Avis Technique 3/06-477

Cet Avis Technique annule et remplace l'Avis Technique 3/02-379

Panneaux Bois à usage Structural

Wood Structural panels

Panneaux KLH

Titulaire : KLH – MASSIVHOLZ GmbH
A – 8842 KATSCH a.d. MUR
Autriche

Tél. : 43 (0) 35 88/88 35 00
Fax : 43 (0) 35 88/88 35 20
Internet : www.kl.at
E-mail : office@klh.at

Commercialisation : LIGNATEC
18 La Planchette
F-88650 ENTRE DEUX EAUX
France

Tél. : 03 29 56 27 27
Fax : 03 29 56 27 28
Internet : www.klh.at
E-mail lignatec@wanadoo.fr

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

Groupe Spécialisé n°3
Structures, planchers et autres composants structuraux

Vu pour enregistrement le 10 janvier 2007

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, F-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)
© CSTB 2007

Le Groupe Spécialisé n° 3 « Structures, planchers et autres composants structuraux » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné le 25 juillet 2006 la demande de révision d'Avis Technique 3/02-379 relatif au procédé de panneaux bois à usage structural KLH présenté par la société KLH – MASSIVHOLZ . Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après.

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 couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface.

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

Les panneaux structuraux KLH sont destinés à la réalisation des ouvrages de structure cités ci-dessus dans les bâtiments à usage d'habitation, Etablissements Recevant du Public, Bâtiments de bureaux ou industriels, et ce en classes de service 1 et 2 au sens de l'EUROCODE 5 et en classes de risque biologique 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

1.2 Identification

Les panneaux font l'objet d'un marquage à l'encre, indiquant :

- le logo KLH.
- Le numéro de l'usine.
- La référence du panneau.

Un numéro à 5 chiffres est martelé, désignant le lot de fabrication.

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

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne, en incluant l'utilisation en zone sismique.

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 :

Pour la réalisation des planchers, le procédé est limité à la reprise de charges à caractère statique ou quasi-statique et modérée au sens de l'article B.2.1 des Règles BAEL 91 et exclut la reprise de cloisons maçonnées et la réalisation de trémies ou d'ouvertures autres que celles destinées au passage de canalisations (diamètre inférieur à 20 cm). Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

Pour la réalisation des murs porteurs et/ou à fonction de contreventement, le domaine d'emploi proposé est accepté sans restriction.

Pour l'utilisation en tant que panneau support de couverture, le domaine d'emploi proposé est limité aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie, à l'exclusion des locaux à forte et très forte hygrométrie, c'est à dire ceux pour lesquels W/n > 5 g / m3,

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

2.21 Aptitude à l'emploi

2.211 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).

2.212 Sécurité au feu

Résistance au feu :

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 allant jusqu'à une heure, avec ou sans protection rapportée, dans les conditions précisées au §2.315 du Cahier des Prescriptions Techniques ci-après et au §7.2 du Dossier Technique, qui se réfèrent à l'Avis de Résistance au feu N°CO 02.1046 du CSTB.

Réaction au feu :

Les panneaux KLH bruts peuvent bénéficier d'un classement conventionnel en réaction au feu M3. 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.

Protection vis-à-vis d'un feu provenant de l'extérieur :

Dans le cas d'utilisation du panneau KLH en tant que support de couverture, la satisfaction des exigences réglementaires vis-à-vis des risques liés à un feu extérieur dépend du type de couverture mis en œuvre. On se réfèrera soit aux classements génériques conventionnels dans le cas de couvertures traditionnelles, soit au classement propre du produit utilisé lorsqu'il ne relève pas d'une technique traditionnelle.

2.213 Sécurité du travail sur chantier

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. La phase de manutention pouvant générer 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 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 étaiement 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.

2.214 Isolation thermique

Les panneaux KLH, qu'ils soient utilisés en tant que murs ou planchers, peuvent nécessiter, selon leur emplacement dans l'ouvrage, la mise en œuvre d'une isolation thermique complémentaire, au même titre que les parois réalisées dans le cadre des prescriptions du DTU 31.2.

2.215 Isolation acoustique

Les panneaux KLH, qu'ils soient utilisés en tant que murs ou planchers, ne permettent pas 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 donc la mise en œuvre d'ouvrages complémentaires, par exemple, pour les planchers, un plafond suspendu. L'efficacité du complexe ainsi constitué vis-à-vis de l'isolation acoustique dépend de la conception particulière du plafond et de sa suspension. Cette efficacité peut être jugée soit à partir d'essais, soit en se référant aux « Exemples de solutions » après s'être assuré que la fréquence de résonance de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté est inférieure à 60 Hz.

Cette fréquence peut être calculée par la formule :

$f_0 = 1 / 2 \pi [K (1/m1 + 1/m2)] 0,5$

f_0 étant la fréquence de résonance en Hz

m1 étant la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plancher brut

m2 étant la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plafond rapporté

K étant 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 m.

Ce coefficient K doit être rapporté à 1 m² 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.

2.216 Etanchéité

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

Par ailleurs, l'étanchéité à l'air et à l'eau du plancher KLH ne présente pas de particularité par rapport à ceux visés dans le cadre du DTU 51.3.

2.22 Durabilité - Entretien

Compte tenu de la limitation à des usages exposant les panneaux KLH aux classes de risques biologiques 1 et 2, leur durabilité 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 § 2.317 Du Cahier des prescriptions techniques particulières.

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 moyennant le recours à une certification par deux organismes tiers.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

2.31 Conditions de conception et de calcul

2.311 Vérifications en phase définitive des éléments porteurs horizontaux.

- Les vérifications sont menées comme dit au § 6.1 du Dossier Technique, en considérant les combinaisons d'action des règles CB 71.
- Les contraintes admissibles figurant dans le tableau 2 du Dossier Technique sont applicables pour une humidité du bois de 15 % en œuvre. Lorsque l'humidité prévisible est supérieure à 15 %, les contraintes admissibles doivent être minorées en appliquant le coefficient figurant dans les tableaux du § 3,13 des règles CB 71.
- L'inertie effective des panneaux, utilisée pour le calcul des contraintes de cisaillement, est donnée en fonction de l'inertie pleine, pour les portées de 1 m à 8 m dans le tableau 1 du dossier technique. Elle peut se calculer, au cas par cas, pour des portées intermédiaires ou supérieures, en appliquant les formules suivantes :

$$I_{eff} = \sum i_{yi} + 2 \times \gamma_i \times A_i \times e_i^{\,2}$$

$$\gamma i = \left[1 + (E_1 \times A_1 \times d_i \times \pi^2)/(L^2 \times G \times b)\right]^{-1}$$

avec :

iyi : inertie individuelle du pli constitutif d'indice i

Ai : section individuelle du pli d'indice i

e_i : distance de l'axe du pli d'indice i à l'axe neutre du panneau

E_1 : module d'élasticité à la flexion des panneaux

A_1 : section totale du panneau

d_i : épaisseur du pli d'indice i

L : portée du panneau

G : module de cisaillement

b : largeur du panneau

- Pour les planchers, le fléchissement « actif », c'est à dire pouvant nuire aux revêtements de sols rigides, ne doit pas dépasser :
  - 1/500 de la portée si celle-ci est $\leq$ 5,0 m
  - 0,5 cm + 1/1000 de la portée si celle-ci est supérieure à 5,0m
- Pour les planchers n'ayant pas à supporter des revêtements de sols rigides, le fléchissement « actif » est limité conventionnellement aux valeurs suivantes :
  - 1/350 de la portée si celle-ci est $\leq$ 3,50 m
  - 0,5 cm + 1/700 de la portée si celle-ci est supérieure à 3,50 m
- Pour les supports de couverture, la flèche totale limite dépend du type de couverture mis en œuvre. Les valeurs à prendre en compte découlent de l'application des DTU propres à chaque type de couverture. On se réfèrera aux limites fixées dans les DTU de la série 40 pour les différents types de couverture et au DTU 43.4 pour ce qui concerne le cas des panneaux supports d'étanchéité.
- Les flèches sont calculées comme dit au § 6.13 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 : $\theta \cdot q_p / q_t$, avec :
  - Θ : coefficient de fluage pris égal à 1,6 en classe de service 1 et à 1,8 en classe de service 2.
  - q_p : charges permanentes.
  - q_t : charges totales.

