

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3+5/12-731**

Annule et remplace l'Avis Technique 3/06-477*02 Mod

*Panneaux bois à usage
structurel
Wood structural panels*

Panneaux KLH

Relevant de
l'Agrément Technique Européen

ETA-06/0138

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.klh.at

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 3

Structures, planchers et autres composants structuraux

Vu pour enregistrement le 3 juin 2014



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 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe spécialisé n° 3 « Structures, planchers et autres composants structuraux » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 16 octobre 2012 la demande relative au procédé de panneau bois à usage structural KLH, présentée par la société KLH MASSIVHOLZ GmbH titulaire de l'Agrément Technique Européen ETA-06/0138, relevant du CUAP n°03.04/06 « Solid wood slab element to be used as a structural element in buildings ». Le présent document, auquel est annexé le dossier technique établi par le demandeur, transcrit l'avis formulé par le Groupe Spécialisé n° 3 sur les dispositions de mise en œuvre proposées pour l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi visé et dans les conditions de la France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Les panneaux structuraux KLH sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif, empilées en plis croisés à 90° sur 3 à 9 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 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, 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.

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 utilisations des panneaux KLH en support de couverture et élément porteur d'étanchéité n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

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.

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.

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 au feu

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).

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.

Sécurité en cas de séisme

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 et maîtrise des accidents et maîtrise des risques lors de la mise en œuvre et de l'entretien

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).

Isolation acoustique

Les panneaux KLH seuls, qu'ils soient utilisés en tant que murs ou planchers, ne permettent pas toujours de satisfaire les 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 comme présenté dans les « Propositions de compositions ».

Il est également possible de recourir au système de 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^2 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.

Étanchéité à l'eau

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

Données environnementales et sanitaires

Il existe une EPD mentionnée au paragraphe C1 du DTED. Il est rappelé que cette EPD n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

2.22 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 Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2.314 ci-après).

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des panneaux KLH est assurée exclusivement par la société KLH – MASSIVHOLZ à KATSCH a. d. Mur en Autriche. Le suivi de la production est effectué dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle et fait l'objet d'un contrôle externe au moins deux fois par an par le « Holzcert Austria » de Vienne.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

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.

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'éclatement 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 à partir du spectre de réponse élastique en accélération en appliquant un coefficient de comportement $q=2$.

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-buton horizontal, assurée uniquement par les plis orientés dans le sens de l'effort à reprendre,
- 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.

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. L'étude conclura également sur la nécessité ou pas de mise en œuvre d'un pare-vapeur. A défaut d'étude, un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face du KLH exposée au climat intérieur (entre le panneau KLH et l'ouvrage en plaque de plâtre). La valeur de Sd du pare-vapeur sera au minimum de 18m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90m le cas contraire.

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 doit être 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 § 5.5.5.2.3 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.

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.)

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

6 ans, jusqu'au 31 octobre 2018.

Pour le Groupe Spécialisé n°3

Le Président

R. LARQUETOUX

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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 coupure anti-capillarité en pied de panneaux fixés au soubassement.

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

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé

n°3

A. CRONOPOL

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

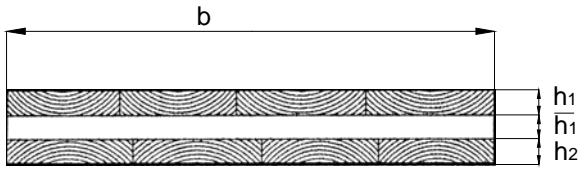


Figure 1 : Coupe transversale d'un panneau 3 plis.

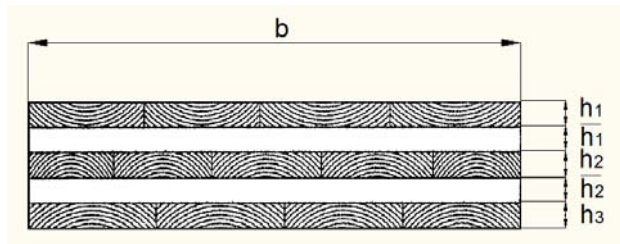


Figure 2 : Coupe transversale d'un panneau 5 plis.

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	γ_m
Coefficient de modification	k_{mod}
Coefficient de déformation	k_{def}

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

$$A_i = b \cdot h_i$$

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

$$\gamma_2 = 1$$

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

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

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

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

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 $0,5 \text{ cm} + L/1000$ 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

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.

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

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

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

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

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

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 ⁴)
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 son amendement A1 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 ou utilisés pour une ou deux des fonctions visées, en association avec des éléments de structure autres.

Les panneaux KLH pourront être associés à des poutres en bois massif reconstitué (BMR) ou lamellé collé (LC) de manière à constituer des tables nervurées ou des caissons.

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

3.11 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'aubier pour satisfaire la classe d'emploi 2 sans traitement complémentaire. (NFP21 204-1-2).

3.12 Caractéristiques géométriques des planches

Les planches utilisées se déclinent en 7 épaisseurs: 13 mm, 19 mm, 22 mm, 27 mm, 30 mm, 34 mm, 40 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 240 mm.

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.

3.13 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

3.21 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.

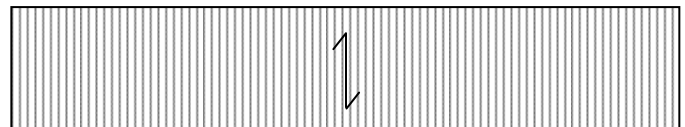
Les panneaux KLH sont constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. Le nombre de couches (dénommées plis) est impair. De ce fait, les plis extérieurs sont orientés dans la même direction. Les panneaux sont constitués de 3, 5 ou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

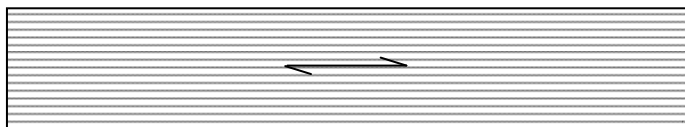


Epaisseur totale	Nombre de couches	Epaisseur et disposition des plis*				
		Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q
mm	-	mm	mm	mm	mm	mm
57 Q		19	19	19		
72 Q	3	19	34	19	-	-
94 Q	3	30	34	30	-	-
120 Q	3	40	40	40	-	-
95 Q	5	19	19	19	19	19
128 Q	5	30	19	30	19	30
158 Q	5	30	34	30	34	30

* 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 :



Épaisseur totale	Nombre de	Épaisseur 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**	5	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**		

*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.

Ces tableaux ne sont pas limitatifs, d'autres épaisseurs, issues de combinaisons différentes avec des planches constitutives peuvent y être ajoutées et sont disponibles sur demande.

4.2 Caractéristiques physiques des panneaux

4.2.1 Masse volumique ρ_m et ρ_k

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

4.25 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 $\mu_{\text{humide}} = 46$.

4.26 Etanchéité à l'air

Les panneaux KLH 3 plis en qualité visible, ou habitat ainsi que les panneaux 5 plis sont étanches à l'air.

4.27 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.

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 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°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°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 (à l'usage du fabricant) assurent une résistance caractéristique au cisaillement des plans de collage supérieure à 1,5 MPa avec un taux de rupture dans le bois de 100 %.

5.21 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.

5.22 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 4.

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.

6.1 Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux - plancher

Les planchers 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.

6.11 Vérification de la résistance sous l'effet du moment fléchissant

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

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

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

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

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

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

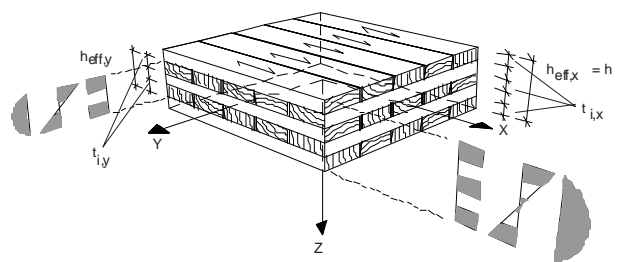


Figure 1 : définition des directions porteuses sous sollicitations perpendiculaires au panneau

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 $h_{eff,x}$.

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

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

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

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

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

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 supposant une section transversale pleine $A_{plein,x}$ ou $A_{plein,y}$.

$$\tau_d = \frac{V_d}{A_{plein,x \text{ ou } y}} \leq f_{R,v,d}$$

$$\text{avec } A_{plein,x \text{ ou } y} = b \times h_{eff,x \text{ ou } y}$$

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

Avec $h_{eff,x}$, $h_{eff,y}$ hauteur réelle de la section dans le sens principal x ou y.

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 N/mm² (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 $h_{eff,i,red}$ réellement cisailée et en minorant la contrainte de calcul $f_{v,d}$ par le facteur de réduction k_v .

le calcul du coefficient k_v est effectué conformément à l'EN1995-1-1 point 6.5.2 en fixant la valeur $k_n = 5$

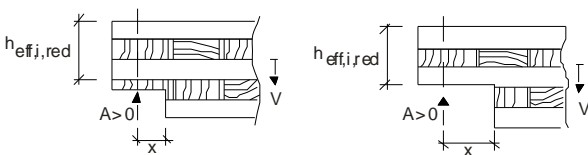


Figure 2 : définition de la hauteur efficace pour un appui entaillé

A symbolisant la réaction d'appui.

Les zones tendues des appuis entaillés doivent être renforcées de préférence par des vis à filetage total dimensionnées pour reprendre la totalité de l'effort tranchant. Sans autre justification, l'entraxe des vis est fixé entre 10 et 15 cm et la distance au bord $\geq 5d$.

