

Avis Technique 3/09-595

*Panneaux Bois à Usage
Structural
Wood Structural Panels*

Panneaux MHM

Titulaire : Société Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH
Auf der Geigerhalde 41
D-87459 Pfronten Weißbach

Tél. : 49 (0) 8332 923319
Fax : 49 (0) 8332 923311

E-mail : info@massivholzmaeur.de
Internet : www.massivholzmaeur.de

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

Groupe Spécialisé n° 3
Structure, Planchers et autres Composants structureaux

Vu pour enregistrement le 21 juillet 2009



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 « Structure, Planchers et autres Composants structuraux » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné le 04 Mars 2009 le procédé de panneaux bois à usage structural MHM présenté par la Société Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. A cet Avis est associé un suivi, par le CSTB, des conditions de fabrication et de contrôle, à l'application desquelles est soumise sa validité.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Les parois de mur MHM sont des panneaux de grande dimension, constitués de planches en bois massif brutes de 23 mm d'épaisseur, séchées et étuvées, pourvues sur les chants d'une rainure et sur une face de gorges profilées de géométrie 3 mm × 3 mm. Les planches sont empilées en plis croisés à 90° et fixées mécaniquement entre elles par des pointes annelées en aluminium spécifiques visées par l'Agrément Allemand Z-9.1-563 (Ø2,5 mm × 50 mm). L'épaisseur totale des panneaux varie de 115 mm à 354 mm en fonction du nombre de plis (de 5 à 15 plis). Les parois de bois massif multi-plies MHM ont des dimensions allant jusqu'à 3.25 m de hauteur et de 6.00 m de longueur.

Le procédé de mur MHM est destiné à la réalisation ou à la réhabilitation des ouvrages de structure dans les bâtiments à usage d'habitation, Etablissements Recevant du Public, Bâtiments de bureaux ou industriels.

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

1.2 Identification

Le procédé de mur MHM fait l'objet d'un marquage indiquant :

- le logo MHM ;
- le lieu de production ;
- la date de fabrication ;
- Une référence permettant un montage rapide.

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.

L'utilisation en zone sismique n'est pas visée dans le cadre du présent Avis.

Le domaine d'emploi proposé 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, pour la réalisation des murs porteurs et/ou à fonction de contreventement.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Aptitude à l'emploi

Le présent Avis est formulé en considérant que les murs constitués de panneaux MHM respectent les prescriptions du DTU 31.2 en matière d'isolation thermique et d'étanchéité à l'air et à l'eau des façades.

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

Conformément aux conditions prévues par l'arrêté du 22 mars 2004, la convenance du procédé MHM devra être validée dans le cadre d'une appréciation de laboratoire ou bien un procès-verbal délivré par un laboratoire agréé.

Bien que le procédé puisse présenter un degré de résistance au feu, aucun élément justificatif de la résistance au feu compatible avec la réglementation française n'a été fourni. En conséquence, aucun degré de résistance au feu n'a été déterminé.

Réaction au feu

Les panneaux MHM 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.

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 MHM 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 MHM 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 MHM 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 MHM dans l'ouvrage, la mise en œuvre des panneaux MHM impose les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

2.214 Isolation thermique

Le procédé MHM présente une isolation thermique « moyenne » évaluée par le coefficient U de transmission surfacique calculable conformément aux règles Th-U de la RT2005, en prenant pour conductivité thermique 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 $\mu = 50$ (sec) et $\mu = 20$ (humide). Ces valeurs correspondent à un résineux léger de classe mécanique C24 selon EN338 et dont la masse volumique moyenne, c'est-à-dire avec un teneur en humidité de 15 % selon la terminologie de la norme NF B 51-002, est $\leq 500 \text{ kg.m}^{-3}$.

Les panneaux MHM, 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 MHM seuls 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.

2.216 Etanchéité

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

2.22 Durabilité – Entretien

Compte tenu de la limitation à des usages exposant les panneaux MHM 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 § 2.316 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 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 éléments de murs MHM répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2.316 ci-après).

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des panneaux MHM est réalisée exclusivement par des usines de productions utilisant des machines Hundegger de type « Wandmaster » associées au centre d'usinage CN à portique PBA. Le suivi de la production est effectué dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle.