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

- Les surfaces d'appui des panneaux KLH utilisés comme planchers rendent le plus souvent inutile la vérification de la compression transversale sur appui, le cisaillement étant plus préjudiciable. Cette vérification devra cependant être menée lorsque la profondeur d'appui du plancher a est telle que :

  $a < h / 6$ avec h : épaisseur du panneau de plancher

2.313 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 doivent être justifiés vis-à-vis du risque de flambement hors plan. Le calcul de l'élancement du panneau KLH est effectué en considérant d'une part la longueur de flambement calculée de manière usuelle en fonction des conditions d'appuis, d'autre part le rayon de giration inet donné dans le tableau 1 du Dossier Technique. Le calcul de la contrainte majorée de compression est effectué comme indiqué aux § 4,932 et suivants des règles CB 71.
- 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.
- Lorsque les panneaux KLH utilisés comme murs porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique en les considérant comme des poutres sur deux appuis et en ne tenant compte que des plis sollicités longitudinalement. En outre, lorsque la hauteur du linteau est supérieure ou égale à la largeur des poteaux sur lesquels ils s'appuient, il doit être justifié en le considérant comme une poutre sur deux appuis simples.

2.314 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.

2.315 Utilisation en zone sismique

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

- comparant directement l'effort horizontal agissant sur les panneaux à la capacité résistante des panneaux montrée par les essais cycliques (voir tableau 4 du dossier technique).
- utilisant les cornières de fixation BMF utilisées lors des essais avec les mêmes entr'axes.
- 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.
- réalisant la fixation des panneaux des étages supérieurs avec des équerres dont l'entr'axe est au maximum celui du RDC et une capacité résistante des fixations utilisées au moins égale à celles utilisées pour le RDC.

La justification des panneaux KLH utilisés en plancher en zone sismique doit être effectué en :

- considérant que la fonction tirant-buton est assurée uniquement par les plis orientés dans le sens de l'effort à reprendre.
- justifiant la jonction entre panneaux adjacents, réalisée selon l'une des trois techniques proposées au § 7.1 du dossier technique, pour les efforts de cisaillement induits par le fonctionnement en diaphragme du plancher.
- justifiiant les vis de liaison panneaux-murs sous les efforts de cisaillement engendrés par les efforts horizontaux dus à l'action sismique.

2.316 Résistance au feu.

La résistance au feu requise en fonction de l'emplacement et du rôle à jouer par les panneaux KLH dans la construction (et du type de construction), peut être assuré soit par le panneau seul, soit par le panneau complété par un écran de protection, soit par un écran de protection assurant à lui seul la totalité de la résistance au feu requise.

Les dispositions constructives relatives aux cas de la protection partielles et de la protection totale sont précisées au §7.2 du Dossier Technique (Solutions V2, V3, V4, H2, H3 et H4).

En fonction de la présence ou non d'un écran, et dans le cas de sa présence de son rôle partiel ou total, les justifications à mener vis-à-vis du panneau KLH lui-même sont les suivantes :

Panneau KLH exposé directement au feu.

Le degré de résistance au feu requis est obtenu par la résistance du panneau seul.

Lorsque le panneau est directement exposé au feu, sa résistance sera calculée en appliquant les prescriptions des règles bois–feu 88 (Règle de calcul DTU P 92-703) en utilisant une vitesse de carbonisation β0 égale à 0,76 mm / minute, quelle que soit l'orientation du panneau et sans application du coefficient d'influence k1.

On tient compte des plis perpendiculaires aux sollicitations vis-à-vis de leur rôle de protection. En revanche, de même que pour le calcul à froid, on ne tient pas compte de ces plis pour la justification de la résistance à chaud.

En outre, si à l'issue du temps de résistance au feu, l'épaisseur résiduelle du pli travaillant a une épaisseur calculée inférieure à 7 mm, ce pli ne doit pas être pris en considération pour la justification de la résistances à chaud.

Les sollicitations considérées pour la justification de la résistance à chaud découlent de l'application des combinaisons d'action précisées par les règles bois-feu 88.

Panneau KLH protégé partiellement par un écran.

Le degré de résistance au feu requis est obtenu conjointement par la résistance du panneau et par l'écran de protection.

Les dispositions constructives relatives à la mise en œuvre de ces écrans sont précisées au § 7.2 du Dossier Technique. La participation du panneau KLH au degré de résistance au feu est calculée comme dit pour le panneau KLH seul mais en considérant un coefficient d'influence k2 = 1,3, c'est à dire une vitesse de carbonisation β0 égale à 1 mm / minute.

L'épaisseur carbonisée ec est alors calculée par les formules figurant dans le tableau suivant, en fonction de la durée de protection tp (en minutes) établie pour le matériau de protection et de la durée de résistance au feu recherchée tc (en minutes) :

$0 < t_p \leq 15$	$e_c = 0{,}76\ (t_c - t_p)$
$t_p > 15$ et $15 < t_c \leq (t_p - 11{,}5) / 0{,}24$	$e_c = 1\ (t_c - t_p)$
$t_p > 15$ et $t_c > (t_p - 11{,}5) / 0{,}24$	$e_c = 0{,}76\ t_c - 11{,}5$

Panneau KLH protégé totalement par un écran.

Le degré de résistance au feu requis est obtenu uniquement par l'écran de protection.

Aucune vérification n'est à effectuer, le panneau KLH n'intervenant pas dans l'obtention du degré de résistance au feu.

2.317 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 doivent être choisis selon les prescriptions du chapitre 2.5 Matériaux de fixation ou d'assemblage du DTU 31.2 (Norme NF P 21-204-1 : Construction des maisons et bâtiments à ossature en bois – Cahier des clauses techniques).
- Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiées en regard des prescriptions du chapitre 4,6 des règles CB 71.

2.318 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'élancement 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.

2.319 Traitements de préservation.

En fonction de la classe de risque biologique 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 EN 335 et EN 350.

2.320 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 règles CB 71 pour le calcul.
- Lorsque les panneaux KLH sont utilisés pour l'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, DTU 20.1,etc).

2.321 Dispositions spécifiques à l'usage du panneau en tant que support de couverture ou d'étanchéité.

Une attention particulière doit être porté à la ventilation de la sous-face de couverture pour garantir un pourcentage d'humidité des panneaux en œuvre dans les limites fixées pour les classes de risque et de service visées par le domaine d'emploi. La conception doit respecter d'une part – comme dit de manière générale au deuxième alinéa du § 2.318 – les prescriptions du chapitre 5 du DTU 31.2, d'autre part les prescriptions respectives des DTU concernés par le type de couverture mis en œuvre.

2.33 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 basé sur les exigences de la norme NF EN 386 visant la fabrication du Bois lamellé-collé, et d'un contrôle externe assuré par l'organisme autrichien Holzforchung Austria et par l'organisme allemand Otto-Graff-Institut de Stuttgart.

La synthèse de ce contrôle externe doit être transmise une fois par an au CSTB.

2.34 Conditions de mise en œuvre

2.341 Sollicitations perpendiculaires au fil.

- Il doit être vérifié lors de la mise en œuvre des planchers que le sens du fil des plis extérieurs est toujours orienté dans le sens porteur des planchers.
- En outre, la mise en œuvre des panneaux KLH de planchers doit garantir un appui de ces derniers sur deux côtés, excluant tout fonctionnement en plaque sur 4 côtés pour lequel les panneaux ne seraient ni conçus ni dimensionnés.

2.342 Manutention.

La définition des modes de manutention et des points de levage doit être précisée au cas par cas pour chaque panneau par le fabricant et clairement identifiés sur les panneaux livrés sur chantier.

2.343 Contrôle sur chantier.

Les contrôles sur chantier doivent notamment porter sur le respect des orientations prévues pour les panneaux dans les documents d'exécution.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

5 ans, jusqu'au 31 juillet 2011.

