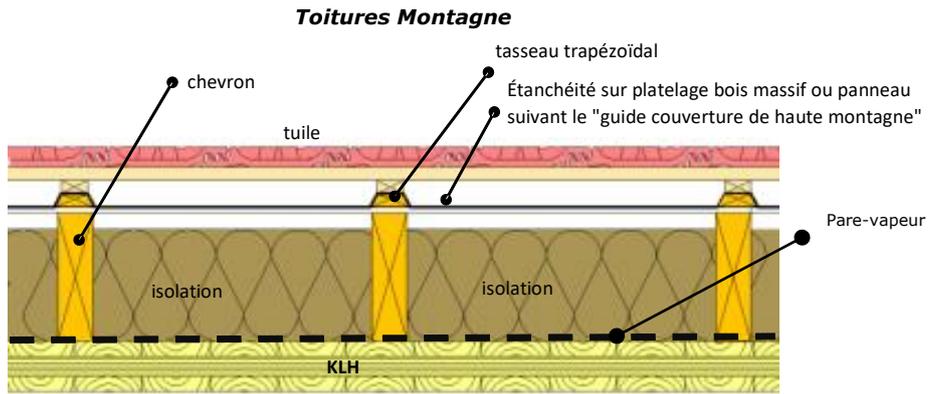


Figure B.12a - toiture avec chevrons

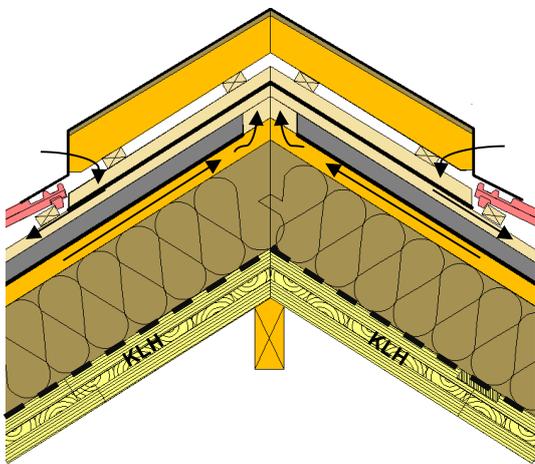


Figure B.12b - Détail de faitage

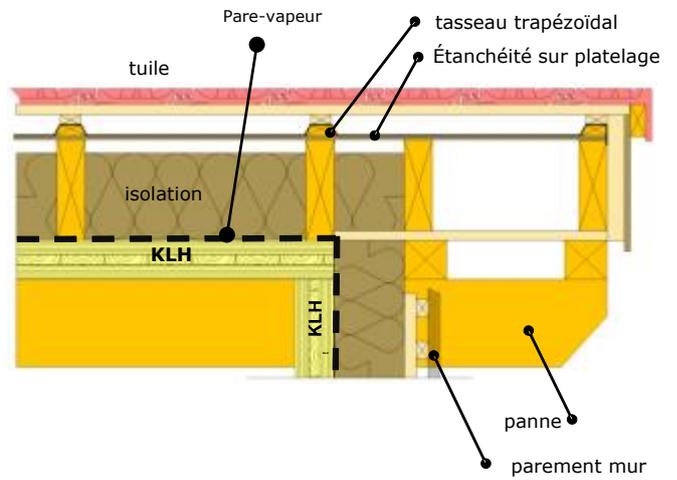
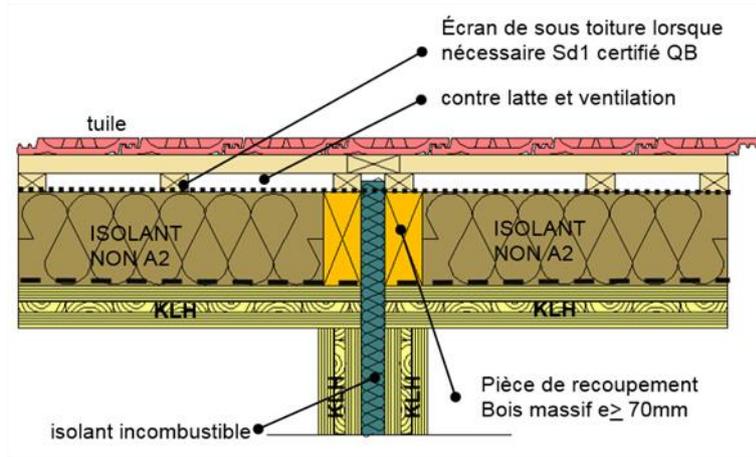


Figure B.12c - Détail de rive

Figure B.12 - Toitures en climat de montagne



Note : il ne s'agit pas d'un joint de dilatation

Figure B.13a - Détail de recouvrement au droit des écrans de cantonnement (double murs)