L'autocontrôle exercé dans les usines de fabrication fait l'objet d'un suivi extérieur deux fois par an assuré par le CSTB.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

2.3.1 Conditions de conception et de calcul

La conception et le calcul éléments de mur MHM sont laissés à la charge du bureau d'études techniques de l'opération qui doit également fournir un plan de pose complet. Un logiciel de dimensionnement est tenu à disposition des bureaux d'étude par le titulaire afin de vérifier en phase définitive les éléments porteurs verticaux et les linteaux soumis à des charges verticales et horizontales.

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

Les vérifications sont menées en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} du bois massif fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges.

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.

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

L'excentrement doit tenir compte également des appuis partiels en pied de panneau.

Lorsque les panneaux MHM 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.

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique.

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

Lorsque des panneaux MHM 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 MHM 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.

2.3.1.3 Capacité résistante des connecteurs

La capacité des pointes annelées en aluminium à reprendre les efforts de cisaillement auxquels ils sont soumis doit être justifiée.

Les valeurs à prendre en compte pour une pointe annelée en aluminium dans les justifications à mener à l'ELU et à l'ELS sont indiquées ci-dessous :

- Raideur à l'Etat Limite Ultime : $K_u = 200N/mm$
- Raideur à l'Etat Limite de Service : $K_{ser} = 300 N/mm$
- La valeur caractéristique de résistance au cisaillement $F_{v,Rk} = 400 N$

Ces valeurs sont à considérer dans le cas d'une utilisation en classe de service 1 et 2 au sens de l'article 2.1.3 de la norme EN 1995 (Eurocode 5).

Ces valeurs sont à pondérer par le facteur k_{mod} relatif au bois massif et donné dans la norme EN 1995-1-1 (Eurocode 5) en fonction de la classe de service et de la durée d'application de la charge.

2.3.1.4 Conception des assemblages

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des panneaux MHM entre eux ou des panneaux MHM 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 NE 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 justifiés en regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de l'Eurocode 5 (NF EN1995-1-1).

Pour le cas d'assemblages d'éléments sur les murs MHM par des organes de fixation de type boulons, la portance locale doit être justifiée en prenant en compte la moyenne des portances issues du calcul avec une pente de fil du bois de 0° et de 90°.

Les points d'appui des planchers mis en œuvres sur les murs MHM doivent permettre la transmission des efforts résultant de la fonction tirant buttons des planchers. Ils doivent en plus être dimensionnés pour reprendre une charge accidentelle de 600 kg/m² appliquée en façade.

2.3.1.5 Traitement de préservation

En fonction de la classe d'emploi liée à la position du panneau MHM 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.

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 le portique PBA d'Hundegger.

Conformément à la réglementation en vigueur, les éléments de mur MHM 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.

2.3.1.6 Dispositions constructives générales

Lorsque les panneaux MHM 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 MHM sont utilisés pour la réalisation de bâtiments n'entrant pas dans le domaine d'application du DTU 31.2, la réalisation des interfaces doit tenir compte des exigences éventuelles des textes visant les autres éléments porteurs.

2.3.2 Conditions de fabrication

Les planches utilisées pour la fabrication des éléments de mur MHM doivent être en bois résineux et correspondre au moins à la classe mécanique C24 selon l'EN 338. Les planches des plis doivent avoir au minimum une épaisseur de 23 mm ramené à un taux d'humidité de référence de 12%. La largeur des planches doit être d'au moins 140 mm et au maximum de 260 mm. Le sens longitudinal des plis externes devra obligatoirement correspondre au sens vertical de l'élément de mur MHM.

La fabrication des panneaux MHM fait l'objet d'un autocontrôle interne. L'autocontrôle exercé dans chaque usine de fabrication fait l'objet d'un suivi extérieur assuré par le CSTB. Les contrôles doivent être consignés sur un cahier de contrôle et portent sur :