Pour le Président du Groupe Spécialisé n°3 et par délégation
Le Président de séance

Sébastien BERNARDI

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.

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.

A l'occasion de cette révision, l'Avis a été étendu à l'utilisation en zone sismique et à la possibilité de réaliser des panneaux nervurés moyennant un collage des nervures à la presse, en usine.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3

Ménad CHENAF

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 couches croisées 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 ou à fonction de contreventement, et de supports de couverture. Ils peuvent indifféremment être associés entre eux au sein d'un même bâtiment où utilisés pour une ou deux des fonctions visés, en association avec des éléments de structure autres.

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

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.

Les panneaux structuraux KLH peuvent être utilisés en classes de service 1 et 2 au sens de l'EUROCODE 5 et en classes de risque biologique 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 font l'objet d'un marquage à l'encre, indiquant :

- le logo KLH.
- Le numéro de l'usine.
- La référence du panneau.

Un numéro à 5 chiffres est martelé, désignant le lot de fabrication.

3. Définition des matériaux

3.1 Planches en bois

3.11 Types d'essences utilisées

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

3.12 Caractéristiques géométriques des planches

Les planches utilisées se déclinent en 6 épaisseurs : 13 mm, 19 mm, 22 mm, 26 mm, 30 mm, 34 mm et 40 mm. Seules les planches de 19 mm, 34 mm et 40 mm d'épaisseur sont aboutées pour être disposées longitudinalement. La largeur des planches est comprise entre trois et quatre fois leur épaisseur, avec un minimum de 80 mm et un maximum de 240 mm.

La tolérance sur l'épaisseur des planches après rabotage est de ±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 C18 ou C22.

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 polyuréthanne monocomposant, **Purbond HB 110**, fabriquée par la société **COLLANO**.

La colle **Purbond HB 110** est une colle liquide monocomposant qui durcit au contact de l'humidité de l'air et des matériaux pour former un

film élastique à haut module. La colle **Purbond HB 110** est un produite sans addition de solvants ou de formaldéhyde.

La colle **Purbond HB 110** est conditionnée en fûts de 200 kg ou en containers de 1000 kg. Elle peut être stockée 3 mois à 20°C.

3.22 Colle pour la réalisation des aboutages.

La colle utilisée pour l'aboutage des planches longitudinales est une colle urée formol du type **Dynomel L 435** de **DYNO** avec durcisseur H 469.

4 Description des panneaux

4.1 Géométrie des panneaux

Les panneaux KLH sont fabriqués en quatre largeurs standards : 240 cm, 250 cm, 272 cm et 295 cm. Ils sont usuellement fabriqués en longueur de 10 m, 12 m, 14 m et 16 m, constituant ainsi des panneaux qui peuvent ensuite être découpées à façon en fonction des besoins du chantier.

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 1 mm par rapport aux épaisseurs réelles.

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

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

Les plis extérieurs des panneaux de type L sont constitués de planches aboutées, orientées longitudinalement.

Composition usuelle des panneaux de Type Q :

Epaisseur totale	Nombre de plis	Epaisseur et disposition des plis*				
		Pli 1	Pli 2	Pli 3	Pli 4	Pli 5
mm	-	mm	mm	mm	mm	mm
63 Q	3	22	19	22	-	-
72 Q	3	19	34	19	-	-
78 Q	3	22	34	22	-	-
94 Q	3	30	34	30	-	-
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 1, 3 et 5 sont des plis constitués de planches orientées dans la direction transversale.

Composition usuelle des panneaux de type L :

Epaisseur totale	Nombre de plis	Epaisseur et disposition des plis*						
		Pli 1	Pli 2	Pli 3	Pli 4	Pli 5	Pli 6	Pli 7
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	-	-	-	-
98 L	3	34	30	34	-	-	-	-
102 L	3	34	34	34	-	-	-	
108 L	3	34	40	34	-	-	-	-
125 L	5	19	34	19	34	19	-	-
128 L	5	34	13	34	13	34	-	-
146 L	5	34	22	34	22	34	-	-
162 L	5	34	30	34	30	34	-	-
170 L	5	34	34	34	34	34	-	-
182 L	5	34	40	34	40	34	-	-
202 L	7	34	22	34	22	34	22	34
208 L**	7	34	34	19	34	19	34	34
226 L	7	34	30	34	30	34	30	34
230 L**	7	34	34	30	34	30	34	34
256 L	7	34	40	34	40	34	40	34

5 * Les plis 1, 3, 5 et 7 sont des plis constitués de planches orientées dans la direction longitudinale.

** Pour leS panneaux 208 L et 230 L , les plis 1,2,4,6 et 7 sont constitués de planches orientées dans la direction longitudinale.

4.2 Caractéristiques physiques des panneaux

Les panneaux KLH ont une densité voisine de 0,5.

La rétractabilité du panneau dans son plan est très faible du fait de la présence de planches disposées longitudinalement : 0,01 mm / m / % de variation d'humidité.

La rétractabilité du panneau dans son épaisseur est de 0,20 mm / m / % de variation d'humidité.

Les panneaux KLH ont un coefficient de conductibilité thermique λ égal à 0,14 W / m .°C.

5. Fabrication et contrôle

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 ± 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 kg de colle par m² de surface collée, l'encollage se faisant par translation de l'ensemble du pli à encoller sous un portique de collage fixe. Les opérations de collage sont effectuées avec un enregistrement en continu de la température et de l'humidité de l'air.
- Mise en place bord à bord des planches transversales non aboutées du second pli (cas des panneaux de type L) ou des planches longitudinales aboutées du second pli (cas des panneaux de type Q).Les planches de ce second pli sont posées sur la face supérieure préalablement encollée des planches du premier pli.

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

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

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

- Pressage pendant 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 garantissent notamment une résistance au cisaillement des plans de collage supérieure à 1,5 MPa (fractile 5%) 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.

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 du 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 EN 391 et EN 392.

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

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

En outre, les essais étant 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 Holzforschung Austria (2 visites d'inspection par an) et par l'Otto-Graff-Institut de Stuttgart (1 visite d'inspection tous les deux ans), qui sont convenus 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 pour planchers et toitures est actuellement proposé aux bureaux d'études.

6.1 Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux

Les planchers sont réalisés essentiellement avec des panneaux dont les couches extérieures sont orientées longitudinalement.

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

Les contraintes normales dues à l'effet du moment fléchissant sont calculées en faisant abstraction de la participation des plis orientés perpendiculairement au sens de la portée. On calcule donc les contraintes dues à la flexion en prenant en compte la valeur de l'inertie nette du panneau (Inet) et du module d'inertie net du panneau (Wnet), valeurs données dans le tableau 1 de ce Dossier Technique. La contrainte calculée doit être inférieure à la valeur admissible en flexion précisée dans le Tableau 2 du présent Dossier Technique :

$$\sigma = M / W_{net} < 11 \text{ MPa}$$

6.12 Vérification de la résistance sous l'effet de l'effort tranchant

Les contraintes de cisaillement dues à l'effet de l'effort tranchant sont calculées en prenant en compte la contrainte de cisaillement maximum dans la hauteur du panneau, la section étant minorée par le coefficient $I_{effectif} / I_{plein}$, fonction de la portée, et figurant dans le Tableau 1 de ce Dossier Technique. La contrainte calculée doit être inférieure à la valeur admissible en cisaillement précisée dans le tableau 2 du présent dossier technique :

$$\tau = 1{,}5 \, . \, V / c \, . \, A_q < 0{,}6 \text{ MPa}$$

avec $c = I_{effectif} / I_{plein}$, rapport dépendant de la portée.

6.13 Vérification des déformations

Les flèches sont calculées en utilisant l'inertie effective des panneaux, tenant compte de ce fait du glissement lié à l'influence de l'effort tranchant. 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.

6.2 Dimensionnement des éléments porteurs verticaux

Les parois verticales sont réalisées essentiellement avec des panneaux dont les couches extérieures sont orientées transversalement

6.21 Reprise des charges verticales.

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

La contrainte ainsi calculée doit être inférieure à la contrainte admissible en compression axiale figurant dans le tableau 2 de ce Dossier Technique.

