

# Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3.3/12-731\_V2**

Annule et remplace l'Avis Technique 3+5/12-731\*V1 et ses Additifs 3+5/12-731\*01 Add et 3+5/12-731\*02 Add

*Panneaux bois à usage  
structurel – mur et  
plancher  
Cross laminated timber  
panels*

## Panneaux KLH

Relevant de l'Evaluation Technique Européenne	<b>ETA-06/0138</b>
--	--------------------

**Titulaire :** KLH – MASSIVHOLZ GmbH  
A-8842 KATSCH an der Mur 202  
AUTRICHE

Tél. : +43 (0)35.88/88.35.00  
Fax : +43 (0)35.88/88.35.20  
E-mail : office@klh.at  
Internet : www.klh.at

**Distributeur :** LIGNATEC  
88, Avenue des Vosges  
F-88100 REMOMEIX

Tél. : +33 (0)3.29.56.27.27  
Fax : +33 (0)3.29.56.27.28  
E-mail : contact@lignatec.fr  
Internet : www.lignatec.fr

### Groupe Spécialisé n° 3.3, n°5.1 et n°5.2

Structure tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure,  
Produits et procédés de couvertures et Produits et procédés d'étanchéité  
de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage

Publié le 12 décembre 2017



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques  
d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques  
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2  
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

**Le Groupe Spécialisé n° 3.3 « Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure », n° 5.1 « Produits et procédés de couvertures » et n° 5.2 « Produits et procédés d'étanchéité de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage » de la commission chargée de formuler des Avis Techniques, a examiné le 16 octobre 2012, le 01 octobre 2013, le 04 octobre 2016 et le 16 mai 2017, les procédés de panneaux bois à usage structural Panneaux KLH, présenté par la société KLH MASSIVHOLZ GmbH. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis Techniques 3+5/12-731\*V1 et ses Additifs 3+5/12-731\*01Add et 3+5/12-731\*02Add. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Les panneaux structuraux KLH sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif, emplées 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, de murs porteurs ou 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.

Les panneaux structuraux 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 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

### 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 ETA-06/0138. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE

### 1.3 Identification

Les panneaux, ainsi que leur bon de livraison, font l'objet d'un marquage, une fois qu'ils ont satisfait les exigences décrites au §5.2 du Dossier Technique, indiquant:

- 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'Agrément Technique Européen ETA-06/0138.

## 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 (§2.3).

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Le domaine d'emploi proposé (§1 de la description) est accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3 + 5.1 + 5.2, à savoir les utilisations dans les bâtiments d'habitation, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

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

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

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

Pour la réalisation des murs porteurs et/ou à fonction de contreventement, le procédé est limité à la réalisation de bâtiments d'habitation, bureaux, ainsi qu'aux bâtiments industriels, agricoles et établissements recevant du public. Les limitations du domaine d'emploi résultent

alors du respect de la réglementation en vigueur applicable à ces bâtiments, notamment vis-à-vis de la résistance au feu du procédé.

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, et D1 au sens de la norme NF EN 1991-1-1. La réalisation de planchers avec des panneaux nervurés est visée dans le présent Avis Technique dans les conditions fixées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§2.31).

L'Avis est formulé en excluant la reprise des cloisons maçonnées ou fragiles. Les revêtements fragiles doivent être mis en place en pose désolidarisée sur un procédé faisant l'objet d'un Avis Technique visant les supports bois.

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.

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

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

Les toitures froides ou chaudes, isolées ou non isolées, sont établies en climat de plaine ou de montagne.

En climat de montagne, ce procédé d'élément porteur et support de systèmes d'étanchéité peut être employé en partie courante dans les conditions prévues par le « Guide des toitures-terrasses et toitures avec revêtements d'étanchéité en climat de montagne » (*Cahier du CSTB 2267-2* de septembre 1988).

Les toitures sont classées selon leur destination :

- Toitures-terrasses et toitures inclinées inaccessibles, avec chemins de circulation éventuels, les toitures-terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales ne sont pas revendiquées en Annexe A ;
- Toitures inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïques avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique ;
- Toitures à zones techniques (sans chemin de roulement des appareils d'entretien de façades) ;
- Terrasses et toitures végétalisées ;
- Terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots.

Et les toitures inversées pour ces destinations d'emploi.

Ce procédé d'élément porteur et support de systèmes d'étanchéité n'est pas revendiqué pour une utilisation dans les départements d'outre-mer (DOM).

L'emploi en toitures accessibles aux piétons et au séjour est possible avec une protection par dalles sur plots sur un système d'étanchéité spécifique défini au § 4 du Dossier Technique.

L'emploi du procédé en support ou en élément porteur de système d'étanchéité est possible dans les cas suivants :

- Panneaux structuraux KLH utilisés comme support : le revêtement d'étanchéité est indépendant ou semi-indépendant ou adhérent ;
- Panneaux structuraux KLH utilisés comme élément porteur : l'isolant support et le pare-vapeur sont associés à un revêtement d'étanchéité indépendant ou semi-indépendant ou adhérent.

Le revêtement d'étanchéité en asphalte traditionnel peut être utilisé dans les conditions prévues au Dossier Technique, de pente 3 % au maximum. Ceux en asphalte non traditionnel, mixte sous asphalte, en feuilles bitumineuses ou en membrane synthétique, et les panneaux isolants éventuels, doivent bénéficier d'un Document Technique d'Application visant l'élément porteur bois ou panneaux à base de bois.

Les toitures peuvent comporter :

- Des noues à pente nulle ;
- Des chemins de circulation, de pente 50 % au maximum ;
- Des zones techniques, de pente 7 % au maximum ;
- Un procédé de végétalisation ;
- Une protection par dalles sur plots, de pente 5 % au maximum (configuration définie au § 4 du dossier technique).

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

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à être utilisés comme supports de couverture plane ventilée, ou couverture chaude définie au §3.3 de l'Annexe B.

Ce système peut être employé en climat de plaine et en climat de montagne (altitude > 900 m).

Pour les complexes de couverture, sous réserve du respect des dispositions de mise en œuvre prévues par l'Annexe A et du recours éventuel à l'assistance technique du fabricant, la réalisation de couvertures de forme complexe (rives biaisées, noues, arêtiers) peut être considérée favorablement.

Concernant la finition en plafond, l'aspect régulier du plafond est tributaire du nivellement des appuis supports et du soin apporté à la pose des panneaux.

La finition intérieure ne doit pas être isolée.

## **2.2 Appréciation sur le procédé**

### **2.2.1 Satisfaction 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 (§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'Avis de laboratoire de résistance au feu AL 13-117.

##### *Réaction au feu*

Les panneaux KLH bruts peuvent bénéficier 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 peuvent bénéficier d'un classement B-s2, d0 dans leur version traitée chimiquement tel que décrit dans le PV de classement du SNPE N° 15226-10 cité en référence.

Les panneaux KLH ont fait l'objet d'une décision du CECMI (Comité d'Etude et de Classification des Matériaux et éléments de construction par rapport au danger d'Incendie), le 15/09/2009, qui permet de considérer que ces éléments respectent les dispositions en matière de protection des isolants non A2-s2, d0 vis à vis d'un feu intérieur pour les bâtiments d'habitation, les locaux régis par le Code du Travail et les Etablissements Recevant du Public (article AM 8 Arrêté du 6 octobre 2004).

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

##### *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*

Les dispositions décrites à l'Annexe A permettent d'envisager l'emploi du procédé « Panneaux KLH pour toitures » conformément aux dispositions décrites dans les Guides suivants :

- « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les établissements recevant du public (ERP) » modifié par l'arrêté du 24 septembre 2009, pris en application de l'arrêté du 6 octobre 2004 modifié par celui du 4 juillet 2007, complété par l'avis du CECMI en date du 27 janvier 2009 ;
- « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie » *Cahier du CSTB 3231* de juin 2000.

#### **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.

Lorsque le panneau est visible en sous-face, il fait office de plafond.

#### **Propagation du feu aux façades**

Dans les bâtiments pour lesquels il existe une exigence C+D, le calfeutrement en nez de plancher et autour des baies doit être réalisé selon l'IT 249.

#### **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.

#### **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).

#### **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  $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$ , pour capacité thermique massique  $C_p = 1600 \text{ J/kg.K}$ , et pour facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau déterminé par essai  $\mu = 300$  (sec) et  $\mu = 46$  (humide). Ces valeurs correspondent à un résineux léger de classe mécanique C24 selon la norme NF EN 338 et dont la masse volumique moyenne, c'est-à-dire avec une teneur en humidité de 15 % selon la terminologie de la norme NF B 51-002, est  $\leq 500 \text{ kg.m}^{-3}$ .

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, 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  $S_d$  (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.

### Utilisation en support de 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.

Pour les constructions neuves qui entrent dans le champ d'application de la Réglementation Thermique 2005, la toiture devra satisfaire aux exigences des Règles d'application Th-Bât (Th-U 1/5) § 3.2.1 « parois », qui précise que le coefficient de transmission thermique  $U_p$  maximal admissible prévu dans le cas des rampants de combles aménagés est de 0,28 W/(m<sup>2</sup>.K).

Le panneau seul ne permet pas de répondre aux exigences de la réglementation thermique.

Pour les constructions qui entrent dans le champ d'application de la Réglementation Thermique 2012, la vérification sur l'utilisation du procédé KLH devra satisfaire aux besoins bioclimatiques du bâtiment visé et devra être vérifiée au cas par cas. Il n'y a pas d'exigences minimales sur les parois donnant sur l'extérieur de l'ouvrage.

### 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 en se référant aux « Exemples de solutions » après s'être assuré que la fréquence de résonance de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté est inférieure à 60 Hz.

Cette fréquence peut être calculée par la formule

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{K \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

avec :

- $f_0$  = la fréquence de résonance en Hz,
- $m_1$  = la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plancher brut,
- $m_2$  = la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plafond rapporté,
- $K$  = le coefficient de raideur dynamique du dispositif de suspension du plafond ; il s'exprime en N/m et il correspond au rapport de la force, en N, à appliquer, au déplacement qui en résulte pour le dispositif de suspension, déplacement exprimé en mètres ( $m$ ).

Ce coefficient K doit être rapporté à 1 m<sup>2</sup> de plancher. Dans le cas particulier d'utilisation de suspentes très courtes et rigides, réalisées en fers plats fixés sur les faces latérales des poutres en bois (voir DTU 25.41 « Ouvrages en plaques de parement en plâtre »), on ne peut pas connaître avec précision le coefficient de raideur dynamique K, ni de ce fait, la fréquence de résonance  $f_0$ . Dans ce cas, seul un essai permet de déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté.

### Etanchéité à l'eau

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

### Données environnementales et sanitaires

Le procédé KLH ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent 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.

## 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 (§ 2.314 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.

### 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. Prescriptions Techniques).

Dans les conditions de pose prévues par l'Annexe A, 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 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.

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 Lignatec SAS.

## 2.23 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 établi par le demandeur sont effectifs.

## 2.3 Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en mur et planchers

### 2.31 Conditions de conception et de calcul

Elles sont prescrites dans l'Annexe 1.

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 §2.1.

### 2.311 Vérifications en phase définitive des éléments porteurs horizontaux

Les vérifications peuvent être menées, sans restriction du rapport portée libre sur épaisseur des panneaux, suivant les principes de l'Annexe 1 du présent Avis pour des panneaux dont le nombre de plis est limité à 5. Alternativement, pour des planchers dont le rapport portée libre (L) sur épaisseur des panneaux (D) est tel que  $L/D \geq 15$ , 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 en multipliant la flèche totale (flèche due au moment fléchissant + flèche due à l'effort tranchant) par le coefficient  $k_{def}$  pris selon le §6.141 du Dossier Technique.

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.
- En l'absence de précision fournie par la norme NF EN 1995-1-1 ou son Annexe Nationale, il convient de prendre pour les déplacements des éléments KLH les valeurs suivantes :
- Pour les planchers, la flèche active, pouvant nuire aux revêtements de sols rigides, ne doit pas dépasser :
  - soit la valeur fixée par les DTU correspondants, si disponible;
  - soit  $L/500$  de la portée si celle-ci est  $\leq$  à 5,0m ; ou  $0,5 \text{ cm} + L/1000$  de la portée si celle-ci est supérieure à 5,0 m, sinon ;
- Pour les planchers n'ayant pas à supporter des revêtements de sols rigides, la flèche active est limitée, par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :
  - soit  $L/350$  de la portée si celle-ci est  $\leq$  3,50 m
  - soit  $0,5 \text{ cm} + L/700$  de la portée si celle-ci est supérieure à 3,50 m
- Pour les éléments de toiture, la flèche finale due à toute les charges est limité conventionnellement à :
  - soit  $L/250$  pour une pente de 3% minimale
  - soit  $L/400$  pour une pente de 1,8% minimale
  - soit  $L/500$  pour une pente de 1,6% minimale

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.

### 2.312 Réalisation de panneaux nervurés

Les panneaux nervurés doivent être réalisés en utilisant un collage à la presse réalisé en atelier, permettant d'atteindre une pression de collage de l'ordre de 7 bars.

Le calcul est effectué en tenant compte de la section totale homogénéisée et en limitant la largeur de table participante de part et d'autre de la nervure au dixième de la portée du plancher.

La hauteur de la nervure ne doit pas dépasser 6 fois la hauteur de la table et l'élanement géométrique de la nervure doit être inférieur à 6 lorsqu'elle est placée sous la table et à 4 lorsqu'elle est placée au-dessus.

### 2.313 Utilisation en zone sismique

La justification en zone sismique des structures assemblées par panneaux KLH doit être menée en suivant le principe de comportement de structure dissipatif (Classe de ductilité M) conformément à la norme NF EN 1998-1-1 (cf. §8.1.3 et §8.6 (2)P). Les effets des actions sont calculés sur la base d'une analyse élastique linéaire suivant la méthode des forces latérales équivalentes du §4.3.3.2 ou de la réponse modale du §4.3.3.3 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 être strictement respectés et faire l'objet d'une vérification. Toutefois, les bâtiments non-réguliers en élévation sont admis, en menant les justifications avec un coefficient de comportement abaissé de 20%.

Les coefficients de conversion correspondant à une classe de durée de chargement instantanée sont appliqués.

La conception de l'ouvrage suivant le principe de comportement de structure dissipatif impose de porter la plus grande attention à la conception des assemblages entre panneaux (vis de liaison, équerres, etc.) au regard des efforts de cisaillement engendrés par l'action sismique. A ce titre, il convient :

- de hiérarchiser les zones de rupture dans les organes d'assemblage des panneaux en vérifiant la résistance suffisante des panneaux dont la rupture en cisaillement est considérée fragile ;
- d'exploiter la source de ductilité des organes d'assemblage des ancrages et équerres, la justification de la capacité résistante étant menée suivant les principes la norme NF EN 1995-1-1 au §8.2 en s'assurant que le mode de rupture obtenu est celui de la plastification de l'organe d'assemblage ; les organes de fixation de type broches, boulons et pointes lisses n'est pas admise ;
- de s'assurer que les connecteurs tridimensionnels mises en œuvre bénéficient d'un Agrément Technique Européen et fassent l'objet d'un rapport d'essai de laboratoire (accrédité ISO 17025) réalisé selon la norme NF EN 12512 et démontrant d'un comportement cyclique qui satisfasse les critères fixés de la classe de ductilité M au §8.3(3)P de la norme NF EN 1998-1-1 ;

- de s'assurer que le dimensionnement des ancrages de panneaux sera réalisé en appliquant les principes du dimensionnement en capacité de la norme NF EN 1998-1 en considérant un coefficient de sur-résistance pour l'ancrage tel que défini au §4.4.2.6 de cette norme.

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

- l'intégrité de la structure lors d'un séisme,
- la fonction tirant-butoin horizontal, assurée uniquement par les plis orientés dans le sens de l'effort à reprendre. La valeur de l'effort tirant-butoin 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-butoin déterminée par calcul
- la fonction diaphragme horizontal avec justification des jonctions entre panneaux adjacents pour les efforts de cisaillement induits.
- Assurer la continuité du chaînage dans la direction transversale aux panneaux par rajout d'un élément reliant les panneaux.

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

- menant les vérifications précisées au §2 de l'Annexe 1;
- réalisant la fixation au support béton des panneaux au soubassement béton par des chevilles bénéficiant d'un Agrément Technique Européen pour une utilisation en béton fissuré ; limiter la capacité résistante en cisaillement de ces chevilles à la moitié de celles indiquée dans l'ATE sous sollicitation statique ; considérer un diagramme d'interaction linéaire pour justifier les chevilles sous charges combinées de traction et de cisaillement.

### 2.314 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 de l'article L. 133-5.

### 2.315 Dispositions 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 le cas contraire.

Lorsque les panneaux KLH sont utilisés pour une ou plusieurs de leurs fonctions, pour la réalisation de bâtiments n'entrant pas dans le domaine d'application du DTU 31.2 (par exemple panneaux KLH utilisés pour réaliser les planchers d'un bâtiment à structure porteuse verticale en béton armé ou en maçonnerie de petits éléments), la réalisation des interfaces doit tenir compte des exigences éventuelles des textes visant les autres éléments porteurs (règles BAEL, EC2, DTU 20.1, etc.).

Pour les constitutions de parois non couvertes par le rapport CPM 07/260 – 10042 du CSTB une étude de transfert hygrométrique non-stationnaire devra être réalisée pour chaque opération par un bureau d'étude thermique en considérant la courbe de sorption isotherme et la résistance à la diffusion de vapeur d'eau du panneau KLH telles que définies dans le rapport d'essai HoFM-09/2012 du Fraunhofer IBP.

### 2.32 Conditions de fabrication

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.).

Ces exigences font l'objet d'un autocontrôle interne, et d'un contrôle externe assuré par l'organisme autrichien « HOLZCERT AUSTRIA » à Vienne. La synthèse de ce contrôle externe est transmise une fois par an au CSTB.

### Cas des panneaux nervurés

Le suivi de la production est effectué dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle. Le contrôle de qualité s'opère en particulier au travers du prélèvement d'échantillons au niveau des plans de collage selon les prescriptions suivantes :

- Les échantillons font l'objet d'essais de cisaillement suivant les exigences au § 5.5.2.3 de la EN 14080 ;
- un échantillon doit être prélevé dans chaque plan de collage ;

La synthèse des résultats d'essais doit être adressée à LIGNATEC par les entreprises qui réalisent le collage. Le Titulaire transmettra l'ensemble des résultats au CSTB lors de la révision de l'Avis Technique.

## 2.33 Conditions de mise en œuvre

### 2.331 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.

### 2.332 Plans 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.)

## 2.4 Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées

### 2.41 Conditions de conception et de calcul

#### 2.411 Vérifications 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  $1/250^e$  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.

Les terrasses et terrasses végétalisées doivent présenter des pentes  $\geq 3 \%$ .

#### 2.412 Résistance au vent des toitures

a) Panneaux structuraux KLH : se reporter au Dossier Technique établi par le Demandeur.

b) Systèmes d'étanchéité : se reporter au § 2.413 de l'AVIS et à leurs Documents Techniques d'Application, et à l'Avis Technique des terrasses et toitures végétalisées.

#### 2.413 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.

### 2.42 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. 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, par des assemblages particuliers indiqués au paragraphe 1.1 de l'Annexe A.

### 2.421 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 m<sup>2</sup>.

### 2.422 Implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales

Comme pour tous les supports en bois ou à base de bois selon le DTU 43.4, l'implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales est faite conformément à l'Annexe E du NF DTU 43.3 P1-1 d'avril 2008.

### 2.423 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/m<sup>2</sup> 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.

### 2.424 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, en respectant les prescriptions du § 4 de l'Annexe A.

Le maître d'ouvrage devra prévoir dans les DPM des descentes d'eau pluviales visibles 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 8 de l'Annexe A).

### 2.425 Cas de la réfection ultérieure du système d'étanchéité

a) Panneaux structuraux KLH : les études préalables prescrites 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.

### 2.426 Cas des noues de pente nulle

Les noues à pente nulle sont possibles dans le cas de panneaux KLH posés perpendiculairement (ou de biais) à la noue.

Si les panneaux sont parallèles à la noue, la noue doit avoir une pente  $> 1,5\%$ .

### 2.427 Implantations des écrans de cantonnement

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

## 2.428 Classement FIT

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

## 2.5 Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en support de couverture

### 2.51 Conditions de conception et de calcul

#### 2.511 Utilisation en zone sismique

- Pour les couvertures plaques support de tuiles, tuiles métalliques et plaques bitumineuse, 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.

#### 2.512 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 établi par le Demandeur.
- 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.

### 2.52 Conditions de mise en œuvre

#### 2.521 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 bâchage efficace devra être assuré par l'entreprise ayant posé ces supports.

#### 2.522 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 contrelitonnage supplémentaire sur chantier afin de respecter les espaces de ventilation prévus par les DTU relatifs à ces couvertures.

#### 2.523 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.

## Conclusions

### Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

### Validité

Jusqu'au 31 octobre 2018

*Pour le Groupe Spécialisé  
n°3.3  
Le Président*

*Pour le Groupe Spécialisé  
n°5.1  
Le Président*

*Pour le Groupe Spécialisé  
n°5.2  
Le Président*

---

### 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

---

Cette révision est une version consolidée de l'Avis Techniques 3+5/12-731\*V1 et de ses Additifs 3+5/12-731\*01Add et 3+5/12-731\*02Add. Aucune modification n'a été apportée au procédé ni à son domaine d'emploi accepté.

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.

Ce dimensionnement doit tenir compte, pour les différentes phases du projet, des exigences relatives à la stabilité des éléments d'une part et à la stabilité générale de l'ouvrage d'autre part, et des rigidités de l'ensemble des éléments participant au contreventement.

Dans le cas de l'association de structures de rigidités différentes, il est nécessaire d'en tenir compte pour la détermination des efforts de contreventement.

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 coupe 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.

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 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.

L'avis est formulé en considération des préconisations que s'impose la Société KLH Massivholz 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).

Le principe de mise en œuvre d'une isolation thermique en sous-face des panneaux KLH n'est, ni prévue, ni admise, dans le présent AVIS pour les toitures chaudes.

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 à l'annexe E du NF DTU 43.3 P1-1 d'avril 2008.

Le Groupe demande aux Sociétés KLH Massivholz GmbH et LIGNATEC SAS de tenir à jour une liste de références de terrasses et toitures végétalisées afin de réaliser, lors de la révision, une expertise de ces références et de s'assurer de la prise en compte réelle du fluage des panneaux KLH.

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.

La diminution du critère de fléchissement final  $w_{fin}$  dû à toutes les charges du 1/250<sup>e</sup> de la portée pour une pente de 3 % minimale, au 1/400<sup>e</sup> 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 1/500<sup>e</sup> de la portée pour une pente de 1,6 % minimale,

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé  
n° 3.3*

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé  
n° 5.1*

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé  
n° 5.2*



## 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. Dimensionnement des planchers

#### 1.1 Données

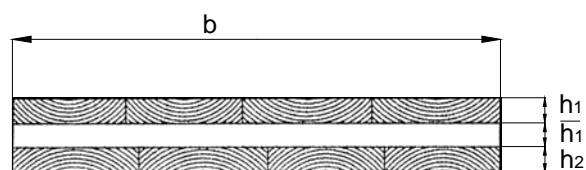


Figure 1 : Coupe transversale d'un panneau 3 plis.

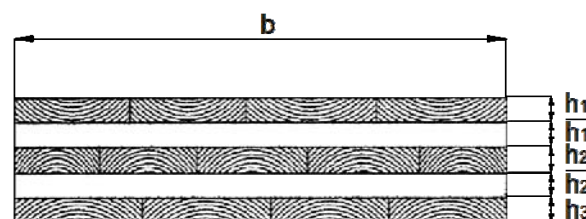


Figure 2 : Coupe transversale d'un panneau 5 plis.

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	$\gamma_m$
Coefficient de modification	$k_{mod}$
Coefficient de déformation	$k_{def}$

Résistance de calcul à la flexion  $f_{m,d} = k_{mod} \times f_{m,k} / \gamma_{m,1}$

Résistance de calcul à la traction  $f_{t,0,d} = k_{mod} \times f_{t,0,k} / \gamma_{m,1}$

Résistance de calcul au cisaillement  $f_{R,d} = k_{mod} \times f_{R,k} / \gamma_{m,1}$

#### 1.2 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 §6.141 du Dossier Technique.

#### 1.3 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 plis 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 la valeur caractéristique de résistance au cisaillement roulant définie dans l'ATE 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 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'ATE 06/0138 et pris égale à 50 Mpa.

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

#### 1.5 Vérifications ELS

##### 1.5.1 Caractéristiques mécaniques Instantané (charge à court terme - instantanées)

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

## 1.52 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.

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

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

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

avec  $G_{mean}$  le module de cisaillement moyen du panneau KLH pris égal à 60 Mpa comme défini dans l'ATE 06/0138.

## 1.53 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.

## 1.54 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.

## 1.55 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.

## 1.56 Vérifications flèche active

En l'absence de précision fournie par la norme NF EN 1995-1-1 ou son Annexe Nationale, il convient de prendre pour les déplacements des éléments KLH, les valeurs suivantes :

- Pour les planchers, la flèche active, pouvant nuire aux revêtements de sols rigides, ne doit pas dépasser :
  - soit la valeur fixée par les DTU correspondants, si disponible;
  - soit  $L/500$  de la portée si celle-ci est  $\leq$  à 5,0m ; ou 0,5 cm +  $L/1000$  de la portée si celle-ci est supérieure à 5,0 m, sinon ;
- Pour les planchers n'ayant pas à supporter des revêtements de sols rigides, la flèche active est limité, par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :
  - soit  $L/350$  de la portée si celle-ci est  $\leq$  3,50 m
  - soit 0,5 cm +  $L/700$  de la portée si celle-ci est supérieure à 3,50 m

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

## 2. Dimensionnement des murs

### 2.1 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 §6.21 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. §6.21 et §6.22 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 §6.211 du Dossier Technique pour la conception des porteurs verticaux avec linteaux et ouvertures.

### 2.2 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 des efforts 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 :

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

$$\tau_{2,d} = \frac{V_d}{b \cdot t_{min}} \leq f_{v,2,d} \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ avec } f_{v,2,k} = \text{voir valeurs au §6.242}$$

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

$b$  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 (mm<sup>4</sup>)

$h$  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.

## 3. 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 doivent faire l'objet d'un Agrément Technique Européen.

Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiés en regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de la norme NF EN 1995-1-1 et ses amendements A1 et A2 ainsi que de l'Annexe 5 de l'ATE 06/0138.

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Principe et domaine d'emploi proposé

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 de supports de couverture ou de toiture, 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 en outre utilisés avec profit pour la réalisation de travaux de surélévation et extension.

Les panneaux structuraux KLH peuvent être utilisés en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Les panneaux structuraux KLH peuvent être utilisés en zone sismique.

### 2. Identification et marquage

Les panneaux KLH font l'objet de l'agrément technique européen sous le N°ETA 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'agrément technique européen,
- 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.

### 3. Définition des matériaux

#### 3.1 Planches en bois

##### 3.1.1 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 comportant jusqu'à 10% d'aulé pour satisfaire la classe d'emploi 2 sans traitement complémentaire. (NFP21 204-1-2).

##### 3.1.2 Caractéristiques géométriques des planches

Les planches utilisées se déclinent en 8 épaisseurs: 13 mm, 19 mm, 22 mm, 27 mm, 30 mm, 34 mm, 40 mm et 45 mm. Seules les planches de 19 mm, 34mm et 40 mm d'épaisseur sont aboutées pour être disposées longitudinalement. 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.

##### 3.1.3 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.

#### 3.2 Colles

##### 3.2.1 Colle pour l'assemblage des plis

La colle utilisée pour l'assemblage des planches des différents plis entre elles est une colle à base de résine polyuréthane mono composant, HB S609 ou HB 360, fabriquée par la société PURBOND.

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 utilisées sont classés en type 1 suivant la norme NF EN 301, permettant un usage structurel en classe de service 1,2 et 3.

La colle Purbond est conditionnée en fûts de 200 kg ou en containers de 1000 kg. Elle peut être stockée 3 mois à 20°C.

Colle pour la réalisation des aboutages

La colle utilisée pour l'aboutage des planches longitudinales est également une colle à base de résine polyuréthane mono composant, HB 530, fabriquée par la société PURBOND.

### 4. Description des panneaux

#### 4.1 Géométrie des panneaux

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

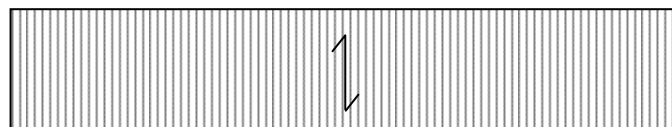
Les panneaux KLH sont constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. Le nombre de couches (dénommées plis) est impair. De ce fait, les plis extérieurs sont orientés dans la même direction. Les panneaux sont constitués de 3, 5 ou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

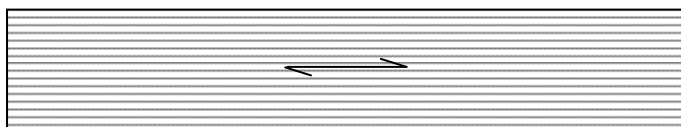


Epaisseur totale	Nombre de couches	Epaisseur et disposition des plis*				
		Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q
mm	-	mm	mm	mm	mm	mm
57 Q	3	19	19	19	-	-
72 Q	3	19	34	19	-	-
94 Q	3	30	34	30	-	-
120 Q	3	40	40	40	-	-
95 Q	5	19	19	19	19	19
128 Q	5	30	19	30	19	30
158 Q	5	30	34	30	34	30

\* 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	Nombre de	Epaisseur et disposition des plis*						
		Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L
mm	-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
60 L	3	19	22	19	-	-	-	-
78 L	3	19	40	19	-	-	-	-
90 L	3	34	22	34	-	-	-	-
95 L	3	34	27	34	-	-	-	-
108 L	3	34	40	34	-	-	-	-
120 L	3	40	40	40	-	-	-	-
95 L	5	19	19	19	19	19	-	-
117 L	5	19	30	19	30	19	-	-
125 L	5	19	34	19	34	19	-	-
140 L	5	34	19	34	19	34	-	-
145 L	5	34	21,5	34	21,5	34	-	-
162 L	5	34	30	34	30	34	-	-
182 L	5	34	40	34	40	34	-	-
200 L	5	40	40	40	40	40	-	-
201 L	7	34	21,5	34	22	34	21,5	34
226 L	7	34	30	34	30	34	30	34
208 LL**	7	68**	19	34	19	68**		
230 LL**	7	68**	30	34	30	68**		
248 LL**	7	74**	30	40	30	74**		
247 LL**	8	68**	21,5	68**	21,5	68**		
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 : 68mm se traduit par 2 couches de 34mm 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 57 mm à 300 mm.

## 4.2 Caractéristiques physiques des panneaux

### 4.2.1 Masse volumique $\rho_m$ et $\rho_k$

Les masses volumiques à prendre en compte pour le KLH épicéa sont  $\rho_{k\text{ KLH}} = 350 \text{ kg/m}^3$  et  $\rho_{\text{mean KLH}} = 420 \text{ kg/m}^3$ .

Pour le levage des panneaux sur chantier, il est conseillé de prendre une masse volumique de  $500 \text{ kg/m}^3$  pour de l'épicéa.

### 4.2.2 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.

### 4.2.3 Capacité calorifique massique $c_p$

$c_p = 1600 \text{ J/kg.K}$  soit  $1,6 \text{ kJ/kg.K}$

### 4.2.4 Coefficient de conductibilité thermique

Les panneaux KLH ont un coefficient de conductibilité thermique utile  $\lambda_{\text{utile}}$  égal à  $0,13 \text{ W/m.K}$ . Les résistances thermiques ci-dessous sont données pour les principaux panneaux :

PANNEAU	Résistance thermique ( $\text{m}^2.\text{K/W}$ )	PANNEAU	Résistance thermique ( $\text{m}^2.\text{K/W}$ )
KLH 60	0,46	KLH 140	1,08
KLH 72	0,55	KLH 145	1,12
KLH 90	0,69	KLH 162	1,25
KLH 95	0,73	KLH 182	1,40
KLH 108	0,83	KLH 200	1,54
KLH 125	0,96	KLH 230	1,77

### 4.2.5 Facteur de résistance à la vapeur d'eau

Le facteur de résistance à la diffusion de la vapeur a été mesuré.  $\mu_{\text{sec}} = 300$  et  $\mu_{\text{humide}} = 46$ .

## 4.2.6 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 72	31 dB	KLH 145	37 dB
KLH 90	33 dB	KLH 162	38 dB
KLH 95	33 dB	KLH 182	39 dB
KLH 108	34 dB	KLH 200	40 dB
KLH 125	36 dB	KLH 230	42 dB

## 5. 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.

### 5.1 Fabrication

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

Les usines désignées par KLH pour les panneaux nervurés, sous la responsabilité de KLH sont :

- CUB, 50, route Principale F-62 650 PREURES ;
- l'usine de la société KLH Massivholz GmbH.