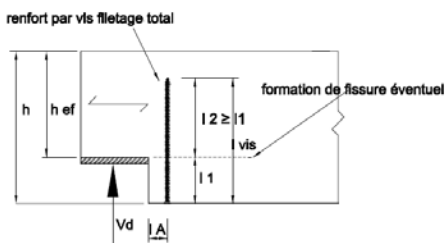


Figure 3 : définition du renfort des appuis entaillés

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.

Pour les appuis continus, on considérera un élément de plancher de 1m de large et la longueur efficace de contact l_{eff} , augmentée de 30mm sur chaque face (soit 60mm pour des appuis intermédiaires) sans dépassé la valeur a, l, ou l/2, comme le précise la norme NF EN1995-

1-1. 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.

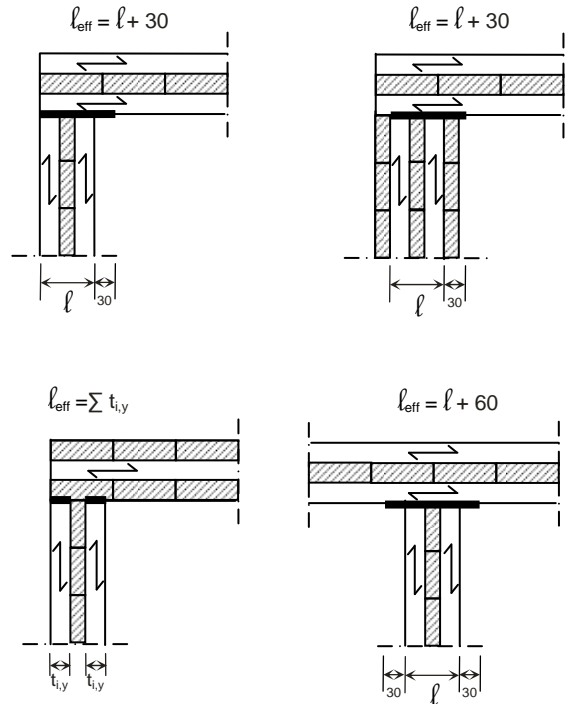


Figure 4 : définition de la largeur d'appui efficace

Pour les appuis de plancher KLH sur murs ou poutres en acier, béton ou en bois massif, on procède de la même façon, en fonction de l'orientation du plancher sur l'appui considéré.

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 $k_{c,90}$. A défaut d'essais, on prendra les valeurs si dessous selon la norme NF EN1995-1-1

Pour les appuis discrets, $k_{c,90} = 1.75$ pour $l_1 \geq 2h$ et $l \leq 400$ mm

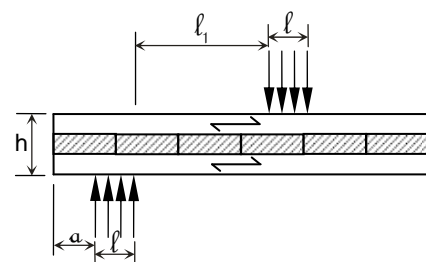


Figure 5 : appuis discontinus de plancher KLH

Pour les autres cas de figures, on prendra $k_{c,90} = 1$.

6.14 Vérification des déformations

Deux critères de flèches δ_1 et δ_2 sont à vérifier suivant l'annexe nationale de l'EN1995-1-1 Clause 7.2, permettant de valider la pérennité des ouvrages de second œuvre (Ufin – UG1inst), le bon fonctionnement mécanique (UQ,inst) et l'apparence (Ufin). Les valeurs limites sont données dans l'annexe 1 à l'avis technique.

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 :

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

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

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

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 ≤ 30 cm), aucune justification n'est à effectuer pour tout type charge, se justifiant par un taux de travail en flexion du panneau qui ne dépasse pas les 30%.

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

On décomposera en prenant le principe de la figure 6.

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.

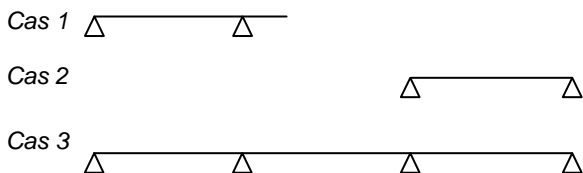
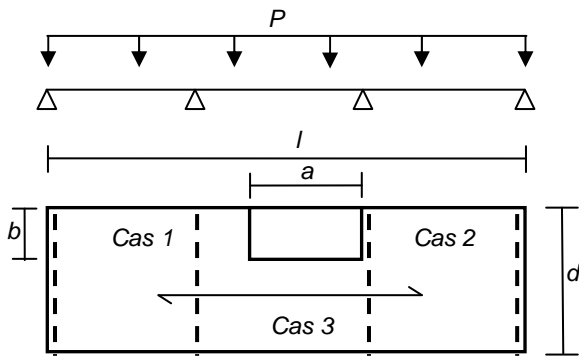


Figure 6 : principe de décomposition des plancher

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.

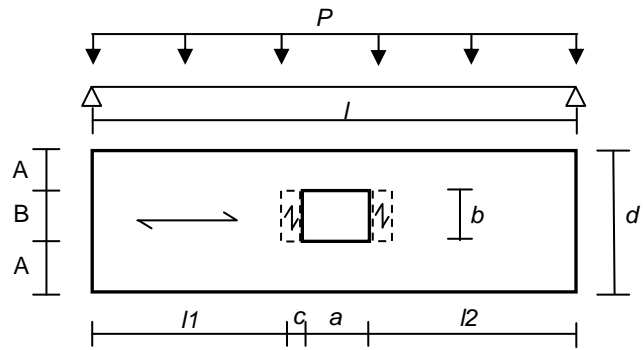
b : largeur de la réservation

a : longueur de la réservation

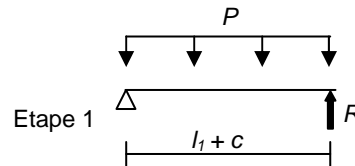
l_1 et l_2 : distance respective entre l'appui du plancher et l'appui fictif c

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.

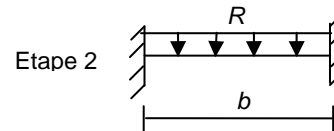


Etape 1 : vérification de la section à hauteur de la bande B au niveau de la réservation seul. On calcule la réaction d'appui élastique fictive R qui s'exerce sur la bande c : $R = P \times (l_1 + c) \times 0.5$.

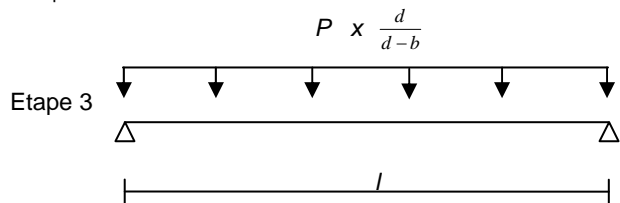


Etape 2 : la bande de largeur c d'env. 40cm transmet les charges perpendiculairement à la direction principale du panneau vers les bords. Pour cela on la modélise comme une poutre encastree à ces 2 extrémités soumise à une charge linéique R en kN/ml.

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 majoré ce chargement 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 vu 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 7.

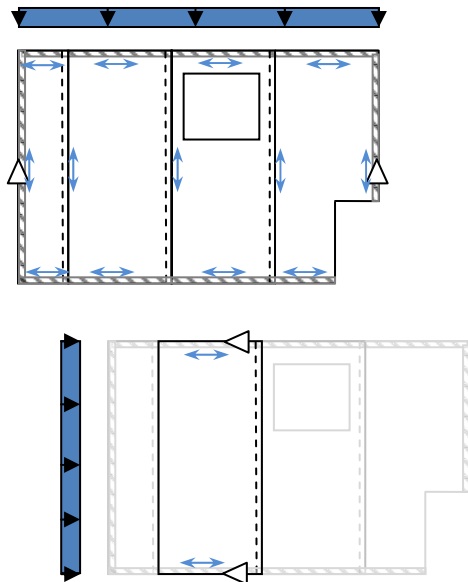


Figure 7 : exemple de modélisation de diaphragme de plancher

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 14). 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 fausse 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.

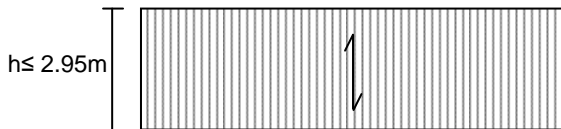


Figure 8 : exemple de mur type Q

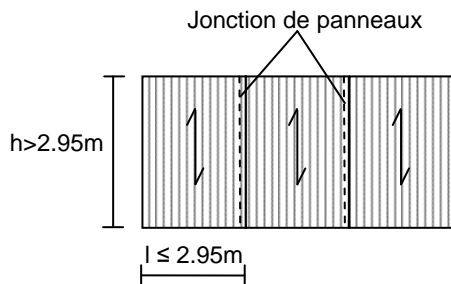


Figure 9 : exemple de façade reconstituée par mur type L

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.

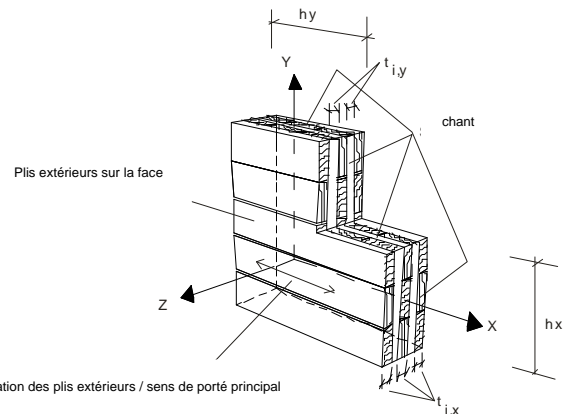


Figure 10 : définition des directions porteuses sous sollicitations sur le chant du panneau

6.2.1 Reprise des charges verticales

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

Lorsque les murs sont munis d'ouvertures, on veillera à prendre en compte la bande de chargement D sur le même principe que la figure 11 pour la vérification en flambement de la bande de mur n°2.