- La réception et le stockage des matières premières. Le stockage des produits doit se faire dans un local propre et sec.
- La conformité du bois au classement C24 selon EN 338. Une procédure écrite doit définir les moyens mis en œuvre pour assurer la conformité de la qualité des bois au cahier des charges définis dans le Dossier Technique. Les bois utilisés doivent bénéficier d'un certificat visant à justifier de leur conformité aux normes en vigueur et en particulier concernant la classe de résistance annoncée; L'essence des bois utilisée sera consignée au cahier des charges ;
- Les tolérances géométriques minimum à respecter pour les planches de bois;
- Le taux d'humidité nominal des planches de bois entre elles pendant la fabrication, celui-ci ne devant pas varier de plus de $\pm 2\%$ entre chaque planche. Le taux d'humidité des éléments de parois de MHM ne doit pas dépasser 16% à la fabrication. Une procédure doit définir les contrôles, leur fréquence et leur enregistrement.
- Le contrôle permanent du réglage de la machine de clouage afin d'assurer un positionnement des pointes conformément à la Figure 1 du Dossier Technique établi par le demandeur.
- Le contrôle visuel sur chaque élément finis ;
- L'ensemble des résultats ainsi que les dispositions prises en cas de résultat non satisfaisant doivent être consignés sur un cahier ou sur des fiches de contrôle.

De plus le contrôle interne devra s'assurer de la constance de la capacité résistante en cisaillement des pointes annelées en aluminium entrant dans le processus de fabrication. 3 échantillons comprenant 3 couches de bois croisés et fixés par 4 pointes seront prélevés par chantier et testés en cisaillement. Le CSTB prélèvera 5 échantillons par an afin de réaliser des d'inter-comparaisons qui permettront de valider la pertinence des essais de contrôle interne et de vérifier la capacité résistante en cisaillement et la raideur des pointes annelées en aluminium telles que déclarées dans le §2.3.1.3 de l'Avis.

Le fabricant doit assurer la maîtrise des appareils et installations de contrôles dont il dispose et fournir la preuve des vérifications effectuées sur ces appareils et installations.

La liste des usines qualifiées pour produire le système de mur MHM et le distribuer sur le territoire Français est mise à jour en accord avec le CSTB et disponible auprès du titulaire et du CSTB.

Toute modification envisagée dans la nature des contrôles ou des organismes qui sont impliqués dans son exercice doit être signalée au Rapporteur du Groupe Spécialisé N°3.

2.33 Conditions de mise en œuvre

2.331 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 identifiée sur les panneaux livrés sur chantier.

2.332 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

3 ans, jusqu'au 31 mars 2012

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le Groupe tient à attirer l'attention des utilisateurs du procédé MHM 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 MHM 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.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°3
N. RUAUX

Pour le Groupe Spécialisé n°3
Le Président
J.P. BRIN

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Les parois de mur MHM sont des panneaux de grande dimension, constitués de planches en bois massif brutes, séchées et étuvées, empilées en plis croisés à 90° et fixées mécaniquement entre elles par des pointes annelées en aluminium EN AW 501 conformément à DIN EN 1301-29. L'épaisseur des panneaux varie de 115 mm à 354 mm. Les parois de bois massif multi-plis MHM ont des dimensions allant jusqu'à 3.25 m de hauteur et de 6.00 m de longueur.

2. Domaine d'emploi proposé

Les parois de bois massif multi-plis MHM sont destinées à la réalisation d'éléments verticaux porteurs, que ce soit en mur périphérique, refend ou éléments non porteurs verticaux conformément aux règles de calcul de la norme NF EN 1995.

Les panneaux structuraux MHM sont destinés à la réalisation ou à la réhabilitation des ouvrages de structure cités ci-dessus dans les bâtiments à usage d'habitation, Etablissements Recevant du Public, Bâtiments de bureaux ou industriels.

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

3. Identification & Marquage

Les parois de bois massif MHM sont fournies avec un marquage qui indique :

- le logo MHM ;
- le lieu de production ;
- la date de fabrication ;

4. Description des matériaux

4.1 Planches en bois

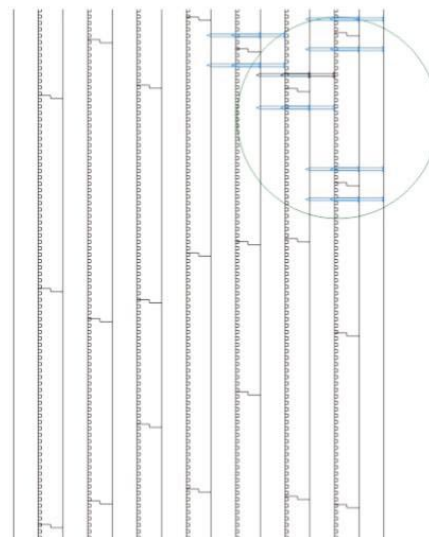
4.1.1 Provenance du bois

Les planches de bois sont issues de bois résineux (épicéa, Pin, Sapin) de classe minimum C24 - tri du bois en fonction des charges admissibles du bois de construction, conformément à EN 14081.