6.22 Reprise des charges horizontales

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.

Pour faire cette vérification informatique, le panneau de mur est modélisé :

- soit comme un panneau continu constitué de la juxtaposition d'éléments carrés de 15 ou 33 cm de côtés.
- soit comme une structure constituée de poutres horizontales, poteaux verticaux, et diagonales en croix de Saint-André, de largeur égale à 15 cm, d'épaisseur égale à celle du panneau KLH, dont la trame est choisie judicieusement en fonction du positionnement des ouvertures éventuelles dans le panneau.

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.

7. Mise en oeuvre

7.1 Dispositions générales.

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.

Les assemblages entre panneaux d'un même plan sont effectués soit par feuillure à mi bois dans l'épaisseur du panneau, soit par feuillure sur l'une des faces avec interposition d'une bande de liaison en panneau contreplaqué ou 3 plis, soit par rainure et languette dans l'épaisseur des panneaux. Ces dispositions sont complétées par la mise en œuvre de vis à bois electrozinguées de diamètre 6 à 8 mm dont l'espacement est déterminé par le calcul.

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 la continuité de l'isolant et du pare ou frein vapeur disposé côté extérieur des panneaux.

En partie basse, la liaison avec le soubassement en maçonnerie est assurée par des équerres en acier galvanisé, fixées à la dalle par des chevilles à expansion et vissées sur le côté des panneaux. Entre la dalle et le panneau est interposée une bande d'étanchéité anticapillaire ainsi qu'un joint mousse de type « Compriband », avec un calage en bois dur ou métal sur 30% de la surface au minimum.

La liaison entre les planchers ou panneaux de toiture et les murs les supportant est assurée par des vis à bois electrozinguées de diamètre 8 à 10 mm dont 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 côté extérieur un joint « Compriband » et /ou une bande d'étanchétité à l'air sur le joint et le chant des panneaux.

Sauf dispositions particulières, le panneau est considéré comme un élément de structure qui nécessite la mise en œuvre d'une vêture extérieure : bardage bois, horizontaux et verticaux, bardages dérivés du bois, panneaux bois, métalliques ou composites, enduits extérieurs sur isolants, bardages céramiques,…

7.2 Dispositions spécifiques relatives à la sécurité en cas d'incendie

Dans le cas où le panneau KLH seul ne permet pas l'obtention du degré de résistance au feu requis par la réglementation, une protection complémentaire est apportée. Cette protection peut être partielle, c'est à dire participant pour une part seulement à l'obtention du degré de résistance au feu, la part restante étant obtenue par le panneau KLH lui-même. Cette protection peut-être complète, c'est à dire qu'elle confère, elle seule, la totalité du degré de résistance au feu requis à la paroi considérée.

Diverses configurations sont proposées, distinguant le cas des parois verticales et horizontales. Les configurations V1 et H1 correspondant au cas où le panneau KLH assure seul l'obtention du degré de résistance au feu requis.

7.21 Solutions techniques pour parois verticales

Solution V2 :

L'écran protecteur est vissé directement sur le panneau sans vide entre l'écran et le panneau. L'espacement des vis de fixation de l'écran est défini par le Cahier des Charges du fabricant en fonction de l'épaisseur.

Dans le sens de la longueur des plaques, les vis sont espacées de 400 mm au plus pour les plaques d'épaisseur 10 mm et 600 mm au plus pour les épaisseurs supérieures. L'espacement transversal est au maximum de 200 mm pour une résistance au feu inférieure ou égale à ½ heure et de 150 mm pour une résistance au feu supérieure à ½ heure.

Solution V3 (avec vide sans isolation) :

Les plaques constituant l'écran sont orientées verticalement et sont appliquées sur le panneau KLH par l'intermédiaire de montants en acier galvanisé d'une épaisseur de 0,6 mm ou de lambourdes en bois de largeur minimale conforme aux prescriptions du DTU 25.41, posés verticalement, de manière à ménager un vide technique permettant le passage de canalisations diverses.

Le vide technique non garni d'isolant a une épaisseur comprise entre 15 et 70 mm. L'entraxe de fixation de l'écran est défini par le DTU ou le Cahier des Charges du fabricant en fonction de son épaisseur. Les montants et lambourdes bois sont directement vissés dans le panneau, ou fixés par l'intermédiaire d'organes de liaison tels que : cavaliers, équerres, etc. L'entraxe des fixations est défini par le DTU 25.41 ou par les prescriptions du fabricant de plaques.

Les profilés peuvent être interrompus horizontalement sur une hauteur de 10 cm maximum pour permettre le passage des canalisations.

Solution V4 (avec isolation) :

L'écran est positionné devant le panneau sur une ossature indépendante en acier galvanisé d'épaisseur 0,6 mm, constituée de rails hauts et bas et de montants verticaux avec interposition d'une laine de roche de 80 mm d'épaisseur.

La stabilité de la laine de roche est assurée par des pattes en acier ou par une « surcote » de 3 à 5 mm par rapport à la distance entre montant.

La section des profilés ainsi que leur écartement maximum est défini par le fabricant en fonction de la hauteur et de l'épaisseur de l'écran.

7.22 Solutions techniques pour parois horizontales.

Solution H2 (avec vide sans isolation) :

L'écran qui constitue le parement inférieur du voile de plancher ou support de toiture avec pente inférieure ou égale à 7° est vissé sur des rails (fourrures) en acier galvanisé de 0,6 mm d'épaisseur, « clipsés » sur des suspentes à entraxe 0,60 m.

Pour les toitures ayant une pente supérieure à 7°, si les rails ou fourrures sont posés parallèles au rampant, un blocage s'opposant à tout déplacement de translation est réalisé ; si les rails ou fourrures sont posés perpendiculairement au rampant, la mise en œuvre est faite suivant les prescriptions du fabricant de plaques et de manière à neutraliser les effets tangentiels dans les suspentes et dans les plaques.

Les joints entre plaques d'écran ne sont pas protégés par des bandes couvre-joints.

Dans le cas d'utilisation de plaques spéciales « feu », l'entraxe sera réduit à 0,40 m ou 0,50 m suivant les indications du tableau récapitulatif à partir des essais spécifiques réalisés.

Lorsque l'écran est constitué de deux plaques, celles-ci sont disposées de façon que les joints soient décalés.

Le plénum a une épaisseur minimale de 10 cm.

Solution H3 (avec isolation) :

L'écran est mis en œuvre suivant les prescriptions de la solution H2 avec :

- interposition d'un matelas isolant en laine de roche de densité minimale de 25 kg / m3 et d'épaisseur 100 mm.

Les joints entre plaques ne sont pas protégées par des bandes couvre-joints.

Le plénum a une épaisseur minimale de 12 cm.

Solution H4 (avec isolation et bandes couvre-joints) :

L'écran est mis en œuvre suivant les prescriptions de la solution H2 avec :

- interposition d'un matelas isolant en laine de roche de densité minimale de 25 kg / m3 et d'épaisseur 100 mm.
- Protection des joints longitudinaux et transversaux entre plaques par des languettes de même produit ou autre système équivalent ayant fait l'objet d'essais spécifiques (entretoises métalliques).

Le plénum a une épaisseur minimale de 12 cm.

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.

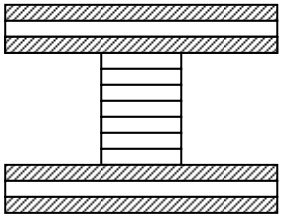
7.31 Composants

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

- Soit en bois lammelé-collé bénéficiant du marquage CE ou de la marque ACERBOIS-GLULAM ;

- Soit en bois massif reconstitué certifié par un organisme reconnu.

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



CAISSON = 2 panneaux KLH + 1 Nervure

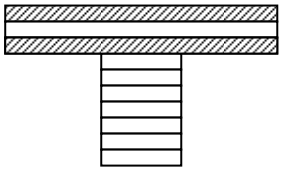


TABLE NERVUREE = 1 panneau KLH + 1 Nervure

7.32 Mise en œuvre

La mise en œuvre des nervures sur les panneaux KLH est réalisée en usine de manière à satisfaire les conditions de collage à savoir : temperature minimale 20° - Humidité 65 ± 10%.