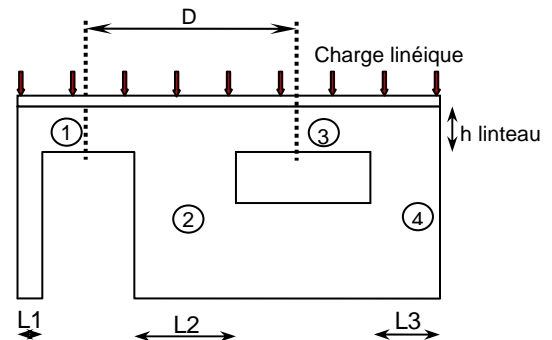


Figure 11 : exemple de mur type Q avec ouvertures

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 flambage, on vérifie :

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

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 flambage. On vérifiera alors :

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

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 flambage.

6.2.1.1 Murs sollicités en flexion à chant : Linteaux, ouvertures

Pour les linteaux ou murs sollicités en flexion dans leur plan, la vérification se ramène à de la flexion à chant en considérant les plis hori-

zontaux 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.

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

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

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

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 11, 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 kcr 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'appliquent sur la tranche d'un mur KLH, sont reprises normalement par les plis orientés verticalement et ce sans considérer de répartition de contraintes.

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

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

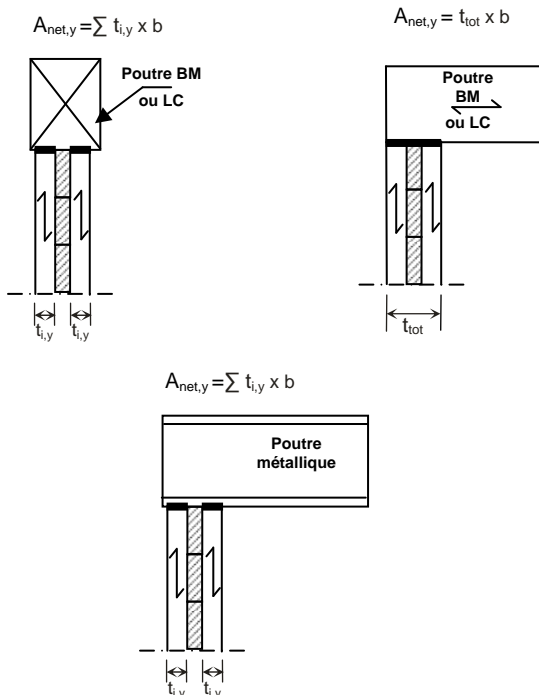


Figure 12 : définition de la largeur d'appui pour les appuis de poutre

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-dessus.

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 contrainte de compression localisée aux appuis, est à vérifier en utilisant une contrainte de résistance majorée $f_{c,0,k}$ fixé à 30 N/mm².

La longueur mini d'appui b sur le panneau KLH doit être de 50mm.

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.

6.3 Éléments 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 » :

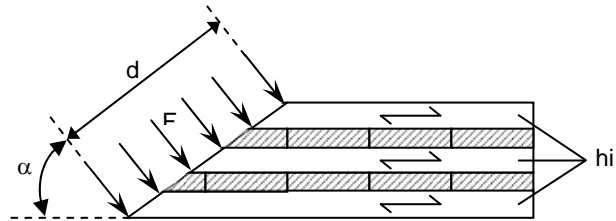


Figure 13 : compression oblique sur panneau KLH

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

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

Avec F, la charge en N/ml, h_i 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 ($k_m = 1$). 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_{eff} dans le sens porteur x ou y considéré ($k_m = 0$).

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.

7.11 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 $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$.

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 $d \leq 8 \text{ mm}$ 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 :

Fixation sur le Chant	portance	<p>- vis :</p> <p>$f_{h,k}$ est pris comme pour le bois massif suivant l'Eurocode 5 en prenant en compte une diminution de 50%</p> <p>- Pour les vis avec $d \leq 8 \text{ mm}$ sans pré-perçage</p> $f_{h,k} = 0,5 \times 0,082 \times \rho_k \times d^{-0,3} \text{ en N/mm}^2$ <p>- avec pré-perçage</p> $f_{h,k} = 0,5 \times 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \rho_k \text{ en N/mm}^2$ <p>- Pour les vis $d > 8 \text{ mm}$ avec pré-perçage</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 $k_{90} = 1,35 + 0,015d$</p>
	Arrachement	<p>- vis :</p> <p>$R_{ax,k}$ est pris comme pour le bois massif suivant l'Eurocode 5 en prenant en compte une diminution de 25%</p> $R_{ax,k} = 0,75 \times \frac{f_{ax,k} \times d \times l_{ef} \times k_d}{1,2 \times \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \text{ en N}$ $f_{ax,k} = 0,52 \times d^{-0,5} \times l_{ef}^{-0,1} \times \rho_k^{0,8} \text{ en N}$ $k_d = \min(d/8; 1)$

	Sollicitations	Vis et pointes
Fixation sur la Face	Portance	<p>- Pour les vis et pointes avec $d \leq 8 \text{ mm}$ sans pré-perçage</p> $f_{h,k} = 0,082 \times \rho_k \times d^{-0,3} \text{ en N/mm}^2$ <p>Avec pré-perçage</p> $f_{h,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \rho_k \text{ en N/mm}^2$ <p>- Pour les vis et pointes $d > 8 \text{ mm}$ avec pré-perçage</p> $f_{h,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \rho_k \text{ en N/mm}^2$
	Arrachement	<p>- vis :</p> $R_{ax,k} = \frac{f_{ax,k} \times d \times l_{ef} \times k_d}{1,2 \times \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \text{ en N}$ $f_{ax,k} = 0,52 \times d^{-0,5} \times l_{ef}^{-0,1} \times \rho_k^{0,8} \text{ en N}$ $k_d = \min(d/8; 1)$ <p>- pointes torsadées, annelées ou cran-tées :</p> $R_{ax,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20 \times 10^{-0,6} \times \rho_k^2 \times d \times t_{pen} \\ 70 \times 10^{-0,6} \times \rho_k^2 \times d^2 \times h \end{array} \right. \text{ en N}$

avec

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

ρ_k : masse volumique caractéristique du KLH en kg/m^3 (350 kg/m^3)

α : 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 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 diminuée 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	<p>$f_{h,k}$ est pris comme pour le bois massif suivant l'Eurocode 5</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 $k_{90} = 1,35 + 0,015d$</p>

	Arrache- ment	Voir EN 1995-1-1
--	------------------	------------------

avec

d : diamètre nominale de la broche ou du boulon

ρ_k : masse volumique caractéristique du KLH kg/m^3 (350 kg/m^3). α : angle entre l'effort et le sens du fil du panneau.

$f_{h,k}$: valeur caractéristique de la portance locale en 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.

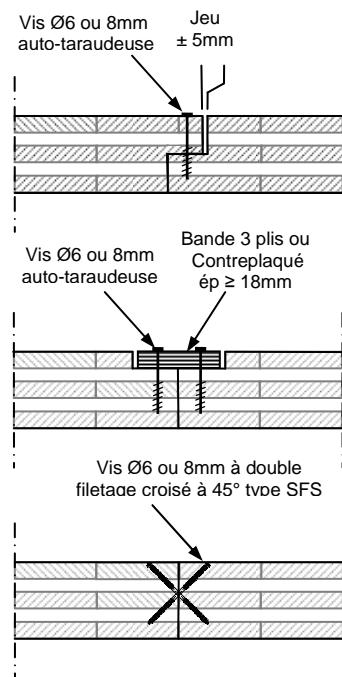


Figure 14 : jonctions courantes entre panneaux de plancher ou de murs

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 équerres en acier galvanisé, fixées à la dalle par des chevilles à expansion ou vis à béton et vissées ou clouées sur le coté des panneaux. Entre la dalle et le panneau est incorporée une bande d'étanchéité anticapillaire ainsi qu'un ou plusieurs joint mousse de type « 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 équerres 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.

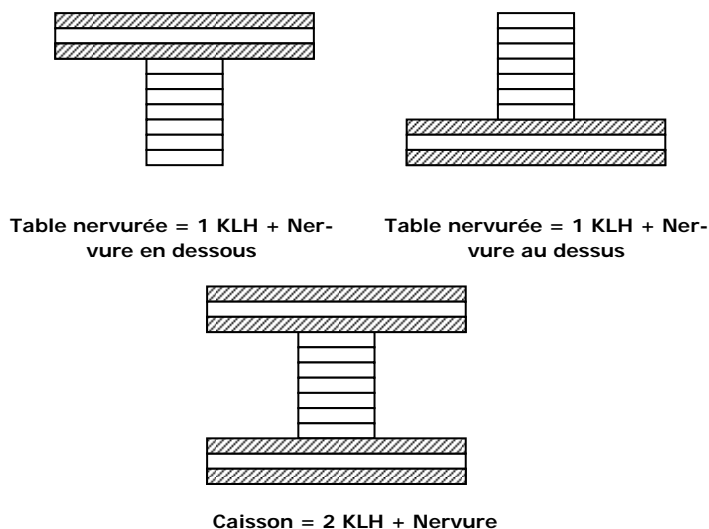


Figure 15 : représentation des panneaux nervurés et des caissons

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.