Caractéristiques géométriques des planches :

Les planches utilisées ont une épaisseur d'au moins 23 mm, +/- 1 mm pour un taux d'humidité ramené à 12%. Torsion longitudinale : jusqu'à 8mm par 2m longueur, Vrillage: jusqu'à 4mm par 10 cm largeur. La largeur des planches est comprise entre 140 mm et 260 mm.

4.2 Assemblage mécanique des planches



Le liaisonnement des différentes plis de planches est assuré exclusivement par des pointes annelées en aluminium Ø2.5 mm x 50 mm contrôlées dans le cadre d'un agrément allemand Z-9.1-563.

Pour tenir compte de l'élasticité des organes d'assemblage deux plis voisins, le dimensionnement est réalisé selon l'EN 1995-1-1, en considérant un module de glissement $K_{ser} = 300 \text{ N/mm}$ à l'ELS et $K_u = 200 \text{ N/mm}$ à l'ELU par pointe annelée en aluminium. La résistance caractéristique au cisaillement d'une pointe en aluminium est de $F_{v,Rk} = 400 \text{ N}$.

La fabrication des éléments MHM doit être réalisée conformément au cahier des charges, par un dispositif automatisé de clouage « Wandmaster » distribué par l'entreprise Hundegger S.A.R.L.

Le centre d'usinage doit être réglé de telle manière que dans les planches clouées entre elles il y ait une distance des clous par rapport au bord d'au moins $5 d_n$ et au maximum 30 mm. (Voir Figure 1)

5. Description des panneaux

5.1 Géométrie des panneaux

Les panneaux MHM sont fabriqués suivant des dimensions allant de 2 m x 2 m jusqu'à 3.25 m x 6 m. L'épaisseur des panneaux varie de 11.5 cm à 16 cm pour les parois intérieures et de 20.5 cm, 25 cm, 29.5 cm à 34.5 cm pour les parois extérieures.

Les parois de bois massif multi-plis (MHM) sont constituées de plis entrecroisés perpendiculairement de planches et liaisonnées mécaniquement par des pointes annelées en aluminium.

- 11,5 cm MHM = 05 plis de planches
- 16,0 cm MHM = 07 plis de planches
- 20,5 cm MHM = 09 plis de planches
- 25,0 cm MHM = 11 plis de planches
- 29,5 cm MHM = 13 plis de planches
- 34,0 cm MHM = 15 plis de planches)

La somme des plis de planches est toujours impaire. La superposition des plis doit toujours être la suivante ; une couche dans le sens vertical, la suivante dans sens horizontal, la troisième dans le sens vertical et ainsi de suite. Les plis doivent toujours être disposés dans le sens horizontal ou perpendiculaire à la longueur de la paroi.

Dans une couche, il est autorisé d'utiliser des planches avec des largeurs variant entre 14 cm et 26 cm.

Entre chaque planche à chant, il est possible d'avoir des ouvertures allant jusqu'à 3 mm pour une humidité de bois de 15%.

En général, la largeur des planches utilisées en fabrication est fonction du domaine d'emploi :

- paroi intérieure non porteuse = 11,5 cm
- paroi intérieure porteuse = 16,0 cm
- paroi porteuse extérieur = 20,5 cm

5.2 Caractéristiques physiques des panneaux

Les éléments de paroi possèdent une masse volumique caractéristique de 350 kg/m³ selon EN 338.

6. Fabrication et contrôle

6.1 Fabrication

Les éléments de parois MHM sont produits par différents fabricants dans toute l'Europe sous licence MHM développement S.A.R.L., Auf der Geigerhalde D-87459 Pfronten-Weißbach, Allemagne.