La quantité de colle à appliquer est de 300 à 400 g/m².

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

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'esai 14-32952 du 15/11/2000).
- Essais de délamination sur échantillons à 2 lamelles orthogonales et à 3 lamelles orthogonales suivant pr EN 789 (Rapport d'esai 14-32952 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.
- Essais de lexion 4 points sur 20 éléments de panneaux avec nervures réalisés par le HOLZFORSCHUNG AUSTRIA de Vienne (Rapport d'essai 938/2001 du 13/03/2002).
- Essais de contreventement de panneaux KLH verticaux sous sollicitations alternées (Report on Evaluation of racking strength of KLH system – Université de Ljubljana – Slovénie – Rapport n°622-2004 du 1er novembre 2004).

C. Références

- Bâtiment industriel PRO LIGNUM à Frasnes (25) – surface de 2300 m² dont 255 m² de bureaux : utilisation des panneaux KLH en panneaux support de couverture et en murs extérieurs assurant le contreventement.
- Bureaux de la société BIEBER à Waldhambach (67) – 600 m² de bureaux R+2 : utilisation des panneaux KLH en planchers, murs porteurs et de contreventement et panneaux supports de couverture.
- Atelier et logement de M.BOUILLET à Marmoutier (67) – 150 m² en surélévation : utilisation des panneaux en murs extérieurs, refends porteurs et panneaux supports de couverture.
- Hôtel Stand'Inn à Foetz au Luxembourg – bâtiment R+1 de 2000 m² de surface : utilisation des panneaux KLH en refends et planchers.
- Bâtiments bureaux pour la DDAF de l'Aube à Troyes (10) – Bâtiment R+2 de 3000 m² : utilisation des panneaux KLH en planchers, murs porteurs et de contreventement et panneaux supports de couverture.
- Résidence pour personnes âgées à Mareuil les Meaux (77) – Bâtiment R+2 de 4000 m² : uttilisation des panneaux KLH en plancher.
- Gymnase à Nice (06) – 2200 m² de panneaux KLH utilisés dont 900 m² avec nervures utilisés en murs contreventant.
- Lycée du Margeriaz à Barberaz (73) – 1000 m² d'extension de lycée R+1.
- Bâtiment industriel à Neydens (74) – Bâtiment de 1200m² en R+1 : utilsation des panneaux KLH en planchers, murs porteurs et panneaux supports de couverture.
- Bâtiment pour l'ONF à Dijon (21) – 1500 m² de bureaux R+1 : utilisation des panneaux KLH en planchers, murs porteurs et panneaux supports de couverture.
- 50 maisons individuelles de 100 à 180 m² pour les trois fonctions.

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

Tableau 1 : Caractéristiques mécaniques des panneaux

Type de panneau	Nombre de plis	A_{nette}	I_{net}	W_{net}	i_{net}	A_q	I_{plein}	$I_{effectif}$ / I_{plein}			
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)			
-	-	[cm²]	[cm⁴]	[cm³]	[cm]	[cm²]	[cm⁴]	-	-	-	-
COUCHES EXTERIEURES EN DIRECTION TRANSVERSALE											
								Portées			
								1 m	**2 m**	**3 m**	**-**
63 Q	**3**	**440**	**2027**	**643**	**2,15**	**630**	**2084**	**75%**	**88%**	**93%**	**-**
72Q	**3**	**380**	**2783**	**773**	**2,71**	**720**	**3110**	**67%**	**83%**	**86%**	**-**
78 Q	**3**	**440**	**3627**	**930**	**2,87**	**780**	**3955**	**64%**	**78%**	**85%**	**-**
94 Q	**3**	**600**	**6594**	**1403**	**3,32**	**940**	**6922**	**64%**	**79%**	**86%**	**-**
95 Q	**5**	**570**	**5659**	**1191**	**3,15**	**950**	**7145**	**44%**	**66%**	**73%**	**-**
128 Q	**5**	**900**	**15081**	**2356**	**4,09**	**1280**	**17476**	**39%**	**66%**	**76%**	**-**
158Q	**5**	**900**	**25251**	**3196**	**5,30**	**1580**	**32869**	**25%**	**50%**	**62%**	**-**
COUCHES EXTERIEURES EN DIRECTION LONGITUDINALE											
								Portées			
								2 m	**4 m**	**6 m**	**8 m**
60 L	**3**	**380**	**1711**	**570**	**2,12**	**600**	**1800**	**86%**	**92%**	**94%**	**94%**
78L	**3**	**380**	**3421**	**877**	**3 ,00**	**780**	**3955**	**74%**	**82%**	**85%**	**86%**
90 L	**3**	**680**	**5986**	**1330**	**2,97**	**900**	**6075**	**85%**	**94%**	**96%**	**97%**
98L	**3**	**680**	**7618**	**1555**	**3,35**	**980**	**7843**	**80%**	**91%**	**94%**	**96%**
102L	**3**	**680**	**8516**	**1670**	**3,54**	**1020**	**8843**	**83%**	**93%**	**95%**	**95%**
108 L	**3**	**680**	**9964**	**1845**	**3,83**	**1080**	**10498**	**75%**	**87%**	**91%**	**93%**
101L	**5**	**570**	**6559**	**1299**	**3,39**	**1010**	**8586**	**62%**	**72%**	**74%**	**75%**
117L	**5**	**570**	**9295**	**1589**	**4,04**	**1170**	**13347**	**52%**	**64%**	**67%**	**68%**
125L	**5**	**570**	**10846**	**1735**	**4,36**	**1250**	**16276**	**49%**	**61%**	**64%**	**65%**
128 L	**5**	**1020**	**16004**	**2501**	**3,96**	**1280**	**17476**	**74%**	**86%**	**89%**	**90%**
146 L	**5**	**1020**	**22307**	**3056**	**4,68**	**1460**	**25934**	**61%**	**78%**	**82%**	**84%**
162 L	**5**	**1020**	**28835**	**3560**	**5,32**	**1620**	**35429**	**52%**	**71%**	**76%**	**79%**
170L	**5**	**1020**	**32426**	**3815**	**5,64**	**1700**	**10292**	**48%**	**68%**	**74%**	**76%**
182 L	**5**	**1020**	**38219**	**4200**	**6,12**	**1820**	**50238**	**43%**	**64%**	**70%**	**73%**
202 L	**7**	**1360**	**54622**	**5408**	**6,34**	**2020**	**68687**	**57%**	**72%**	**76%**	**78%**
208L	**7**	**1700**	**72208**	**6943**	**6,52**	**2080**	**74991**	**58%**	**82%**	**89%**	**92%**
226 L	**7**	**1360**	**70942**	**6278**	**7,22**	**2260**	**96193**	**48%**	**65%**	**69%**	**71%**
230 L	**7**	**1700**	**94798**	**8243**	**7,47**	**2300**	**101392**	**45%**	**73%**	**83%**	**87%**
256L	**7**	**1700**	**94402**	**7375**	**8,33**	**2560**	**139810**	**39%**	**57%**	**62%**	**65%**

(1) Section nette pour un panneau de 1 mètre de large, en faisant abstraction des plis non orientés selon la direction principale.
(2) Inertie nette pour un panneau de 1 mètre de large, en faisant abstraction des plis non orientés selon la direction principale.
(3) Module d'inertie net pour un panneau de 1 mètre de large = Inertie nette divisée par la demie épaisseur du panneau.
(4) Rayon de giration net = Racine carrée de l'inertie nette sur la section nette.
(5) Section pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis.
(6) Inertie pleine pour un panneau de 1 mètre de large, tenant compte de tous les plis.
(7) Rapport de l'Inertie effective et de l'Inertie pleine, l'inertie effective tenant compte du « glissement » lié à la déformation des plis non orientés selon la direction principale.