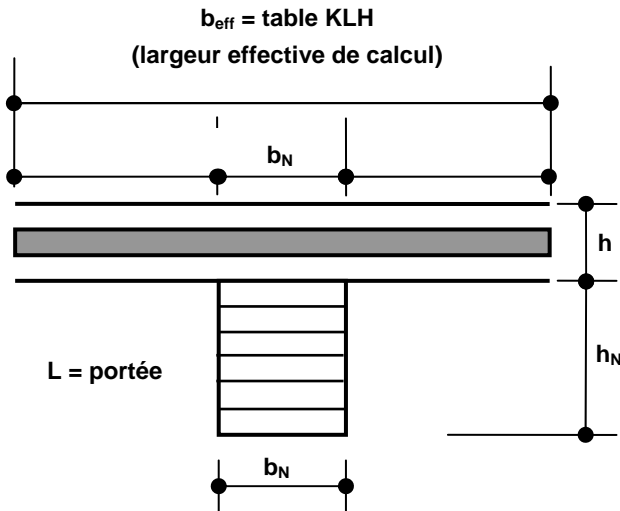


Figure 16 : définition de la section pour la vérification en flexion d'un panneau nervuré

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° au niveau bas la table en KLH comme le montre la figure 17 : ($S = E \times H + e \times h - P1^2$) avec :

$$e = E + (2 \times P1)$$

P1 = épaisseur du 1er pli

H = hauteur de la nervure

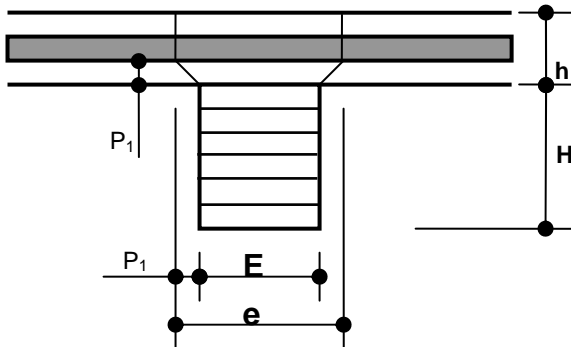


Figure 17 : définition de la surface cisailée d'un panneau nervuré

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° - Humidité $65\% \pm 10$.

Quantité de colle à appliquer 300 à 400 g/m².

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 plinthes 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 vêture 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.

7.8 Dispositions concernant les parements extérieurs

Le panneau est considéré comme un élément de structure qui nécessite la mise en œuvre d'une vêture, 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° 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.

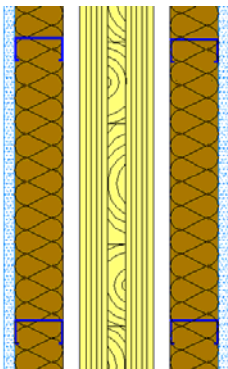
KLH met à disposition des compositions de plancher ou de murs dont les caractéristiques acoustiques ont été testées en laboratoire soit in situ. Les performances obtenues sont fonction du type et épaisseurs des compositions (plaques de plâtre, isolant phonique, chape, vide d'air...). Quelques unes sont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

Mur mitoyen KLH :

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

Coupe verticale

Logement A

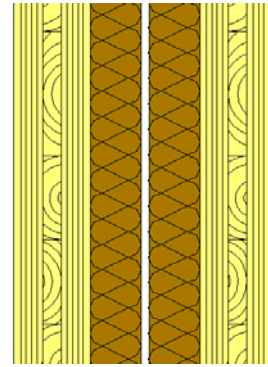


Logement B

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

Coupe verticale

Logement A

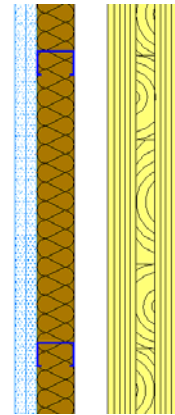


Logement B

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

Coupe verticale

Logement A



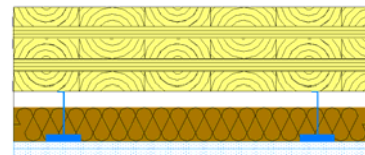
Logement B

Plancher KLH :

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

Coupe verticale

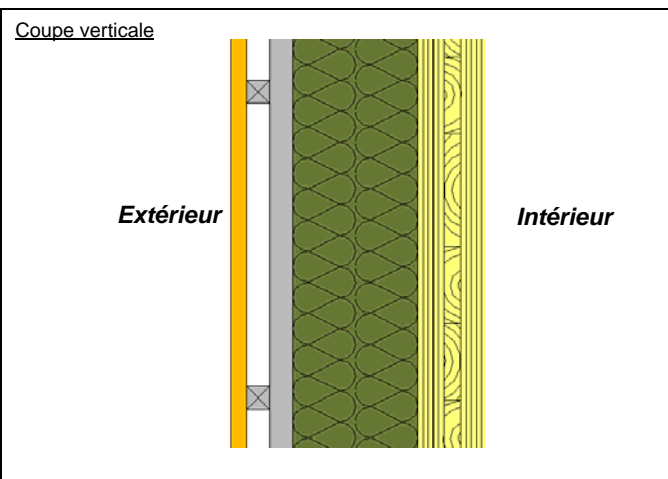
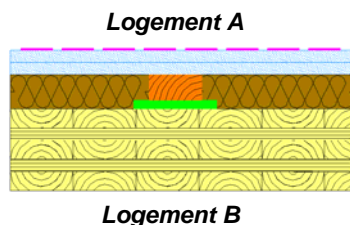
Logement A



Logement B

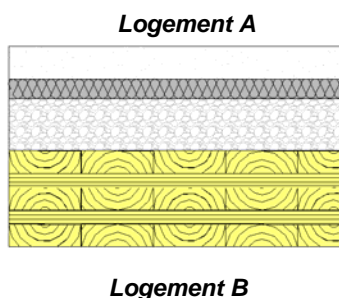
Composition - 2x22mm Plaques de CTBH 60mm laine de verre Isoconfort 38 - 40*95mm lambourdes bois massif avec plots caoutchouc ponctuels - Plancher 145mm 5 plis	Epaisseur totale	249mm
	masse surfacique	117 kg/m ²
	R _w (C : Ctr)	53(-1 ; -6) dB
	L _{n,w} (Ci)	65(0)dB
	L _{n,w} (Ci) avec dalle textile	56(2)dB

Coupe verticale



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

Mur extérieur KLH :

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

C. Références

C1. Données Environnementales et Sanitaires¹

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

¹ Non examiné par le groupe spécialisé dans le cadre de cet avis.

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

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 2300m² dont 255 m² 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 m² - 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 m² 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 4000m² : utilisation du panneau en plancher – Bureaux de contrôle VERITAS. BET entreprise Socopa. (2005)

Gymnase à Nice (06) 2200 m² de panneaux dont 900 m² avec nervures utilisés en murs porteurs – Bureaux de contrôle SOCOTEC. BET Ingénierie Bois (2005)

Bâtiment industriel à Neydens (74) – Bâtiment de 1200m² 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) – 1500m² 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)- 1300m² 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 m² 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 3300m² : utilisation des panneaux en plancher et refends porteurs – Bureaux de contrôle VERITAS. BET ACT BOIS. (2009)

Collège à Burnhaupt le Haut (68) - 5000 m² 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 5900m² : utilisation des panneaux en murs porteurs et support de couverture – Bureaux de contrôle QUALICONSULT. BET CBCO. (2009)

Logements Etudiants Campus de Troyes – 4600m² 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 3000m² : 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 2500m² : utilisation des panneaux en murs porteurs et en plancher – Bureaux de contrôle VERITAS. BET Meistersheim. (2009)

Musée d'Histoire Naturelle à Paris (75) – 220 m² 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) – 1600m² 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 350m² : 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) – 2200m² 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) – 7300m² 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) – 1000m² 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 m² de panneaux KLH - utilisation des panneaux en murs et plancher – BET E TECH BOIS (2010)

Musée d'Orsay à Paris (75) – 370 m² 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) - 1100m² 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 m² 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 000m² : 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) – 2700m² 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 300m² 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 2700m² 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 m² 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 m² 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 m² 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 - 1400m² 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 m² 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 m² 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 m² 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 m² de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de couverture. – Bureaux de contrôle SOCOTEC. BET ERIBOIS (2012)

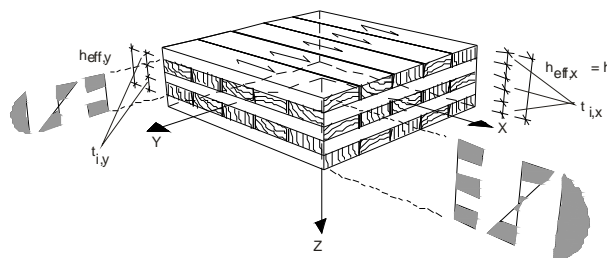
Ecole Maternelle Emile Bocksteal sur R+2 à Bruxelles (Belgique) - 5700 m² de panneaux KLH : utilisation des panneaux en murs porteurs, plancher et support de toiture – bureaux de contrôle SECO. BET Ingénierie Bois (2012)

Groupe scolaire Sainte Louise sur R+4 Paris 20ème - 4 niveaux bois - 6000 m² 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.

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

- (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) Rayon de giration net = Racine carrée de l'inertie nette sur la section nette.
- (6) Section pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis selon la direction principale x.
- (7) Inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis selon la direction principale x.
- (8) Module d'inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large selon la direction principale x.
- (9) Inertie effective tenant compte du glissement lié à la déformation des plis transversaux pour un panneau de 1 mètre selon la direction principale x.

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

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

- (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) Rayon de giration net = Racine carrée de l'inertie nette sur la section nette.
(6) Section pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis selon la direction transversale y.
(7) Inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis selon la direction transversale y.
(8) Module d'inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large selon la direction principale y.
(9) Inertie effective tenant compte du glissement lié à la déformation des plis transversaux pour un panneau de 1 mètre selon la direction transversale y.