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

- Stockage des planches destinées à la fabrication des panneaux à une humidité de  $12 \pm 2 \%$ ,
- Aboutage d'extrémité des planches destinées à la réalisation des plis longitudinaux des panneaux,
- 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  $0,2 \text{ kg}$  de colle par  $\text{m}^2$  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 3 heures perpendiculairement au plan moyen des panneaux, pour une température de  $20^\circ\text{C}$  et une humidité relative de l'air de 65%, sous une pression comprise entre 6 et 8 bars.
- Stabilisation pendant 48 heures à une température de  $20^\circ\text{C}$ .
- Dressage des rives des panneaux.

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

## 5.2 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 Austria et par l'organisme allemand Otto-Graff-Institut de Stuttgart.

L'autocontrôle interne et le contrôle externe garantissent notamment une résistance caractéristique au cisaillement des plans de collage supérieure à 1,5 MPa avec un taux de rupture dans le bois de 100 %.

### 5.2.1 Contrôle interne de fabrication

Le contrôle interne de la fabrication, destiné à assurer la maîtrise de la qualité, est organisé selon les prescriptions du chapitre 7 de la norme NF EN 386 de juin 1995.

Le contrôle interne porte sur :

- La qualité du bois,
- L'aboutage des planches longitudinales,
- Le collage des panneaux et des nervures,

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 et de cisaillement en bloc sont réalisés conformément aux prescriptions des normes NF EN 391 et NF EN 392.

Les essais de contrôle des aboutages sont réalisés conformément aux prescriptions de la norme NF EN 385.

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

### 5.2.2 Contrôle externe de fabrication

Le contrôle externe est réalisé conjointement par l'organisme autrichien Holzforchung Austria (2 visites d'inspection par an) et par l'Otto Graff-Institut de Stuttgart (1 visite d'inspection tous les deux ans), qui ont convenu de la réciprocité de leurs prestations.

Le contrôle externe effectué par ces deux organismes 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,
- Commentaires sur les résultats d'essais.

## 6. 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 l'EN1995-1-1/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.

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  $\gamma_M = 1,30$

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 :  $f_{m,0,d}$

## 6.1 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 1m 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.

### 6.1.1 Vérification de la résistance sous l'effet du moment fléchissant

#### 6.1.1.1 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/m<sup>2</sup>), 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 élanement des panneaux KLH  $L/H \geq 15$ , on vérifiera la contrainte de flexion comme suit :

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

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

avec  $f_{m,k}$  défini au Tableau 3.

Lorsque l'élanement 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.

### 6.112 Flexion dans les 2 directions principales

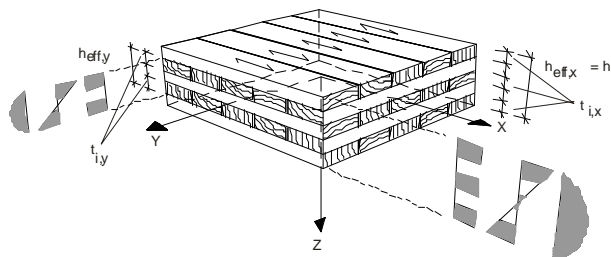


Figure 1 : définition des directions porteuses sous sollicitations perpendiculaires au panneau

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  $h_{eff,x}$ .

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

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.

### 6.12 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).

#### 6.121 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  $S_{net}$ .

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

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

Avec

$S_{net} = b \cdot h_i \cdot x_i$

b : largeur du panneau

$h_i$  : épaisseur du pli

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

#### 6.122 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  $k_{cr}$ ).

#### 6.123 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  $h_{eff,1,red}$  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 l'EN1995-1-1 point 6.5.2 en fixant la valeur  $k_{cr} = 5$

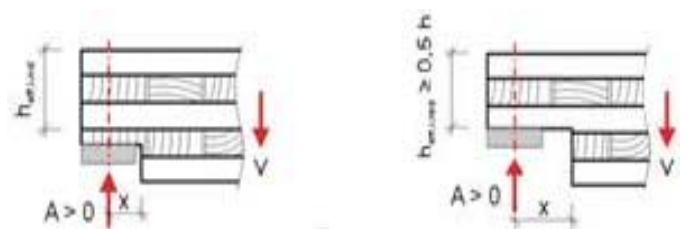


Figure 2 : définition de la hauteur efficace pour un appui entaillé

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 dimensionnées pour reprendre la totalité de l'effort tranchant.

### 6.13 Vérification des efforts de compression perpendiculaires à la surface des éléments de plancher

Il convient d'effectuer les vérifications selon la norme NF EN1995-1-1 point 6.15 A1 :

$$\sigma_{c,90d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{eff}} \leq k_{c,90} \times f_{c,90,d}$$

$$\text{avec } f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \times k_{mod}}{\gamma_M}$$

Les surfaces de contact  $A_{eff}$  seront prises intégralement en supposant une répartition et une distribution uniforme des contraintes. La rotation des appuis ne sera pas considérée.

La longueur d'appui  $l_{eff}$  diffère suivant l'orientation des plis des murs supports et suivant l'orientation des plis des planchers : Si les planchers appuient linéairement sur des murs KLH, la surface de contact  $l_{eff}$  est délimitée par les plis orientés verticalement en incluant le ou les plis transversaux présents entre ces plis verticaux.

Pour les appuis continus, on considérera un élément de plancher de 1m de large de largeur de contact efficace  $l_{eff}$ .

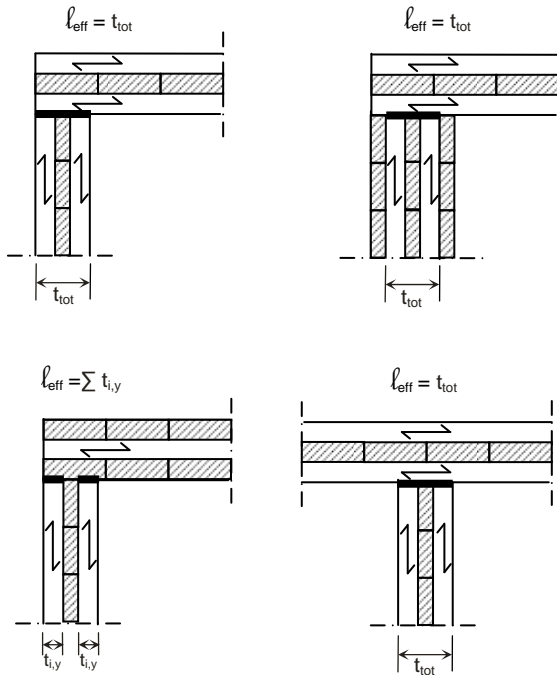


Figure 4 : définition de la largeur d'appui efficace

Pour les appuis de plancher KLH sur murs ou poutres en acier, béton ou en bois massif, on prendra la surface réelle de contact.

En fonction de la configuration de chargement, la valeur de calcul de la résistance en compression perpendiculaire  $f_{c,90,d}$  est majoré par le coefficient  $k_{c,90}$ .

Pour les appuis d'extrémité linéique ou ponctuel,  $k_{c,90} = 2,2$ .

Pour les appuis intermédiaires linéique ou ponctuel,  $k_{c,90} = 3$ .

#### 6.14 Vérification des déformations

Deux critères de flèches  $\delta_1$  et  $\delta_2$  sont à vérifier suivant l'annexe nationale de l'EN1995-1-1 Clause 7.2, permettant de valider la pérennité des ouvrages du second œuvre ( $U_{fin} - U_{G1inst}$ ), le bon fonctionnement mécanique ( $U_{Q,inst}$ ) et l'apparence ( $U_{fin}$ ). 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 l'EC5). Cette méthode livre des résultats exacts uniquement pour des poutres sur deux appuis avec chargement répartis. 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 :

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

$w_m$ : 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 :

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

#### 6.141 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 l'Eurocode 5. Le coefficient  $k_{def}$  à prendre en compte pour le fluage est celui du contre-plaqué 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 l'eurocode 5 est calculée comme suit :

$$u_{fin} = u_{G,inst} + u_{diff} + u_{Q,inst}$$

$$u_{fin} = (1 + k_{def}) \times u_{G,inst} + (1 + \Psi_2 \times k_{def}) \times u_{Q,inst}$$

avec  $u_{diff} = (u_{G,inst} + \Psi_2 \times u_{Q,inst}) \times (k_{def})$

#### 6.15 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.

Pour les réservations espacées et de petites tailles carrées ou circulaires (Diamètre env  $\leq 30cm$ ), 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%.

#### Principe de décomposition pour des cas courants de trémies sans renfort complémentaire :

On décomposera en prenant le principe de la figure 5.

Pour chaque cas, on validera les efforts et flèches maxi en travées et en porte à faux. Au besoin, l'escalier peut imposer un chargement supplémentaire linéique qui est à appliquer sur la distance  $b$  pour le cas 1 ou sur la distance  $a$  pour le cas 3.

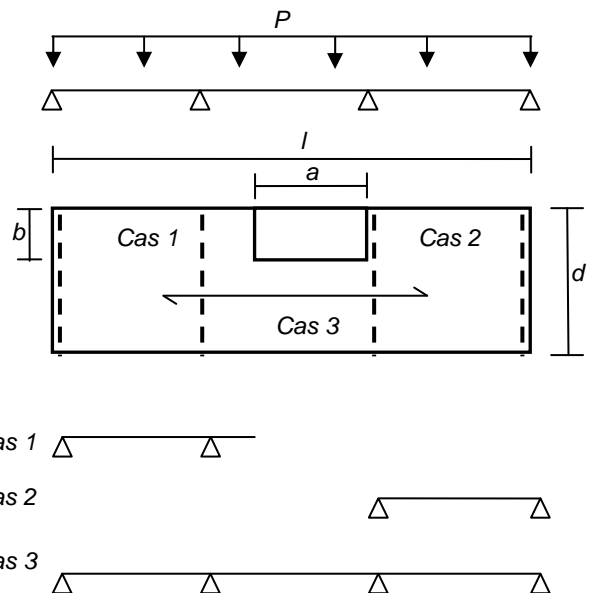


Figure 5 : principe de décomposition des plancher

#### Principe de report de charge pour les réservations à l'intérieur d'un même panneau :

Pour que ce report de charge puisse s'utiliser, on verra à ne pas dépasser un rapport  $d/b$  au minimum de 1,5.

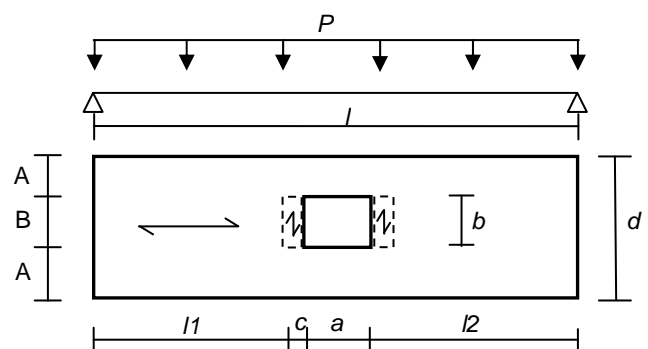
$b$  : largeur de la réservation

$a$  : longueur de la réservation

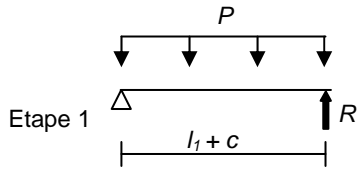
$l_1$  et  $l_2$  : distance respective entre l'appui du plancher et l'appui fictif  $c$

$c$  : bande de panneau d'env. 40cm de large transmettant le report de charges grâce aux plis transversaux.

$p$  : charge répartie à reprendre par le plancher.

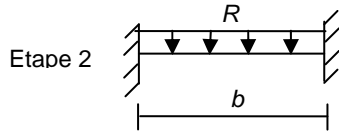


Etape 1 : vérification de la section à hauteur de la bande B au niveau de la réservation seul. On calcule la réaction d'appui élastique fictive R qui s'exerce sur la bande c :  $R = P \times (l_1 + c) \times 0.5$ .

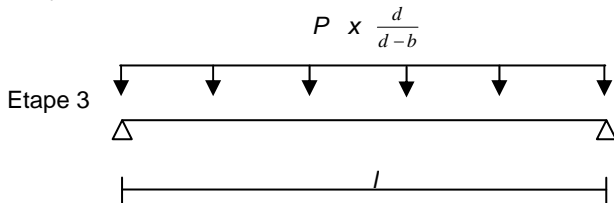


Etape 2 : la bande de largeur c d'env. 40cm transmet les charges perpendiculairement à la direction principale du panneau vers les bords. Pour cela on la modélise comme une poutre encastrée à ces 2 extrémités soumise à une charge linéique R en kN/ml.

On calcule le moment de flexion transversale et l'effort tranchant transversale et on vérifie la contrainte de flexion et de cisaillement ainsi que la flèche en prenant l'inertie transversale du panneau.



Etape 3 : les bandes A qui ne sont pas entrecoupées par la réservation reprennent une bande de chargement plus importante de valeur  $d / (d-b)$  m/ml. On vérifie alors les deux bandes latérales sous un chargement ce chargement majoré du panneau en flexion, cisaillement ainsi qu'en déformation.



Les trémies et autres ouvertures peuvent également se justifier précisément par calcul aux éléments finis.

### 6.16 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 poutres horizontales plates.

La poutre au vent est à vérifier en flexion, cisaillement mais aussi en déformation en considérant les plis orientés dans la direction considérée. La justification à la flexion est très souvent pas déterminante au vue de l'inertie importante de la poutre horizontale constituée par le diaphragme de plancher et se limite à la vérification du cisaillement.

Celle-ci porte essentiellement sur la capacité résistante des fixations à transmettre les efforts de cisaillement entre chaque jonction de dalle ainsi qu'aux murs sous-adjacents comme la figure 6.

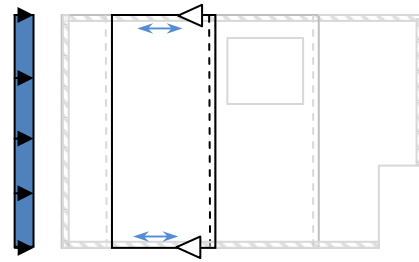
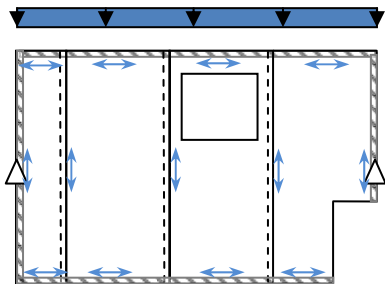


Figure 6 : exemple de modélisation de diaphragme de plancher

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 15). 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.

### 6.2 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.

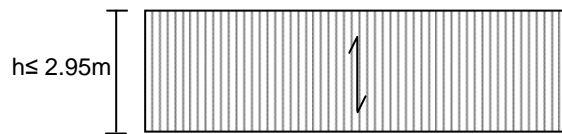


Figure 7 : exemple de mur type Q

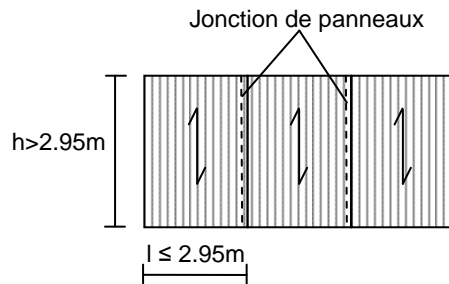


Figure 8 : exemple de façade reconstituée par mur type L

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.



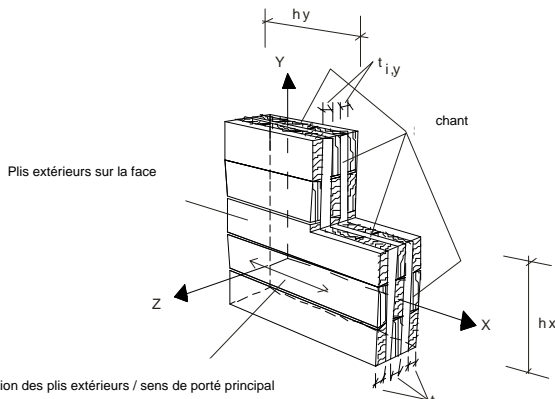


Figure 9 : définition des directions porteuses sous sollicitations sur le chant du panneau

### 6.21 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 11 pour la vérification en flambement de la bande de mur n°2.

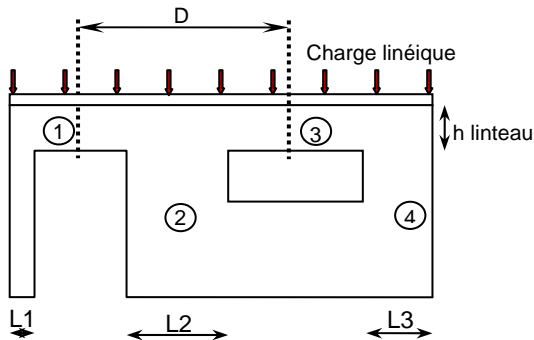


Figure 10 : exemple de mur type Q avec ouvertures

Pour les chargements dissymétriques, la charge verticale est considérée comme excentrée de 1/6 de l'épaisseur du panneau.

Le calcul des efforts de compression et de flexion combinés doit être mené selon le §6.3.2 de l'EC5 en prenant  $\beta_c = 0,1$ . Pour les murs avec risque de flambement, on vérifie:

$$\left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{sys} \times k_{c,z} \times f_{c,0,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1$$

Si la vérification de la stabilité est justifiée, on utilisera le rayon de giration efficace  $i_{eff}$  qui prend en compte la déformation par cisaillement.

$$i_{eff} = \sqrt{I_{eff} / A_{net}}$$

et on utilisera les modules  $E_{0,05} = 5/6 E_{0,mean}$  et  $G_{0,05} = 5/6 G_{0,mean}$ .

Si le rapport d'élanement  $\lambda_{rel,z}$  et  $\lambda_{rel,x}$  sont  $< 0,3$ , il n'y a pas de risque de flambement. On vérifiera alors :

$$\left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{sys} \times f_{c,0,d}} \right|^2 + \left| \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1$$

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 flambement.

#### 6.211 Murs sollicités en flexion à chant : Linteaux, ouvertures

Pour les linteaux ou murs sollicités en flexion dans leur plan avec un élanement  $L/h \geq 4$ , 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.

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

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

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

Si le linteau fait partie intégrante du panneau de mur, on le modélisera par une poutre encastrée à ses extrémités lorsque la hauteur de celui-ci sera inférieure à la largeur des bandes de murs formant poteaux. Lorsque cette condition n'est pas respectée ou lorsque le linteau est une pièce rapportée, on le considérera comme simplement appuyé.

En prenant exemple sur la figure 10, le linteau 3 doit être modélisé par une poutre encastrée aux 2 extrémités. Le linteau 1 est encastré sur L2 et est en appui simple sur L1.

Parfois, il est nécessaire de vérifier les parties formant poteaux (appuis des linteaux) vis-à-vis de la compression et du flambement dans et hors du plan du mur.

Pour les linteaux, cette vérification s'applique uniquement pour les linteaux rapportés.

On ne prendra pas en compte de réduction de l'effort tranchant sous charge ponctuel. La valeur  $k_{cr}$  sera prise à 1 ; l'influence des fissures étant déjà prise en compte.

### 6.22 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.

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

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

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 en 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 réactives.

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

$$A_{net,y} = \sum t_{i,y} \times b$$

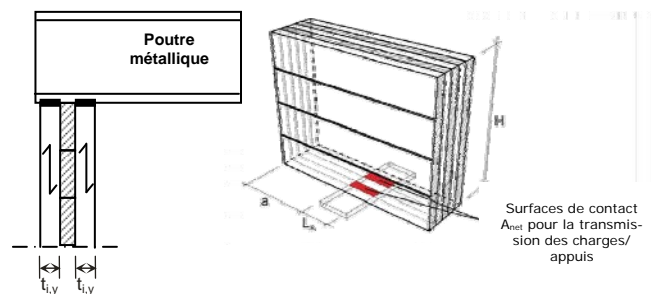


Figure 11 : définition des surfaces de contacts

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 12 ci-dessous.

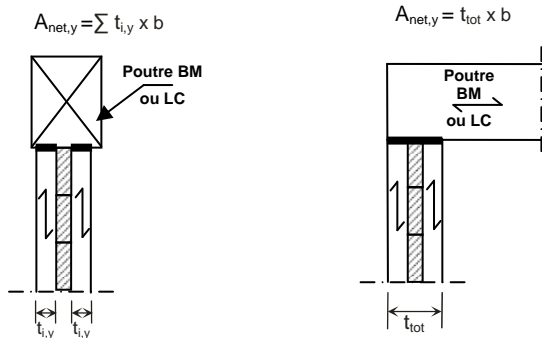


Figure 12 : définition des surfaces de contacts pour vérification des appuis de poutre en compression transversale

### 6.23 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.

### 6.24 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.

A cet égard, les panneaux KLH se comportent différemment des murs usuellement mis en œuvre dans la construction de maisons à ossature bois puisque leur conception en fait des éléments pleins monolithes.

La vérification porte essentiellement sur la capacité résistante des points d'ancrage. Les efforts appliqués permettent de déterminer les contraintes dans le panneau et les efforts aux points d'ancrages, le poids propre de la structure étant également pris en compte pour l'évaluation des réactions verticales sur les points d'ancrages.

#### 6.241 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.

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

#### 6.242 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.

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

$f_{v,k} = 8,4 \text{ N/mm}^2$  pour les plis de 13mm à 19mm.

$f_{v,k} = 7,8 \text{ N/mm}^2$  pour les plis en 22mm

$f_{v,k} = 6,8 \text{ N/mm}^2$  pour les plis en 27mm

$f_{v,k} = 6,2 \text{ N/mm}^2$  pour les plis en 30mm

$f_{v,k} = 5,5 \text{ N/mm}^2$  pour les plis en 34mm

$f_{v,k} = 4,6 \text{ N/mm}^2$  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 réduire de 1.5.

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

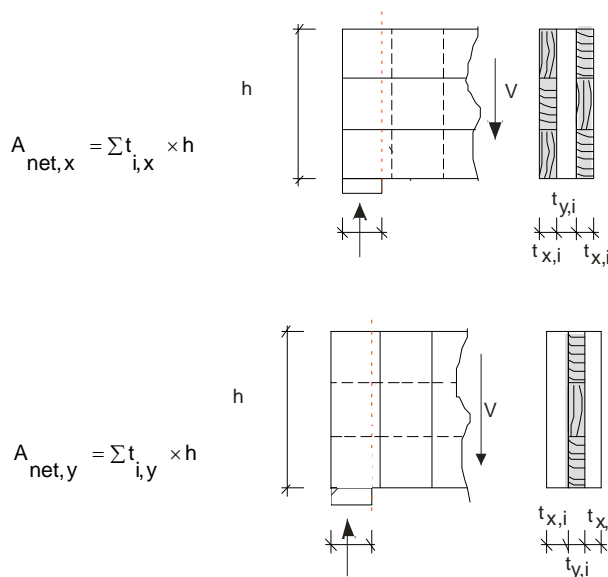


Figure 13 : Vérification du cisaillement pour voiles en contreventement

#### 6.243 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.

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

### 6.3 Eléments soumis à de la compression oblique

On appliquera le §6.2.2 de l'EN1995-1-1 pour vérifier la contrainte de compression oblique en ne considérant que les plis sollicités en « bois de bout » :

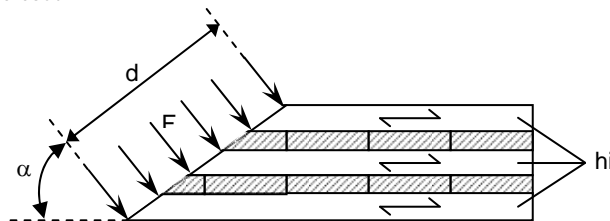


Figure 14 : compression oblique sur panneau KLH

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F \times d}{\sum_i \frac{h_i}{\cos \alpha} \times l} \leq \frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \times f_{c,0,d} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

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

Avec F, la charge en N/ml, h<sub>i</sub> épaisseur du pli dont le fil forme l'angle α avec l'effort F.

#### 6.4 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<sub>m</sub> = 1). On vérifiera un taux de travail inférieur à un en se référant à l'Eurocode 5.

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<sub>eff</sub> dans le sens porteur x ou y considéré (k<sub>m</sub> = 0).

### 7. Mise en œuvre

#### 7.1 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 l'Eurocode 5 tout en tenant compte des caractéristiques du panneau KLH.

##### 7.1.1 Règles générales de dimensionnement des assemblages

Les organes de fixations utilisés pour l'assemblage des panneaux KLH entre eux ou avec d'autres éléments de structure doivent être choisis selon les prescriptions du chapitre 7 matériaux de fixation ou d'assemblage du DTU 31.2 partie 1-2.

Les organes de fixations ou d'assemblages doivent être justifiés suivant les prescriptions des sections 7.1 et 8 de l'Eurocode 5 et/ou suivant un agrément technique européen relatif aux fixations pour bois massif ou panneaux contrecollés tout en tenant compte des dispositions supplémentaires citées ci-après.

La valeur de masse volumique caractéristique du KLH à prendre en compte pour le dimensionnement des assemblages est ρ<sub>k</sub> = 350 kg/m<sup>3</sup>.

Les joints entre planches jusqu'à 3 mm de large ne doivent pas être considérés dans le calcul.

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.

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

#### 7.2 Disposition et dimensionnement des organes de fixation

Les organes d'assemblages doivent respecter les conditions suivantes :

**Pointes :** les pointes doivent avoir un diamètre minimal de 4mm. Les pointes ne sont pas admises sur le chant des panneaux. Seules les pointes non lisses peuvent reprendre des efforts de traction.

**Tire-fonds et vis à bois :** les tire-fonds et vis doivent avoir un diamètre extérieur minimal de 4mm pour les faces et 8 mm pour les chants. Les vis à bois et tirefonds de diamètre d ≤ 8mm peuvent être vissés sans avant trou.

Pour les vis et pointes, les formules suivantes issues de l'Eurocode 5 sont à utiliser pour déterminer la portance locale et la valeur caractéristique de la capacité à l'arrachement :

	Sollicitations	Vis et pointes
Fixation sur la Face	Portance	<p><b>- Pour les vis et pointes avec d ≤ 8 mm sans pré-perçage</b></p> $f_{h,k} = 0,082 \times \rho_k \times d^{-0,3} \text{ en N/mm}^2$ <p><b>Avec pré-perçage</b></p> $f_{h,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \rho_k \text{ en N/mm}^2$ <p><b>- Pour les vis et pointes d &gt; 8 mm avec pré-perçage</b></p> $f_{h,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \rho_k \text{ en N/mm}^2$
	Arrachement	<p><b>- vis :</b></p> $R_{ax,k} = \frac{f_{ax,k} \times d \times l_{ef} \times k_d}{1,2 \times \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \text{ en N}$ $f_{ax,k} = 0,52 \times d^{-0,5} \times l_{ef}^{-0,1} \times \rho_k^{0,8} \text{ en N}$ $k_d = \text{mini}(d/8 ; 1)$ <p><b>- pointes torsadées, annelées ou cran-tées :</b></p> $R_{ax,k} = \text{mini} \left\{ \begin{array}{l} 20 \times 10^{-0,6} \times \rho_k^2 \times d \times t_{pen} \text{ en N} \\ 70 \times 10^{-0,6} \times \rho_k^2 \times d_h^2 \end{array} \right.$
Fixation sur le Chant	portance	<p><b>- vis :</b></p> <p>f<sub>h,k</sub> est pris comme pour le bois massif suivant l'Eurocode 5 en prenant en compte une diminution de 50%</p> <p><b>- Pour les vis avec d ≤ 8 mm sans pré-perçage</b></p> $f_{h,k} = 0,5 \times 0,082 \times \rho_k \times d^{-0,3} \text{ en N/mm}^2$ <p><b>- avec pré-perçage</b></p> $f_{h,k} = 0,5 \times 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \rho_k \text{ en N/mm}^2$ <p><b>- Pour les vis d &gt; 8 mm avec pré-perçage</b></p> $f_{h,0,k} = 0,5 \times 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \rho_k \text{ en N/mm}^2$ $f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ <p>avec k<sub>90</sub> = 1,35 + 0,015d</p>
	Arrachement	<p><b>- vis :</b></p> <p>R<sub>ax,k</sub> est pris comme pour le bois massif suivant l'Eurocode 5 en prenant en compte une diminution de 25%</p> $R_{ax,k} = 0,75 \times \frac{f_{ax,k} \times d \times l_{ef} \times k_d}{1,2 \times \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \text{ en N}$ $f_{ax,k} = 0,52 \times d^{-0,5} \times l_{ef}^{-0,1} \times \rho_k^{0,8} \text{ en N}$ $k_d = \text{mini}(d/8 ; 1)$

Avec :

d : diamètre nominal de la vis ou du clou en mm

$\rho_k$  : masse volumique caractéristique du KLH en  $\text{kg/m}^3$  (350  $\text{kg/m}^3$ )

$\alpha$  : angle entre l'effort et le sens du fil du panneau

$l_{ef}$  : profondeur de pénétration de la vis en mm

$f_{h,k}$  : valeur caractéristique de la portance locale en  $\text{N/mm}^2$

$R_{ax,k}$  : valeur caractéristique de la capacité résistante en traction en N.

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.

Le nombre efficace d'organes nef dans une file est pris suivant l'Eurocode 5.

#### Boulons et broches :

Les boulons et broches doivent avoir un diamètre minimal de 10mm.

Les boulons et broches ne sont pas admis sur le chant des panneaux. La distance minimal 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.

Pour les boulons et broches, les formules suivantes, issus de la norme EN1995-1-1 sont à considérer.

	Sollicitations	Boulons, broches
Fixation sur la Face	portance	$f_{h,k}$ est pris comme pour le bois massif suivant l'Eurocode 5 $f_{h,0,k} = 0,5 \times 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \rho_k$ en $\text{N/mm}^2$ $f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ $aveck_{90} = 1,35 + 0,015d$
	Arrachement	Voir EN 1995-1-1

avec

d : diamètre nominale de la broche ou du boulon

$\rho_k$  : masse volumique caractéristique du KLH  $\text{kg/m}^3$  (350  $\text{kg/m}^3$ ).  $\alpha$  : angle entre l'effort et le sens du fil du panneau.

$f_{h,k}$  : valeur caractéristique de la portance locale en  $\text{N/mm}^2$

Le nombre efficace d'organes nef dans une file est pris suivant l'Eurocode 5.

## 7.21 Assemblages usuels

### 7.211 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.

Ces assemblages courants sont non exhaustifs, d'autres assemblages sont possibles en fonction des efforts à reprendre.

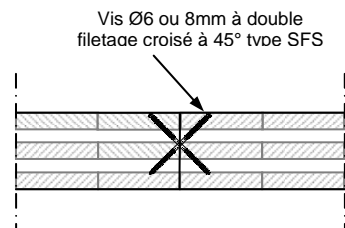
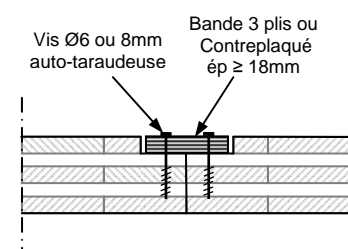
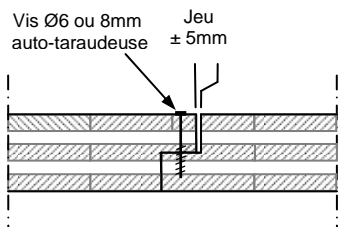


Figure 15 : jonctions courantes entre panneaux de plancher ou de murs

Ces dispositions sont complétées par la mise en œuvre de vis auto-taraudeuses de diamètre 6 à 8 mm 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 « Compriband » entre les panneaux, ou par une bande adhésive ou par la continuité de l'isolant et du pare ou frein vapeur disposé coté extérieur des panneaux.

### 7.212 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 équerrres 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 « Compriband » 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.

### 7.213 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 « Compriband » 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 par des équerrres métalliques rapportées sur le coté, soit par assembleurs en âme invisible de type queues d'arondes ou encore par interposition d'une pièce de bois.

En complément, des assemblages bois/bois travaillant en compression/cisaillement, peuvent être conçus en les justifiant à l'Eurocode 5.

## 7.3 Dispositions spécifiques relatives à la mise en œuvre des nervures

La mise en œuvre de nervures permet de réaliser des tables ou des caissons permettant de réduire l'épaisseur du panneau.

### 7.31 Composants

Ces ensembles seront composés de panneaux KLH définis ci-avant et de nervures réalisées :

Soit en bois lamellé collé bénéficiant d'un marquage CE ou de la certification ACERBOIS GLULAM

Soit en bois massif reconstitué bénéficiant de la certification ACERBOIS BMR.