Le procédé de fabrication couvre les étapes suivantes :

- livraison et stockage des planches avec une humidité résiduelle de 14 % de ± 1 %.
- profilage de rainures de 3 x 3mm sur une face des planches.
- l'assemblage et le clouage par pointes annelées en aluminium des éléments de parois de bois massif multi-plis (MHM) sur les machines "Wandmaster" fabriquées par Hans Hundegger Maschinenbau GmbH/ Allemagne.
- le rabotage, les coupes (ouvertures, liaisons...), le rainurage, de parois de bois massif multi-plis (MHM) par une unité type portail "PBA" par Hans Hundegger Maschinenbau GmbH/ Allemagne.

6.2 Contrôle et fabrication

La fabrication des parois de bois massif multi-plis (MHM) est soumise d'une part à un processus d'examen interne des fabricants, d'autre part par un contrôle externe réalisés par des instituts de contrôle reconnus au niveau national dans les pays de production respectifs.

6.21 Contrôle interne de fabrication

Le contrôle interne de fabrication doit garantir la qualité des éléments des parois de bois massif multi-plis (MHM). Ils se concentrent sur :

- la qualité du bois par un contrôle visuel lors de la livraison et de la mesure de l'humidité du bois avec l'appareil de contrôle approprié ;
- la qualité du clouage des différentes plis de planches : vérification des distances de clou ;
- la qualité précise des éléments des parois de bois massif multi-plis (MHM) par le réexamen du clouage et du prélèvement des échantillons au contrôle avec des instruments de vérification appropriés ;
- la qualité du stockage et l'expédition des éléments des parois de bois massif multi-plis (MHM).

Les contrôles sont notés dans des registres internes et fixent les éléments suivants :

- dates et lieu de production
- essence et origine du bois
- épaisseur des planches
- dimensions des éléments
- date et réception de l'expédition

Les contrôles internes sont effectués par du personnel formé par les fabricants respectifs.

6.22 Contrôle externe de fabrication

Ils ont lieu par des visites d'inspections 2 fois par an des collaborateurs d'instituts de contrôle agréés. En Allemagne le contrôle externe est réalisé par un des organismes suivant : VHT Darmstadt, MPA Stuttgart, ou MFPA Leipzig.

Le contrôle externe comprend :

- l'examen de l'actualisation des contrôles internes
- le contrôle de la production courante.
- l'examen des contrôles effectués par le personnel.

7. Dimensionnement

La documentation technique mise à disposition des utilisateurs du procédé par la société MHM propose des abaques ou des tableaux de pré-dimensionnement en fonction de la hauteur des murs, des sollicitations, des excentricités de chargement et des critères de flèche retenus. Ce pré-dimensionnement, 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.

Le coefficient partiel de sécurité pris en compte pour le calcul des résistances de dimensionnement est celui du bois massif, soit $\gamma_m = 1,3$. De même, la valeur du k_{mod} associée au procédé MHM est celle du bois massif.

Le dimensionnement des éléments murs massifs est effectué suivant les principes de la norme NF EN 1995. La société MHM propose aux bureaux d'étude un module de calcul sur Tableur Excel pour le dimensionnement des murs MHM.

Les rigidités et contraintes de cisaillement peuvent être déterminées selon la norme DIN 1052 : 2004-08, annexe D.3. On considère la largeur maximum de la planche $b_{max} = 260$ mm, sauf si les éléments ont été fabriqués avec une largeur de planches définie et qu'ils sont marqués en conséquence.

La continuité des déplacements au niveau des interfaces entre les plis est assurée par assemblage mécanique. Le glissement entre ces plis collaborant est donc à prendre en compte lors de la détermination des rigidités.

7.1 Reprise 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.

Pour les chargements dissymétriques, la charge verticale est considérée comme excentrée de 1/6 de l'épaisseur du panneau. L'analyse est réalisée au second ordre.