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

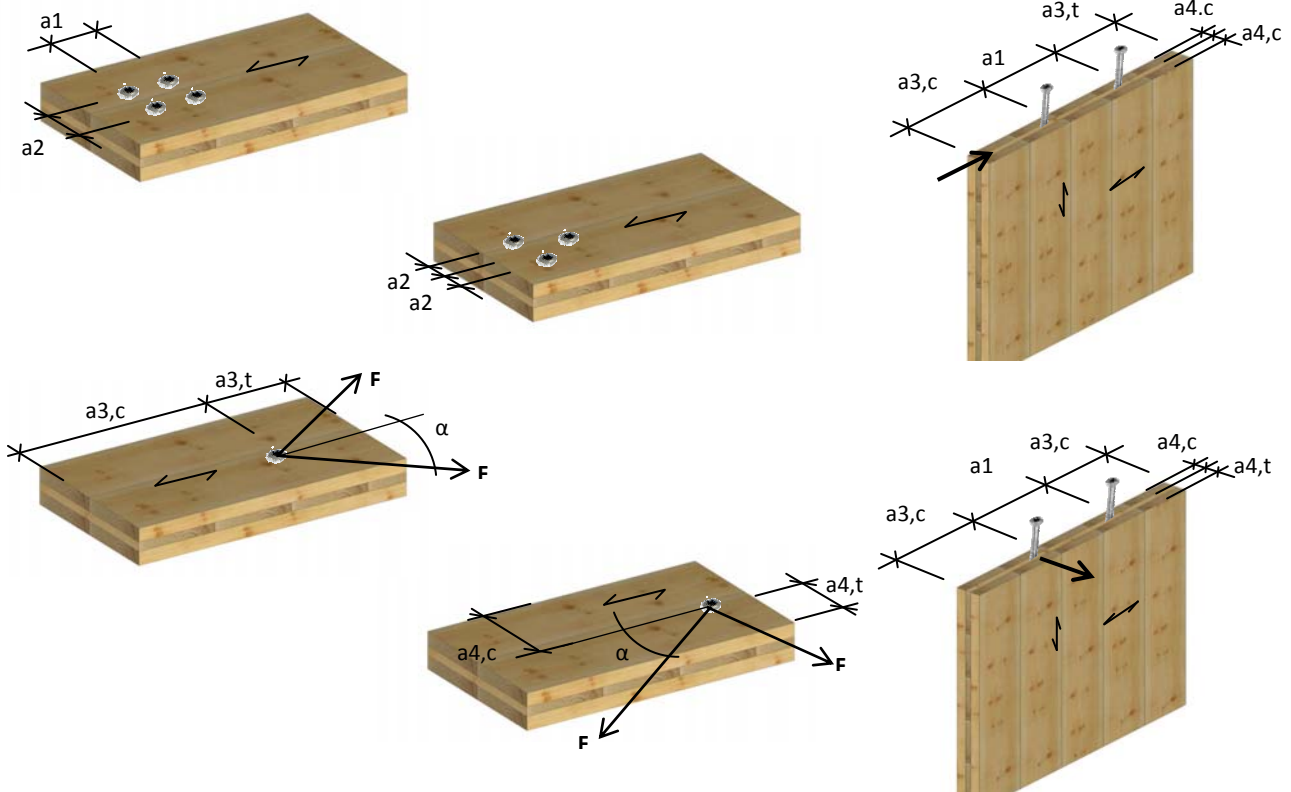
SOLLICITATIONS APPLIQUEES SUR LA FACE DES PANNEAUX	METHODE D'IDENTIFICATION	VALEUR CARACTERISTIQUE
Module d'élasticité - parallèlement au sens des fibres des plis extérieurs $E_{0,mean}$ - perpendiculairement au sens des fibres des plis extérieurs $E_{90,mean}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06 EN 338	12000 N/mm ² 370 N/mm ²
Module de cisaillement - parallèlement au sens des fibres des plis $G_{0,mean}$ - perpendiculairement au des fibres des plis $G_{R,90,mean}$	EN 338 A _{plein} selon annexe 4 CUAP 03.04/06	690 N/mm ² 50 N/mm ²
Résistance à la flexion - parallèlement au sens des fibres des plis $f_{m,k}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06	24 N/mm ²
Résistance à la traction - perpendiculairement au sens des fibres des plis $f_{t,90,k}$	EN 1194 - réduit	0.12 N/mm ²
Résistance à la compression - perpendiculairement au sens des fibres des plis $f_{c,90,k}$	EN 1194	2.7 N/mm ²
Résistance au cisaillement - parallèlement au des fibres des plis $f_{v,k}$ -perpendiculairement au des fibres des plis agissant le plus à l'extérieur dans le sens porteur (résistance au cisaillement roulant $f_{Rv,k}$,	EN 1194 A _{plein} , annexe 4 CUAP 03.04/06	2.7 N/mm ² 1.5 N/mm ²

SOLLICITATIONS APPLIQUEES SUR LE CHANT DES PANNEAUX	METHODE D'IDENTIFICATION	VALEUR CARACTERISTIQUE
Module d'élasticité - parallèlement au sens des fibres des plis $E_{0,mean}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06	12000 N/mm ²
Module de cisaillement - parallèlement au sens des fibres des plis $G_{0,mean}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06	250 N/mm ²
Résistance à la flexion - parallèlement au sens des fibres des plis $f_{m,k}$	Annexe 4, CUAP 03.04/06	24 N/mm ²
Résistance à la traction - parallèlement au sens des fibres des planches $f_{t,0,k}$	EN 1194	16.5 N/mm ²
Résistance à la compression - parallèlement au sens des fibres des plis $f_{c,0,k}$ - concentré, parallèlement au sens des fibres des plis $f_{c,0,k}$	EN 1194 CUAP 03.04/06	24 N/mm ² 30 N/mm ²
Résistance au cisaillement - parallèlement au sens des fibres des planches $f_{v,k}$	A _{net} , Annexe 4 CUAP 03.04/06	5.2 N/mm ²

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 ³]		
		A plat						A chant			Dans le plan du panneau				A plat			A chant			masse volumique caractéristique à considérer pour le calcul des connecteurs en résistance	masse volumique moyenne à considérer pour le calcul des charges permanentes	
		flexion longitudinale	flexion transversale	compression perpendiculaire au panneau	traction perpendiculaire au panneau	cisaillement longitudinal	cisaillement transversal	flexion longitudinale	flexion transversale	cisaillement relatif à la flexion longitudinale	traction longitudinale	traction transversale	compression longitudinale	compression transversale	module d'élasticité longitudinal moyen	module d'élasticité transversal moyen	module de cisaillement moyen	module d'élasticité longitudinal moyen	module d'élasticité transversal moyen	module de cisaillement longitudinal			module de cisaillement transversal
f _{m,0,k}	f _{m,90,k}	f _{c,90,k}	f _{t,90,k}	f _{v,0,k}	f _{v,90,k}	f _{m,0,k}	f _{m,90,k}	f _{v,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	E _{0,mean}	E _{90,mean}	G _{mean}	E _{0,mean}	E _{90,mean}	G _{0,mean}	G _{90,mean}	ρ _k	ρ _{mean}		
3	57 Q	23,1	2,67	2,70	0,12	1,63	0,90	16,0	8,00	1,73	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	1,73	1,28	12,7	11,33	2,46	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	1,28	1,11	14,2	9,83	2,13	9,74	6,76	14,2	9,8	11430	568	60	7080	4910	407	283	350	420
	120 Q	23,1	2,67	2,70	0,12	1,63	0,90	16,0	8,00	1,73	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	1,65	0,99	15,2	8,80	1,91	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	1,76	1,38	11,7	12,31	2,53	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	1,57	0,66	18,1	5,87	1,27	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	1,59	0,77	17,2	6,82	1,48	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	1,65	1,00	15,1	8,89	1,93	10,39	6,11	15,1	8,9	11390	610	60	7550	4440	434	256	350	420
5	120 L	23,1	2,67	2,70	0,12	1,63	0,90	16,0	8,00	1,73	11,00	5,50	16,0	8,0	11550	445	60	8000	4000	460	230	350	420
	95 Q	19,0	8,32	2,70	0,12	1,86	0,98	14,4	9,60	2,08	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	1,80	0,90	16,9	7,13	1,54	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	1,87	1,00	13,7	10,33	2,24	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	1,86	0,98	14,4	9,60	2,08	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	1,92	1,06	11,7	12,31	2,53	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	1,94	1,08	10,9	13,06	2,37	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	1,79	0,89	17,5	6,51	1,41	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	1,80	0,90	16,9	7,12	1,54	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	1,84	0,95	15,1	8,89	1,93	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	1,88	1,00	13,5	10,55	2,29	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	1,86	0,98	14,4	9,60	2,08	9,90	6,60	14,4	9,6	9500	2496	60	7200	4800	414	276	350	420
	208 LL	23,1	2,57	2,70	0,12	1,64	0,60	19,6	4,38	0,95	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	1,68	0,67	17,7	6,26	1,36	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	1,68	0,67	18,2	5,81	1,26	12,51	3,99	18,2	5,8	11260	736	60	9090	2900	523	167	350	420
	247 LL	22,3	3,73	2,70	0,12	1,75	0,83	19,8	4,18	0,91	13,63	2,87	19,8	4,2	11160	839	60	9910	2080	570	120	350	420
7	201 L	19,2	7,43	2,70	0,12	1,60	1,29	16,2	7,76	1,68	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	1,62	1,31	14,4	9,56	2,07	9,93	6,57	14,4	9,6	8840	3163	60	7220	4770	415	275	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 $d > 6\text{mm}$	$(4 + \cos \alpha) d$	$4 d$	$\max. \begin{cases} 7d \\ 80\text{mm} \end{cases}$	$\max. \begin{cases} (2 + 2 \sin \alpha) d \\ 3d \end{cases}$	$\max. \begin{cases} (1 + 6 \sin \alpha) d \\ 4d \end{cases}$ si $90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ ou si $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$ $4 d$ si $150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$3 d$