La colle utilisée pour l'assemblage des panneaux KLH avec des poutres BMR ou LC est une colle à base de résine polyuréthane mono composant, type Purbond HB 110 ou équivalent, fabriquée par la société COLLANO.

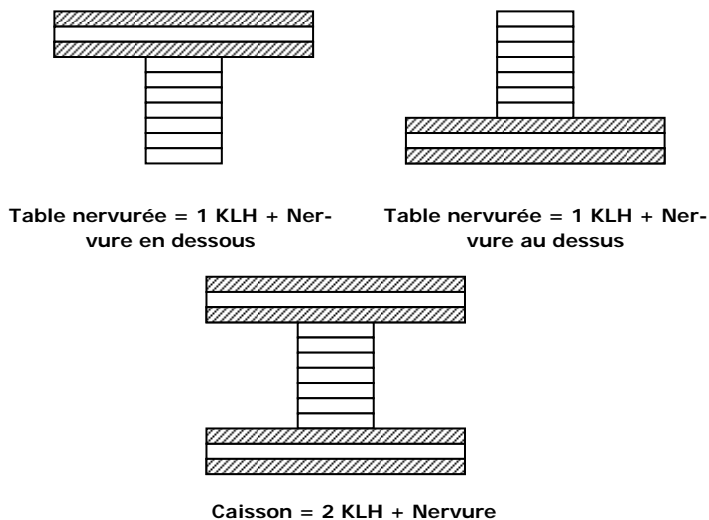


Figure 16 : représentation des panneaux nervurés et des caissons

La hauteur de la nervure ne doit pas excéder 6 fois l'épaisseur du panneau, et l'élançement géométrique de la nervure est inférieur à 6 lorsque celle-ci est placée sous le panneau ; 4 lorsqu'elle est placée au-dessus.

Les contraintes normales dues au moment fléchissant sont vérifiées avec les moments et modules d'inertie des sections globales nettes ( $I_{net}$  et  $W_{net}$ ) de la section T. Le module d'inertie effectif est utilisé pour les déformations sur la même méthode que dans l'Annexe 1.

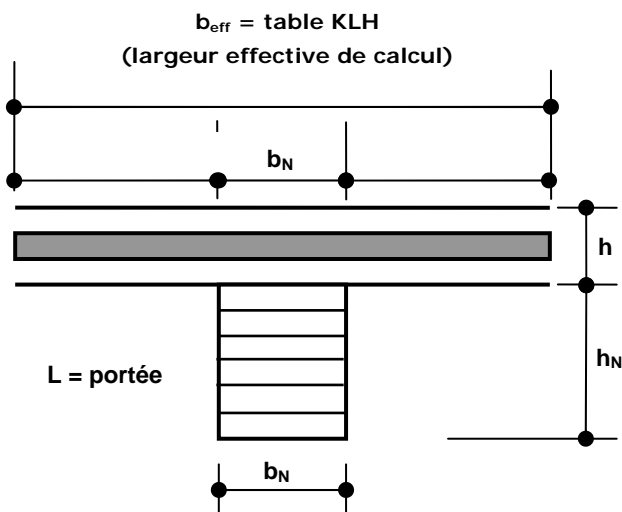


Figure 17 : définition de la section pour la vérification en flexion d'un panneau nervuré

Les contraintes de cisaillement sont à vérifier dans la table en KLH ( $f_{Rv,k} = 0,15 \text{ kN/cm}^2$  mais également dans la nervure et au joint de collage. Pour cette dernière, on prendra une résistance caractéristique qui est fonction de la classe mécanique des nervures : Par exemple,  $f_{v,k} = 0,25 \text{ kN/cm}^2$  pour des nervures en BM C24, ou  $f_{v,k} = 0,27 \text{ kN/cm}^2$  pour des nervures en GL24h.

Lorsque les nervures sont placées en dessous de la table KLH et lorsqu'elles ne reposent pas sur l'appui, un renfort par vis à filetage total à l'appui est nécessaire. Dans ce cas, le cisaillement entre la nervure et la table KLH est repris intégralement par la vis.

Au niveau des appuis des appuis d'extrémité ou intermédiaire, la section cisailée à prendre en compte est une section homogénéisée en considérant une diffusion de l'effort à  $45^\circ$  au niveau bas la table en KLH comme le montre la figure 18 : ( $S = E \times H + e \times h - P_1^2$ ) avec :

$$e = E + (2 \times P_1)$$

$P_1$  = épaisseur du 1er pli

$H$  = hauteur de la nervure

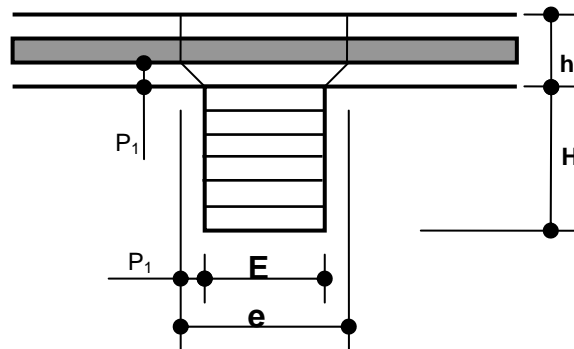


Figure 18 : définition de la surface cisailée d'un panneau nervuré

### 7.32 Mise en œuvre

La mise en œuvre de nervures sur panneaux KLH sera réalisée en usine ou atelier permettant de satisfaire les conditions de collage, à savoir : température minimale  $20^\circ$  - Humidité  $65\% \pm 10$ .

Quantité de colle à appliquer 300 à  $400 \text{ g/m}^2$ .

La pression de collage de l'ordre de 7 bars, est assurée sous une presse.

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

Dans la plupart des cas, les gaines électriques et autres conduites de petits diamètres peuvent facilement être réalisés par exemple dans des doublages, dans l'épaisseur d'isolation, en réalisant des plaintes techniques ou des planchers techniques sans affaiblir 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.

### 7.41 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.

### 7.42 Réservations dans les panneaux de plancher

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

### 7.5 Dispositions spécifiques et comportement aux séismes

Les vérifications se feront d'après l'Eurocode 8.

Les liaisons entre les panneaux sont faites couramment avec des cornières métalliques de type BMF (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).

### 7.6 Dispositions pour les membranes pare-vapeur ou frein vapeur

Comme vu précédemment dans le §4.25, une valeur de résistance à la diffusion de la vapeur  $\mu_{sec} = 300$  et  $\mu_{humide} = 46$  peut être utilisé pour le KLH. De ce fait, les parois KLH jouent directement le rôle de pare-vapeur. Une autre étude du CSTB (rapport N° CPM 07/260-10042) a démontré que des parois KLH avec isolation extérieure et enduit rapporté ou vêturé sur lattage ventilé, ne nécessitent pas de pare-vapeur. Pour les complexes de murs non couverts par les essais, une simulation par programme de type WUFI peut s'avérer nécessaire.

### 7.7 Dispositions concernant les chapes béton et plancher chauffants

Sauf dispositions particulières, les planchers KLH peuvent recevoir la mise en œuvre de chape liquide en béton ou autre système avec ou sans plancher chauffant intégré en interposant au minimum un film plastique adapté ou un résilient phonique.

Dans ce cas, le calcul du plancher KLH doit être vérifié en prenant en compte la charge du complexe défini.

La mise en œuvre de celle-ci permet d'améliorer l'isolement acoustique.

Dans le cas d'un plancher chauffant, la mise en œuvre d'un polyane est obligatoire.

## 7.8 Dispositions concernant les parements extérieurs

Le panneau est considéré comme un élément de structure qui nécessite la mise en œuvre d'une vêtture, bardage rapporté, ETICS. Les panneaux KLH peuvent également recevoir des enduits type STO, PRB ou équivalent sur isolation extérieure en laine de roche ou polystyrène expansé collé et/ou fixé mécaniquement. La mise en œuvre sera conforme au DTA du système retenu.

Pour les bâtiments ERP, on veillera à respecter les détails constructifs de l'IT249 en vigueur.

## 7.9 Dispositions spécifiques relatives au Montage

Les panneaux sont livrés sur site par transport routier « juste à temps ». La mise en œuvre sur chantier se fait à l'aide d'une grue.

### 7.91 Stockage sur chantier

Le taux d'humidité des panneaux KLH sortant de l'usine moyen est de  $12\% \pm 2$ . L'entreprise en charge des travaux doit prendre les dispositions nécessaires sur chantier afin d'éviter des reprises d'humidité trop importantes. Pour les stockages de longue durée, une ventilation suffisante est à prévoir entre les panneaux et la protection afin d'éviter les phénomènes de condensation. De même que les panneaux devront être suffisamment désolidarisés du sol pour éviter les salissures et les reprises d'humidités.

Dans tous les cas, prévoir une zone de stockage plane afin d'éviter toute déformation. Cette zone doit également être suffisante afin d'étaler et de trier les éléments et ainsi de gagner du temps de montage. D'une manière générale, en cas d'humidification accidentelle, les entreprises intervenant sur les panneaux devront contrôler que l'humidité de ceux-ci est  $\leq 22\%$ . Ce seuil ne préjuge pas des conditions nécessaires à respecter pour la mise en œuvre des revêtements extérieurs. Il peut également être nécessaire de protéger les panneaux des rayons UV, destinés à une utilisation visible.

### 7.92 Déroulement du montage

La planéité des fondations du bâtiment doit être vérifiée avant la date du montage et, le cas échéant corrigé par calage.

L'entreprise de montage doit assurer la sécurité des personnes vis-à-vis des risques de chutes d'hauteur par mise en place des protections collectives ou, en cas d'impossibilité technique, par des protections individuelles. De même pour la structure, des éléments de contreventement provisoires à  $45^\circ$  doivent être mis en place tant que la structure n'a pas acquis sa stabilité propre.

Pour les bâtiments à multi étages, la durée de montage pouvant durer plusieurs semaines, les reprises d'humidité pourront être limitées par exemple avec la mise en œuvre de toiles ajourées adaptées et fixées aux échafaudages ou par la mise en place d'un frein vapeur ou pare vapeur sur la face extérieure du panneau. Une préfabrication de murs 2D en atelier présente l'avantage de limiter fortement le temps d'exposition aux intempéries.

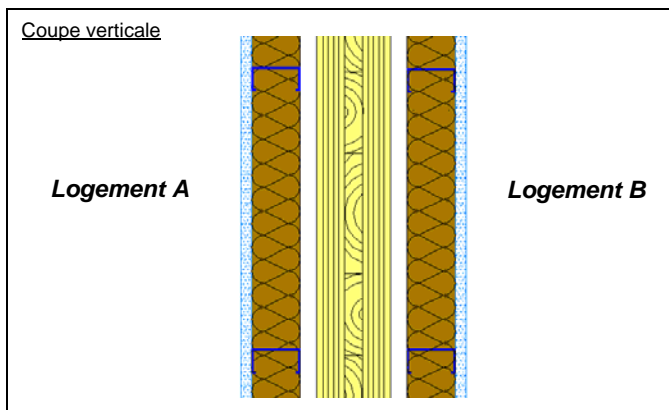
## 7.10 Performances acoustiques de composition KLH

Pour les panneaux KLH non doublés, les affaiblissements acoustiques  $R_w$  sont donnés à titre indicatif au §4.2.

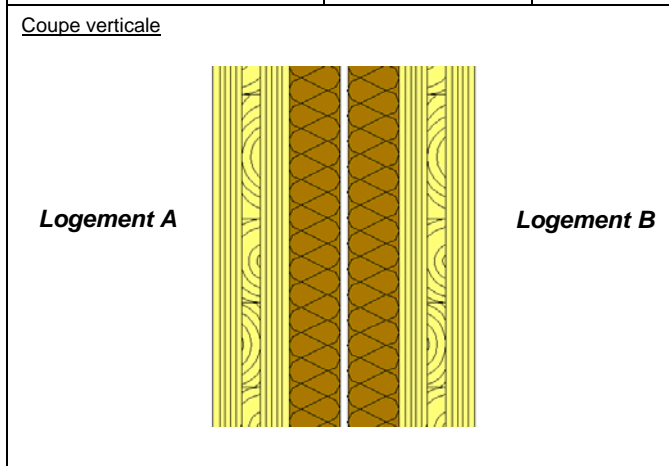
KLH met à disposition des compositions de plancher ou de murs dont les caractéristiques acoustiques ont été testées en laboratoire soit in situ. Les performances obtenues sont fonction du type et épaisseurs des compositions (plaques de plâtre, isolant phonique, chape, vide d'air...). Quelques-unes sont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

### Mur mitoyen KLH :

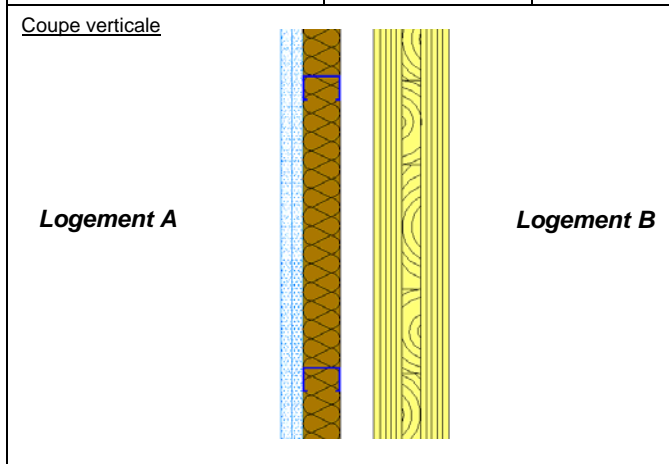
Composition	Epaisseur totale	264mm
- 2*12.5mm Plaque de plâtre	masse surfacique	117kg/m <sup>2</sup>
- 50mm laine de verre ( $\rho=22\text{kg/m}^3$ )		
fixés sur rails métalliques désolidarisés	$R_w$ (C ; Ctr)	71(-7 ; -14)dB
- Mur KLH 94mm 3 plis		
- 50mm laine de verre ( $\rho=22\text{kg/m}^3$ )		
fixés sur rails métalliques désolidarisés		
-2* 12.5mm Plaque de plâtre		



<b>Composition</b>	Epaisseur totale	286mm
- Mur KLH 78mm 3 plis	masse surfacique	80 kg/m <sup>2</sup>
- 60mm laine de verre ( $\rho=15\text{kg/m}^3$ )		
- 10mm vide d'air	$R_w$ (C ; Ctr)	65(-3; -9) dB
- 60mm laine de verre ( $\rho=15\text{kg/m}^3$ )		
- Mur KLH 78mm 3 plis		

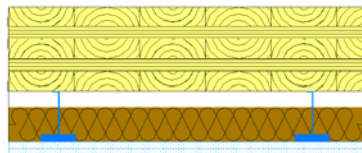


<b>Composition</b>	Epaisseur totale	209mm
- Mur KLH 94mm 3 plis	masse surfacique	82 kg/m <sup>2</sup>
- 40mm vide d'air		
- 50mm laine de roche ( $\rho=22\text{kg/m}^3$ ) entre ossature métallique - entraxe 450mm	$R_w$ (C ; Ctr)	63(-3; -9) dB
- 2x12.5mm Plaques de plâtre		

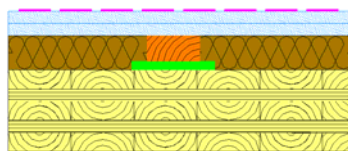


**Plancher KLH :**

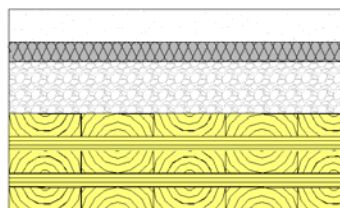
Composition - Plancher 145mm 5 plis - Plénum de 90mm composés de connecteurs et cavaliers acoustiques - 60mm laine de verre isoconfort 38 - 2x12.5mm Plaques de plâtre	Epaisseur totale	260mm
	masse surfacique	92 kg/m <sup>2</sup>
	R <sub>w</sub> (C ; Ctr)	65(-3 ; -9) dB
	L <sub>n,w</sub> (Ci)	51(-1)dB

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

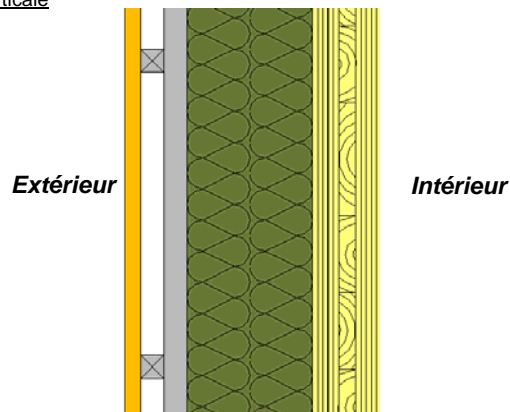
Composition - 2x22mm Plaques de CTBH 60mm laine de verre Isoconfort 38 - 40*95mm lambourdes bois massif avec plots caoutchouc ponctuels - Plancher 145mm 5 plis	Epaisseur totale	249mm
	masse surfacique	117 kg/m <sup>2</sup>
	R <sub>w</sub> (C ; Ctr)	53(-1 ; -6) dB
	L <sub>n,w</sub> (Ci)	65(0)dB
	L <sub>n,w</sub> (Ci) avec dalle textile	56(2)dB

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

Composition - 60mm Chape béton - 30mm résiliant phonique - 80mm de gravier (1300kg/m <sup>3</sup> ) - Plancher 145mm 5 plis	Epaisseur totale	316mm
	masse surfacique	320 kg/m <sup>2</sup>
	R <sub>w</sub> (C ; Ctr)	64(-1 ; -6) dB
	L <sub>n,w</sub> (Ci)	48(-3)dB

Coupe verticale**Logement A****Logement B****Mur extérieur KLH :**

Composition - Bardage mélèze 20mm - 2X30mm Lattage + contre lattage - 2x100mm laine de roche 70kg/m <sup>3</sup> ( = 0.04W / m.K) - Mur KLH 94mm 3 plis	Epaisseur totale	374mm
	masse surfacique	92 kg/m <sup>2</sup>
	R <sub>w</sub> (C ; Ctr)	46(-1 ; -5)dB

Coupe verticale**8. Distribution**

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.

**B. 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 SNPE N° 15226-10 sur KLH Fire Protect (19/12/2010).

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 ;

Rapport de classement européen de réaction au feu (norme EN 13501-1 :2007) du panneau KLH FIRE PROTECT, n° 15226-10 du 19 décembre 2010 du SNPE, classe B-s2, d0 ;

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).

## C. Références

### C1. Données Environnementales et Sanitaires

Le procédé de panneaux structuraux KLH fait l'objet d'une Environmental Product Declaration (EPD) conforme à la norme ISO 14025.

Le demandeur déclare que cette déclaration environnementale est individuelle et a fait l'objet d'une vérification par tierce partie indépendante habilitée.

Cette EPD a été établie le 01 Février 2012 par KLH Massivholz GmbH. Elle a fait l'objet d'une validation par l'IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V.) le 01 Février 2012 et est disponible sur le site

[http://baumwelt.de/download/C224a8e29X136a9aa1e9bXY59/EPD\\_KLH\\_2012111\\_E\\_final\\_.pdf](http://baumwelt.de/download/C224a8e29X136a9aa1e9bXY59/EPD_KLH_2012111_E_final_.pdf)

Les données issues des EPD 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.

### C2. Autres références

En 2012, la société KLH totalise à son actif plus de 1600 références françaises de géométrie variable en bâtiments publics et privés dont les principales sont :

Bâtiment industriel PROLIGNUM à Frasnes (25) - surface de 2300m<sup>2</sup> dont 255 m<sup>2</sup> de bureaux: utilisation des panneaux KLH en panneaux support de couverture et en murs extérieurs assurant le Contreventement. BET Ingénierie Bois. (2002)

Hôtel Stand'Inn à Foetz au Luxembourg - bâtiment R+1 de 2000 m<sup>2</sup> - de surface: utilisation des panneaux KLH en refends et planchers. BET entreprise Socopa.

Bâtiment bureaux pour la DDAF de l'Aube à Troyes (10) - 3000 m<sup>2</sup> de bureaux R+2 : utilisation des panneaux KLH en planchers, murs porteurs et de contreventement et panneaux supports de couverture – Bureaux de contrôle VERITAS. BET entreprise Charpente Houot. (2003)

Résidence pour personnes âgées à Mareuil les Meaux (77) – Bâtiment R+2 de 4000m<sup>2</sup> : utilisation du panneau en plancher – Bureaux de contrôle VERITAS. BET entreprise Socopa. (2005)

Gymnase à Nice (06) 2200 m<sup>2</sup> de panneaux dont 900 m<sup>2</sup> avec nervures utilisés en murs porteurs – Bureaux de contrôle SOCOTEC. BET Ingénierie Bois (2005)

Bâtiment industriel à Neydens (74) – Bâtiment de 1200m<sup>2</sup> en R+1 : utilisation des panneaux en plancher, murs porteurs et panneaux support de couverture. BET Hv Conseil ( 2006)

Bâtiments pour l'ONF à Dijon (21) – 1500m<sup>2</sup> de bureaux R+1 : utilisation des panneaux KLH en planchers, murs porteurs et panneaux support de couverture – bureaux de contrôle SOCOTEC. BET CBS-CBT. (2006)

Logements collectifs de l'UCPA sur R+3 à ARC 1600 (73)- 1300m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, en plancher et en supports de toiture - bureaux de contrôle SOCOTEC. BET Hv Conseil ( 2007)

Immeuble de bureaux sur R+5 à Wittelsheim (68) - 1500 m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs et plancher. – Bureaux de contrôle VERITAS. BET TECKICEA (2007)

30 Logements collectifs sociaux à Energie positive répartis sur 2 bâtiments en R+3 + attique et R+4 + attique à Saint Dié des Vosges (88)

- surface de 3300m<sup>2</sup> : utilisation des panneaux en plancher et refends porteurs – Bureaux de contrôle VERITAS. BET ACT BOIS. (2009)

Collège à Burnhaupt le Haut (68) - 5000 m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture. – Bureaux de contrôle VERITAS. BET ICAT(2009)

Foyer pour personnes handicapée moteur sur RDC à Richebourg (78) – Surface de 5900m<sup>2</sup> : utilisation des panneaux en murs porteurs et support de couverture – Bureaux de contrôle QUALICONSULT. BET CBCO. (2009)

Logements Etudiants Campus de Troyes – 4600m<sup>2</sup> de panneaux KLH – utilisation des panneaux en murs, plancher et support de toiture.– bureaux de contrôle. BET Gaujard Technologies. (2009)

Centre de vie pour personnes autistes sur R+1+combles à Jouy le Moutier (95) – Surface de 3000m<sup>2</sup> : utilisation des panneaux en murs porteurs et en plancher – bureaux de contrôle QUALICONSULT. BET CBCO. (2009)

22 Logements sociaux individuels à très basse énergie sur R+1 à Saint Dié des Vosges (88) - Surface de 2500m<sup>2</sup> : utilisation des panneaux en murs porteurs et en plancher – Bureaux de contrôle VERITAS. BET Meistersheim. (2009)

Musée d'Histoire Naturelle à Paris (75) – 220 m<sup>2</sup> de panneaux KLH - utilisation des panneaux en plancher – bureaux de contrôle BTP CONSULTANTS. BET entreprise Charpentier de Paris (2009)

Maison de la forêt et du bois sur RDC à Chalons en champagne (51) – 1600m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture – bureaux de contrôle SOCOTEC. BET Arbo Structures. (2009)

4 Logements collectifs sociaux labellisés passif sur R+1 à Gerbépal (88) - Surface de 350m<sup>2</sup> : utilisation des panneaux en murs porteurs et en plancher – Bureaux de contrôle APAVE. BET ACT BOIS. (2010)

Pépinière d'entreprises sur RDC à Fesch-le Châtel (25) – 2200m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs et support de toiture – Bureaux de contrôle SOCOTEC. BET CBIS. (2010)

Centre commercial Chamnord à Chambéry (73) – 7300m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture. – bureaux de contrôle APAVE. BET Hv Conseil. (2010)

Extension du groupe scolaire sur R+1 à Chenôve (21) – 1000m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture - bureaux de contrôle SOCOTEC. BET entreprise Sacet (2010)

Foyer d'hébergement à Manosque sur R+2 - 2300 m<sup>2</sup> de panneaux KLH - utilisation des panneaux en murs et plancher – BET E TECH BOIS (2010)

Musée d'Orsay à Paris (75) – 370 m<sup>2</sup> de panneaux KLH - utilisation des panneaux en plancher – bureaux de contrôle APAVE. BET Oregon (2010)

16 Logements collectifs sociaux labellisés BBC Effinergie répartis sur R+2 à Gérardmer (88) - 1100m<sup>2</sup> de panneaux KLH: utilisation des panneaux en plancher et refends porteurs – Bureaux de contrôle APAVE. BET entreprise Socopa. (2011)

Restaurants Mac Donald sur R+1 à Nice et à Pau (06) -820 m<sup>2</sup> de panneaux KLH chacun : utilisation des panneaux en murs porteurs et plancher. – Bureaux de contrôle SOCOTEC. BET entreprise Charpente Houot. (2011)

Collège très haute qualité environnementale sur R+1 à Saint Dizier(52) – Surface de 10 000m<sup>2</sup> : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de couverture. – bureaux de contrôle ALPES CONTRÔLE. BET Hv Conseil. (2010)

Ecole des Chirouzes à Bourg les Valences (26) – 2700m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture – Bureaux de contrôle QUALICONSULT. BET entreprise PIERREFEU (2011)

Théâtre éphémère de la Comédie Française à Paris (75) – 7 300m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs et support de toiture – Bureaux de contrôle SOCOTEC. BET Anglade Structures Bois. (automne 2011)

5 bâtiments de bureaux sur R+2 à Maxeville (54) -2 bâtiments déjà réalisés sur 2010 et 2011- Surface de 2700m<sup>2</sup> par bâtiment : utilisation des panneaux en plancher et support de toiture et partiellement en mur – Bureaux de contrôle DEKRA. BET Ingénierie Bois. (2010-2011)

Bâtiment de bureaux sur R+2 à Neuilly-sur-seine (92) - 750 m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture.– bureaux de contrôle VERITAS. BET Synergie Bois (2011)

Bâtiment d'hébergement pour une maison d'accueil spécialisée sur R+1 à Strasbourg (67) - 2450 m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture et de couverture. – Bureaux de contrôle DEKRA. BET ACT BOIS.(2011)

Plusieurs Restaurants KFC sur R+1 en France -335 m<sup>2</sup> de panneaux KLH chacun : utilisation des panneaux en murs porteurs et plancher. –



Bureaux de contrôle QUALICONSULT. BET entreprise Charpente Houot (2011)

Surélévation de logements sur un restaurant existant à Lille – 5 niveaux bois - 1400m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture.– bureaux de contrôle VERITAS. BET Ingénierie Bois (2011)

Internat sur R+2 à Villebon-sur-Yvette (91) - 2300 m<sup>2</sup> de panneaux KLH - utilisation des panneaux en plancher et support de toiture.– bureaux de contrôle VERITAS. BET PERRIN & ASSOCIES (2011)

Crèches sur RDC à Chartres (28) – 1000 m<sup>2</sup> de panneaux KLH - utilisation des panneaux en murs et support de toiture.– bureaux de contrôle APAVE. BET Arpente Ingénierie Sarl (2011)

Boulodrome à Martigues (31) sur RDC et R+1 partiel – 2300 m<sup>2</sup> de panneaux KLH - utilisation des panneaux en murs et plancher.– bureaux de contrôle SOCOTEC. BET entreprise Les Toitures Montiliennes (2011)

Immeuble de logements composés de trois corps de bâtiments sur R+3 à Vertou (44) - 8000 m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de couverture. – Bureaux de contrôle SOCOTEC. BET ERIBOIS (2012)

Ecole Maternelle Emile Bocksteal sur R+2 à Bruxelles (Belgique) - 5700 m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture – bureaux de contrôle SECO. BET Ingénierie Bois (2012)

Groupe scolaire Sainte Louise sur R+4 Paris 20ème - 4 niveaux bois - 6000 m<sup>2</sup> de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture.– bureaux de contrôle QUALICONSULT. BET Arpente Ingénierie Sarl ( en cours construction 2012)

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 m<sup>2</sup> de panneaux de toitures ont été réalisés avec un revêtement d'étanchéité.

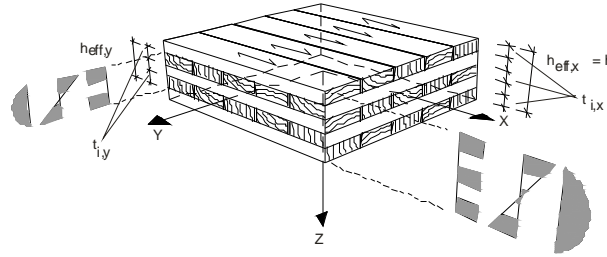
### **Support de couverture**

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 m<sup>2</sup> de couverture sur maisons individuelles, logements collectifs, bureaux, bâtiments recevant du public et bâtiments industriels.

# 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	$h_{eff, x}$	Nb de plis	$A_{net, x}$	$I_{net, x}$	$W_{net, x}$	$S_{net, x}$	$i_{net, x}$	$A_{plein, x}$	$I_{plein, x}$	$W_{plein, x}$	$I_{effectif, x}$			
	(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)			
-	[cm]	-	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]
<b>PANNEAUX TYPE Q : Couches extérieures en direction transversale</b>														
											Portées			
											1m	2m	2.95m	-
57 Q	5,7	3	380	1486	521	361	1,98	570	1543	541	1075	1354	1422	-
72 Q	7,2	3	380	2783	773	504	2,71	720	3110	864	1626	2354	2567	-
94 Q	9,4	3	600	6594	1403	960	3,32	940	6922	1473	3233	5169	5845	-
120 Q	12,0	3	800	13867	2311	1600	4,16	1200	14400	2400	5488	9752	11578	-
95 Q	9,5	5	570	5659	1191	767	3,15	950	7145	1504	3129	4692	5168	-
128 Q	12,8	5	900	15081	2356	1583	4,09	1280	17476	2731	6805	11446	13146	-
158 Q	15,8	5	900	25251	3196	2033	5,3	1580	32869	4161	7869	15997	19911	-
<b>PANNEAUX TYPE L : Couches extérieures en direction longitudinale</b>														
											Portées			
											2m	4m	6m	8m
60 L	6,0	3	380	1711	570	390	2,12	600	1800	600	1535	1663	1690	1699
78 L	7,8	3	380	3421	877	561	3	780	3955	1014	2814	3245	3341	3375
90 L	9,0	3	680	5986	1330	952	2,97	900	6075	1350	5020	5707	5858	5913
95 L	9,5	3	680	6981	1470	1037	3,2	950	7145	1504	5629	6578	6795	6875
108 L	10,8	3	680	9964	1845	1258	3,83	1080	10498	1944	7292	9113	9566	9736
120 L	12,0	3	800	13867	2311	1600	4,16	1200	14400	2400	9752	12511	13227	13499
95 L	9,5	5	570	5659	1191	767	3,15	950	7145	1504	4692	5380	5531	5586
117 L	11,7	5	570	9295	1589	976	4,04	1170	13347	2281	6993	8585	8965	9107
125 L	12,5	5	570	10846	1735	1052	4,36	1250	16276	2604	7892	9914	10410	10596
140 L	14,0	5	1020	20084	2869	1947	4,44	1400	22867	3267	14799	18416	19305	19638
145L	14,5	5	1020	21928	3024	2032	4,64	1450	25405	3504	15600	19883	20967	21377
162 L	16,2	5	1020	28835	3560	2321	5,32	1620	35429	4374	18347	25181	27084	27822
182 L	18,2	5	1020	38219	4200	2661	6,12	1820	50238	5521	21608	31979	35161	36435
200L	20,0	5	1200	52800	5280	3400	6,63	2000	66667	6667	27890	42995	47923	49938
201 L	20,1	7	1360	54053	5378	3791	6,3	2010	67672	6733	31583	45785	50026	51709
226 L	22,6	7	1360	70942	6278	4352	7,22	2260	96193	8513	35718	56728	63814	66744
208 LL	20,8	7	1700	72208	6943	4905	6,52	2080	74991	7211	43322	61508	66987	69167
230 LL	23,0	7	1700	94798	8243	5653	7,47	2300	101392	8817	45979	74100	84238	88534
248 LL	24,8	7	1880	119308	9621	6638	7,96	2480	127108	10251	55684	91599	105031	110803
247 LL	24,7	8	2040	116800	9457	7626	7,56	2470	125577	10168	66249	97417	107240	111208
300 LL	30,0	8	2400	206400	13760	11250	9,27	3000	225000	15000	92760	155646	179997	190606

(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) Section pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis selon la direction principale x.

(8) Inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis selon la direction principale x.

(9) Module d'inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large selon la direction principale x.