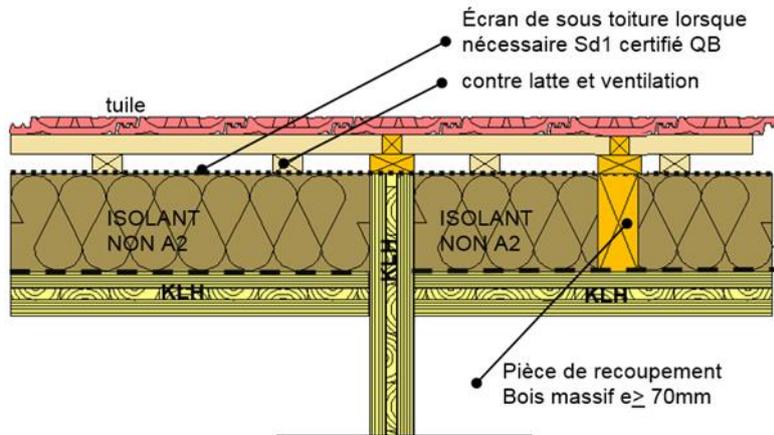


Figure B.13b - Détail de recouvrement au droit des écrans de cantonnement (simple mur)

Figure B.13 - Détail de recouvrement - Climat de plaine

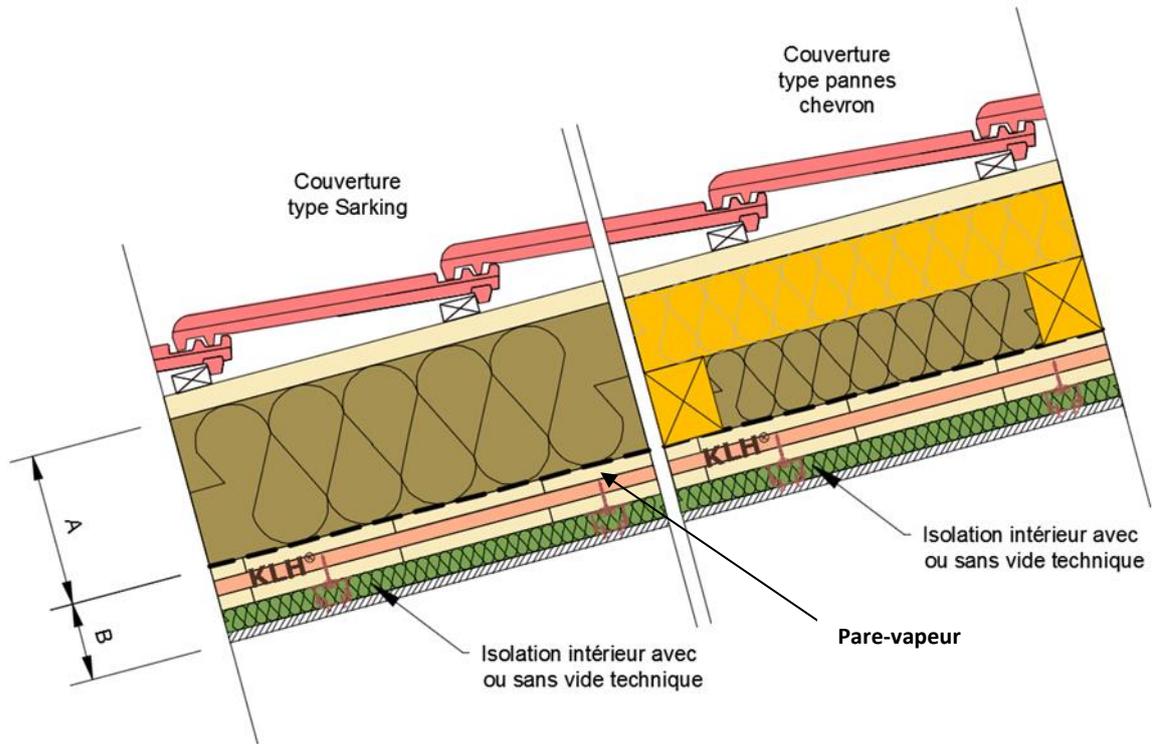


Figure B.14 – Configuration avec un complément d'isolation intérieure

Note : Conformément au § 4.3 :

A correspond à la résistance thermique de l'isolant extérieur égale au minimum au 2/3 de la résistance thermique totale en climat de plaine et à 3/4 de la résistance thermique totale en climat de montagne ou en zones très froides.

B correspond à la résistance thermique des composants intérieurs égale au maximum à 1/3 de la résistance thermique totale en climat de plaine et à 1/4 de la résistance thermique totale en climat de montagne ou en zones très froides.