Exemples de détails de mise œuvre – non limitatif

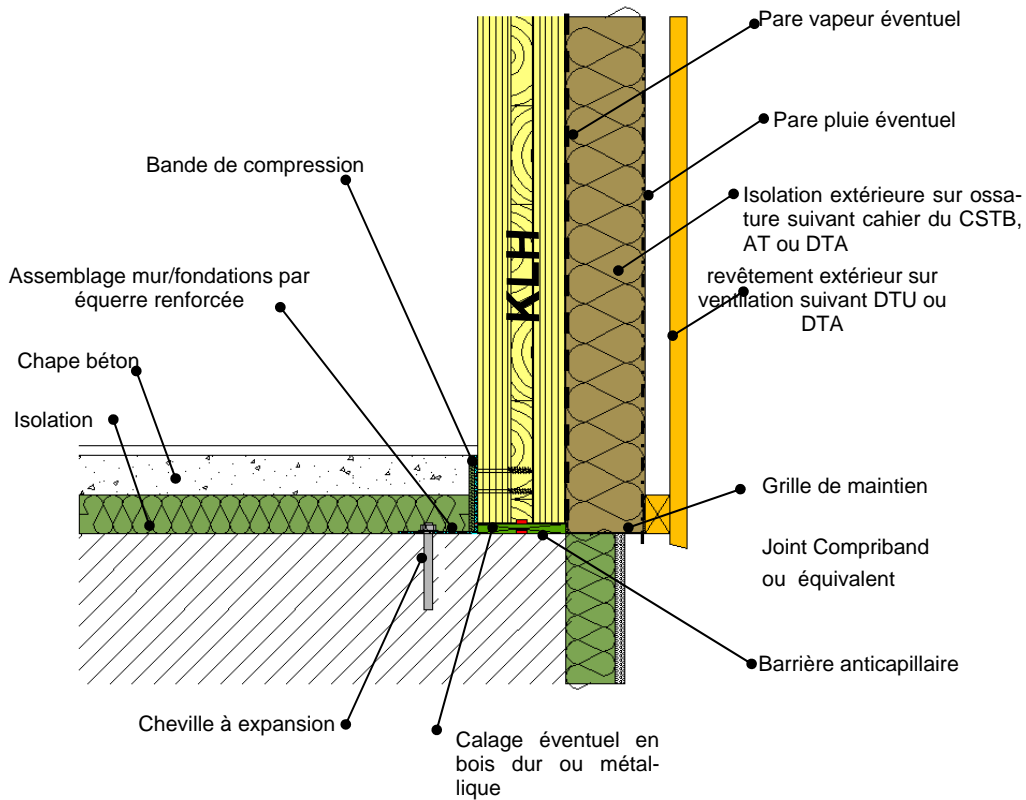


Figure 18 : Coupe verticale mur extérieur/dalle béton avec vêtture extérieure

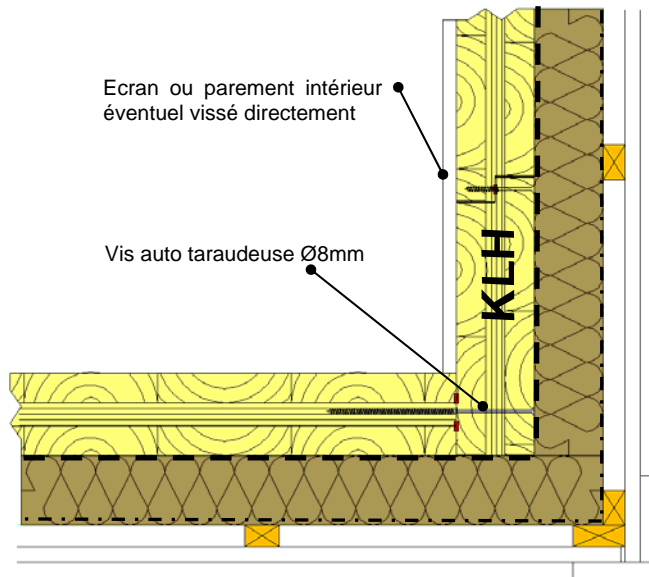


Figure 19 : Coupe horizontale sur angle de murs extérieurs

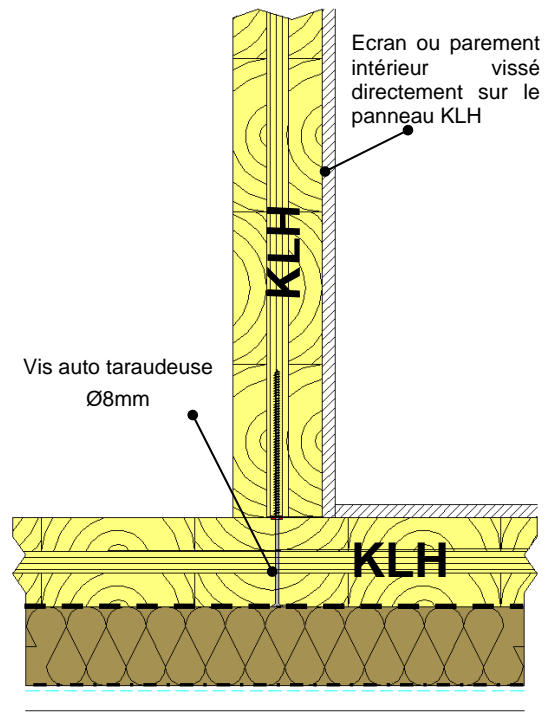


Figure 20 : Jonction refend contre mur extérieur

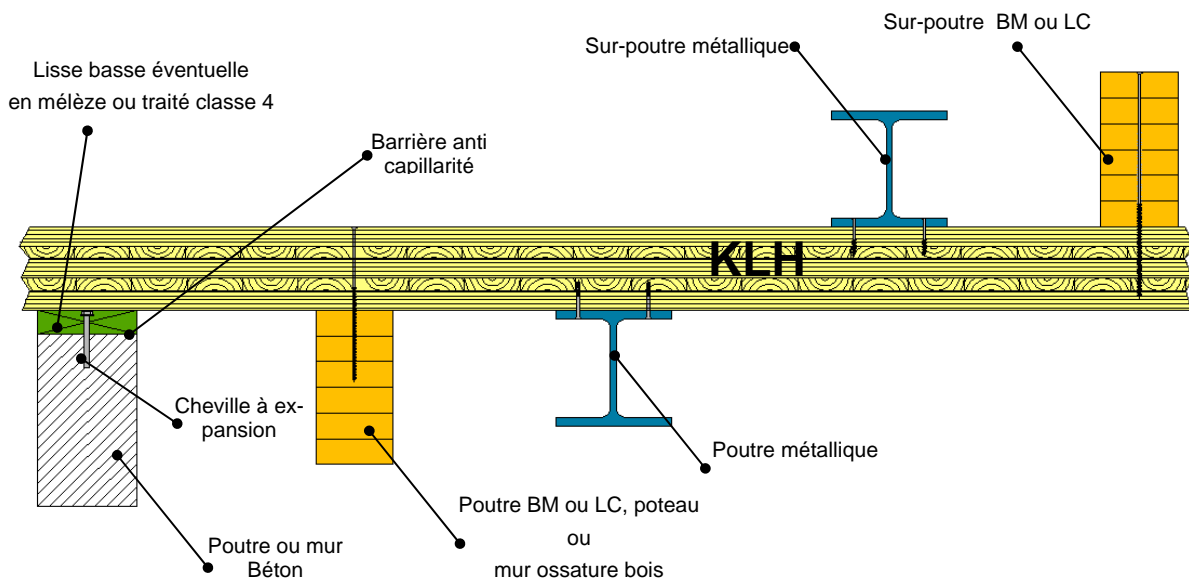


Figure 21 : Autre Type d'appui usuels sur plancher KLH

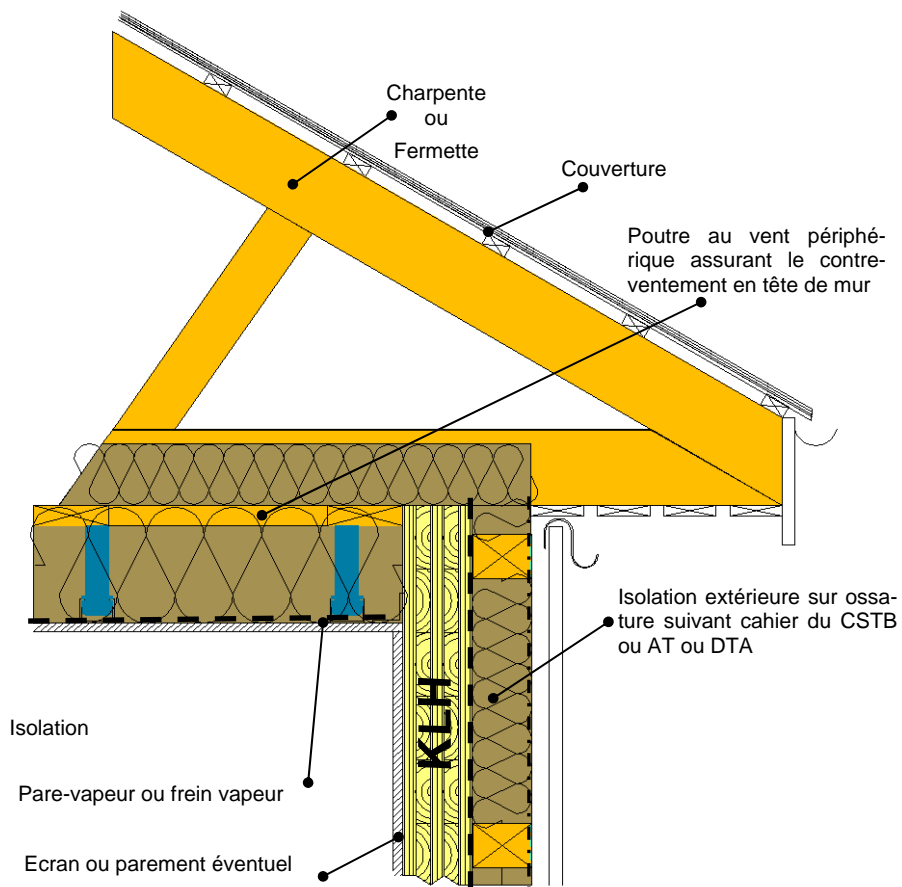