(10) 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	$h_{eff, y}$	Nb de plis	$A_{net, y}$	$I_{net, y}$	$W_{net, y}$	$S_{net, y}$	$i_{net, y}$	$A_{plein, y}$	$I_{plein, y}$	$W_{plein, y}$	$I_{effectif, y}$				
	(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)				
-	[cm]	-	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>4</sup> .]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>4</sup> .]	[cm <sup>4</sup> .]	[cm <sup>4</sup> .]	[cm <sup>4</sup> .]	[cm <sup>4</sup> .]		
<b>PANNEAUX TYPE Q : Couches extérieures en direction transversale</b>															
											Portées				
											1m	2m	2.95m		
57 Q	1,9	3	190	57	60	45	0,55	190	57	60	-	-	-		
72 Q	3,4	3	340	327	192	144	0,98	340	327	192	-	-	-		
94 Q	3,4	3	340	327	192	144	0,98	340	327	192	-	-	-		
120 Q	4,0	3	400	533	266	200	1,15	400	533	266	-	-	-		
95 Q	5,7	5	380	1486	521	361	1,98	570	1543	541	1075	1354	1422		
128 Q	6,8	5	380	2395	704	465	2,51	680	2620	771	1476	2066	2231		
158 Q	9,8	5	680	7618	1555	1088	3,35	980	7843	1601	3809	6003	6769		
<b>PANNEAUX TYPE L : Couches extérieures en direction longitudinale</b>															
											Portées				
											1m	2m	2.95m		
60 L	2,2	3	220	89	81	60	0,64	220	89	81	-	-	-		
78 L	4,0	3	400	533	266	200	1,15	400	533	267	-	-	-		
90 L	2,2	3	220	89	81	60	0,64	220	89	81	-	-	-		
95 L	2,7	3	270	164	122	91	0,78	270	164	121	-	-	-		
108 L	4,	3	400	533	266	200	1,15	400	533	267	-	-	-		
120 L	4,	3	400	533	266	200	1,15	400	533	267	-	-	-		
95 L	5,7	5	380	1486	521	361	1,98	570	1543	541	1075	1354	1422		
117 L	7,9	5	600	4052	1026	735	2,60	790	4109	1040	2600	3531	3792		
125 L	8,7	5	680	5430	1248	901	2,83	870	5488	1262	3360	4664	5044		
140 L	7,2	5	380	2783	773	504	2,71	720	3110	864	1626	2354	2567		
145L	7,7	5	430	3477	903	596	2,84	770	3804	988	1940	2888	3177		
162 L	9,4	5	600	6594	1403	960	3,32	940	6922	1473	3233	5169	5845		
182 L	11,4	5	800	12019	2109	1480	3,88	1140	12346	2166	5262	8875	10308		
200L	12,0	5	800	13867	2311	1600	4,16	1200	14400	2400	5488	9752	11578		
201 L	13,3	7	650	13613	2047	1259	4,58	1330	19605	2948	3860	7186	8551		
226 L	15,8	7	900	25251	3196	2032	5,30	1580	32869	4161	5902	11997	14933		
208 LL	7,8	7	380	2783	773	503	2,71	720	3110	797	1626	2354	2567		
230 LL	9,4	7	600	6594	1403	960	3,32	940	6922	1473	3233	5169	5845		
248 LL	10,0	7	600	7800	1560	1050	3,61	1000	8333	1667	3486	5873	6768		
247 LL	11,1	8	430	8777	1581	1540	4,52	1110	11397	2054	3318	6175	7346		
300 LL	14,0	8	600	18600	2657	2450	5,57	1400	22867	3266	5173	11060	14131		

(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) Section pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis selon la direction transversale y.

(8) Inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis selon la direction transversale y.

(9) Module d'inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large selon la direction principale y.

(10) 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**

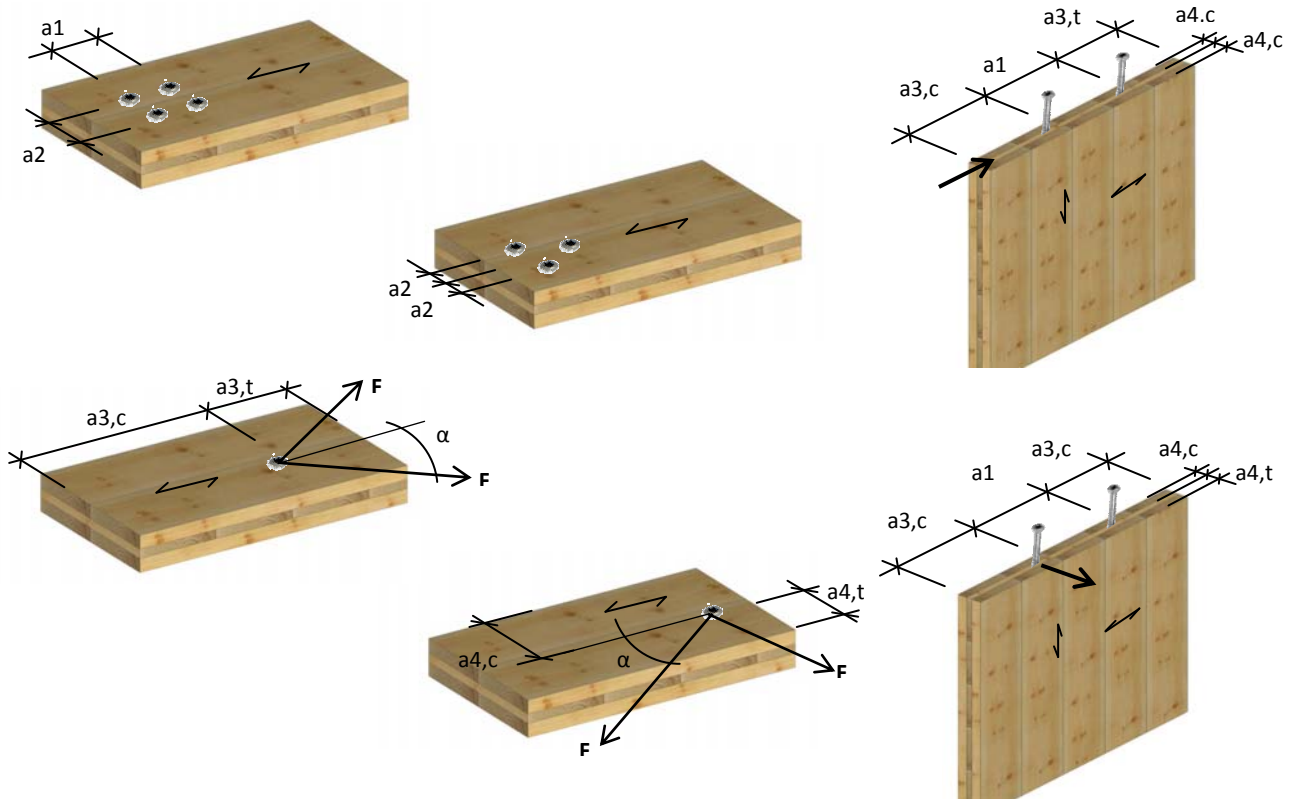
SOLLICITATIONS APPLIQUEES SUR LA FACE DES PANNEAUX	METHODE D'IDENTIFICATION	VALEUR CARACTERISTIQUE
<p>Module d'élasticité</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des plis extérieurs <math>E_{0,mean}</math></p> <p>- perpendiculairement au sens des fibres des plis extérieurs <math>E_{90,mean}</math></p>	<p>Annexe 4, CUAP 03.04/06</p> <p>EN 338</p>	<p>12000 N/mm<sup>2</sup></p> <p>370 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Module de cisaillement</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des plis <math>G_{0,mean}</math></p> <p>- perpendiculairement au des fibres des plis <math>G_{R,90,mean}</math></p>	<p>EN 338</p> <p>A<sub>plein</sub> selon annexe 4 CUAP 03.04/06</p>	<p>690 N/mm<sup>2</sup></p> <p>50 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Résistance à la flexion</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des plis <math>f_{m,k}</math></p>	<p>Annexe 4, CUAP 03.04/06</p>	<p>24 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Résistance à la traction</p> <p>- perpendiculairement au sens des fibres des plis <math>f_{t,90,k}</math></p>	<p>EN 1194 - réduit</p>	<p>0,12 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Résistance à la compression</p> <p>- perpendiculairement au sens des fibres des plis <math>f_{c,90,k}</math></p>	<p>EN 1194</p>	<p>2,7 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Résistance au cisaillement</p> <p>- parallèlement au des fibres des plis <math>f_{v,k}</math></p> <p>-perpendiculairement au des fibres des plis agissant le plus à l'extérieur dans le sens porteur (résistance au cisaillement roulant <math>f_{v,R,k}</math>)</p>	<p>EN 1194</p> <p>A<sub>plein</sub>, annexe 4 CUAP 03.04/06</p>	<p>2.7 N/mm<sup>2</sup></p> <p>1.2 N/mm<sup>2</sup> si <math>t_q \leq 45mm</math></p> <p>0.8 N/mm<sup>2</sup> si <math>t_q &gt; 45mm</math></p> <p><math>t_q = \epsilon_p</math> plis transversaux</p>

SOLLICITATIONS APPLIQUEES SUR LE CHANT DES PANNEAUX	METHODE D'IDENTIFICATION	VALEUR CARACTERISTIQUE
<p>Module d'élasticité</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des plis <math>E_{0,mean}</math></p>	<p>Annexe 4, CUAP 03.04/06</p>	<p>12000 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Module de cisaillement</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des plis <math>G_{0,mean}</math></p>	<p>Annexe 4, CUAP 03.04/06</p>	<p>Modélisation orthotrope : 500 N/mm<sup>2</sup></p> <p>Modélisation poutre : 250 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Résistance à la flexion</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des plis <math>f_{m,k}</math></p>	<p>Annexe 4, CUAP 03.04/06</p>	<p>24 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Résistance à la traction</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des planches <math>f_{t,0,k}</math></p>	<p>EN 1194</p>	<p>16.5 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>Résistance à la compression</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des plis <math>f_{c,0,k}</math></p> <p>- concentré, parallèlement au sens des fibres des plis <math>f_{c,0,k} \times kc,0</math></p>	<p>EN 1194</p> <p>CUAP 03.04/06</p>	<p>24 N/mm<sup>2</sup></p> <p><math>kc,0 \leq 1.5</math> si <math>a \leq \min(H/2; 500mm)</math></p> <p><math>kc,0 \leq 1.9</math> si <math>a &gt; \min(H/2; 500mm)</math></p> <p>a : distance entre la transmission de la charge et le bord du panneau</p>
<p>Résistance au cisaillement</p> <p>- parallèlement au sens des fibres des planches <math>f_{v,k}</math></p>	<p>A<sub>net</sub>, Annexe 4 CUAP 03.04/06</p>	<p>8.4 N/mm<sup>2</sup> plis de 13 à 19 mm</p> <p>5.5 N/mm<sup>2</sup> plis de 34 mm</p> <p>3.9 N/mm<sup>2</sup> plis de 45 mm</p> <p>suivant ép des plis (détail §6.242)</p>

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

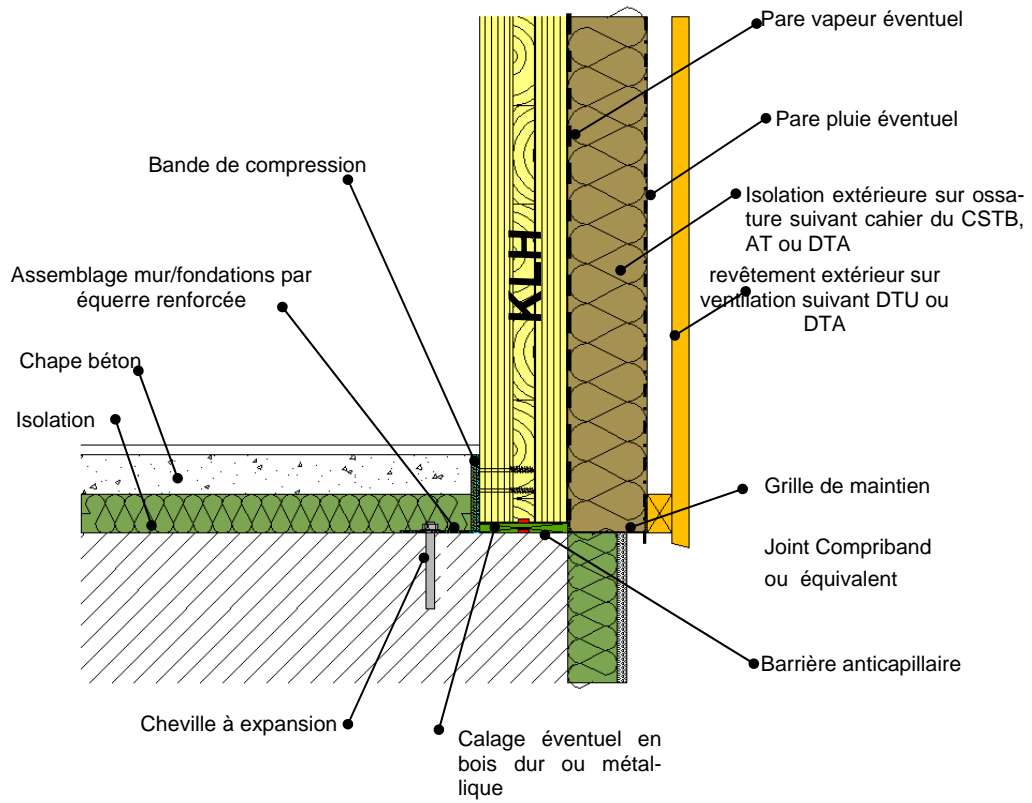
nb de plis	épaisseur totale (mm)	Valeurs de résistance caractéristiques [MPa]												Valeurs de rigidité moyenne [MPa]						Masses volumiques [kg/m <sup>3</sup> ]			
		A plat						A chant			Dans le plan du panneau			A plat			A chant			masse volumique caractéristique à considérer pour le calcul des connecteurs en résistance	masse volumique moyenne à considérer pour le calcul des charges permanentes		
		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 <sub>m,0,k</sub>	f <sub>m,90,k</sub>	f <sub>c,90,k</sub>	f <sub>t,90,k</sub>	f <sub>v,0,k</sub>	f <sub>v,90,k</sub>	f <sub>m,0,k</sub>	f <sub>m,90,k</sub>	f <sub>v,k</sub>	f <sub>t,0,k</sub>	f <sub>t,90,k</sub>	f <sub>c,0,k</sub>	f <sub>c,90,k</sub>	E <sub>0,mean</sub>	E <sub>90,mean</sub>	G <sub>mean</sub>	E <sub>0,mean</sub>	E <sub>90,mean</sub>	G <sub>0,mean</sub>	G <sub>90,mean</sub>	ρ <sub>k</sub>	ρ <sub>mean</sub>		
3	57 Q	23,1	2,67	2,70	0,12	1,30	0,90	16,0	8,00	2,80	11,00	5,50	16,0	8,0	11550	444	60	8000	4000	460	230	350	420
	72 Q	21,5	5,35	2,70	0,12	1,38	1,28	12,7	11,33	2,60	8,71	7,79	12,7	11,3	10730	1264	60	6330	5660	364	326	350	420
	94 Q	22,9	3,14	2,70	0,12	1,32	0,98	15,3	8,68	1,99	10,53	5,97	15,3	8,7	11430	568	60	7650	4340	440	250	350	420
	120 Q	23,1	2,67	2,70	0,12	1,30	0,90	16,0	8,00	1,54	11,00	5,50	16,0	8,0	11550	444	60	8000	4000	460	230	350	420
	60 L	22,8	3,23	2,70	0,12	1,32	0,99	15,2	8,80	2,87	10,45	6,05	15,2	8,8	11400	592	60	7600	4400	437	253	350	420
	78 L	20,8	6,31	2,70	0,12	1,41	1,38	11,7	12,31	2,25	8,04	8,46	11,7	12,3	10380	1618	60	5840	6150	336	354	350	420
	90 L	23,6	1,43	2,70	0,12	1,26	0,66	18,1	5,87	1,34	12,47	4,03	18,1	5,9	11820	175	60	9060	2930	521	169	350	420
	95 L	23,4	1,94	2,70	0,12	1,28	0,77	17,2	6,82	1,56	11,81	4,69	17,2	6,8	11720	275	60	8580	3410	494	196	350	420
	108 L	22,8	3,29	2,70	0,12	1,32	1,00	15,1	8,89	1,71	10,39	6,11	15,1	8,9	11390	610	60	7550	4440	434	256	350	420
120 L	23,1	2,67	2,70	0,12	1,30	0,90	16,0	8,00	1,54	11,00	5,50	16,0	8,0	11550	445	60	8000	4000	460	230	350	420	
5	95 Q	19,0	8,32	2,70	0,12	1,49	0,78	14,4	9,60	3,36	9,90	6,60	14,4	9,6	9500	2496	60	7200	4800	414	276	350	420
	128 Q	20,7	6,19	2,70	0,12	1,44	0,72	16,9	7,13	1,86	11,60	4,90	16,9	7,1	10350	1645	60	8430	3560	485	205	350	420
	158 Q	18,4	8,97	2,70	0,12	1,50	0,80	13,7	10,33	2,37	9,40	7,10	13,7	10,3	9210	2781	60	6830	5160	393	297	350	420
	95 L	19,0	8,32	2,70	0,12	1,49	0,78	14,4	9,60	3,36	9,90	6,60	14,4	9,6	9500	2496	60	7200	4800	414	276	350	420
	117 L	16,7	10,79	2,70	0,12	1,54	0,85	11,7	12,31	3,06	8,04	8,46	11,7	12,3	8350	3643	60	5840	6150	336	354	350	420
	125 L	16,0	11,50	2,70	0,12	1,55	0,87	10,9	13,06	2,51	7,52	8,98	10,9	13,1	7990	4004	60	5470	6520	315	375	350	420
	140 L	21,1	5,68	2,70	0,12	1,43	0,71	17,5	6,51	1,49	12,02	4,48	17,5	6,5	10530	1460	60	8740	3250	503	187	350	420
	145 L	20,7	6,19	2,70	0,12	1,44	0,72	16,9	7,12	1,63	11,61	4,89	16,9	7,1	10350	1642	60	8440	3550	485	205	350	420
	162 L	19,5	7,70	2,70	0,12	1,47	0,76	15,1	8,89	2,04	10,39	6,11	15,1	8,9	9760	2233	60	7550	4440	434	256	350	420
	182 L	18,3	9,17	2,70	0,12	1,50	0,80	13,5	10,55	2,03	9,25	7,25	13,5	10,5	9120	2871	60	6720	5270	387	303	350	420
200 L	19,0	8,32	2,70	0,12	1,49	0,78	14,4	9,60	1,85	9,90	6,60	14,4	9,6	9500	2496	60	7200	4800	414	276	350	420	
7	201 L	19,2	7,43	2,70	0,12	1,28	1,04	16,2	7,76	1,78	11,16	5,34	16,2	7,8	9580	2457	60	8110	3880	467	223	350	420
	226 L	17,7	9,05	2,70	0,12	1,30	1,05	14,4	9,56	2,19	9,93	6,57	14,4	9,6	8840	3163	60	7220	4770	415	275	350	420
	208 LL	23,1	2,57	2,70	0,12	1,31	0,48	19,6	4,38	1,00	13,49	3,01	19,6	4,4	11550	445	60	9800	2190	564	126	350	420
	230 LL	22,4	3,82	2,70	0,12	1,35	0,54	17,7	6,26	1,43	12,20	4,30	17,7	6,3	11210	780	60	8860	3130	510	180	350	420
	248 LL	22,5	3,65	2,70	0,12	1,35	0,54	18,2	5,81	1,12	12,51	3,99	18,2	5,8	11260	736	60	9090	2900	523	167	350	420
8	247 LL	22,3	3,73	2,70	0,12	1,40	0,66	19,8	4,18	0,96	13,63	2,87	19,8	4,2	11160	839	60	9910	2080	570	120	350	420
	300 LL	22,0	3,73	2,70	0,12	1,41	0,57	19,2	4,80	1,10	13,20	3,30	19,2	4,8	11000	839	60	9600	2400	552	138	350	420

Tableau 5 – distance et pinces mini pour les organes d'assemblages suivant la norme NF EN 1995-1-1

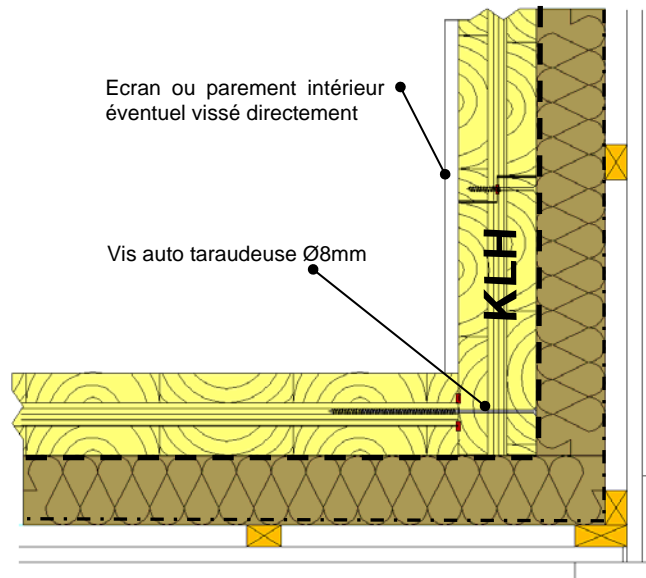


Organe d'assemblage	$a_1$	$a_2$	$a_{3,t}$	$a_{4,t}$	$a_{3,c}$	$a_{4,c}$
	Distance entre les organes		Pince sur bord chargé		Pince sur bord non chargé	
Clous et Vis $d \leq 6\text{mm}$ sans pré-perçage	$d < 5\text{mm}$ $(5 + 5 \cos \alpha)$ $d$ $d \geq 5\text{mm}$ $(5 + 7 \cos \alpha)$ $d$	$5 d$	$(10 + 5 \cdot \cos \alpha) d$	$d < 5\text{mm}$ $(5 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5\text{mm}$ $(5 + 5 \sin \alpha) d$	$10 d$	$5 d$
Broches et Boulons	$5 d$	$5 d$	$5 d$	$5 d$	$3 d$	$3 d$
Vis $d > 6\text{mm}$	$(4 + \cos \alpha) d$	$4 d$	$\max. \begin{cases} 7d \\ 80\text{mm} \end{cases}$	$\max. \begin{cases} (2 + 2 \sin \alpha) d \\ 3d \end{cases}$	$\max. \begin{cases} (1 + 6 \sin \alpha) d \\ 4d \end{cases}$ <i>si <math>90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ</math> ou si <math>210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ</math></i> $4 d$ <i>si <math>150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ</math></i>	$3 d$

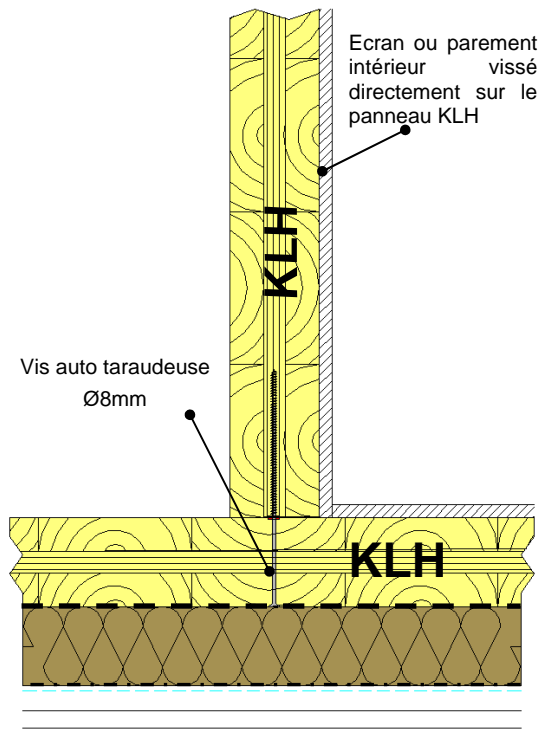
**Exemples de détails de mise œuvre – non limitatif**