Tableau 2 : Contraintes admissibles des panneaux

Sollicitation	*Flexion*	*Compression axiale*	*Traction axiale*	*Compression transversale*	*Cisaillement*
Valeur en MPa	*11*	*10*	*7,5*	*2,5*	*0,6*

Tableau 3 : Modules d'élasticité en flexion et en cisaillement

Module	*E*	*G*
Valeur en MPa	*12.000*	*50*

Tableau 4 : Capacité des panneaux verticaux sous efforts horizontaux « simiques »

*Longueur minimales des panneaux pleins**	*Espacement des équerres de fixation***	*Longueur des clous****	*F*
[cm]	*[cm]*	*[mm]*	*[kN]*
244	*100*	*40*	*34,1*
244	*100*	*60*	*41,8*
244	*50*	*40*	*47,3*

* Valable pour les panneaux pleins 94Q, 95Q, 128Q et 158Q, pour une hauteur pas supérieure à 1,1 fois leur longueur.

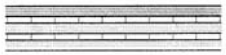
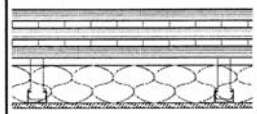
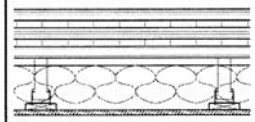
** Equerres d'angle BMF hauteur minimale 105 mm

*** Clous annelés Wurth Ø 4 mm

KLH

RESISTANCE AU FEU DE PAROIS HORIZONTALES au DESSUS du FEU

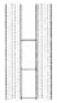
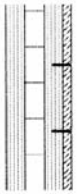
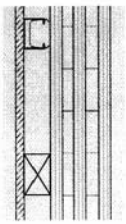
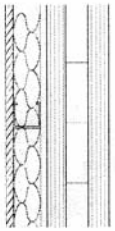
O : solution suffisante

PAROIS	Propositions	MISE EN ŒUVRE – Schémas	Détails	NATURE de L'ECRAN	CF 1/4 heure – Protection totale	CF 1/4 heure – Temps de protection partielle en min	CF 1/4 heure – Sans Protection – temps en min	CF 1/4 heure – Sans Protection – Epaisseur carbonisée en mm	CF 1/2 heure – Protection totale	CF 1/2 heure – Temps de protection partielle en min	CF 1/2 heure – Sans Protection – temps en min	CF 1/2 heure – Sans Protection – Epaisseur carbonisée en mm	CF 1 heure – Protection totale	CF 1 heure – Temps de protection partielle en min	CF 1 heure – Sans Protection – temps en min	CF 1 heure – Sans Protection – Epaisseur carbonisée en mm
PLANCHERS & TOITURES KLH	H1		Panneau KLH sans aucun parement inférieur	néant	-	-	15	11	-	-	30	23	-	-	60	46
	H2		Parement inférieur fixé sur rails métalliques à entraxe 0,60 m ou 0,40 m (selon spécification [**]), avec suspentes, sans isolation ni talonnettes,	BA 13	o	-		-	-	15	15	11	-	15	45	34
				BA 18	o	-		-	-	25	5	5	-	25	35	34
				Fibre plâtre 12,5	o	-		-	-	15	15	11	-	15	45	34
				Plaque FEU BA 13	o	-		-	-	20	10	10	-	20	40	34
				Plaque FEU BA 15	o	-		-	-	25	5	5	-	25	35	34
				2 x BA 13	o	-		-	o	-	-	-	-	30	30	30
				2 x Fibre plâtre 12,5	o	-		-	o	-	-	-	-	30	30	30
				2 Plaques FEU BA 13	o	-		-	o	-	-	-	-	50 [**]	10	10
				2 Plaques FEU BA 15	o	-		-	o	-	-	-	o [**]	-	-	-
	H3		Parement inférieur fixé sur rails métalliques à entraxe 0,60 m ou 0,40 m (selon spécification [**]), avec suspents, isolation laine de roche (25 Kg/m3) d'épaisseur 100 mm., sans protection particulière des joints	BA 13	o	-		-	-	15	15	11	-	15	45	34
				BA 18	o	-		-	-	25	5	5	-	25	35	34
				Fibre plâtre 12,5	o	-		-	-	15	15	11	-	15	45	34
				Plaque FEU BA 13	o	-		-	-	20	10	10	-	20	40	34
				Plaque FEU BA 15	o	-		-	-	25	5	5	-	25	35	34
				2 x BA 13	o	-		-	o	-	-	-	-	30	30	30
				2 x Fibre plâtre 12,5	o	-		-	o	-	-	-	-	30	30	30
				2 Plaques FEU BA 13	o	-		-	o	-	-	-	-	55 [**]	5	5
				2 Plaques FEU BA 15	o	-		-	o	-	-	-	o [**]	-	-	-
	H4		Parement inférieur fixé sur rails métalliques à entraxe 0,60 m ou 0,50 m (selon spécification [*]), avec suspentes, isolation laine de roche (25 Kg/m3) d'épaisseur 100 mm., avec languettes d'about et languettes transversales	BA 13	o	-		-	-	15	15	11	-	15	45	34
				BA 18	o	-		-	-	25	5	5	-	25	35	34
				Fibre plâtre 12,5	o	-		-	-	15	15	11	-	15	45	34
				Plaque FEU BA 13	o	-		-	o	-	-	-	-	30 [*]	30	30
				Plaque FEU BA 15	o	-		-	o	-	-	-	-	35 [*]	25	25
				2 x BA 13	o	-		-	o	-	-	-	-	30	30	30
				2 x Fibre plâtre 12,5	o	-		-	o	-	-	-	-	30	30	30
				2 Plaques FEU BA 13	o	-		-	o	-	-	-	o [*]	-	-	-
				2 Plaques FEU BA 15	o	-		-	o	-	-	-	o [*]	-	-	-