Figure 22 : Coupe verticale charpente/ mur extérieur

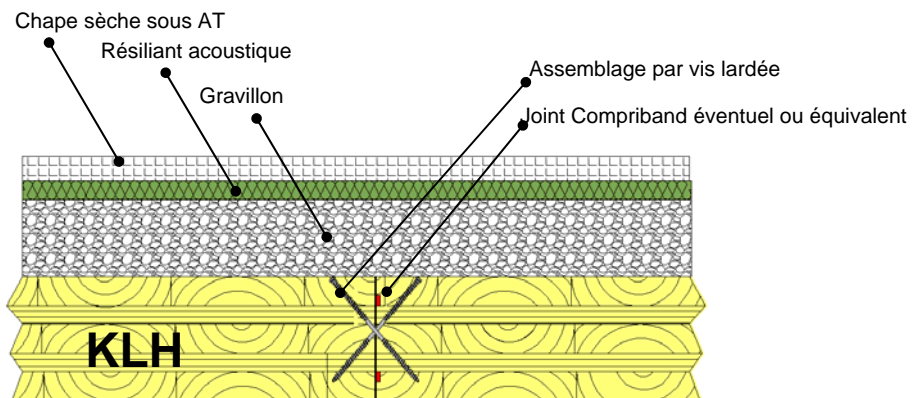
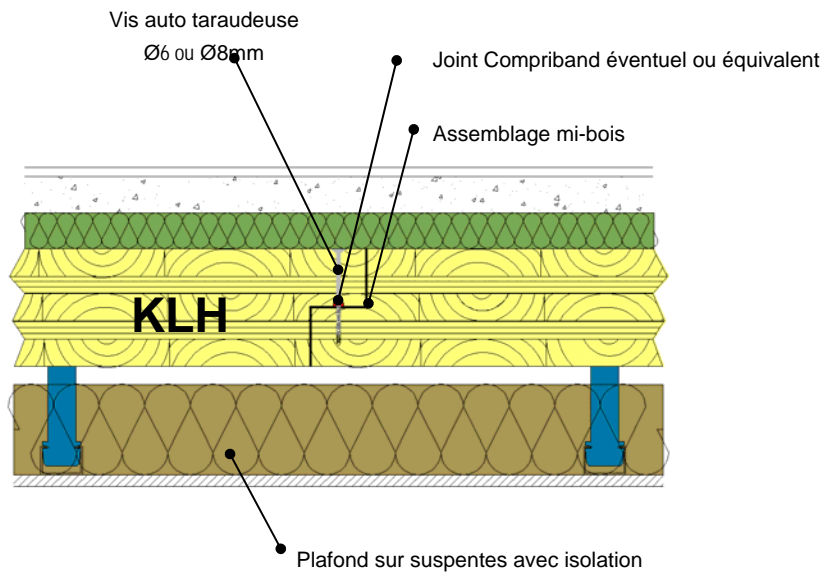
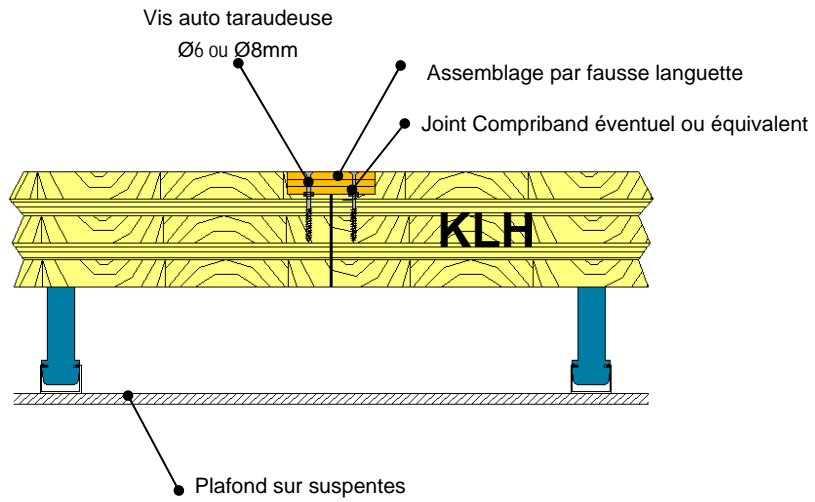


Figure 23 : Coupe verticale jonction usuelles de planchers ou de murs

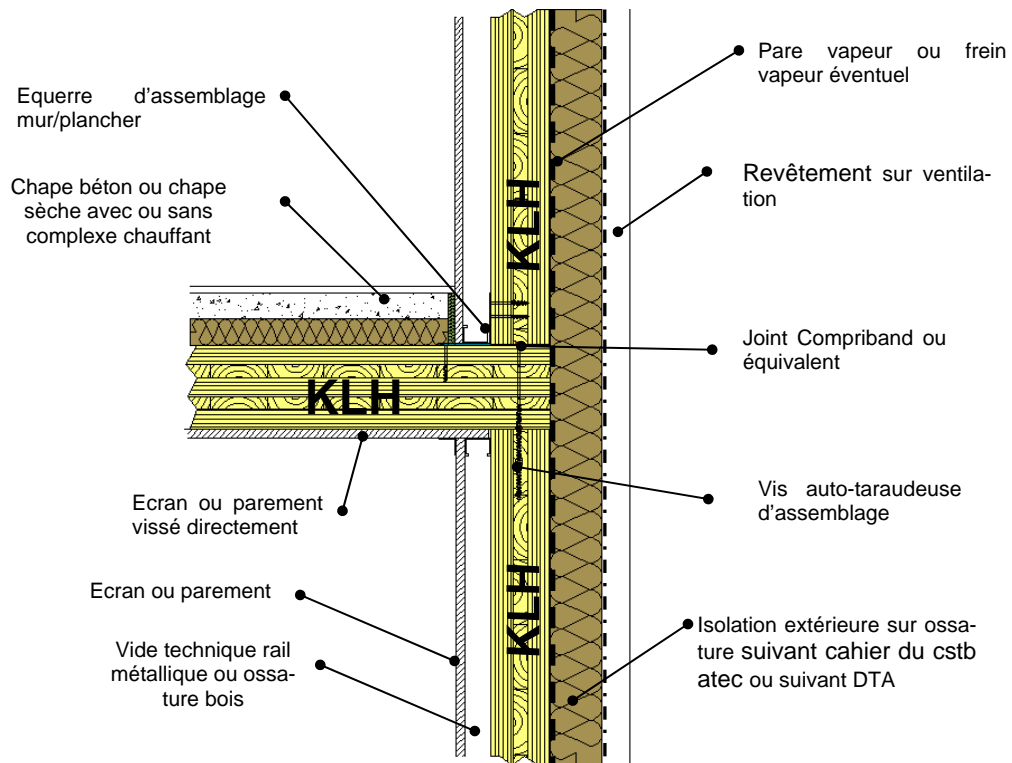


Figure 24 : Assemblage mur/plancher locaux superposés dans un même logement

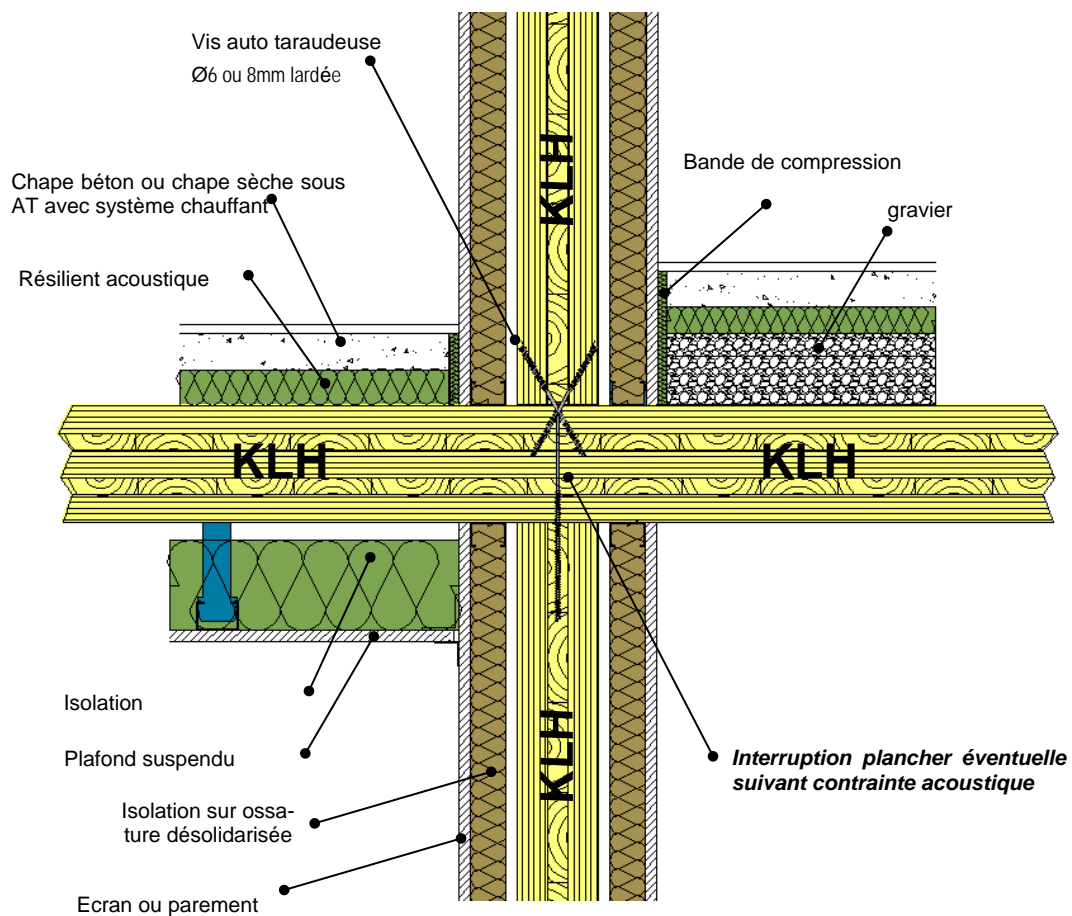


Figure 25 : Coupe verticale sur locaux mitoyens et superposés avec plancher filant