**Figure 19 : Coupe verticale mur extérieur/dalle béton avec vêtture extérieure**



**Figure 20 : Coupe horizontale sur angle de murs extérieurs**



*Figure 21 : Jonction refend contre mur extérieur*



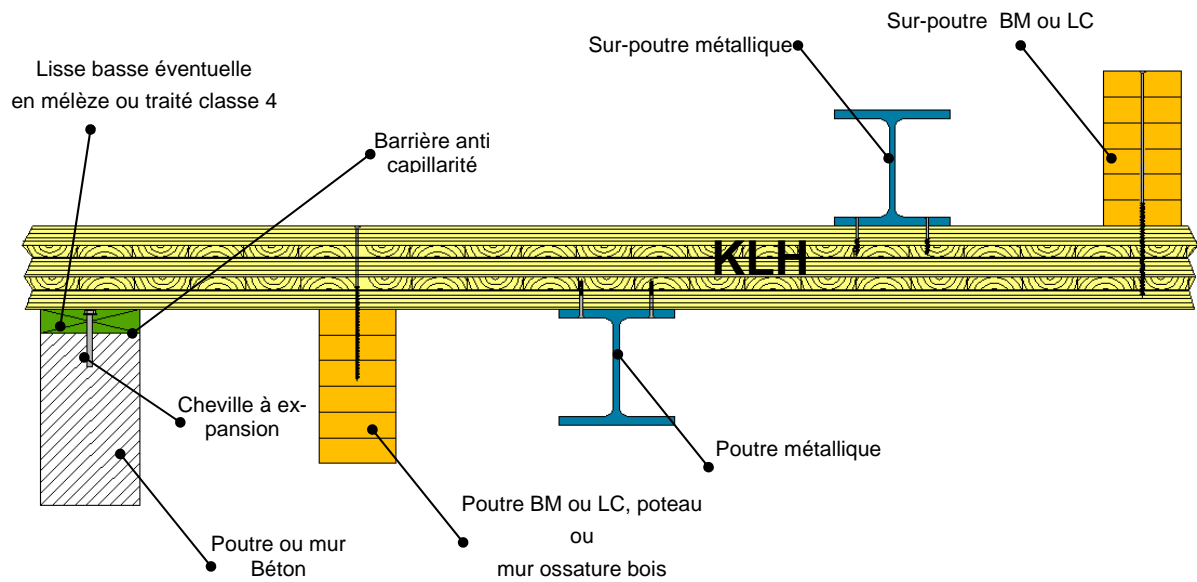


Figure 22 : Autre Type d'appui usuels sur plancher KLH

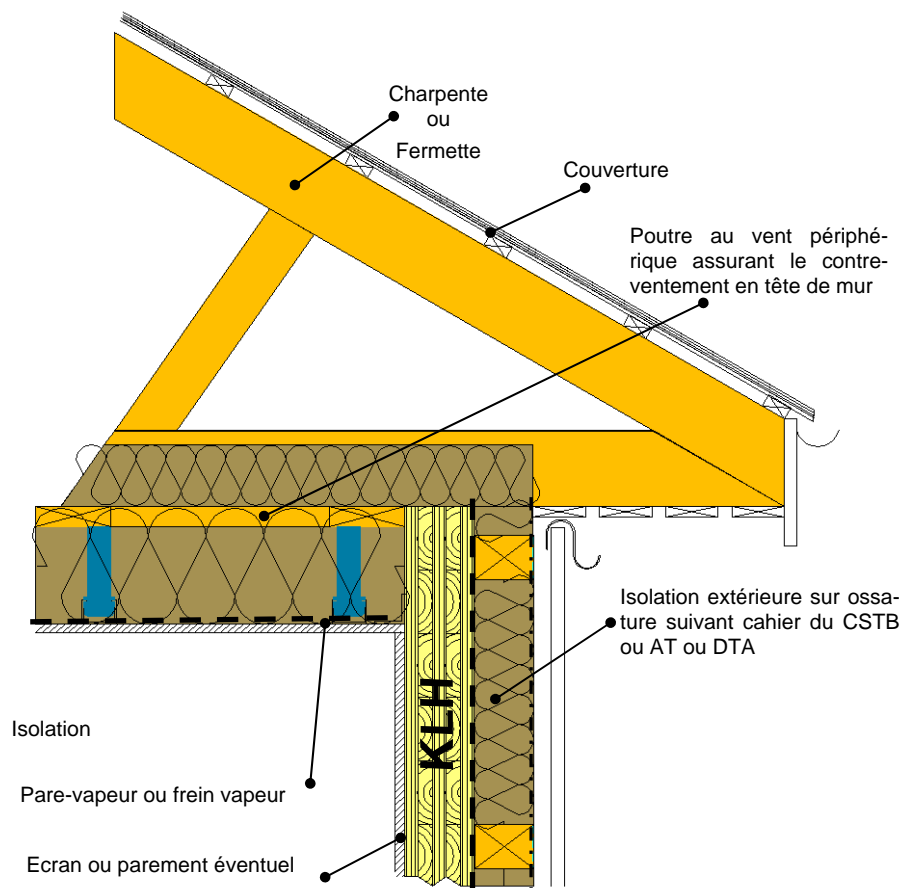


Figure 23 : Coupe verticale charpente/ mur extérieur

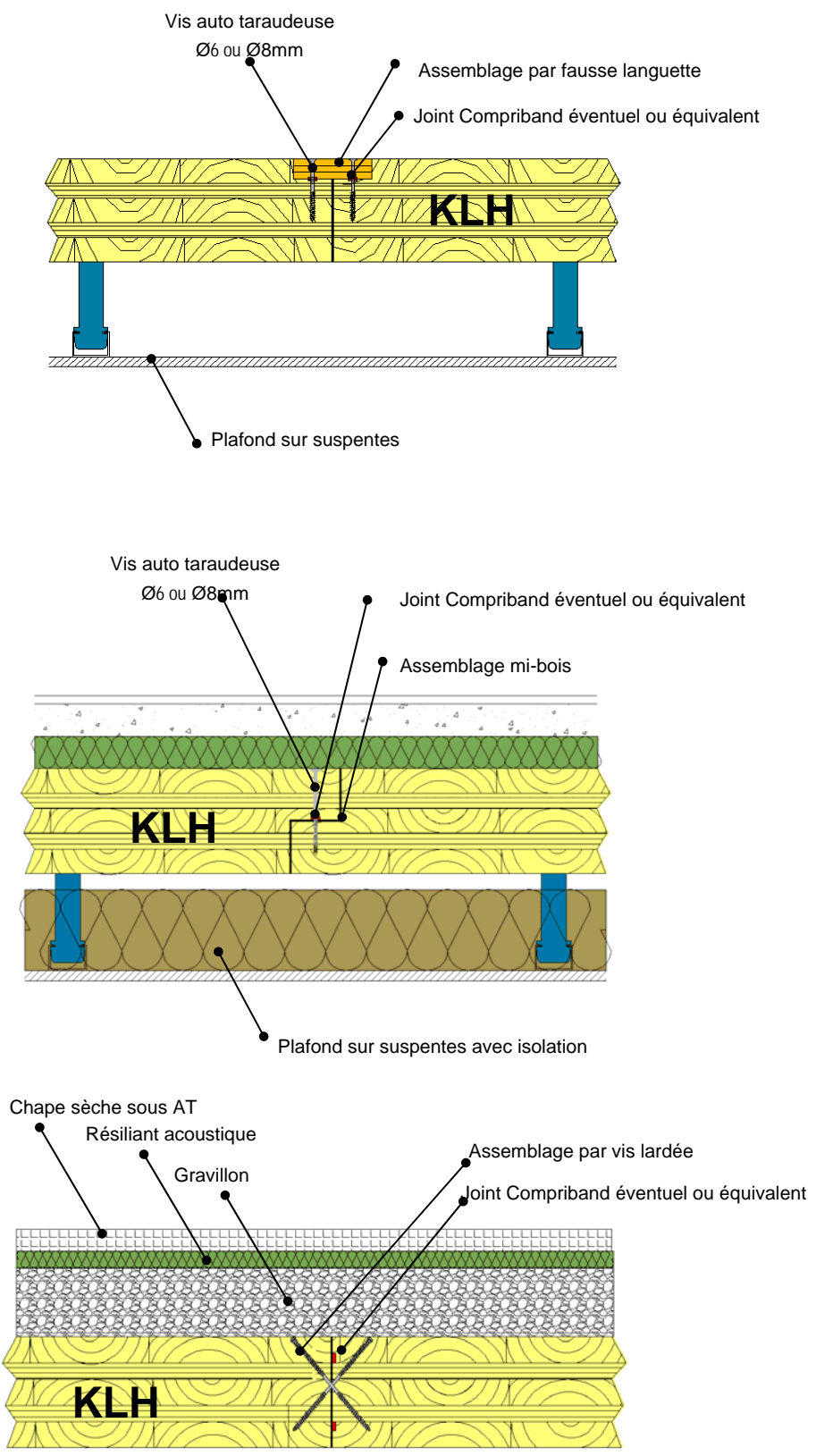


Figure 24 : Coupe verticales jonction usuelles de planchers ou de murs

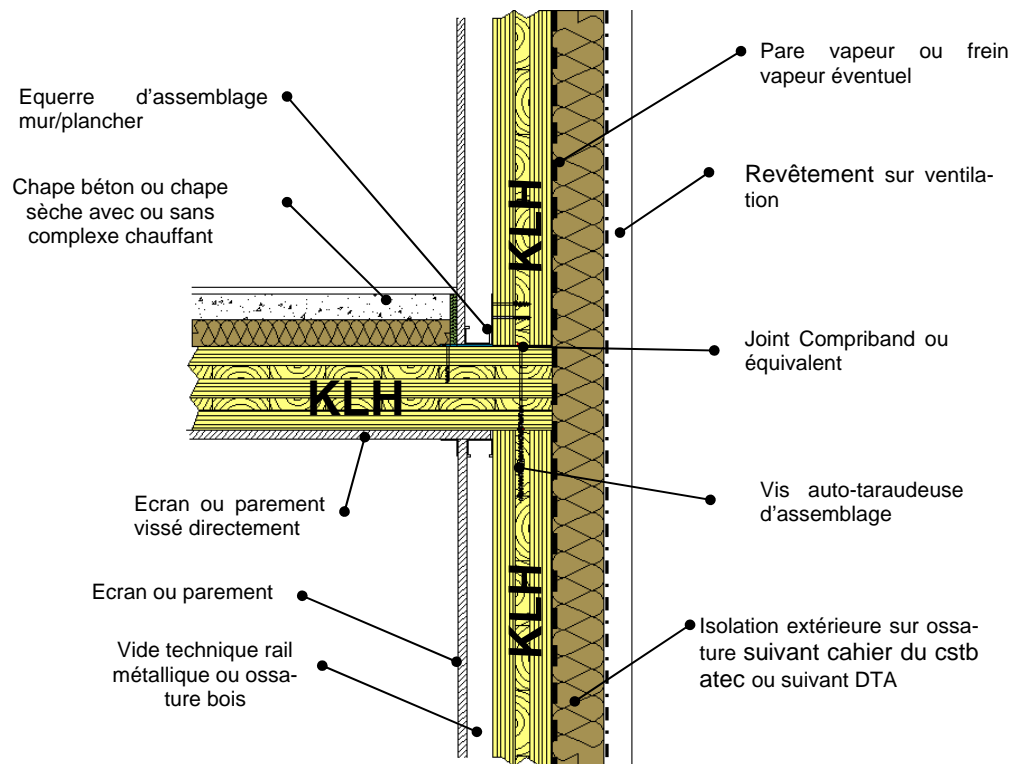


Figure 25 : Assemblage mur/plancher locaux superposés dans un même logement

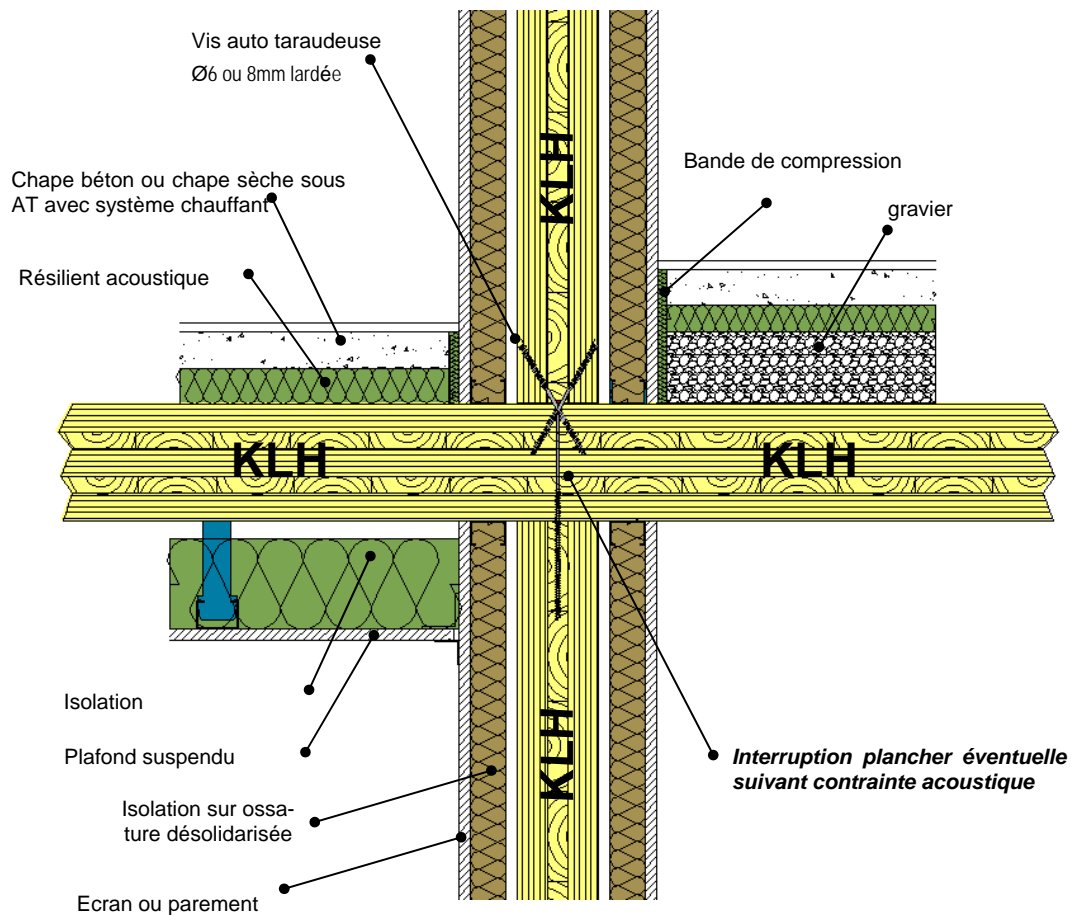
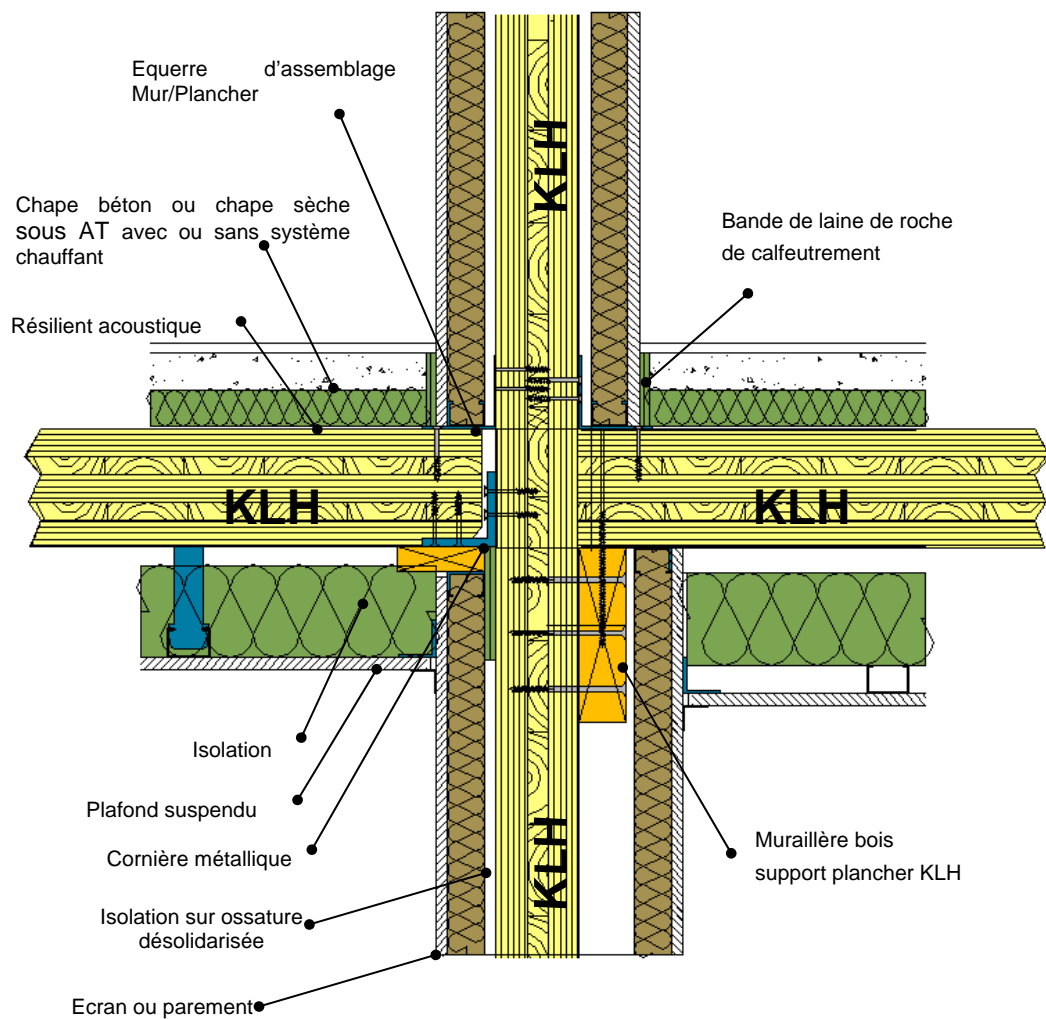
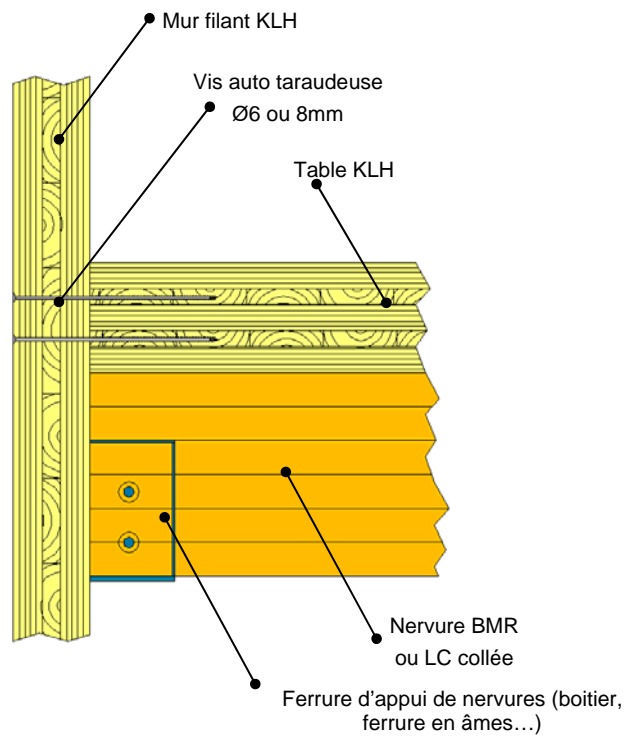
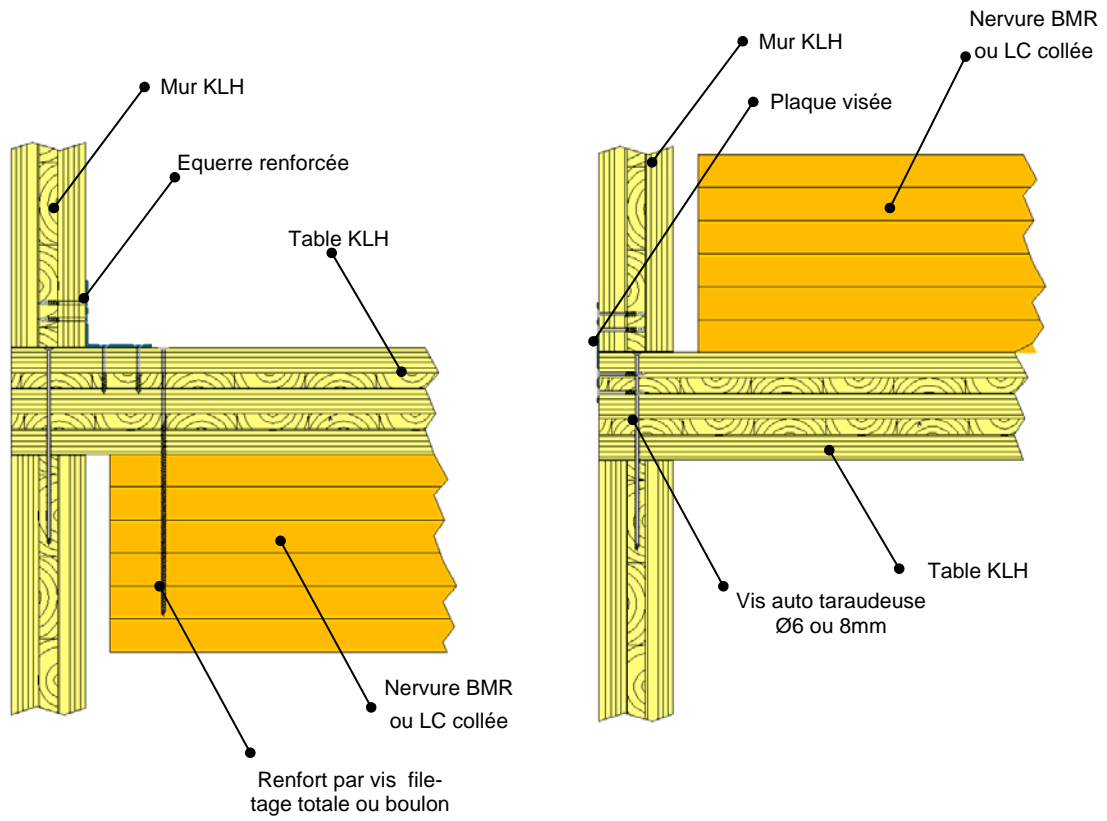


Figure 26 : Coupe verticale sur locaux mitoyens et superposés avec plancher filant



**Figure 27 : Coupe verticale sur locaux mitoyens et superposés avec plancher interrompu**  
*(Présentation de 2 types d'appuis à titre d'exemple : appui sur muraille à droite et sur cornière métallique à gauche)*



**Figure 28 : Détail d'appui de plancher nervurés**

# Annexe A

## Utilisation en support d'étanchéité

### A. Description

#### 1. Généralités

##### 1.1 Principe

Le procédé «Panneaux KLH est utilisé comme support ou élément porteur des toitures étanchées selon le NF DTU 43.4, complété par les prescriptions du présent Annexe A.

Le support ou élément porteur est constitué des panneaux structuraux KLH.

Ces 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 monocomposant sur toute leur surface.

Les panneaux structuraux KLH destinés aux toitures sont :

- De type Q  
avec des planches non aboutées orientées transversalement ;
- De type L  
avec des planches aboutées orientées longitudinalement ;

et des assemblages longitudinaux et transversaux (KLH. figures A.27 en fin d'Annexe A) par :

- Feuillure à mi-bois dans l'épaisseur du panneau KLH ;
- Interposition d'une bande de liaison (joint languette) ;
- Vis à double filetage lardée à 45° ou vis à filetage total ;

les assemblages étant définis dans le Dossier Technique établi par le Demandeur.

##### Panneaux structuraux KLH à destination des toitures

Les panneaux structuraux KLH sont utilisés en travaux neufs de la façon suivante :

- Panneaux de dimensions :
  - longueurs usuelles : ≤ 16,5 m,
  - largeurs standards : 240 - 250 - 273 et 295 cm,
  - l'épaisseur minimum et l'épaisseur maximum sont celles du Dossier Technique établi par le Demandeur.
- Pour des toitures :
  - toitures inaccessibles, avec chemins de circulation éventuels, sans terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales,
  - toitures inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïques avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique,
  - toitures à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades,
  - terrasses et toitures végétalisées de pente minimum 3 %,
  - Terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots selon le § 7.

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 1/250° de la portée,
- ≥ 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° de la portée,
- ≥ 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° de la portée,
- ≥ 3 % pour les terrasses et toitures végétalisées.

Les toitures-terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales ne sont pas revendiquées au présent Annexe A.

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

- 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 traditionnel, 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.

##### Destination d'emploi

Le procédé «Panneaux KLH pour toitures» est utilisable :

- Sur tous types de construction, tels que les :
  - bâtiments d'habitation relevant de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié,
  - bâtiments relevant du Code du Travail dont le plancher bas du dernier niveau est à moins ou à plus de 8 m du sol extérieur,
  - établissements recevant du public (ERP).
- Au-dessus des locaux classés à faible ou moyenne hygrométrie selon l'Annexe B du NF DTU 43.4 P1-1.
- En climat de plaine et de montagne.

##### 1.2 Organisation de la mise en œuvre et assistance technique

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.

Au moment de la mise en œuvre du système d'étanchéité, le lot structure vérifie que l'humidité des panneaux KLH n'est pas supérieure à 22 %. L'estimation de la teneur en humidité peut être mesurée en utilisant un humidimètre selon la norme NF EN 13183-2 : 2002.

En cas d'intervention ultérieure imposant une réfection totale du système d'étanchéité, la mise en œuvre du système d'étanchéité de substitution sera exécutée après vérification de l'état du panneau (absence d'altération), et du contrôle que l'humidité du panneau KLH ne dépasse pas 22 %.

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

b) Le lot Étanchéité :

- 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 ;
- Vérifie les réservations nécessaires au système d'étanchéité prévues par le maître d'œuvre.

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.

##### 1.3 Entretien et réparation

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

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 selon le § 7, se reporter :

- au paragraphe 5 de la norme FD P 84-208-3 (référence DTU 43.1 P3),
- aux Documents Techniques d'Application particuliers des revêtements d'étanchéité.

## 2. Destination et domaine d'emploi des toitures

### Conditions nécessaires à l'exécution des travaux du système d'étanchéité

Les règles propres aux travaux d'étanchéité, éléments porteurs - panneaux isolants éventuels - revêtements d'étanchéité, non modifiées par le présent Annexe A sont applicables, notamment :

- Le NF DTU 43.4 ;
- L'annexe E du NF DTU 43.3 P1-1 d'avril 2008 pour les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales ;
- La norme NF P 84-208 (référence DTU 43.5), pour les travaux de réfections du système d'étanchéité sur panneaux structuraux KLH existants ;
- Les « Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées », édition novembre 2007, de l'ADIVET - CSFE - SNPPA - UNEP.

Les *tableaux A.1 à A.4* résument les conditions d'utilisation du procédé « Panneaux KLH pour toitures ». Leur emploi doit prendre en compte les règles propres aux panneaux supports isolants (ou isolants inversés), aux revêtements d'étanchéité, et aux protections rapportées (incluant la protection végétalisée) éventuelles.

### Implantations des ouvrages particuliers

#### Émergences

Les dispositions sont définies dans le NF DTU 43.4, dans le Document Technique d'Application des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité, et l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

La hauteur des reliefs est conforme à celles du NF DTU 43.4 P1, complétées par l'Avis Technique du procédé de végétalisation des terrasses et toitures végétalisées.

La nature des costières est conforme à celle du NF DTU 43.4 P1, ou elles sont réalisées en panneaux KLH.

#### Joints de dilatation

Les dispositions sont définies dans le NF DTU 43.4, complétées par le paragraphe 6.5 du CPT Commun « Étanchéité de toitures par membranes monocouches synthétiques en PVC-P non compatible avec le bitume » de *Fascicule du CSTB 3502* d'avril 2004.

#### Faitages et arêtières

Les dispositions sont définies dans le NF DTU 43.4, dans le Document Technique d'Application des panneaux isolants éventuels et du revêtement d'étanchéité, et l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

#### Dispositions d'évacuation des eaux pluviales

Les dispositifs, surfaces collectées, implantations etc., sont définis dans l'annexe E du NF DTU 43.3 P1-1 d'avril 2008 en travaux neufs, dans la norme NF P 84-208 (référence DTU 43.5) en travaux de réfections, et dans le Document Technique d'Application lorsque les panneaux isolants supports ont une forme de pente intégrée.

#### Noues et chéneaux

En aggravation du NF DTU 43.4, les dimensions, surfaces collectées, implantations, etc. des noues et chéneaux sont définies dans l'annexe E du NF DTU 43.3 P1-1 d'avril 2008 en travaux neufs, dans la norme NF P 84-208 (référence DTU 43.5) en travaux de réfections, et dans le Document Technique d'Application des panneaux isolants supports à forme de pente intégrée.

### 2.1 Généralités

Le procédé « Panneaux KLH pour toitures » peut être employé en climat de plaine et de montagne, dans les zones 1 à 4 tous sites de vent selon les Règles V 65 avec modificatif n° 4 de février 2009.

Le Document Technique d'Application des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité, et l'Avis Technique du procédé de végétalisation, peuvent donner, le cas échéant, des limites d'emploi inférieures.

### 2.2 Cadre d'utilisation

Les § 2.21 à 2.24 ci-après résument les conditions générales d'utilisation du procédé « Panneaux KLH pour toitures ». Son emploi doit tenir compte des règles propres au système d'étanchéité qui pourraient affecter le domaine d'utilisation.

#### 2.21 Toitures inaccessibles

Se reporter au *tableau A.1*.

La pente maximum des chemins de circulation autoprotégés est conforme au NF DTU 43.4 P1-1 ( $\leq 50\%$ ).

#### 2.22 Toitures à zones techniques

Se reporter au *tableau A.1*.

La pente maximum de zones techniques autoprotégées est conforme au NF DTU 43.4 P1-1 ( $\leq 7\%$ ).

#### 2.23 Terrasses et toitures végétalisées

Se reporter au *tableau A.2*.

La pente maximum est conforme à l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

#### 2.24 Terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec protection par dalles sur plots

Se reporter au *tableau A.4*.

La pente maximum est conforme au NF DTU 43.4 P1-1 pour une protection lourde ( $\leq 5\%$ ).

## 2.3 Calcul de la dépression due au vent des systèmes d'étanchéité

### Domaine d'application

L'ensemble du domaine envisagé par les Règles V 65 avec modificatif n° 4 de février 2009 est considéré et le calcul, cas par cas, reste toujours possible avec ces Règles.

Pour les applications courantes, est applicable la démarche simplifiée des :

- CPT Commun « Résistance au vent des systèmes d'étanchéité des toitures fixés mécaniquement », de *l'e-Cahier du CSTB 3563* de juin 2006, et
- CPT Commun « Résistance au vent des isolants, supports de systèmes d'étanchéité de toitures », de *l'e-Cahier du CSTB 3564* de juin 2006.

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 l'attelage de fixation.

## 3. Prescriptions relatives aux toitures inaccessibles, techniques et végétalisées

### 3.1 Généralités

Le support direct décrit la nature du support sur lequel est posé le revêtement d'étanchéité :

- les panneaux structuraux KLH (y compris en toiture inversée), ou
- un support isolant.

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.

### Préparation des supports

Les panneaux structuraux KLH sont préparés conformément aux dispositions du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité avec application préalable d'un EIF, ou du NF DTU 43.4 P1 dans le cas de l'asphalte traditionnel.

### 3.2 Stockage, approvisionnement

#### 3.21 Stockage au sol

- a) Panneaux structuraux KLH : se reporter à la partie Avis et au Dossier Technique établi par le Demandeur;
- 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.

#### 3.22 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.

### 3.3 Supports isolants thermiques non porteurs

Sont admis les panneaux isolants mentionnés ci-dessous dans les conditions de leur Document Technique d'Application particulier, et le liège aggloméré expansé pur dans les conditions du NF DTU 43.4 P1.

#### 3.31 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 cet emploi, le Document Technique d'Application des panneaux isolants supports ou isolants inversés pouvant ne pas viser l'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).

### 3.32 Composition du pare-vapeur

Ce paragraphe ne s'applique pas dans le cas des toitures avec protection par dalles sur plots (cf. *paragraphe 4*) et 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 ;
- 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.

### 3.33 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

Les panneaux isolants de polystyrène extrudé sont toujours posés libres.

### 3.4 Revêtements d'étanchéité

#### 3.4.1 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.

#### 3.4.2 Systèmes de pose en partie courante

Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre conformément :

- Au NF DTU 43.4 P1 dans le cas de l'asphalte traditionnel de pente  $\leq 3\%$ , complété par le *tableau A.4* pour les toitures végétalisées ;
- 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 autoadhésivité,
  - 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 autoadhésivité,
  - 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.

#### 3.4.3 Traitement des relevés

Les relevés sont réalisés selon :

- le NF DTU 43.4 P1,
- le paragraphe 4.23 du CPT Commun du *Fascicule du CSTB 3502* d'avril 2004,
- le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité,
- l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

### 3.5 Supports constitués par 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 P 84-208 (référence 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.

### 3.6 Protections

#### 3.6.1 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.

### 3.62 Terrasses et toitures végétalisées

La protection des toitures végétalisées est réalisée 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 ;
- L'Avis Technique du procédé de végétalisation.

### 3.63 Protection par dalles sur plots (cf. § 4)

La protection par dalles sur plots est réalisée selon le :

- Paragraphe 6.6.3.3 de la norme NF P 84-208-1-1 (référence 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 maçonnerie.

## 4. Dispositions relatives aux terrasses accessibles aux piétons et au séjour

En terrasses accessibles aux piétons et au séjour, l'ouvrage de toiture est constitué de la manière suivante :

- Élément porteur en panneaux KLH définis au § 4.1 ;
- Couche de protection de l'élément porteur (cf. *paragraphe 4.1*) servant de pare-vapeur ;
- Isolation thermique ;
- Revêtement d'étanchéité bicouche en bitume SBS modifié ;

Identifiés selon les paragraphes ci-après.

### 4.1 Couche de protection de l'élément porteur

L'élément porteur en panneaux KLH reçoit, après pontage des joints (cf. § 3.32 de l'Annexe A), une feuille monocouche en bitume SBS, 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 lés conforme à son DTA.

Cette couche de protection fait office de pare-vapeur.

En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche en bitume modifié SBS, utilisé sans autoprotection, 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 autoadhésivité ou soudage au chalumeau à flamme (avec une largeur de recouvrement des lés 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 bicouche (cf. *figure A.33*).

Dans le cas d'ouvrage en climat de montagne, 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 une seconde couche une feuille de bitume élastomérique 35 Alu choisie parmi celles du DTA du revêtement d'étanchéité bicouche prévue pour cette utilisation.

### 4.2 Support isolant thermique non 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, de nature ci-après :

- Verre cellulaire ;
- Polyuréthane parementé ;
- Polyisocyanurate parementé ;
- Polystyrène expansé.

Les panneaux isolants sont mis en œuvre conformément à leur DTA, en pose libre, ou pour le verre cellulaire collé selon son DTA. Dans ce dernier cas, la finition de la couche de protection sera grésée ou sablée.

### 4.3 Revêtement d'étanchéité

Sont admis les revêtements d'étanchéité en bitume modifié SBS faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie,

sur support isolant défini au § 7.2, en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots.

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.

## 4.4 Traitement des relevés

La couche de protection (cf. *paragraphe 4.1*) est relevée suffisamment pour permettre un recouvrement avec le revêtement d'étanchéité d'au moins 6 cm (cf. *figure A.33*).

Le relevé étanché 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.

## 4.5 Dispositions d'évacuation des eaux pluviales

Les descentes d'eau pluviales doivent être visibles par l'occupant et permettre d'alerter les occupants d'une infiltration d'eau éventuelle.

Elles sont traitées par un manchon relié au revêtement monocouche soudé aux panneaux KLH et une descente reliée au revêtement d'étanchéité sous les dalles sur plots (cf. *fig. A.34*).

## 5. Dispositions particulières au climat de montagne

On se référera aux dispositions du « Guide des toitures-terrasses et toitures avec revêtements d'étanchéité en climat de montagne » du *Cahier du CSTB 2267-2* de septembre 1988, complétées par le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité, et par la norme NF P 10-203-1 (référence DTU 20.12 P1) pour la hauteur des reliefs selon la destination des terrasses.

## 6. Dispositions particulières pour les toitures froides

Les panneaux KLH peuvent être utilisés en toiture froide en constituant le support direct du revêtement d'étanchéité en respectant le §3.32.

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

La sous-face des panneaux KLH doivent être ventilés 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, ou à l'aide du pied de versant ;
- Un faitage ventilé assurant la sortie de l'air en haut de versant ;
- 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.

## 7. Matériaux

### 7.1 Panneaux KLH

Se reporter à la partie Avis et au Dossier Technique établi par le Demandeur.

### 7.2 Systèmes d'étanchéité

#### 7.21 Matériaux d'étanchéité

a) Asphalte traditionnel pour parties courantes de pente  $\leq 3\%$  :

Les asphaltes sont ceux du paragraphe 4.1 du NF DTU 43.1 P1-2 pour les terrasses inaccessibles et celles à zones techniques, et paragraphe 5.3.1 de la norme NF P 84-204-1-2 (référence DTU 43.1 P1-2) pour les terrasses et toitures végétalisées.

b) Asphalte non traditionnel : revêtement à base d'asphalte dont l'Avis Technique vise favorablement son emploi sur bois et panneaux à base de bois.

- c) Mixte sous asphalte : revêtement avec feuille bitumineuse et couche en asphalte dont l'Avis Technique vise favorablement son emploi sur bois et panneaux à base de bois.
- d) Feuilles d'étanchéité manufacturées :
- bitumineuses relevant de la norme NF EN 13707,
  - synthétiques relevant de la norme NF EN 13956,
- dont le Document Technique d'Application vise favorablement son emploi sur bois et panneaux à base de bois.

Sur prescriptions de leur Document Technique d'Application particulier, les kits des systèmes souples d'étanchéités fixés mécaniquement comportent des attelages solides au pas (cf. § 7.263e de l'Annexe A).

Sur terrasses et toitures végétalisées, le revêtement d'étanchéité est résistant à la pénétration des racines.

## 7.22 Autres matériaux en feuilles

### 7.221 Écrans d'indépendance

- a) Revêtements en asphalte traditionnel :

Les écrans d'indépendance sont ceux du paragraphe 5.1 du NF DTU 43.4 P1-2.

- b) Autres revêtements d'étanchéité :

Les écrans d'indépendance sont cités dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité pour un emploi sur élément porteur bois et panneaux à base de bois.

### 7.222 Écrans de semi-indépendance

- a) Revêtement en asphalte traditionnel :

Les écrans de semi-indépendance sont ceux du paragraphe 5.2.1 du NF DTU 43.4 P1-2.

- b) Autres revêtements d'étanchéité :

Les écrans d'indépendance sont cités dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

- c) Sous-couches destinées à être clouées :

Les sous-couches sont citées dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité pour un emploi sur bois et panneaux à base de bois, ou dans le Document Technique d'Application du support isolant en plaques de verre cellulaire.

### 7.223 Matériau pour couche de désolidarisation

Les matériaux sont ceux du paragraphe 5.3 du NF DTU 43.4 P1-2, et sont cités dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité ou dans celui des panneaux isolants de polystyrène extrudé dans le cas des toitures inversées.

### 7.224 Matériau en feuilles pour écran thermique sur support isolant de polystyrène expansé

Les matériaux sont ceux du paragraphe 5.4 du NF DTU 43.4 P1-2, et sont cités dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

### 7.225 Feuilles pour pare-vapeur (hors terrasse accessible)

- a) Feuille de bitume modifié (BE 25 VV 50) relevant de la norme NF EN 13970, épaisseur  $\geq 2,5$  mm et citée dans un Document Technique d'Application de revêtement d'étanchéité pour un emploi sur bois et panneaux à base de bois ;
- b) Feuille synthétique relevant de la norme NF EN 13984, et citée dans un Document Technique d'Application de revêtement d'étanchéité pour un emploi sur bois et panneaux à base de bois.

## 7.23 Feuilles préfabriquées pour équerres de renfort, relevés, noues et chéneaux, etc.

- a) Revêtement en asphalte traditionnel :

Les feuilles sont celles du paragraphe 4.2.5 du NF DTU 43.4 P1-2, et doivent être citées dans un Document Technique d'Application de revêtement d'étanchéité bitumineux pour un emploi :

- sur support bois et panneaux à base de bois,
- et sur un revêtement en asphalte traditionnel de partie courante.

- b) Autres revêtements d'étanchéité :

Les feuilles préfabriquées doivent être citées dans un Document Technique d'Application de revêtement d'étanchéité pour un emploi sur bois et panneaux à base de bois.

Sur terrasses et toitures végétalisées, les relevés sont résistants à la pénétration des racines.

- c) Bande de pontage :

Les bandes sont celles du paragraphe 7.2 du NF DTU 43.4 P1-2, ou du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité visant son emploi sur bois et panneaux à base de bois.

## 7.24 Matériaux pour l'isolation thermique

- a) Panneaux à base de liège aggloméré expansé pur conforme aux normes NF EN 13170 et NF B 57-054 ; les panneaux sont conformes au paragraphe 6.1 du NF DTU 43.4 P1-2.
- b) Autres panneaux isolants : les panneaux sont définis dans leur Document Technique d'Application visant leur emploi sur bois et panneaux à base de bois ou maçonnerie pour les terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec dalles sur plots.