La rigidité efficace en flexion est déterminée suivant :

$$(EI)_{eff} = EI_A + EI_B \cdot \frac{1}{1 + \frac{EI_B \cdot \pi^2}{S \cdot h^2}}$$

$$EI_A = E_{mean} \cdot m \cdot \frac{b \cdot d^3}{12}$$

$$EI_B = E_{mean} \cdot \sum_{i=1}^{m-1} r_i^2 \cdot A_i$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{d^2 \cdot (n-1) \cdot p \cdot \left(\frac{K_u}{e_x \cdot e_y} \right)}$$

r_i = distance du centre du pli nⁱ au centre de gravité ;

p = nombre de pointes par plan de croisement des plis (généralement 2) ;

$e_x \cdot e_y$ = surface du plan de croisement des plis ;

m = nombre de plis verticaux ;

n = nombre de plis ;

b = largeur du mur unitaire [1 m] ;

d = épaisseur d'un pli [m] ;

h = hauteur du mur MHM [m] ;

On vérifie alors que :

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

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

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$$

De la même manière on doit vérifier la capacité résistante des connecteurs sollicités en cisaillement.

A l'Etat Limite de Service, il convient de s'assurer que la flèche instantanée au second ordre soit limitée à

$$w'' = \frac{1}{1 - \frac{F_d}{P_{Ki}}} \cdot \left(\frac{5 \cdot q_k \cdot h^4}{384 \cdot (EI)_{eff}} \right) \leq \frac{l}{300}$$

q_k = la charge caractéristique du vent agissant perpendiculairement au mur ;

F_d = la charge verticale ;

P_{Ki} = charge critique d'Euler en prenant en compte la rigidité efficace en flexion.

7.2 Reprise des charges horizontales

Les panneaux MHM 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 MHM 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.

Le procédé MHM constitué d'au moins cinq plis de planches peut être utilisé pour le transfert des charges horizontales.

Pour les éléments de mur avec au moins neuf plis de planches dont la largeur b du mur est au moins la moitié de la hauteur h , il est possible, de supposer, avec un dimensionnement des éléments selon EN 1995-1-1, la résistance caractéristique du panneau $R_{v,k} = 2,75 \text{ kN/m}$.

La raideur rotationnelle des assemblage par plan de croisement des planches est définie par :

$K_{\rho,i} = \sum r_i^2 \cdot k_{ser}$, avec k_{ser} la raideur en cisaillement d'une pointe annelée en aluminium et r_i la distance entre les pointes formant l'assemblage d'un plan de croisement des planches.

La raideur en cisaillement D_{xy} d'un panneau de mur MHM est définie par :

$$\frac{1}{D_{xy}} = \frac{e_x \cdot e_y}{\sum K_{\rho,i}} + \frac{e_x}{G_{mean} \cdot d \cdot e_x \cdot \left(\frac{n+1}{2}\right)} + \frac{e_y}{G_{mean} \cdot d \cdot e_y \cdot \left(\frac{n-1}{2}\right)}$$

avec $\sum K_{\rho,i} = (n-1) \cdot K_{\rho,i}$ la raideur rotationnelle pour $(n-1)$ plan de cisaillement des planches ;

$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$ module de cisaillement du bois classé C24 selon EN 338 ;

On considère que la charge horizontale F , induit des moments identiques sur chaque plan de croisement des planches tel que :

$$M_{\rho} = \frac{F \cdot e_x \cdot e_y}{\sum K_{\rho,i}} \cdot K_{\rho,i}$$

L'effort de cisaillement que doit reprendre chaque pointe aluminium du plan de croisement des planches et alors calculé suivant :

$$N_d = \frac{M_{\rho}}{\sqrt{\left(\frac{e_x - 2 \cdot (5 \cdot D)}{2}\right)^2 + \left(\frac{e_y - 2 \cdot (5 \cdot D)}{2}\right)^2}} \cdot p$$

avec $5 \cdot D$ la distance au bord minimum à respecter pour les pointes, D étant le diamètre de pointe. On vérifie finalement que :

$$\frac{N_d}{R_d} \leq 1, \text{ avec } R_d \text{ la valeur de calcul de la résistance au cisaillement d'une pointe aluminium.}$$

A l'Etat Limite de Service, on vérifie que le déplacement v horizontal en tête de mur :

$$v = \gamma \cdot h \leq \frac{h}{500} \text{ avec } \gamma = \frac{F}{D_{xy}}$$

La vérification portera également sur la capacité résistante des points d'ancrage au cisaillement. La résistance des points d'ancrage face aux réactions verticales des panneaux doit être également vérifiée.