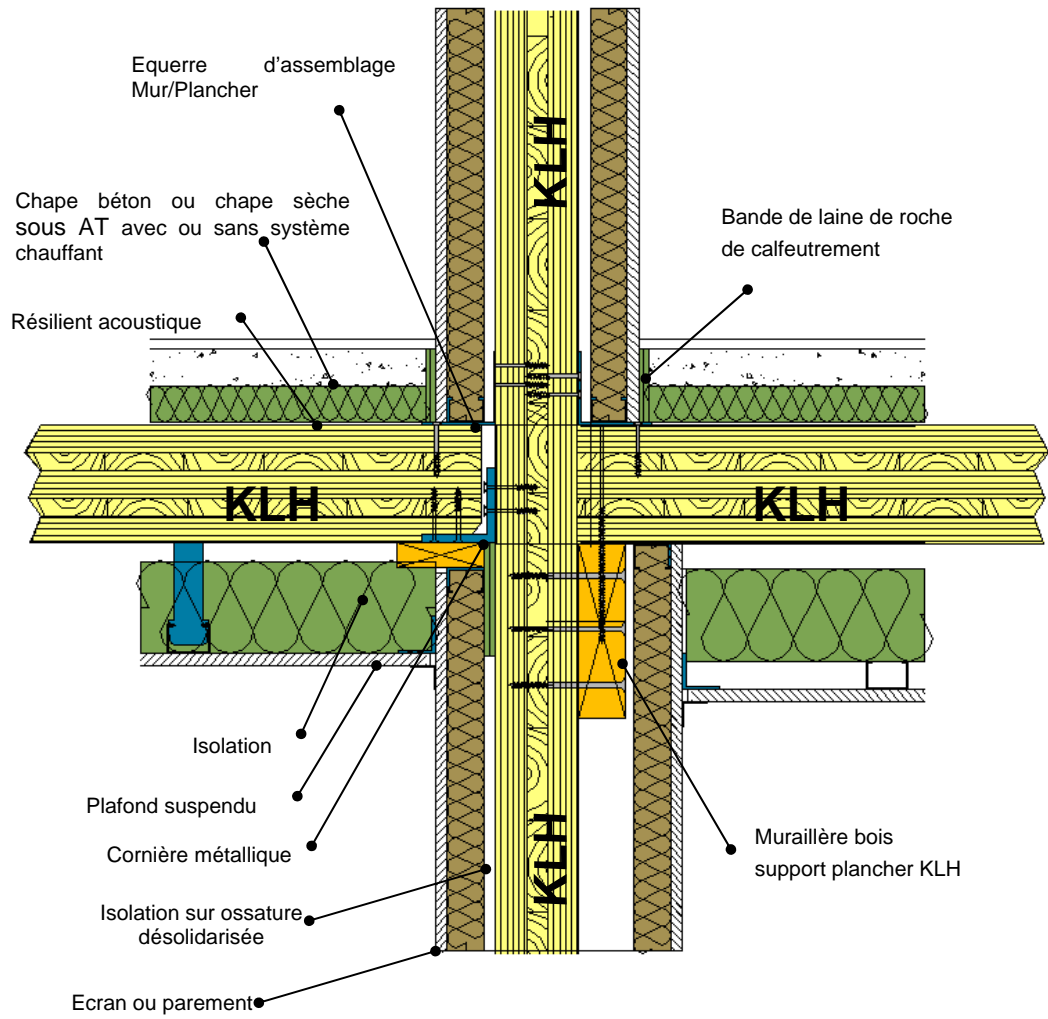


Figure 26 : Coupe verticale sur locaux mitoyens et superposés avec plancher interrompu
 (Présentation de 2 types d'appuis à titre d'exemple : appui sur muraille à droite et sur cornière métallique à gauche)

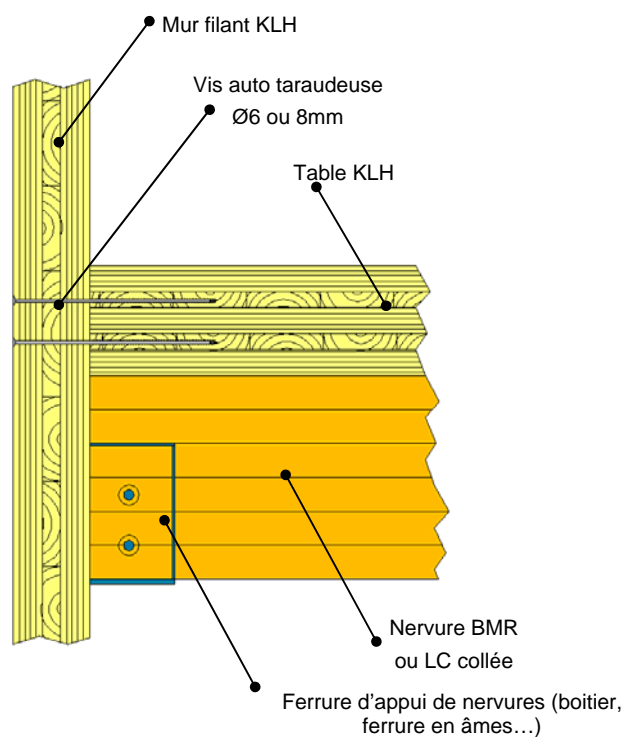
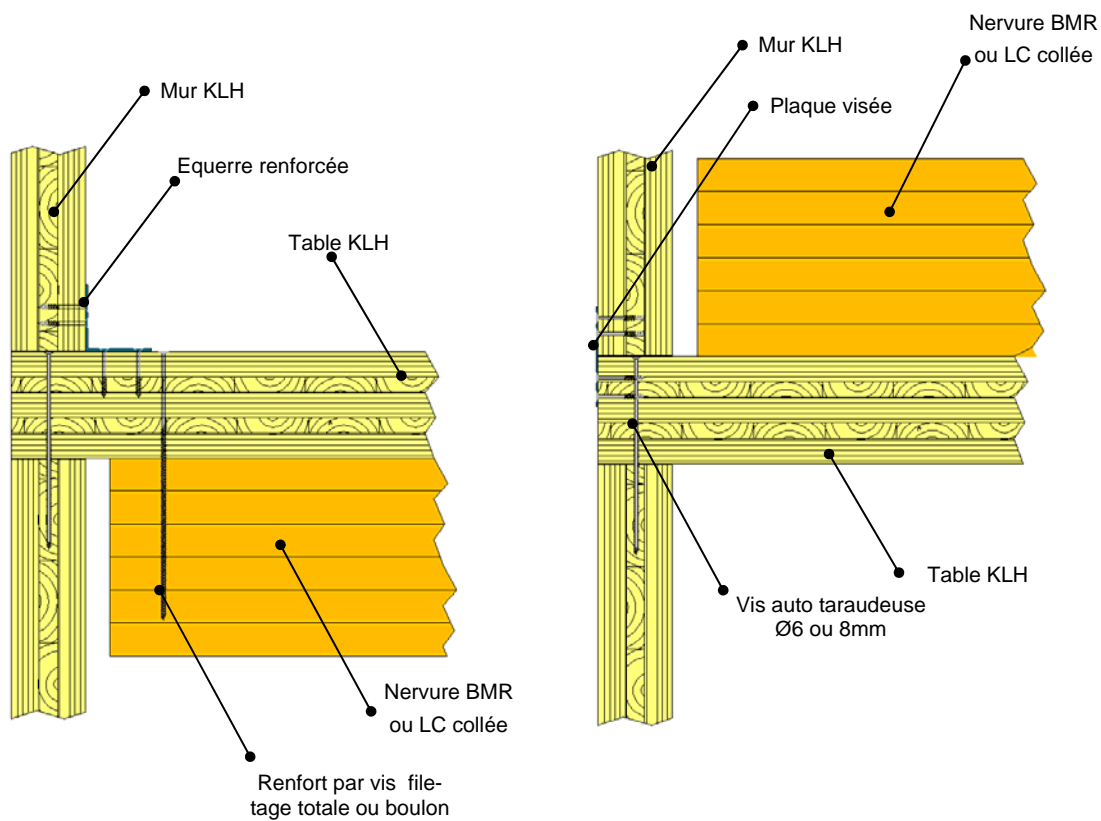


Figure 27 : Détail d'appui de plancher nervurés