Sur prescriptions de leur Document Technique d'Application particulier, les panneaux isolants supports sont fixés à l'aide d'attelages de fixation mécanique solides au pas (cf. § 7.263e de l'Annexe A).

## 7.25 Matériaux de protections

- a) Cas des revêtements en asphalte traditionnel :

- Les granulats sont ceux du paragraphe 7.4 du NF DTU 43.4 P1-2 ;
- Les dalles pour les chemins de circulation, pour les zones techniques et les terrasses accessibles, sont celles du paragraphe 7.5 du NF DTU 43.4 P1-2, et les dalles en béton préfabriquées doivent bénéficier de la marque de qualité NF (norme NF EN 1339) ;
- La couche de désolidarisation est choisie parmi celles du paragraphe 5.4 du NF DTU 43.4 P1-2.

- b) Cas des autres revêtements d'étanchéité pour toitures inaccessibles, et toitures à zones techniques :

Les matériaux sont ceux définis dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité visant l'élément porteur en bois et panneaux à base de bois.

- c) Cas des autres revêtements d'étanchéité pour terrasses accessibles aux piétons et au séjour : les protections sont celles définies dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité, ou dans celui des panneaux isolants de la toiture inversée.

- d) Terrasses et toitures végétalisées :

La végétalisation, avec couches drainante et filtrante, est définie dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation visant l'élément porteur en bois et panneaux à base de bois.

## 7.26 Autres matériaux complémentaires

### 7.261 Enduits

- Enduit d'application à chaud (EAC) : l'EAC est défini dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité et/ou des panneaux isolants supports visant leur emploi sur élément porteur bois et panneaux à base de bois.
- Enduit d'imprégnation à froid : l'EIF est conforme au paragraphe 4.2.2 du NF DTU 43.4 P1-2, ou défini dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité visant le support bois et panneaux à base de bois.

### 7.262 Colles à froid

- Pour le collage des panneaux isolants : la colle mise en œuvre par plots ou cordons, doit être visée favorablement dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité ou dans celui des panneaux isolants pour un emploi sur pare-vapeur bitumineux.
- Pour le collage du revêtement d'étanchéité : la colle mise en œuvre par plots ou cordons, doit être visée favorablement dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité pour un emploi sur bois et panneaux à base de bois.

### 7.263 Fixations mécaniques

- a) Pour le pare-vapeur et la sous-couche clouée : les fixations sont conformes au paragraphe 8.2 du NF DTU 43.4 P1-2.
- b) Pour les lés d'étanchéité : les fixations sont conformes au paragraphe 8.3 du NF DTU 43.4 P1-2.
- c) Pour la fixation des panneaux isolants : les attelages de fixation mécanique, élément de liaison et plaquette, sont conformes au paragraphe 8.4 du NF DTU 43.4 P1-2, ou au Document Technique d'Application des panneaux isolants.
- d) Pour les kits du système en feuilles souples d'étanchéité fixés mécaniquement : les attelages sont définis dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité visant son application sur bois et panneaux à base de bois.
- e) Les attelages sont dits « solides au pas » :

Le terme solide au pas s'applique à un attelage composé d'un élément de liaison et d'une plaquette de répartition servant à assurer la fixation mécanique d'un isolant ou d'un revêtement d'étanchéité sur un support. Cet attelage est muni d'un dispositif permettant d'éviter, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison (par exemple vis) de la partie supérieure de la plaquette de répartition.

Les attelages conformes à la norme NF P 30-317 répondent à cette caractéristique.

Les attelages de fixations mécaniques des revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement, et des isolants supports 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 lorsque la compression à 10 % de l'isolant support est inférieure à 100 kPa (norme NF EN 826).

Cette disposition est applicable aux travaux neufs, comme en travaux de réfection. À cet égard, dans le cas où il existerait une couche isolante existante, et à moins que la contrainte en déformation à 10 % de déformation de ce support isolant ne soit connue (norme NF EN 826), les attelages de fixation à employer doivent être également du type « solide au pas ».

## 8. Détermination de la résistance thermique de la paroi

Les modalités de calcul de «  $U_{bat}$  » ou coefficient de déperdition par transmission à travers la paroi-toiture sont données dans les Règles Th-Bât / Th-U.

Pour les calculs, il faut prendre en compte la conductivité thermique utile ( $\lambda_{UTILE}$ ) des panneaux KLH égale à 0,110 W/m.K, valeur par défaut du fascicule 2/5 « Matériaux ».

### Exemple d'un calcul thermique

Hypothèse de la construction de la toiture : bâtiment fermé et chauffé, situé à Saint-Étienne-de-Tinée (Alpes-Maritimes) (zone climatique H3)	Résistances thermiques ( $R_{UTILE}$ ) :
- toiture plane avec résistances superficielles ( $R_{si} + R_{se} = 0,140 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ )	} 0,140 $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$
- panneaux structuraux KLH d'épaisseur 146 mm de $\lambda_{UTILE} = 0,110 \text{ W/m.K}$	
- pare-vapeur bitumineux d'épaisseur 2,5 mm	} 3,833 $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$
- panneaux du support isolant avec $R_{UTILE} = 3,800 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	
- étanchéité bitumineuse d'épaisseur 5 mm	
Le coefficient de transmission global de la toiture :	
$U_p = U_c = \frac{1}{\sum R_{UTILE}} = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

## 9. Prescriptions particulières relatives aux panneaux, au regard du risque d'incendie venant de l'intérieur

Les panneaux en bois massifs contrecollés KLH sont de classe D-s2, d0 (cf. la *Décision de la Commission européenne référencée au paragraphe B du Dossier Technique*).

Avec solutions d'ignifugation appliquée par imprégnation, les panneaux prennent l'appellation KLH FIRE PROTECT et sont de classe B-s2, d0 (cf. le *rapport de classement n° 15226-10 référencé au paragraphe B du Dossier Technique*).

### 9.1 Emploi du procédé Panneaux KLH pour toitures associés à des supports isolants non combustibles

En application des dispositions de l'article AM 8 § 1a modifié par l'arrêté du 6 octobre 2004, l'emploi de produits d'isolation au moins classés A2-s2, d0 (euroclasse) est possible sur les panneaux KLH, sans disposition complémentaire pour le feu intérieur.

Cette disposition est valable pour les isolants :

- en plaque de verre cellulaire,
- de laine de verre, y compris ceux surfacés au bitume,
- de laine de roche, y compris ceux parementés (bitume...),

titulaires d'un Document Technique d'Application du Groupe Spécialisé n° 5.

### 9.2 Emploi du procédé Panneaux KLH pour toitures associés à des supports isolants combustibles

Le 2 juin 2009, le Comité d'Étude et de Classification des Matériaux et éléments de construction par rapport au danger d'Incendie (CECMI) a accepté l'emploi des panneaux KLH comme écran de protection d'isolants.

#### 9.2.1 Bâtiments relevant de l'article R 4216-24 du Code du travail, c'est-à-dire dont le plancher bas du dernier niveau est à plus de 8 mètres du sol extérieur

Les panneaux structuraux KLH pour toitures revendiqués au Dossier Technique sont en conformité avec le « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du points de vue des risques en cas d'incendie » *Cahier du CSTB 3231* de juin 2000.

#### 9.2.2 Toitures des bâtiments d'habitation soumis à l'article 16 de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié

Les panneaux structuraux KLH pour toitures revendiqués au Dossier Technique sont en conformité avec le « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du points de vue des risques en cas d'incendie » *Cahier du CSTB 3231* de juin 2000.

#### 9.2.3 Cas particulier des établissements recevant du public (ERP) au regard du risque d'incendie venant de l'intérieur

Pour les établissements recevant du public, les panneaux structuraux KLH pour toitures revendiqués au Dossier Technique sont en conformité avec l'arrêté du 6 octobre 2004 modifié par l'arrêté du 4 juillet 2007 et le « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les Établissements Recevant du Public » modifié par l'arrêté du 24 septembre 2009 et complété par l'avis du CECMI en date du 27 janvier 2009.

## 10. Fabrication et contrôle de fabrication des panneaux KLH

### 10.1 Fabrication et contrôle

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

Se reporter au Dossier Technique établi par le Demandeur.

### 10.2 Marquage

Les panneaux KLH objet de l'Agrément Technique Européen n° ETA-06/0138 font l'objet du marquage CE.

Se reporter au Dossier Technique établi par le Demandeur.

## 11. Conditionnement, identification, étiquetage et stockage

Se reporter au Dossier Technique établi par le Demandeur.

## Tableaux et figures de l'Annexe A

### **Détails fasciculés pour l'emploi des isolants combustibles au-dessus des panneaux structuraux KLH dans les établissements recevant du public (ERP)**

#### **Principe**

L'écran thermique est constitué de panneaux structuraux KLH, conformément à la décision prise en CECMI du 2 juin 2009, dans les conditions prévues par :

- l'arrêté du 6 octobre 2004 modifié par celui du 4 juillet 2007,
- le « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les établissements recevant du public » modifié par l'arrêté du 24 septembre 2009, complété par l'avis du CECMI en date du 27 janvier 2009.

#### **Définition**

##### ***Isolants non combustibles et combustibles***

Les isolants sont dits :

- *non combustibles*, lorsqu'ils sont de classe A1 ou A1-s1, d0 ou A2-s1, d1 ou A2-s2, d0,
- *combustibles*, lorsqu'ils sont de toute autre classe,

selon l'article AM 8 du règlement de sécurité contre l'incendie.

##### ***Panneaux isolants utilisables comme bande de recouvrement***

Il s'agit de panneaux isolants à base de laine de roche ou de perlite expansée (fibrée) définis au § 7.24 de l'Annexe A ; ils peuvent être posés en un lit ou plusieurs lits superposés.

Ces panneaux isolants sont de masse volumique :

- 110 kg/m<sup>3</sup> minimum pour ceux de laine de roche,
- 150 kg/m<sup>3</sup> nominale pour ceux de perlite expansée (fibrée).

##### ***Attelages de fixation mécanique des panneaux isolants utilisables comme bande de recouvrement***

Les attelages de fixation mécanique, élément de liaison et plaquette de répartition, sont définis au § 6.263c de l'Annexe A.

Ces attelages, élément de liaison et plaquette, sont entièrement métalliques.

##### ***Bande de recouvrement de l'isolant thermique combustible***

La continuité de l'écran thermique est assurée une bande de recouvrement posée parallèlement au panneau structurel KLH, ou verticalement dans le cas des reliefs isolés.

Cette bande de recouvrement est de nature identique à celle acceptée comme écran protecteur au paragraphe II.1.2.2 du « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les établissements recevant du public ». Elle est d'épaisseur minimum :

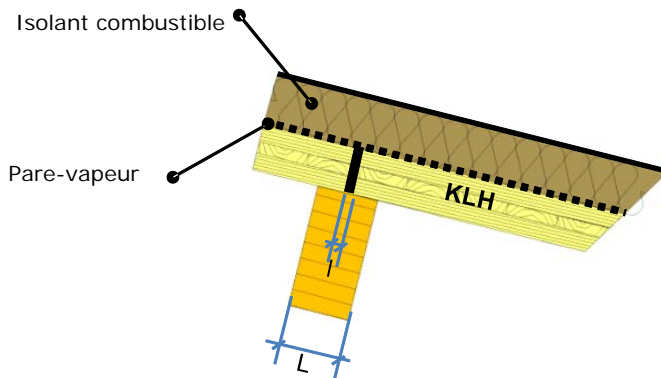
- 60 mm pour une bande en laine de roche,
- 50 mm pour celle de perlite expansée (fibrée).

Pour les panneaux de la bande de recouvrement :

- Chaque panneau isolant est liaisonné aux panneaux KLH formant écran thermique par au moins un attelage de fixation mécanique (et métallique) ;
- En pose horizontale, la largeur des panneaux isolants est au minimum de 30 cm ; c'est la cote *d* sur les *figures A* ci-après.

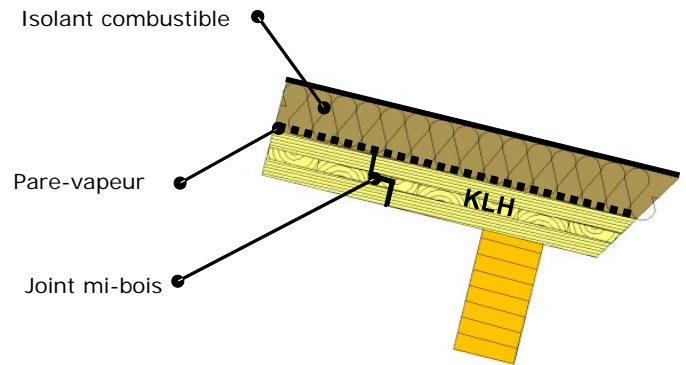
## Continuité de l'écran thermique en panneaux KLH, en partie courante

La continuité de l'écran thermique en panneaux KLH est réalisée, à ses assemblages, de la façon suivante :



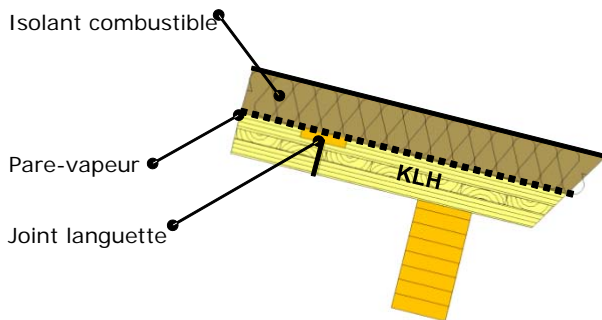
Au droit d'un appui, par exemple, par vis à double filetage lardée à 45° ou vis à filetage total (cf. figure 1c en fin d'Annexe A).

**Figure A.1 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, sur appui continu**



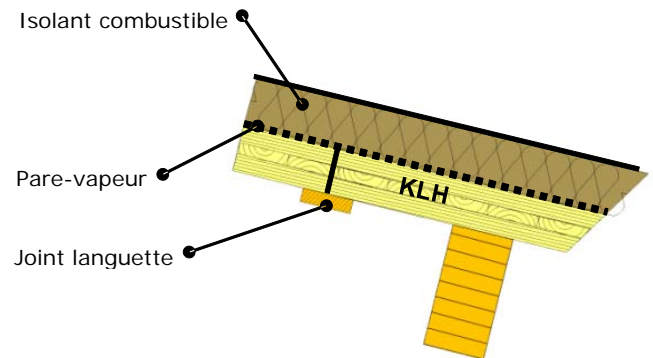
Assemblage par feuillure à mi-bois (cf. figure 1a en fin d'Annexe A).

**Figure A.2 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, par joint mi-bois**



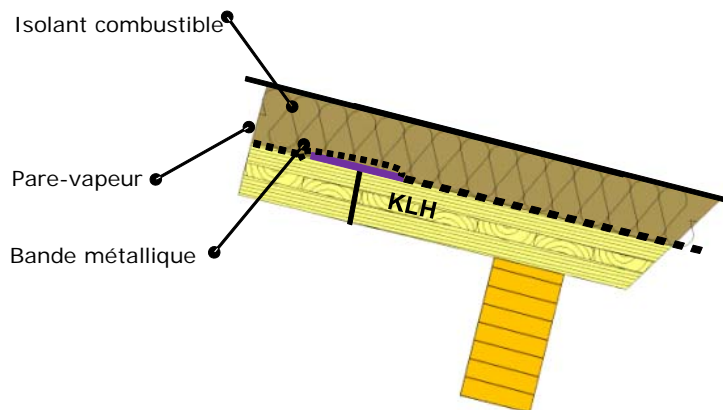
Assemblage par interposition d'un joint languette (cf. figure 1b en fin d'Annexe A)

**Figure A.3 – Autre exemple de jointoiments de panneaux KLH formant écran thermique, avec joint languette**



Assemblage complété par un joint languette apparent.

**Figure A.4 – Autre exemple de jointoiments de panneaux KLH formant écran thermique, avec joint languette apparent**

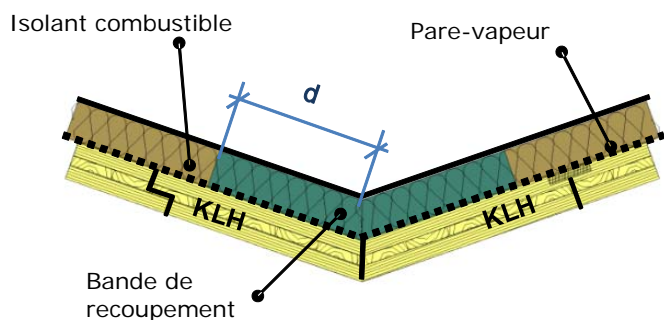


Quelque soit la largeur du joint entre les panneaux KLH, une bande métallique d'épaisseur nominale 0,63 mm mini et de développé  $\geq 0,25$  m, en acier galvanisé (norme P 34-310) ou en inox, est préalablement placée au-dessus des panneaux KLH formant écran thermique. Cette tôle est fixée en bordure sur tous les 0,20 m environ ; elle est mise en œuvre avant la mise en place du pare-vapeur par le lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre).

**Figure A.5 – Exemple de jointoiments de panneaux KLH formant écran thermique, par ajout d'une bande métallique**

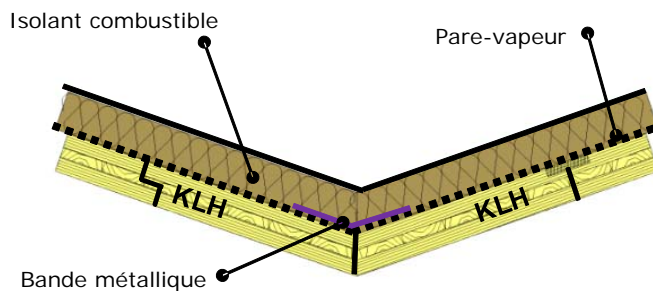
## Continuité de l'écran thermique en panneaux KLH, en partie noues et faite

La continuité de l'écran thermique en panneaux KLH est réalisée, à ses assemblages, de la façon suivante :



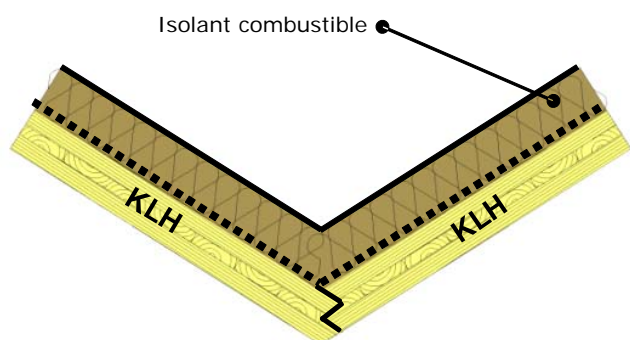
La continuité de l'écran thermique en panneaux KLH est assurée par deux bandes de recouvrement situées de part et d'autre du fond de noue.  
Cote  $d \geq 30$  cm

**Figure A.6 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, en noue centrale**



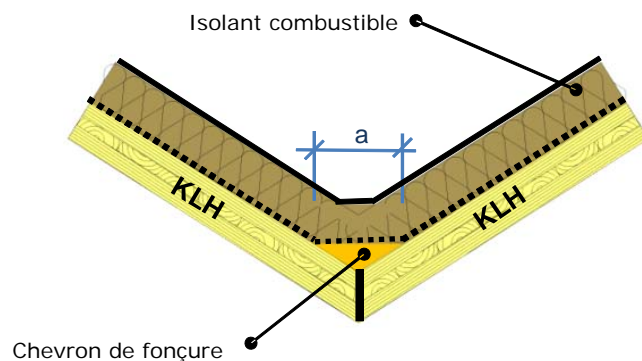
Quelque soit la largeur du joint en noue entre les panneaux KLH, une bande métallique d'épaisseur nominale 0,63 mm mini et de développé  $\geq 0,25$  m, en acier galvanisé (norme P 34-310) ou en inox, est préalablement placée au-dessus des panneaux KLH formant écran thermique. Cette tôle est fixée en bordures tous les 0,20 m environ ; elle est mise en œuvre avant la mise en place du pare-vapeur par le lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre).

**Figure A.7 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, avec bande en noue centrale**



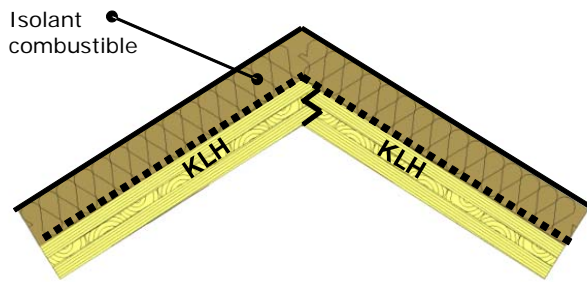
Les panneaux KLH formant écran thermique sont en contacts, avec assemblage à mi-bois.

**Figure A.8 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, sur une noue centrale avec assemblage à mi-bois**



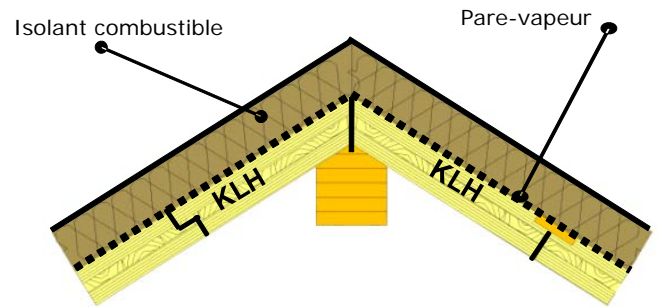
La continuité de l'écran thermique en panneaux KLH est assurée par un chevron de fonçure, d'une largeur  $a \geq 50$  mm, du lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre).

**Figure A.9 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, sur une noue centrale avec fonçure rapportée**



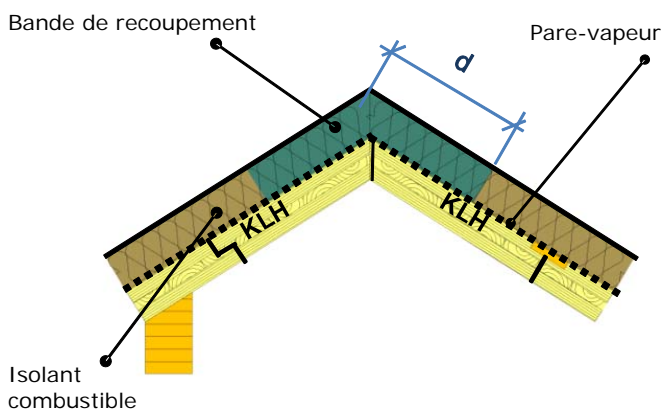
Les panneaux KLH formant écran thermique sont en contacts, avec assemblage à mi-bois.

**Figure A.10 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, par joint mi-bois de faîte**



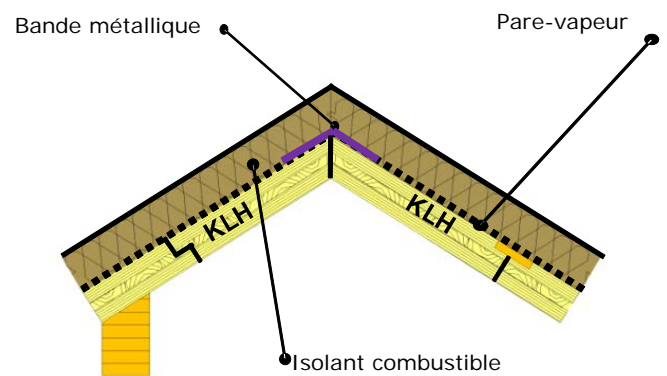
Les panneaux KLH formant écran thermique sont en contact, le joint filant est placé au droit de la panne de faîte.

**Figure A.11 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, sur un appui simple de faîte**



La continuité de l'écran thermique en panneaux KLH est assurée par deux bandes de recouvrement situées de part et d'autre du faîte. Cote  $d \geq 30$  cm

**Figure A.12 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, avec bandes de recouvrement au faîte**



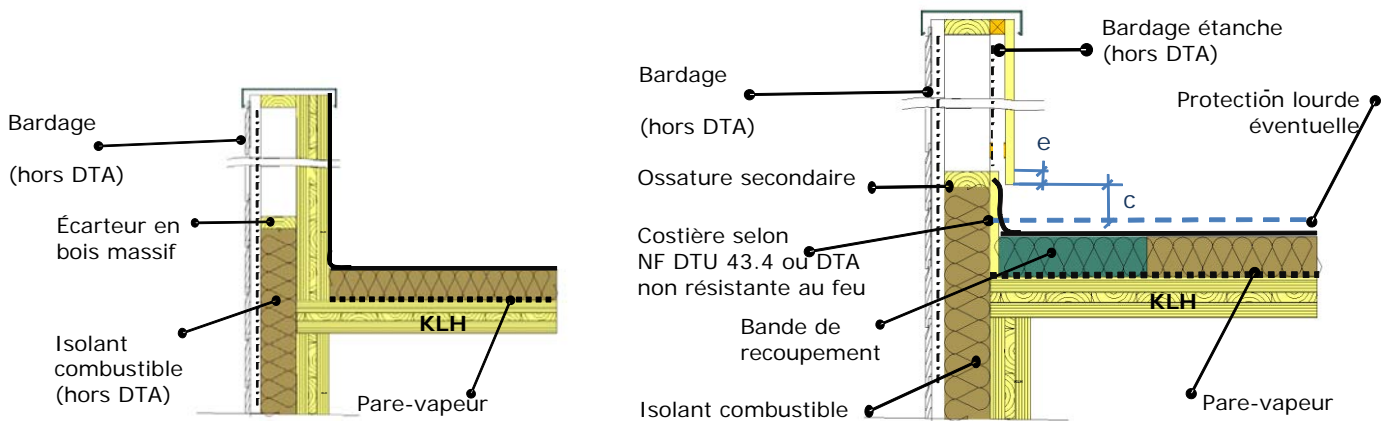
En complément du paragraphe 8.4.2 du NF DTU 43.4 P1-1, et pour toutes les largeurs du joint au faitage entre les panneaux KLH, une bande métallique d'épaisseur nominale 0,63 mm mini et de développé  $\geq 0,25$  m, en acier galvanisé (norme P 34-310) ou en inox, est préalablement placée au-dessus des panneaux KLH formant écran thermique. Cette tôle est fixée en bordures tous les 0,20 m environ ; elle est mise en œuvre avant la mise en place du pare-vapeur par le lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre).

**Figure A.13 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, avec bande au faîte**

## Continuité de l'écran thermique en panneaux KLH, en périmétrie de la toiture

La continuité de l'écran thermique en panneaux KLH est réalisée :

- Soit :
  - par la costière en bois massif ou en panneau KLH,
  - par une costière métallique dont l'aile horizontale repose sur le panneau KLH de partie courante,
 selon les solutions présentées en CECMI le 27 janvier 2009 ;
- Soit par la mise en œuvre d'une bande de recouvrement.

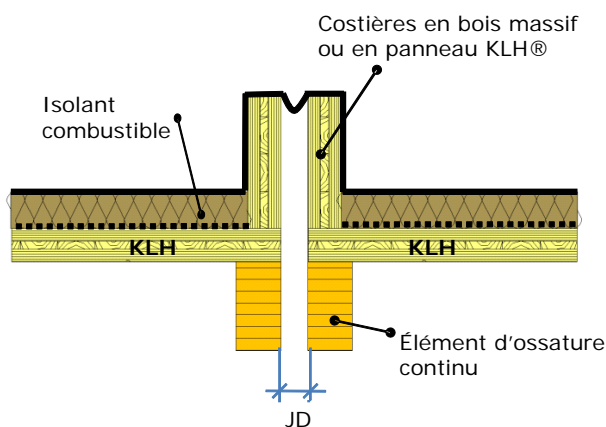


Acrotère ou costière en bois massif ou en panneau KLH : la continuité de l'écran thermique est réalisée dans les conditions de l'avis du 27 janvier 2009 du CECMI. Les panneaux isolants combustibles sont en contact avec l'acrotère en bois massif ou en panneau KLH.

Cas de l'acrotère en panneau de contreplaqué (NF DTU 43.4 P1) non résistant au feu : la continuité de l'écran thermique est assurée par une bande de recouvrement. Cotes  $c$  et  $e$  : selon le NF DTU 43.4 P1-1

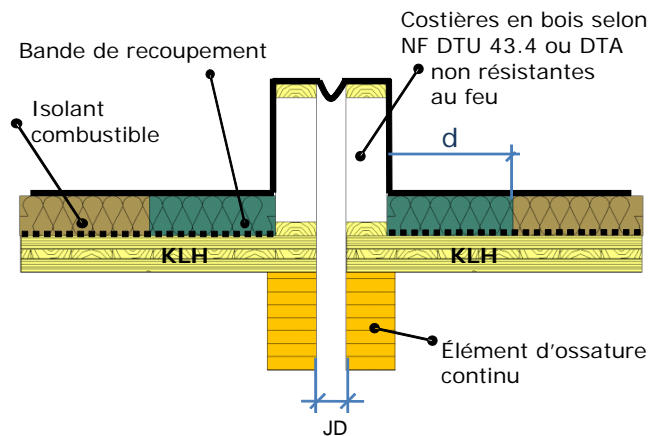
**Figure A.14 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, sur une costière en bois massif ou en panneau KLH**

**Figure A.15 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran, sur une costière non résistante au feu**



Costières en bois massif ou en panneau KLH : la continuité de l'écran thermique est réalisée dans les conditions de l'avis du 27 janvier 2009 du CECMI. Les panneaux isolants combustibles sont en contact avec les costières en bois massif ou en panneau KLH.

**Figure A.16 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, sur un joint de dilatation en costières bois massif ou en panneau KLH**



Cas des costières en panneau de contreplaqué (NF DTU 43.4 P1) non résistantes au feu : la continuité de l'écran thermique est assurée par une bande de recouvrement posée de chaque côté du joint, parallèlement au panneau KLH.

Cote  $d \geq 30$  cm

**Figure A.17 – Exemple de jointoiment des panneaux KLH formant écran thermique, sur un joint de dilatation avec costières non résistantes au feu**

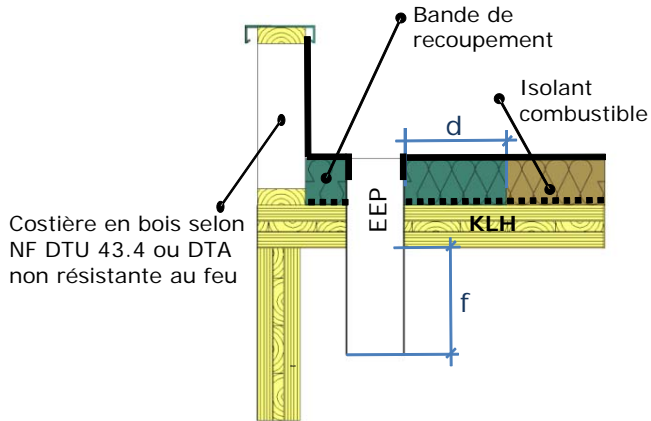


## Continuité de l'écran thermique en panneaux KLH, aux points singuliers

La continuité de l'écran thermique en panneaux KLH est réalisée :

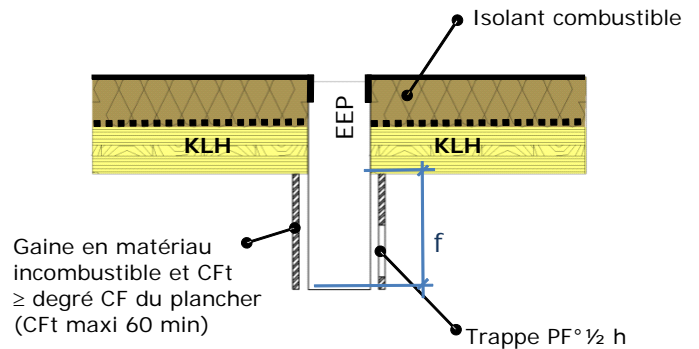
- Soit par la mise en œuvre d'une bande de recouvrement ;
- Soit par la création d'une gaine conforme à l'article CO 31 § 4 du règlement de sécurité ;

Soit par l'une des solutions présentées en CECMI le 27 janvier 2009 pour les costières de lanterneau ou de voûte - bande filante éclairante.