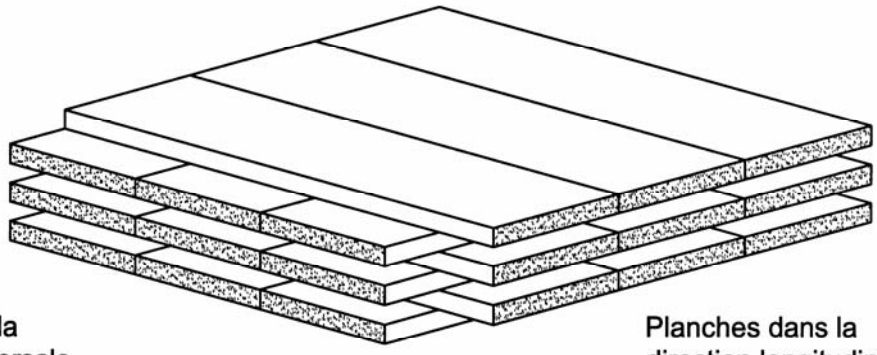
KLH

RESISTANCE AU FEU DE PAROIS VERTICALES

O : solution suffisante

PAROIS	Propositions	MISE EN ŒUVRE		NATURE de L'ECRAN	CF 1/4 heure				CF 1/2 heure				CF 1 heure			
		Schémas	Détails		Protection totale	Temps de protection partielle en min	Sans Protection		Protection totale	Temps de protection partielle en min	Sans Protection		Protection totale	Temps de protection partielle en min	Sans Protection	
							temps en min	Epaisseur carbonisée en mm			temps en min	Epaisseur carbonisée en mm			temps en min	Epaisseur carbonisée en mm
MURS PORTEURS KLH	V1		Panneau KLH sans aucun parement	néant	-	-	15	11	-	-	30	23	-	-	60	46
	V2		Parement vissé directement sur le panneau KLH	BA 10	-	11	4	3	-	11	19	14	-	11	49	37
				BA 13	o	-	-	-	-	15	15	11	-	15	45	34
				BA 15	o	-	-	-	-	21	9	9	-	21	39	34
				BA 18	o	-	-	-	o	-	-	-	-	28	32	32
				Fibre plâtre 12,5	o	-	-	-	-	15	15	11	-	15	45	35
				Fibre plâtre 15	o	-	-	-	-	21	9	9	-	21	39	34
				2 x BA 13	o	-	-	-	o	-	-	-	-	40	20	20
				2 x Fibre plâtre 12,5	o	-	-	-	o	-	-	-	-	40	20	20
				Plaque feu BA 13	o	-	-	-	-	22	8	8	-	22	38	34
				2 Plaques feu BA 13	o	-	-	-	o	-	-	-	o	-	-	-
				OSB 12 mm,	-	10	5	4	-	10	20	15	-	10	50	38
	V3		Parement appliqué sur le panneau KLH par l'intermédiaire d'un rail acier ou bois vertical	BA 10	-	11	4	3	-	11	19	14	-	11	49	37
				BA 13	o	-	-	-	-	15	15	11	-	15	45	34
				BA 15	o	-	-	-	-	21	9	9	-	21	39	34
				BA 18	o	-	-	-	o	-	-	-	-	28	32	32
				Fibre plâtre 12,5	o	-	-	-	-	15	15	11	-	15	45	34
				Fibre plâtre 15	o	-	-	-	-	21	9	9	-	21	39	34
				2 x BA 13	o	-	-	-	o	-	-	-	-	40	20	20
				2 x Fibre plâtre 12,5	o	-	-	-	o	-	-	-	-	40	20	20
				Plaque feu BA 13	o	-	-	-	-	22	8	8	-	22	38	34
				2 Plaques feu BA 13	o	-	-	-	o	-	-	-	o	-	-	-
				OSB 12 mm,	-	10	5	4	-	10	20	15	-	10	50	38
	V4		Parement appliqué sur le panneau KLH par l'intermédiaire d'une ossature acier désolidarisée avec isolation laine de roche épaisseur 80 mm,	BA 10	-	11	4	3	-	11	19	14	-	11	49	37
				BA 13	o	-	-	-	-	15	15	11	-	15	45	34
				BA 15	o	-	-	-	-	21	9	9	-	21	39	34
				BA 18	o	-	-	-	o	-	-	-	-	28	32	32
				Fibre plâtre 12,5	o	-	-	-	-	15	15	11	-	15	45	34
				Fibre plâtre 15	o	-	-	-	-	21	9	9	-	21	39	34
				2 x BA 13	o	-	-	-	o	-	-	-	-	40	20	20
				2 x Fibre plâtre 12,5	o	-	-	-	o	-	-	-	-	40	20	20
				Plaque feu BA 13	o	-	-	-	-	22	8	8	-	22	38	34
				2 Plaques feu BA 13	o	-	-	-	o	-	-	-	o	-	-	-
				OSB 12 mm,	-	10	5	4	-	10	20	15	-	10	50	38