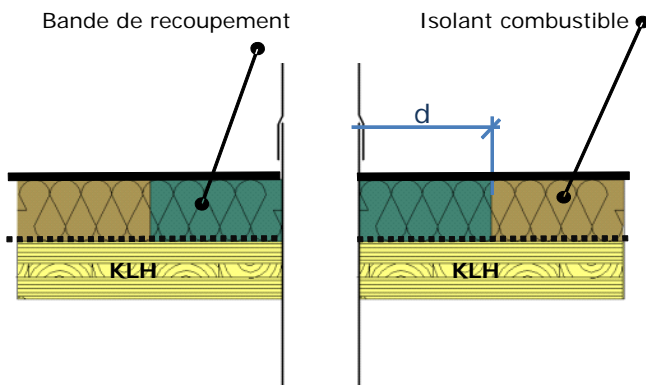
La continuité de l'écran thermique est assurée par une bande de recouvrement placée autour de l'EEP. Cotes  $d \geq 30$  cm distance depuis le bord de l'avaloir et  $f \geq 15$  cm (NF DTU 43.4 P1-1)

Figure A.18 – EEP entourée d'une bande de recouvrement



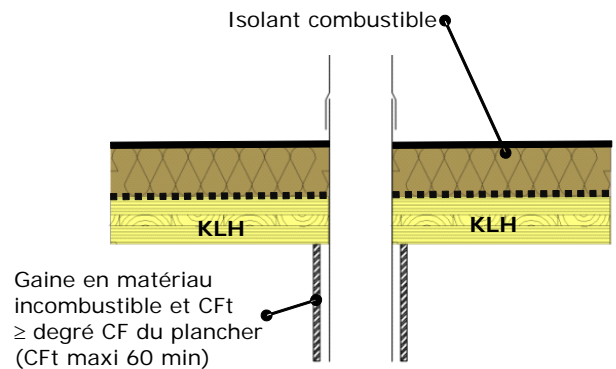
Une gaine CF est créée autour de la DEP, avec trappe de visite pour le moignon de raccordement. Cette gaine et cette trappe ne relèvent, ni du lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre), ni du lot Étanchéité. Cote  $f \geq 15$  cm (NF DTU 43.4 P1-1)

Figure A.19 – DEP placée dans une gaine conforme à l'article CO 31 § 4



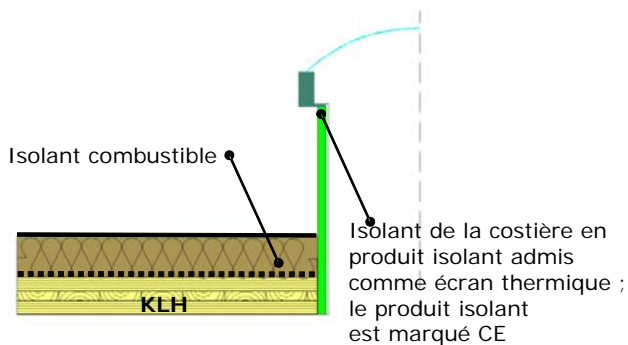
La continuité de l'écran thermique est assurée par une bande de recouvrement placée autour de la traversée ponctuelle. Cote  $d \geq 30$  cm : distance depuis le bord de la costière

Figure A.20 – Traversée ponctuelle



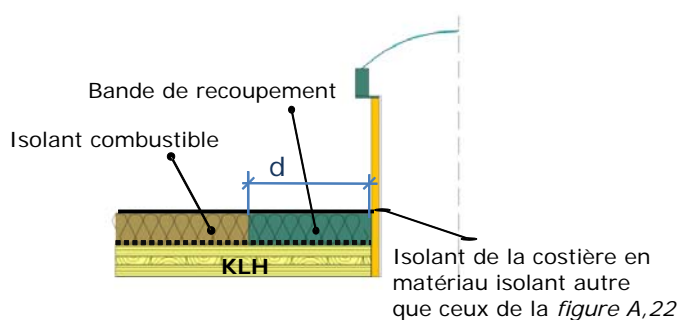
Une gaine CF est créée autour du conduit. Cette gaine ne relève, ni du lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre), ni du lot Étanchéité.

Figure A.21 – Conduit placé dans une gaine conforme à l'article CO 31 § 4



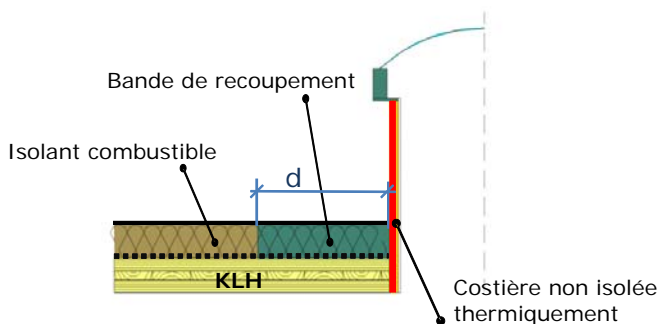
Les panneaux isolants combustibles sont en contact avec la costière pré-isolée avec un produit marqué CE, à base de laine de roche ou de perlite expansée (fibrée).

**Figure A.22 – Lanterneau ou voûte - bande filante éclairante comportant des costières pré-isolées, l'isolant thermique des costières est à base de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche, et est marqué CE**



Les costières sont isolées avec un matériau isolant autre que ceux de la *figure A,22* ci-contre : une bande de recouvrement est placée autour du lanterneau ou voûte - bande filante pré-isolé. Cote  $d \geq 30$  cm

**Figure A.23 – Lanterneau ou voûte - bande filante éclairante comportant des costières pré-isolées, avec bande de recouvrement sur toute sa périphérie**



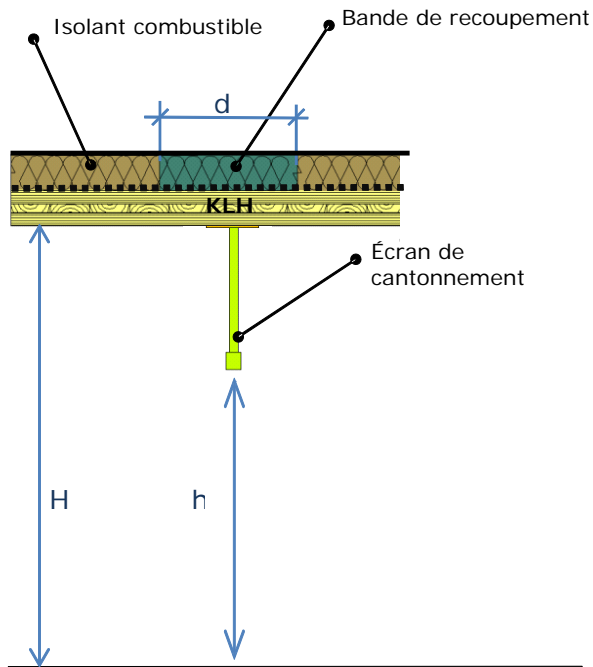
Les costières ne sont pas isolées thermiquement : une bande de recouvrement est placée autour du lanterneau ou voûte - bande filante éclairante non isolé. Cote  $d \geq 30$  cm

**Figure A.24 – Lanterneau ou voûte - bande filante éclairante comportant des costières non isolées, avec bande de recouvrement sur toute sa périphérie**

## Recouvrement en partie courante de l'isolant combustible

Le recouvrement de l'isolant combustible est réalisé par la mise en œuvre d'une bande de recouvrement sur toute l'épaisseur de l'isolant combustible, d'épaisseur minimum :

- 50 mm, avec une bande de recouvrement en perlite expansée (fibrée),
- 60 mm avec une bande de recouvrement en laine de roche.



Le recouvrement de l'isolant combustible est effectué conformément de l'article I-3.2,3 du « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les établissements recevant du public » modifié par l'arrêté du 24 septembre 2009.  
Cote  $d \geq 30$  cm

Figure A.25 – Coupe au droit d'un écran de cantonnement

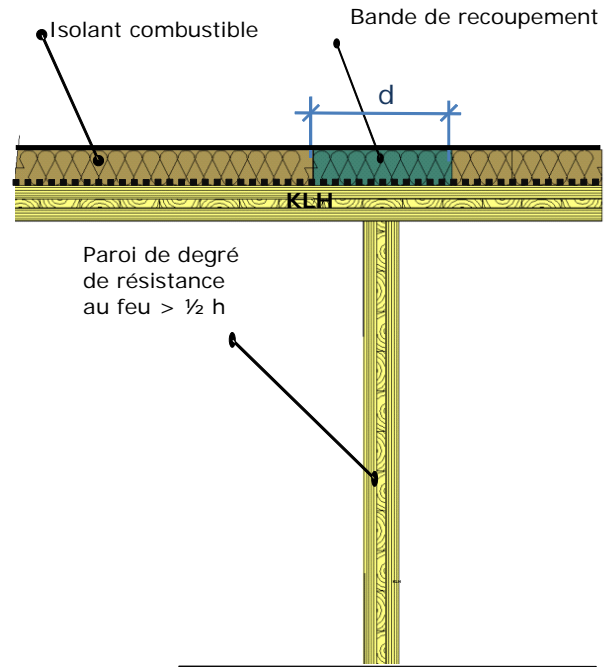


Figure A.26 – Coupe au droit d'une paroi de degré de résistance au feu supérieur à  $\frac{1}{2} h$

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

Support direct du revêtement d'étanchéité (2) ≤ pente ≤ (3)	Revêtement d'étanchéité (4)				
	Systèmes apparents		Systèmes sous protection meuble		
	semi-indépendant	adhérent	indépendant	semi-indépendant	adhérent
Panneaux KLH	OUI	OUI (5)	OUI	OUI	OUI (5)
Panneaux KLH sous isolation inversée (6)			OUI	OUI	OUI (5)
Panneaux KLH + pare-vapeur + support isolant (7)	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) En aggravation des dispositions du NF DTU 43.4 P1, la pente minimum des parties courantes dépend des critères de dimensionnement des panneaux porteurs (cf. § 1.1 de l'Annexe A).  
 (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, et au NF DTU 43.4 P1 dans le cas de l'asphalte traditionnel.  
 (5) Pontage des panneaux KLH selon le § 3.32 de l'Annexe A.  
 (6) Les protections admises par l'isolant sont celles du Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé.  
 (7) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.

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

Support direct du revêtement d'étanchéité pente : (2)	Revêtement d'étanchéité (3)		
	indépendant	semi-indépendant	adhérent
Panneaux KLH	OUI	OUI	OUI (4)
Panneaux KLH sous isolation inversée (5)	OUI	OUI	OUI (4)
Panneaux KLH + pare-vapeur + support isolant (6)	OUI	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, et au *tableau 3* dans le cas de l'asphalte traditionnel.  
 (4) Pontage des panneaux KLH selon le § 3.32 de l'Annexe A.  
 (5) Les protections admises par l'isolant sont celles du Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé, complété par l'Avis Technique du procédé de végétalisation.  
 (6) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.

**Tableau A.3 – Revêtements d'étanchéité en asphalte traditionnel sur les panneaux KLH**

Support direct du revêtement d'étanchéité	Terrasses et toitures végétalisées pente : 3 %	Terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec dalles sur plots 1,6 (5) ≤ pente ≤ 5 %
Panneaux KLH	EdsF + AP1 + AS1 + double kraft ou EdsF + AG1 ou EdsF + AP5 + AG5 ou EdsF + AS2 + grille de verre + AG2	
Panneaux KLH + pare-vapeur + support isolant (1)	EdsF (2) + AP1 + AS1 + double kraft ou EdsF + AG1 ou EdsF + AP5 + AG5 ou EdsF (2) + AS2 + grille de verre + AG2	
Panneaux KLH (4) + couche de protection adhérente + support isolant (2)		EdsF (4) + AP2 + AG2 + double kraft ou EdsF + AG2 ou EdsF + AP2 + AG2 ou EdsF (4) + AS2 + grille de verre + AG2

(1) Panneaux isolants compatibles avec l'asphalte traditionnel, dont le Document Technique d'Application vise favorablement leur emploi en terrasses et toitures végétalisées. Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.  
 (2) Panneaux isolants compatibles avec l'asphalte traditionnel, dont le Document Technique d'Application vise favorablement leur emploi en terrasses et toitures végétalisées et les toitures accessibles avec dalles sur plots. Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.  
 (3) L'EdsF peut être remplacé par une double couche de papier kraft.  
 (4) Pontage des panneaux KLH suivant le § 3.32 de l'Annexe A.  
 (5) cf. § 1.1 pour le critère de dimensionnement des panneaux KLH dans le cas de pente inférieure à 3% sur plan.

**Tableau A.4 – Emploi en terrasses accessibles avec dalles sur plots (1)**

Support direct du revêtement d'étanchéité 1,6 ≤ pente ≤ 5 %	Revêtement d'étanchéité (2)		
	indépendant	semi-indépendant	adhérent
Panneaux KLH	NON	NON	NON
Panneaux KLH sous isolation inversée (4)	NON	NON	OUI
Panneaux KLH (3) + couche de protection (5-6) + support isolant	OUI	OUI	OUI

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.

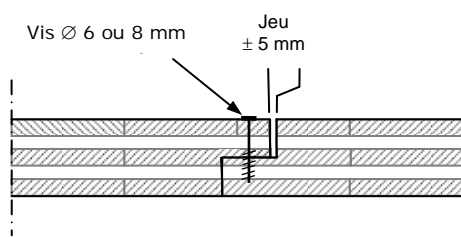
(2) Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre conformément à son Document Technique d'Application et au tableau 3 dans le cas d'asphalte traditionnel.

(3) Pontage des panneaux KLH selon le § 7.2 de l'Annexe A.

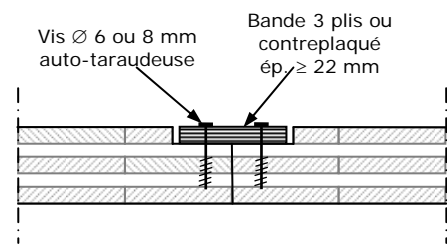
(4) les protections admises par l'isolant sont celles du DTA des panneaux de polystyrène extrudé.

(5) La couche de protection adhérente est mis en œuvre conformément à son Document Technique d'Application. En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche adhérent peut également être utilisé cf. § 4.1).

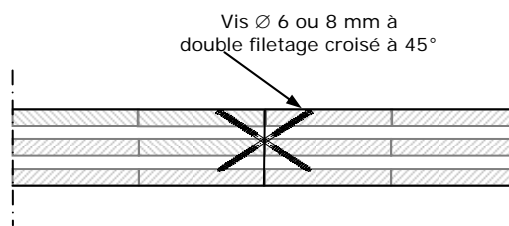
(6) En climat de montagne, un aluminium bitumé (norme NF P84-310) est placé sur la couche de protection ou, en variante, le revêtement bicouche comprendra une seconde feuille de bitume élastomère 35 alu.



**Figure A.27a – Assemblage par feuillure à mi-bois dans l'épaisseur du panneau**



**Figure A.27b – Assemblage par interposition d'une bande de liaison (joint languette)**



**Figure A.27c – Assemblage par vis à double filetage lardée à 45° ou vis à filetage total**

**Figures A.27 – Différents assemblages des panneaux structuraux KLH**

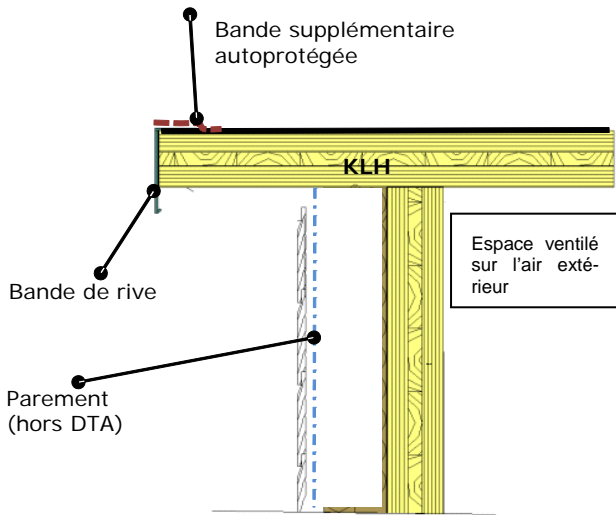
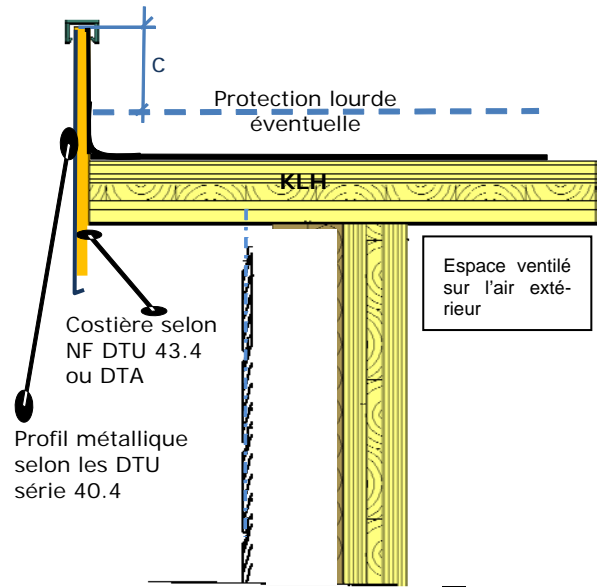


Figure A.28a – Bande de rive métallique - toiture non isolée  
Bâtiment non chauffé et ventilé



Cote *c* selon le NF DTU 43.4 P1

Figure A.28b – Costière de rive selon le NF DTU 43.4 P1,  
sur toiture non isolée  
Bâtiment non chauffé et ventilé

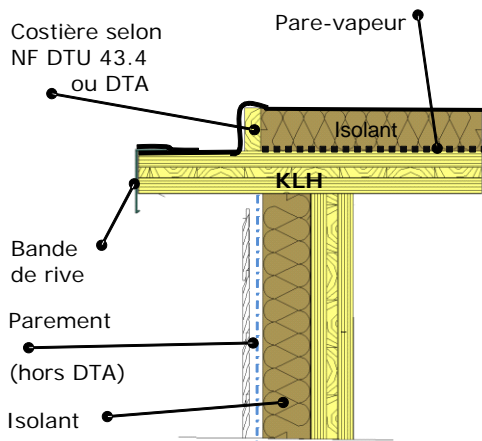


Figure A.28c – Bande de rive métallique - toiture isolée

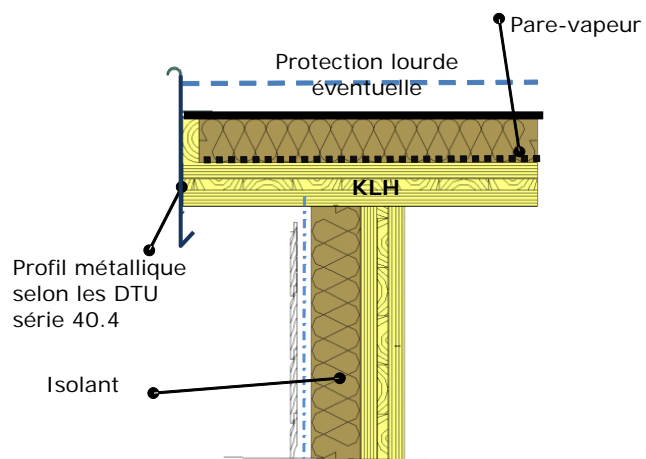
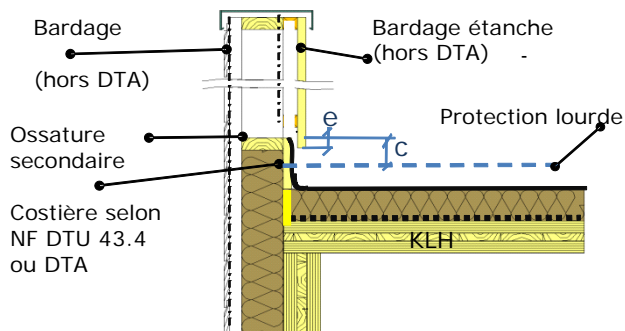
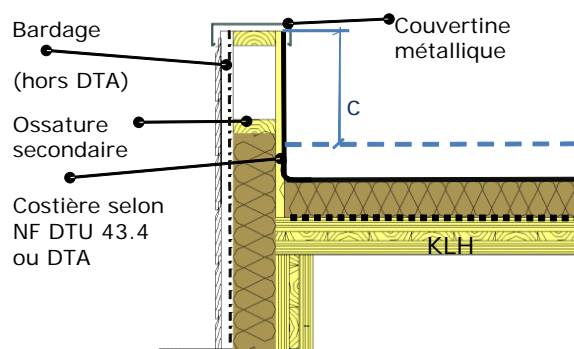


Figure A.28d – Costière de rive selon le NF DTU 43.4 P1,  
sur toiture isolée

Figure A.28 – Exemples de relief en bois

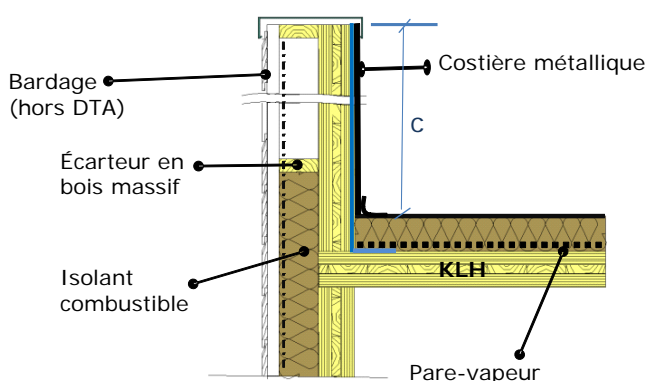


Cotes e et c selon le NF DTU 43.4 P1



Cote c selon le NF DTU 43.4 P1

Figure A.29 – Exemple de relevés



Cote c selon le NF DTU 43.4 P1

Figure A.30 – Exemple de relevés avec costière métallique

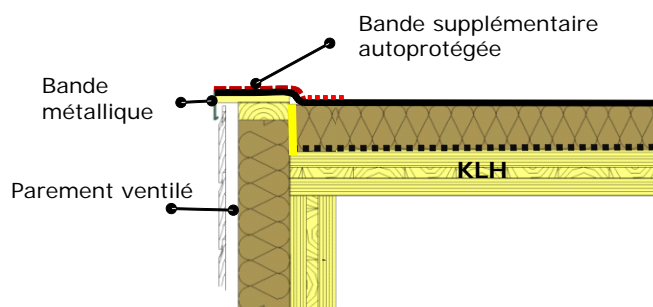
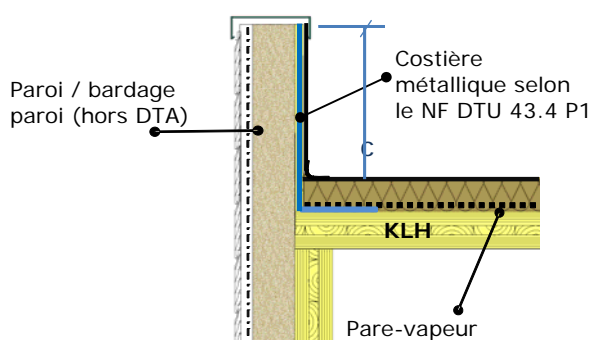
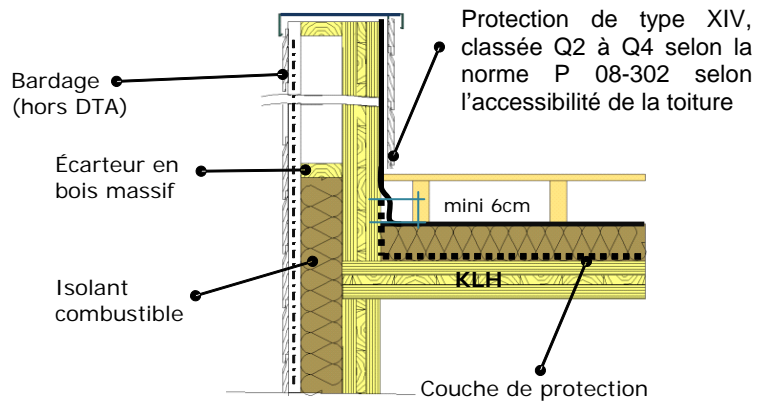


Figure A.31 – Exemple d'une rive avec support isolant de partie courante

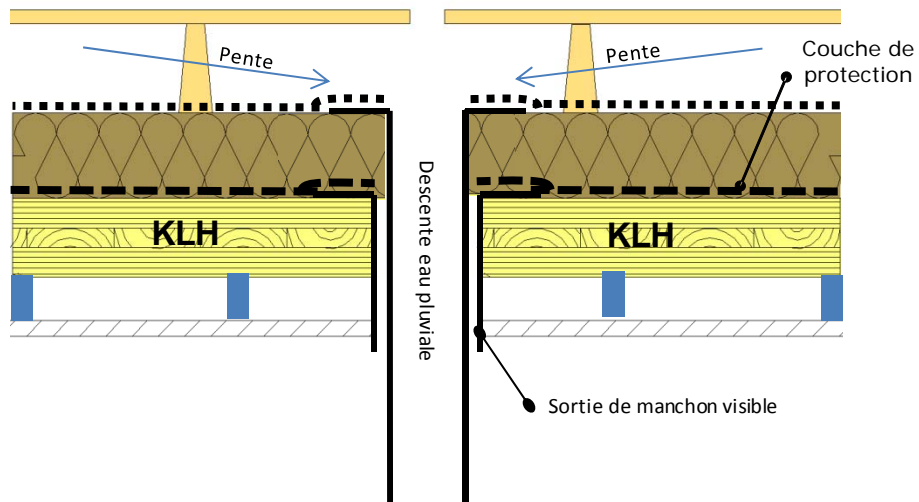


Cote c selon le NF DTU 43.4 P1

Figure A.32 – Exemple de relevé avec costière métallique, dont l'aile horizontale repose sur le panneau KLH de partie courante



**Figure A.33 – Exemple de relevé en terrasses accessibles aux piétons et au séjour**  
*La fonction garde-corps, si elle est nécessaire, doit être vue par ailleurs*



**Figure A.34 – Descente des eaux pluviales en terrasses accessibles aux piétons et au séjour**



# Annexe B

## Utilisation en support de couverture

### A. Description

#### 1. Généralités

##### 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 de couverture, avec ou sans isolation.

##### 1.2 Destination

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à l'emploi comme éléments porteur de couverture, en France métropolitaine, y compris en zones sismiques, 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)
- Bâtiments correspondant aux classes de service 1 et 2 au sens de l'EUROCODE 5 (faible et moyenne hygrométrie) pour altitudes inférieures à 900 m
- Bâtiments correspondant aux classes de service 1 et 2 au sens de l'EUROCODE 5 (faible et moyenne hygrométrie) pour climat de montagne d'altitude > 900 m

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

##### 1.3 Types de toitures

Les éléments KLH peuvent être associés :

- aux différents types de couvertures discontinues sur liteaux ou chevrons fixés directement aux panneaux KLH ou sur complexe isolant (suivant procédé « SARKING »):
  - ardoises naturelles (DTU 40.11)
  - ardoises en fibres-ciment (DTU 40.13)
  - tuiles de terre cuite à emboîtement et à glissement (DTU 40.21)
  - tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat (DTU 40.211)
  - tuiles canal de terre cuite (DTU 40.22)
  - tuiles plates de terre cuite (DTU 40.23)
  - tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal (DTU 40.24)
  - tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal, (DTU 40.241)
  - tuiles plates en béton (DTU 40.25)
- aux différents types de couvertures discontinues ou continues sur voligeage jointif ou sur panneaux supports conformes aux DTU en vigueur :
  - bardeaux bitumés, (DTU 40.14)
  - tuiles canal de terre cuite, (DTU 40.22)
  - grands éléments en feuilles et longues feuilles de zinc, d'acier inoxydable étamé, de cuivre ou de plomb (DTU 40.4\*)
  - tôles d'acier nervurées (DTU 40.35)
  - tôles d'aluminium nervurées (DTU 40.36)
- Aux couvertures sur lambourdes ou pannes :
  - plaques profilées en fibres-ciment (DTU 40.37)
- Couvertures discontinues sous Document Technique d'Application
  - tuiles métalliques.

##### 1.4 Disposition vis-à-vis du feu

Sur avis du CECMI, le panneau KLH 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 suivant PV de la réunion du 2 juin 2009 approuvé le 15/09/2009.

Afin d'assurer la continuité de l'écran au droit des joints de panneaux, ceux-ci seront réalisés 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 sera 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 (PROMATOAM), 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, les isolants non classés A2 devront être remplacés par un isolant au moins classé A2 sur une largeur minimum 30 cm de part et d'autre du joint.

#### 2. Dimensionnement

##### 2.1 Dimensionnement des panneaux

Le dimensionnement des panneaux KLH support de couverture, pouvant assurer le contreventement sera réalisé suivant les prescriptions définies dans le Dossier Technique établi par le Demandeur. Pour les bâtiments ouverts décrits au § 3.3, le dimensionnement sera 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.

##### 2.2 Dimensionnement des couvertures

Les fixations des couvertures sont dimensionnées (arrachement et cisaillement) conformément au DTU et Avis Techniques des procédés en considérant le panneau KLH comme un support en bois massif de même épaisseur.

#### 3. Principe

##### 3.1 Procédé « Sarking »

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.

On se référera impérativement aux Avis techniques des procédés pour la mise en œuvre suivant la méthode sarking.

La constitution de la toiture est la suivante, de bas en haut :

- Parement plafond rapporté ou non en sous face du panneau
- Panneau KLH
- pare vapeur
- Isolant
- Lame d'air ventilée sur l'extérieur
- Couverture et éléments porteurs associés
- En climat de montagne, la conception doit se faire avec la mise en œuvre d'une double toiture ventilée et une étanchéité complémentaire tel que préconisée dans le « Guide des couvertures en climat de montagne, de juin 2011 ».

##### 3.2 Isolation entre chevrons ou entre pannes et chevrons

Tous les types d'isolant peuvent être utilisés entre le panneau KLH support et le complexe de couverture. Selon les performances exigées par le marché, l'isolant sera posé, selon son épaisseur en 1 ou 2 couches. Il convient de se reporter aux Avis techniques éventuels des produits pour en déterminer les modalités (Voir figures B.5c et B.5d).

###### Isolant monocouche

L'isolant est posé en une couche répartie entre les chevrons disposés parallèlement à la pente.

En partie basse les panneaux isolants seront 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 permet de recevoir la couverture (lattage et/ou contre-lattage, voligeage) permettant de créer les conditions de ventilation nécessaires.

### 3.3 Couverture posées directement sur le panneau sans isolation

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 - exemple : tribunes ou hangars ouverts non chauffés, etc.).

Une telle conception n'est envisageable qu'avec le procédé de couverture « DELTA VM ZINC » de la société UMICORE bénéficiant de l'avis technique N°5/11-2180. On s'y référera particulièrement afin de prendre connaissance :

- des restrictions aux domaines d'emploi revendiqué dans le présent dossier (climat de montagne, etc.) ;
- 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. Couvertures en climat de plaine

### 4.1 Couverture en ardoises

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions des DTU 40.11 ou DTU 40.13. La pose directe des ardoises sur les panneaux n'est pas admise. Dans ce cadre la toiture est conçue tel que décrit au §3.1 du présent dossier avec fixation du liteauage / chanlattage avec conception et mise en œuvre sur volige.

### 4.2 Couverture en bardeaux bituminés

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions du DTU 40.14. Les bardeaux bituminés ne seront jamais mis en œuvre directement sur les panneaux KLH comme supports direct de couverture.

Ces toitures doivent être envisagées avec la mise en œuvre d'une structure intermédiaire support direct de couverture (volige, ou panneaux à base de bois) suivant §3.2.2 du DTU 40.14

### 4.3 Couverture en tuiles

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions des DTU de la série 40.2.

Pour la pose des tuiles sur les panneaux KLH, en l'absence d'isolant, on utilise des liteaux. Les dimensions des contre-liteaux sont choisies de façon à ce qu'il subsiste un espace minimal de 2 cm entre la tuile et le panneau support.

### 4.4 Couvertures en plaques nervurées

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions des DTU de la série 40.3\*. Les conditions de ventilation à respecter sont définies dans les DTU 40.3\* (voir figure B.10).

### 4.5 Couverture en feuilles et bandes métalliques

#### 4.5.1 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'effectuera avec un liteauage et un platelage ventilé continu conformément aux DTUs de la série 40.4 afin de supporter la couverture en bandes métalliques.

La conception et la pose de la couverture sont à réaliser conformément aux prescriptions des DTU de la série 40.4.

#### 4.5.2 DELTA VM ZINC pour bâtiments ouverts

La mise en œuvre de ce procédé sur les couvertures décrites au § 3.3, sera faite conformément aux dispositions du DTU 40.41 et du DTA 5/11-2180 DELTA VM ZINC (Voir figures B.9a & B.9b).

### 4.6 Couverture en tuiles 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.

### 4.7 Couverture en fibre-ciment

La mise en œuvre des couvertures en plaques profilées de fibres ciment sera faite conformément aux dispositions du DTU 40.37.

Pour les plaques de fibres ciment support de tuiles se reporter aux DTA correspondant.

## 5. Mise en œuvre

Le charpentier a en charge la mise en œuvre des panneaux KLH, de ses fixations, des pannes et chevrons. Le couvreur met en œuvre uniquement l'ouvrage de couverture et éventuellement l'isolation.

### 5.1 Configurations de pose (cf. fig.B.2)

Les panneaux positionnés parallèlement ou perpendiculairement à l'égout seront mis en œuvre suivant leurs dimensions nominales (Longueur jusqu'à 16,50 m et largeur de 2,40 à 2,95m). Ils reposeront sur 2, 3 ou plus de 3 appuis, avec possibilités de porte à faux (cf. figure B.2).

D'une manière générale, les supports seront disposés perpendiculairement aux plis extérieurs des panneaux ; les joints cantilevers peuvent être envisagés lorsque la longueur de l'élément de toiture est supérieure à la longueur maximale du panneau.

### 5.2 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 seront juxtaposés sans jeu, les languettes de liaison présenteront un jeu de 5 mm par rapport aux feuillures ou rainures exécutées dans les panneaux.

L'assemblage pourra également être réalisé par des vis à double filetage posées à 45°.

Le désaffleure entre panneaux est au maximum de 2 mm.

### 5.3 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.

### 5.4 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).

### 5.5 Organes de fixation sur panneaux KLH

#### 5.5.1 Procédé « Sarking »

L'isolant est posé de manière continue sur les panneaux (hors recouvrement en ERP). On se référera alors impérativement aux Avis techniques des produits validé pour la mise œuvre suivant la méthode SARKING.

#### 5.5.2 Pannes et chevrons

La fixation des pannes, lambourdes et chevrons entre-eux et sur les panneaux KLH sera 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.

#### 5.5.3 Couverture ventilée posée directement

Les organes de fixations retenus pour liaisonner les différents types de couverture posées directement sur les panneaux sans interposition d'isolant seront ceux prescrits et définis dans les DTU et DTA correspondant à chacun des types de couverture définies au §4.

### 5.6 Pare-vapeur

- Lorsqu'un écran de sous toiture de type Sd1 selon cahier 3651-P1-V2 est requis, un pare vapeur présentant un Sd $\geq$ 18m doit être mis en œuvre coté intérieur (entre le KLH et l'isolant voir figure B.4 et B.5),
- Lors de la mise en œuvre d'une isolation conformément au cahier du CSTB 3560-V2, un pare vapeur doit être systématiquement mis en œuvre,
- Lors de la mise en œuvre d'un procédé de type SARKING, se référer à l'Avis Technique du Sarking.

### 5.7 Traitement des points singuliers

#### 5.7.1 Egouts

Afin de limiter la hauteur des planches d'égout, les avancées de toiture en bas de pente seront 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).

Une entretoise de fermeture assurera le maintien de l'isolant en empêchant son glissement, sans interrompre l'écran de sous toiture éventuel.

L'accrochage de la gouttière se fera traditionnellement par crochets cloués sur la planche de rive ou sur les chevrons.

## 5.72 Rives latérales

Les avancées de toiture en rives latérales seront assurées par le dépassement des pannes ou abouts sur lesquels reposeront une ou plusieurs rangées de chevrons (cf. Figure B.6).

Les isolants de toiture seront 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.

## 5.73 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 sera réalisé par vissage.

Le faitage sera traité en pose scellée ou avec closoirs, en prenant soin de préserver une ventilation de sous face.

## 5.74 Noues et arêtiers

Suivant le sens de pose des panneaux KLH, ceux-ci peuvent être ou non supportés par un appui continu (arêtier).

L'assemblage des panneaux entre-eux sera réalisé par vissage.

Une volige de fond de noue sera 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.

## 5.8 Pose des écrans

La pose d'un écran de sous toiture, homologué CSTB, 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 jugée nécessaire par le concepteur. On se référera alors aux prescriptions des cahiers N° 3651-P2,V2 du CSTB pour en déterminer les modalités notamment au regard de sa classe de perméabilité à la vapeur et de sa compatibilité avec l'isolant / système de couverture adopté.

## 5.9 Réalisation d'ouvertures pour pénétrations discontinues (cf. fig.B.11)

Pénétration des conduits de fumée et de ventilation, souches de cheminée, châssis d'éclairage et de ventilation.

Comme précisé dans le partie structure aucune vérification ne sera nécessaire si le diamètre de l'ouverture est inférieur à 30 cm.

Au-delà de cette dimension, une vérification sera effectuée avec mise en œuvre éventuelle d'un chevêtre de renfort. L'étanchéité aux raccords sera réalisée de façon identique à une couverture traditionnelle. Pour le passage des conduits de fumée, la distance de sécurité sera garnie d'un matériau isolant incombustible afin de protéger les panneaux et les structures complémentaires.

## 5.10 Climat de montagne (cf. fig.B2)

### 5.101 Généralités

D'une manière générale, la réalisation de couvertures en climat de montagne sera faite suivant le principe de la double toiture ventilée comme décrit dans le Guide des couvertures en climat de montagne de juin 2011.

Les dispositions générales de mise en œuvre prévues à l'article 5 doivent être respectées.

### 5.102 Complément d'étanchéité sur support continu

Il est nécessaire de réaliser une étanchéité complémentaire de sous-toiture, posée sur support continu et établie conformément aux dispositions prévues dans le chapitre 2 "Guide de réalisation" du "Guide des couvertures en climat de montagne".

Dans le cas d'un « Sarking » il y aura lieu de se reporter à l'Avis Technique du procédé.

### 5.11 Dispositions relatives à la sécurité incendie dans les ERP

Un recouvrement 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. Cette barrière

de recouvrement 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. figure B.12).

---

## 6. Assistance technique

---

L'assistance technique relative aux différentes dispositions de mise en œuvre pourra être fournie par la société LIGNATEC.

## Figures de l'Annexe B

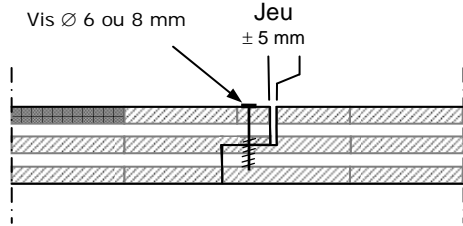


Figure B.1a – Assemblage par feuillure à mi-bois dans l'épaisseur du panneau

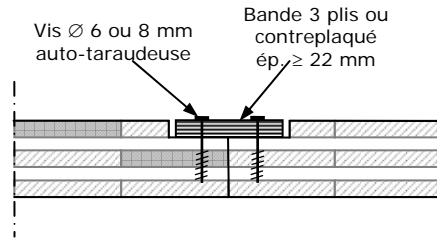


Figure B.1b – Assemblage par interposition d'une bande de liaison (joint languette)

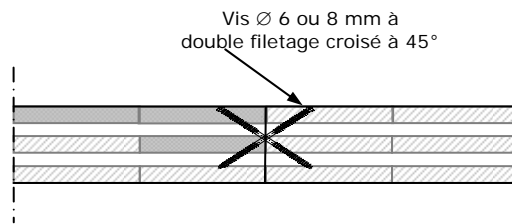


Figure B.1c – Assemblage par vis à double filetage lardées à 45° ou vis à filetage total

Figure B.1 - Assemblage des panneaux KLH

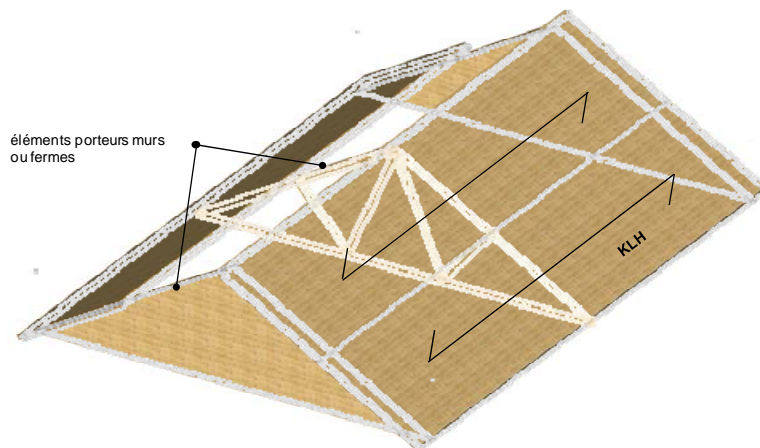


Figure B.2a - Panneaux KLH positionnés perpendiculairement à la pente

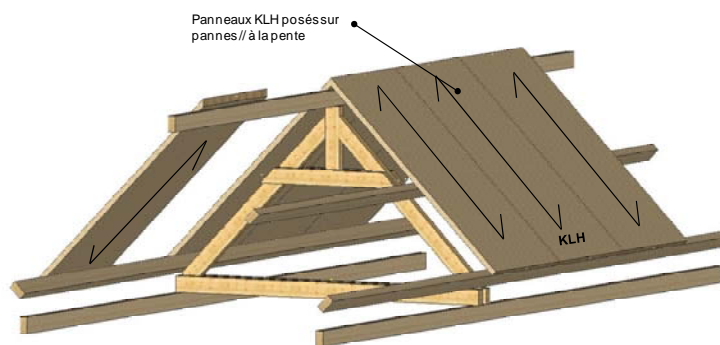


Figure B.2b - Panneaux KLH positionnés parallèlement à la pente - Pose en chevron

Figure 2 - Pose des panneaux KLH

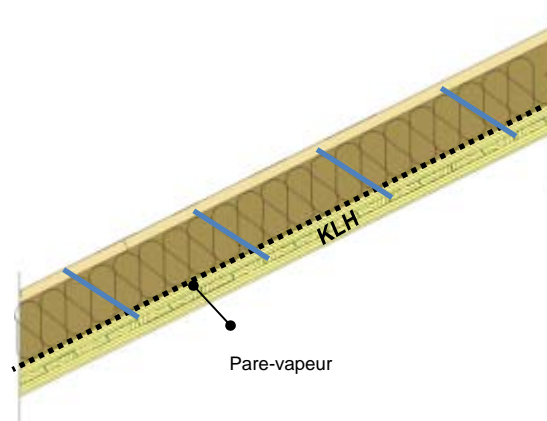


Figure B.3 - pose en sarking (cf.Atec du procédé Sarking)

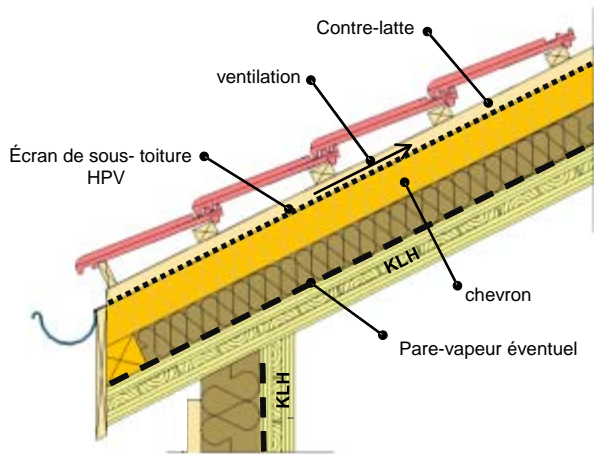


Figure B.4a - Avancée avec support KLH

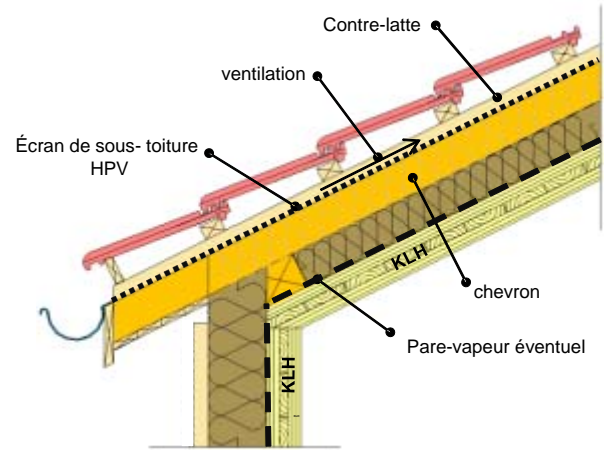


Figure B.4b - Avancée avec chevron d'about

Figure B.4 - Avancées de toiture en égout – Procédé « SARKING »

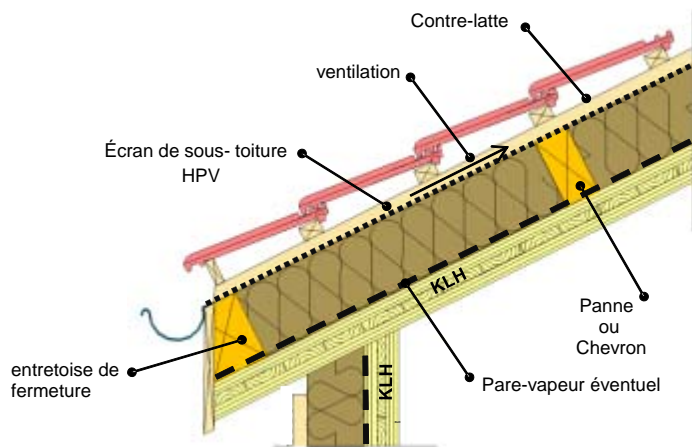


Figure B.5a - Avancée avec support KLH

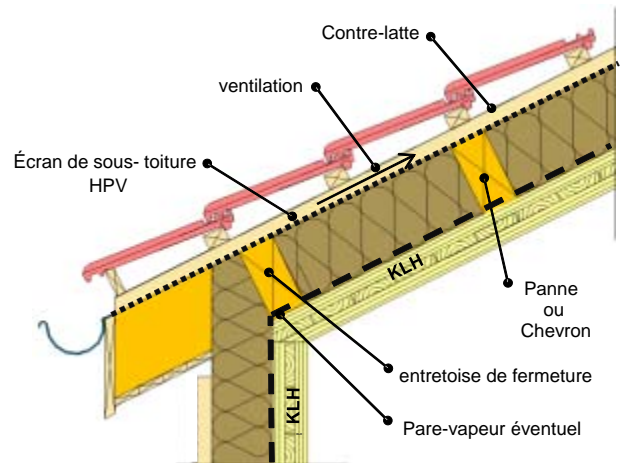


Figure B.5b - Avancée avec chevron d'about

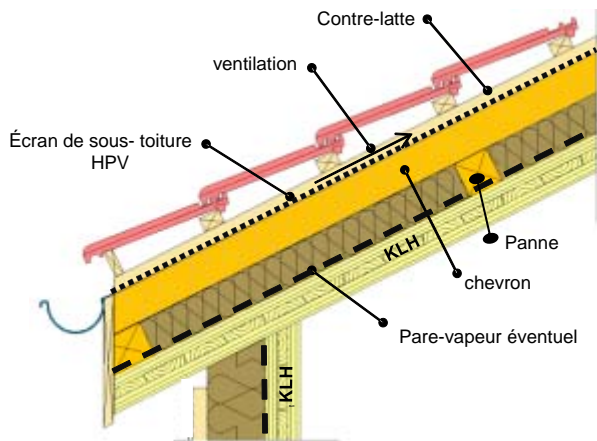


Figure B.5c - Avancée isolant bicouche

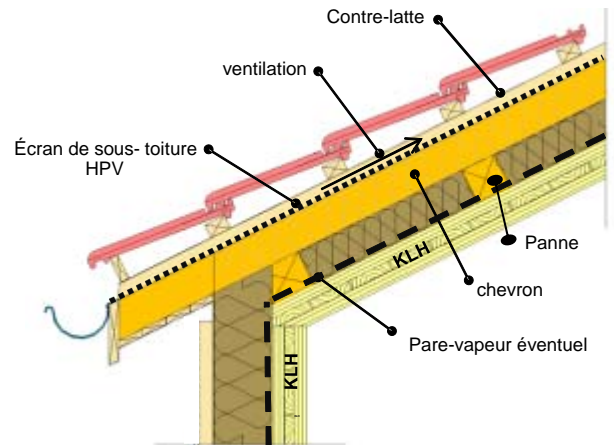


Figure B.5d - Avancée isolant bicouche

Figure B.5 - Avancées de toiture en égout – Procédé « Pannes-chevrons »

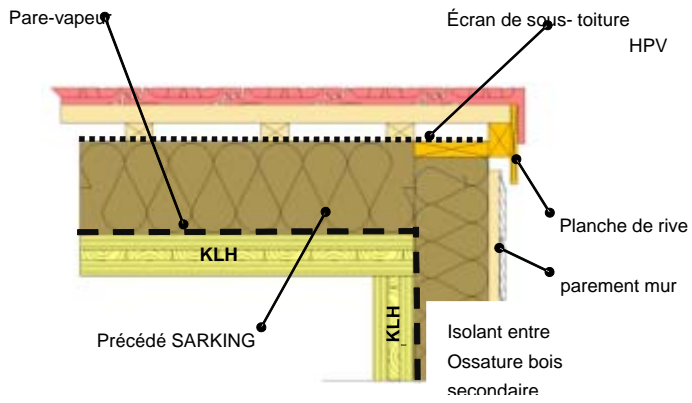


Figure B.6a - rive sans débord

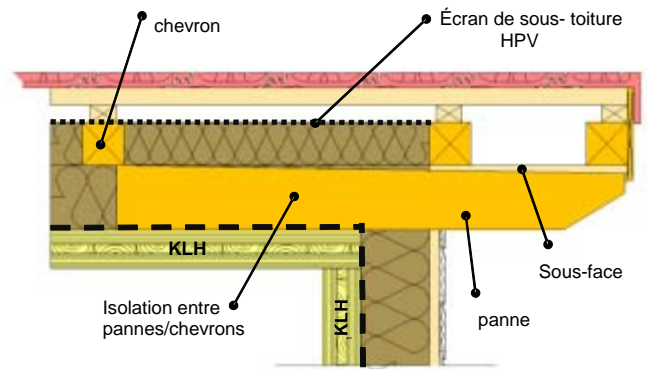


Figure B.6b - rive avec débord

Figure B.6 - Détail de rive

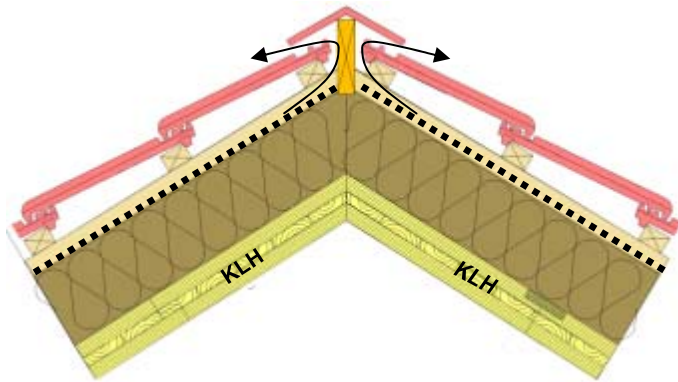


Figure B.7a - Faîtage en technique « SARKING »

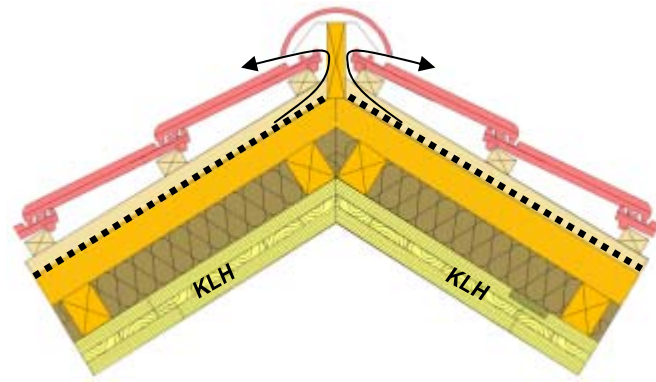


Figure B.7b - Faîtage avec pannes-chevrons

Figure B.7 - Détail de faîtage

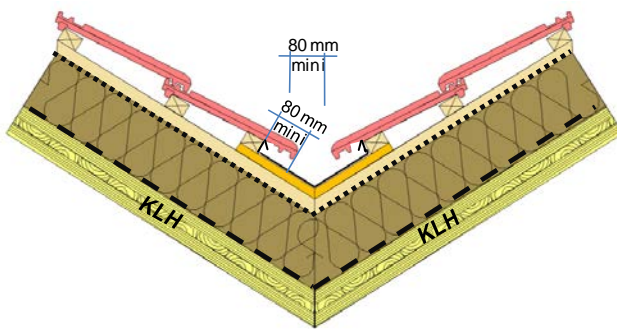


Figure B.8a - Noue en technique « SARKING »

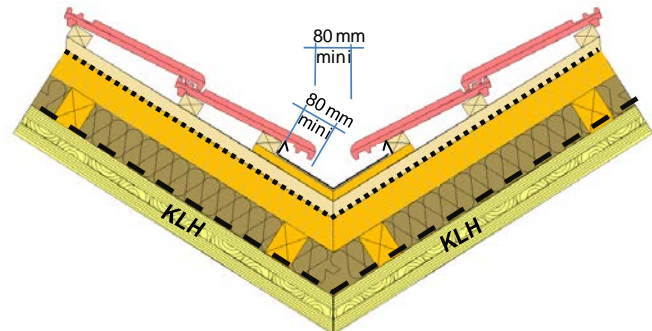
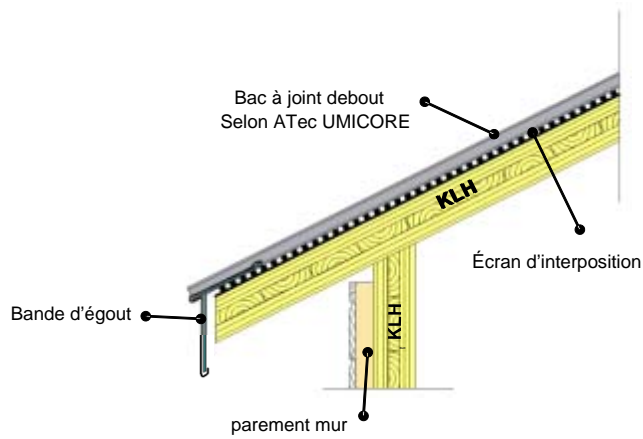
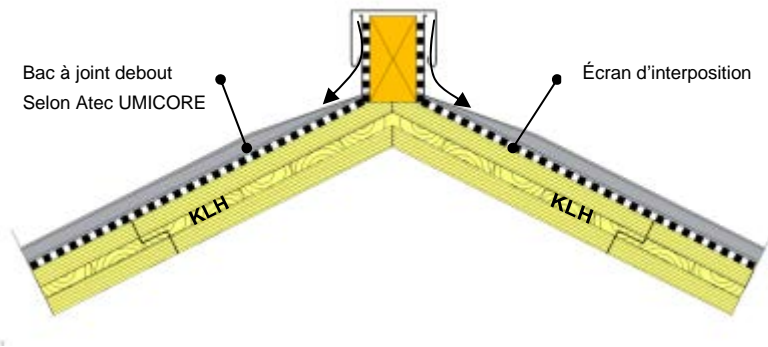


Figure B.8b - Noue avec pannes-chevrons

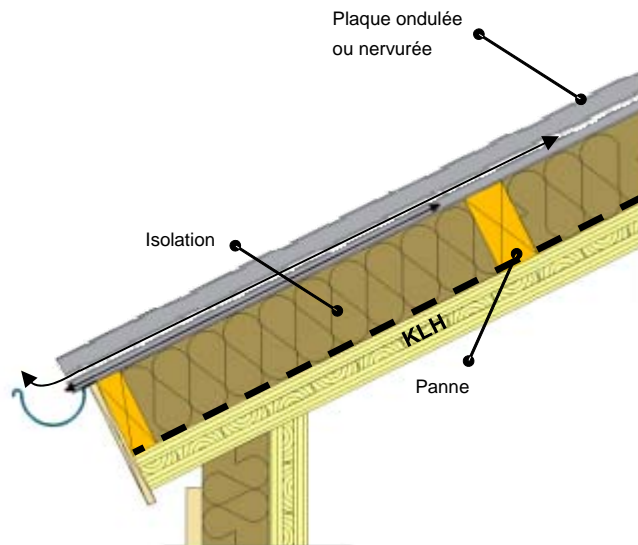
Figure B.8 - Détail de noue



**Figure B.9a - Détail d'égout uniquement en bâtiment ouvert**  
**Panneau KLH ventilé en sous-face – Cf § 3.3**



**Figure B.9b - Détail de faitage uniquement en bâtiment ouvert**  
**Panneau KLH ventilé en sous-face – Cf § 3.3**



**Figure B.10 – Couverture en plaques ondulées ou nervurées**



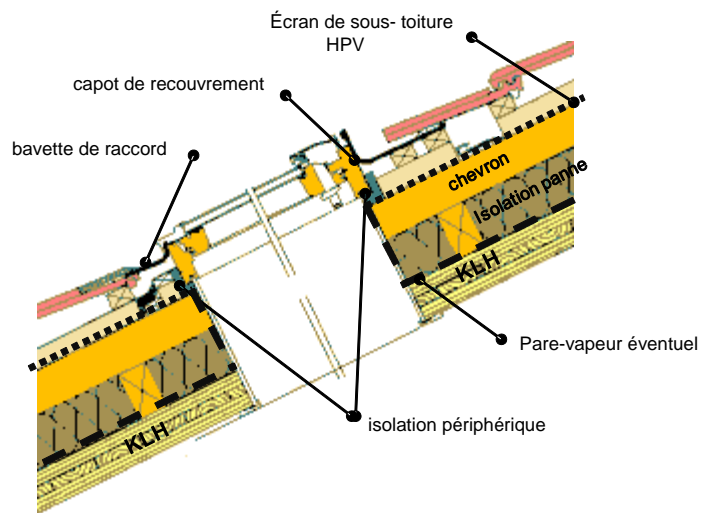


Figure B.11a - Ouverture dans toiture avec chevrons

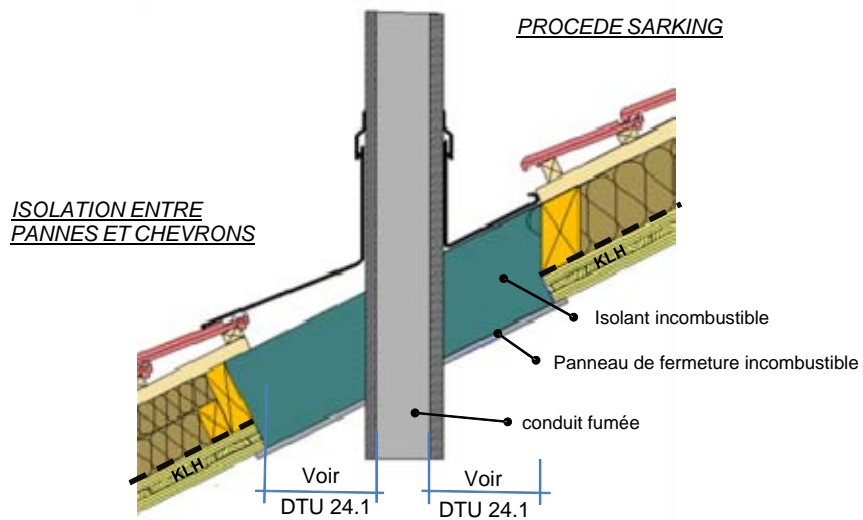


Figure B.11b - Pénétration

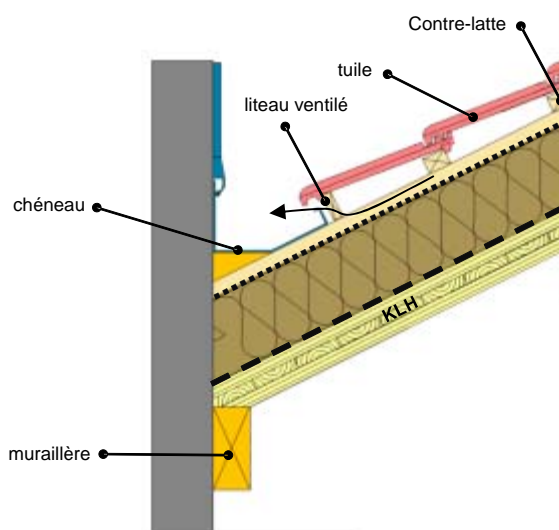


Figure B.11c - Détail de raccord sur mur

Figure B.11 - Détails sur ouvertures, pénétrations et raccords

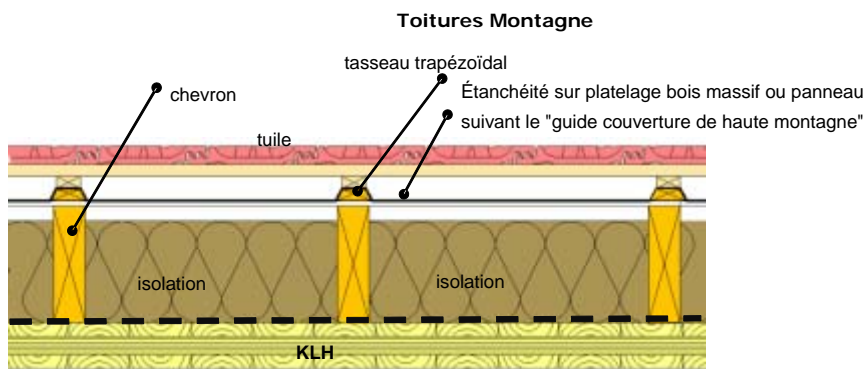


Figure B.12a - toiture avec chevrons

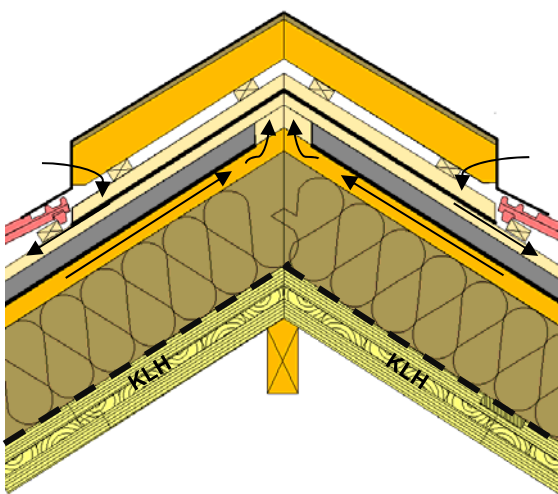


Figure B.12b - Détail de faitage

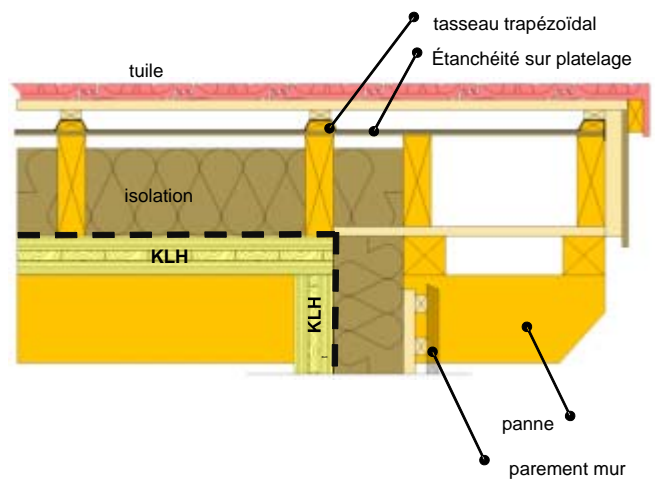
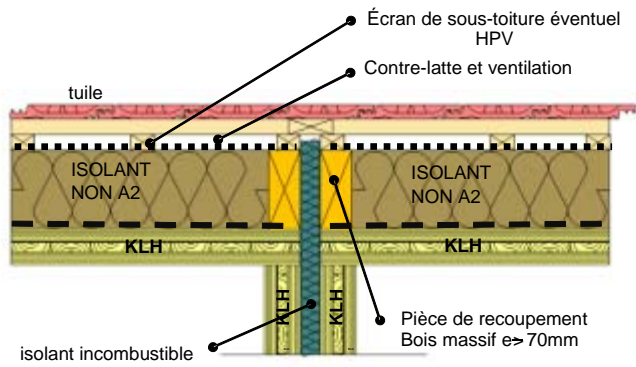
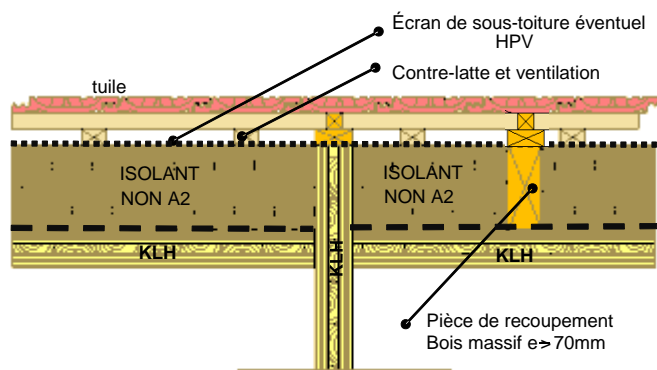


Figure B.12c - Détail de rive

Figure B.12 - Toitures Climat de montagne



**Figure B.13a - Détail de recoupement (double murs)**



**Figure B.13b - Détail de recoupement (simple murs)**

**Figure B.13 - Sécurité incendie**