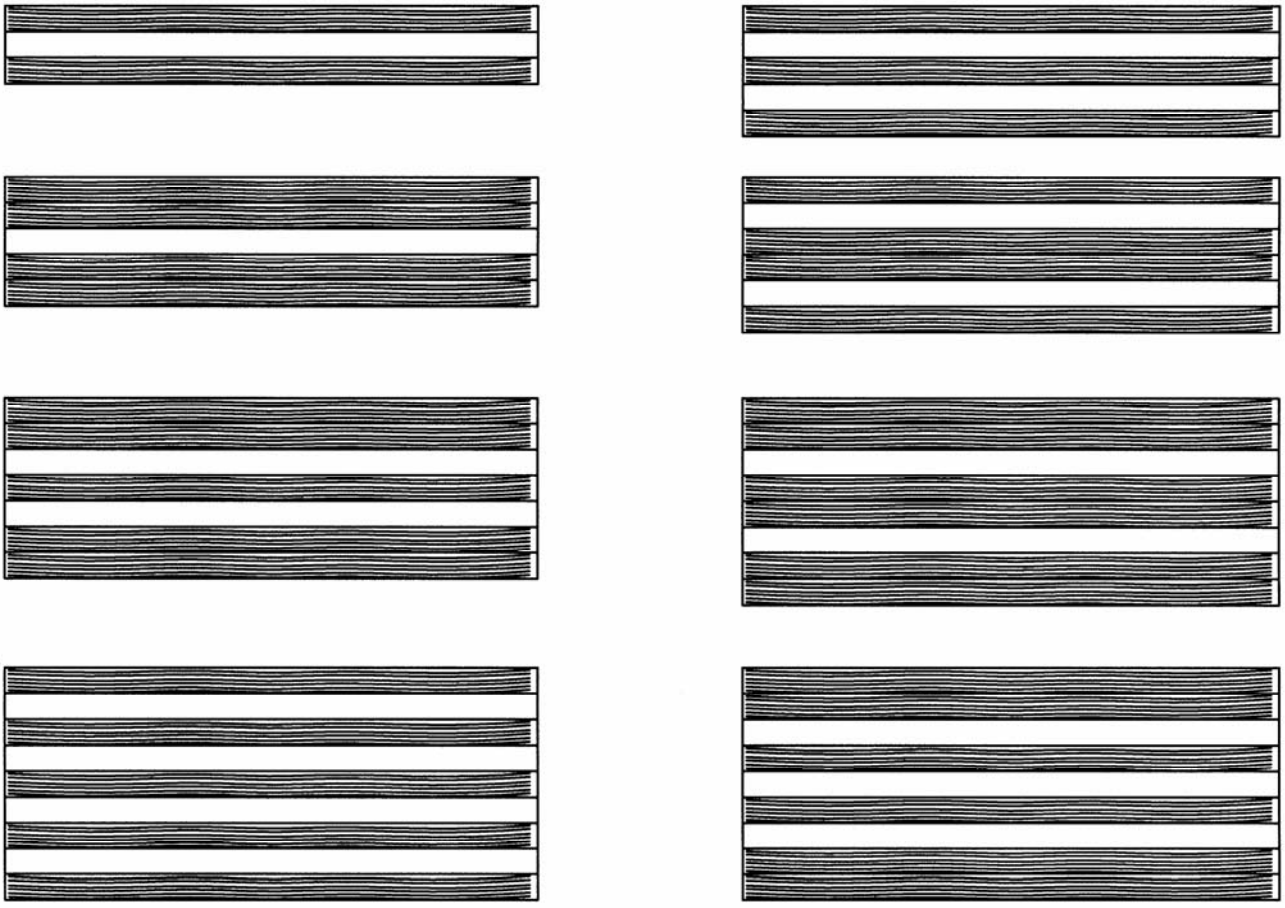
Principe de composition des panneaux



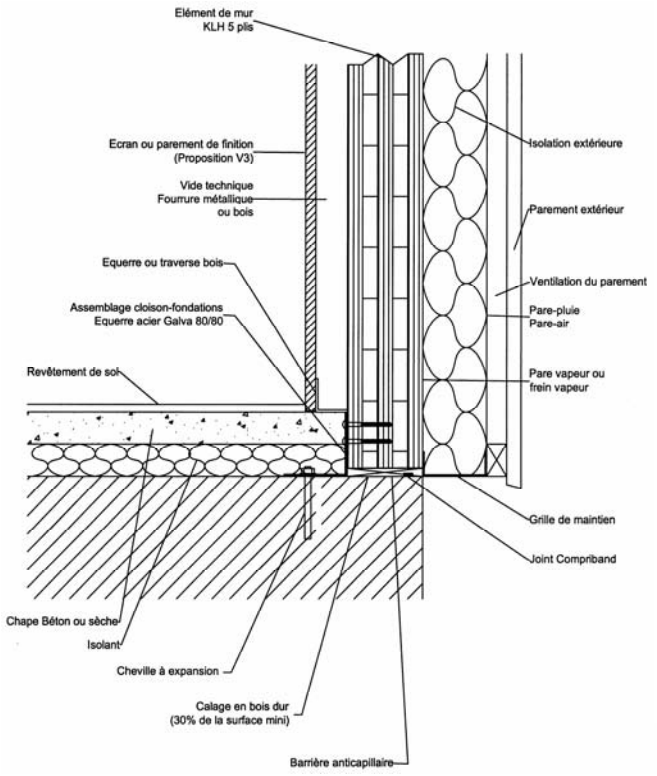
Planches dans la direction transversale

Planches dans la direction longitudinale

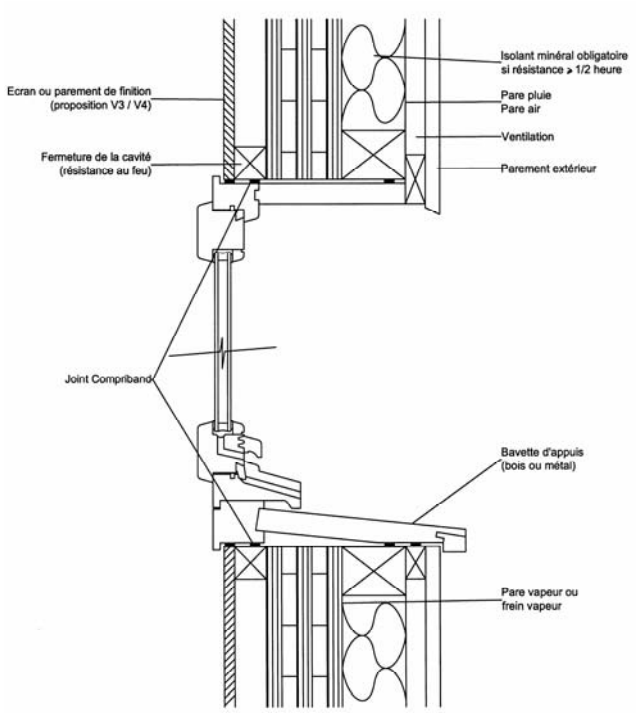
Exemples de constitution des plis



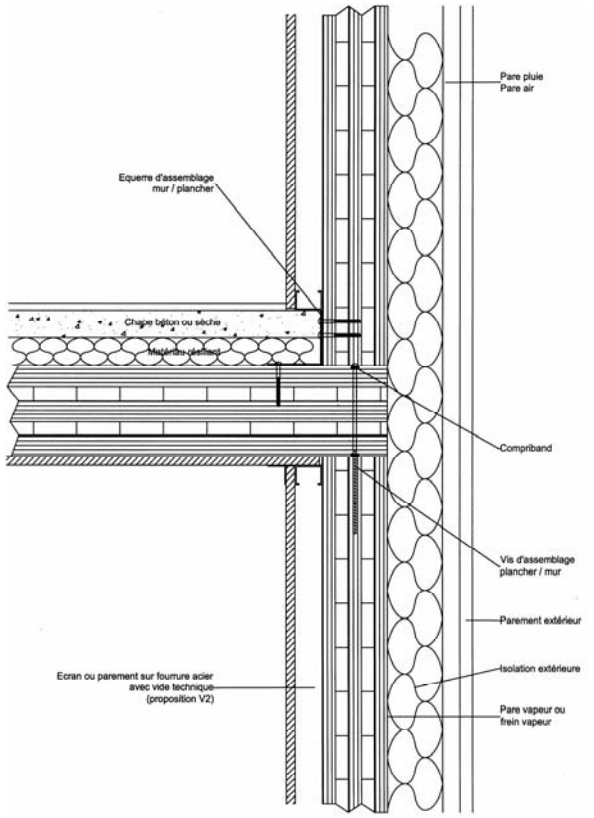
Coupe verticale sur mur extérieur



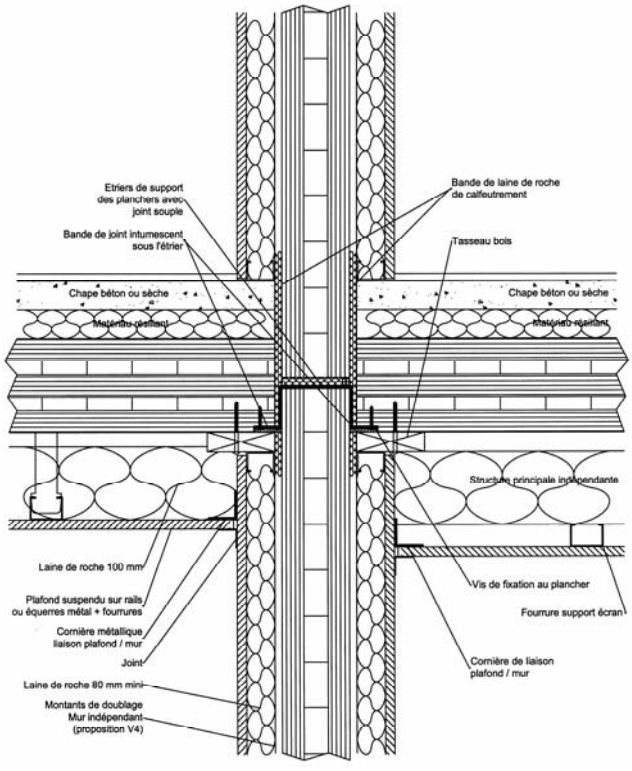
Coupe verticale sur menuiserie extérieure



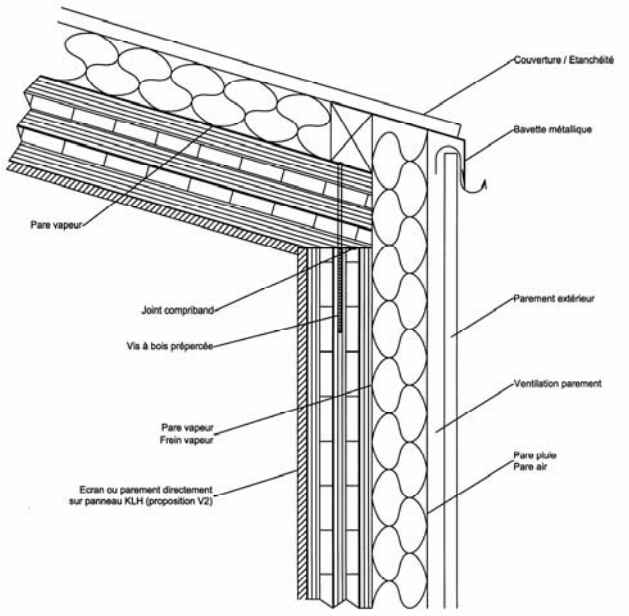
Assemblage mur/plancher
Locaux superposés dans un même logement



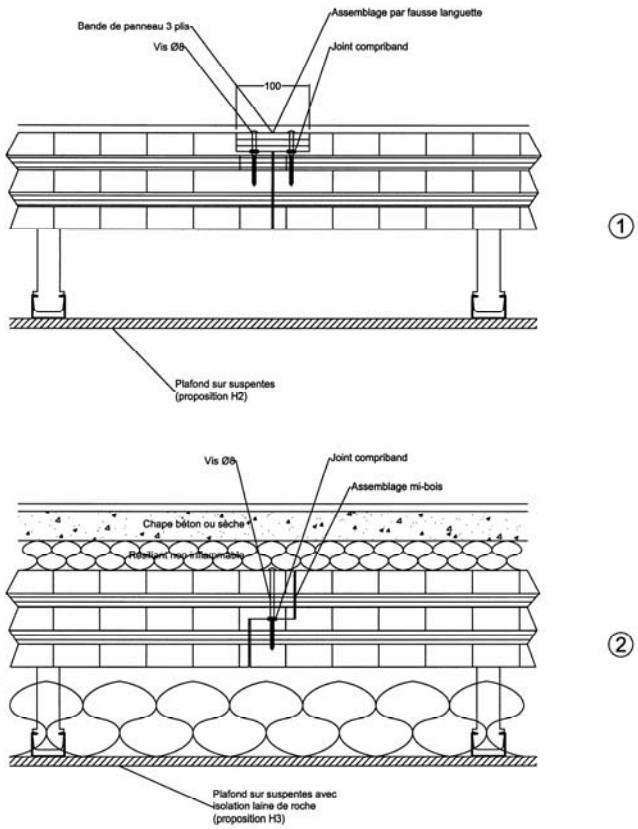
Coupe verticale sur
Locaux mitoyens et superposés



Coupe verticale
Toiture/mur extérieur



Coupes verticales
Jonctions planchers



Coupe horizontale
Sur angle murs extérieurs