8. Mise en œuvre

Les panneaux sont livrés sur site par transport routier. La mise en œuvre sur chantier se fait à l'aide d'une grue. Toutes les parties de mur doivent être fixées et sécurisées sur le camion avant le transport. Les murs MHM doivent être soulevés avec des outils appropriés. L'accès dans la zone de chargement ou sous un mur lors du chargement est absolument interdit. Les éléments de murs doivent être protégés contre la pluie durant le transport et durant la phase de stockage sur le chantier.

Notice de montage

1^{ère} étape :



Montage et nivelage d'une semelle de montage.

2^{ème} étape :



Les éléments de mur sont placés sur la semelle de montage, sécurisés contre le basculement par un étaie. En partie basse, la liaison avec le soubassement en maçonnerie est assurée par vissage des panneaux sur la semelle de montage.

Les assemblages entre panneaux d'un même plan sont effectués avec des vis Spax-S Ø8 de longueur minimale 240 mm lardées à 45°. La profondeur de vissage en maçonnerie est assurée dans le second élément de mur est de $12d$ ($d = \text{Ø}8$). Le nombre de vis et l'espacement doit être déterminé par calcul (Figure 4).

B. Résultats expérimentaux

Agrément Allemand : Z-9.1-602 (Juin 2005) ;

Essais de cisaillement et de compression sur trumeau réalisés par l'Université Technique de Munich (Institut für Baustoffe und Konstruktion – MPA Bau), Rapport N°740001/05-1 (Novembre 2005) ;

Essai de résistance au feu selon EN 1365-1 réalisé au MFPA Leipzig GmbH, rapport d'essai Nr. PB III/B – 03-157 (octobre 2003) ;

Essai acoustique réalisé au MFPA Leipzig GmbH, rapport d'essai Nr. PB III/S – 02-245 (octobre 2002) ;

Essai de conductivité thermique réalisé au MFPA Leipzig GmbH, rapport d'essai Nr. PB III/W – 03-018 (avril 2004) ;

C. Références

Italie

Musterhaus/Bürogebäude 4 - Geschossig

(Maison témoin / Bureau (R+3))

Raro Haus

KlimahausGold+

Handwerkzone Vintl

Pustertaler Str. 22a

I-39030 Vintl (BZ)

Largaiolli Livio, Val di Sol :

Maison climatique "A"

2 appartements, 1 local affaire

Allemagne

Ev Kindergarten (Jardin d'enfant) Guter Hirte

Altvaterstr. 10

D-87789 Woringen

EFH Fam. Gietz

(Maison Familiale basse consommation)

Eischenstr.1

D-36151 Burghaun

Bürogebäude Fa. Hundegger

(Bureaux Usine de Fabrication machines outils Hundegger)

Kemptenerstr.1

D-87749 Hawangen

Musterhaus Karrer

(Maison témoin)

Untere Einöde 28

D-87789 Woringen

EFH Fam. Lämmle

(Maison Familiale basse consommation)

Höhenstr. 41

D-88430 Rot a.d. Rot

Autriche

Fabrikationshalle Fa.Holtzbau Maier

(Hall de fabrication Ets Holtzbau Maier)
Gewerbestr. 41

A-5733 Bramberg

EFH Fam. Mühlanger

(Maison Familiale basse consommation)

Mühlfelderstr. 73a

A-5710 Kaprun

EFH/Büro Ing. Klaes

(Maison basse consommation /Bureau d'ingénierie)

Langenweg 2

A-6691 Jungholz

Suisse

EFH Fam. Colella

(Maison Familiale basse consommation)

Freiweg 2

CH-8575 Bürglen

France

Bureau Hundegger France

Zone Industrielle

F-67620 Soufflenheim

Manigod

(Maison familiale basse consommation)

Zone Artisanale

F-74230 Thones

Maison Simon/Kurtz

(Maison familiale basse consommation)

4c impasse du Couvent

F-67350 Dauendorf

Maison Almeida

(Maison familiale basse consommation)

19 rue des Obépines

F-67350 Dauendorf

Maison Fisch

(Maison familiale basse consommation)

6 rue des Faisans

F-67350 Uhrwiller

Maison Weil

(Maison familiale basse consommation)

3 rue des Éperviers

F-67350 Uhrwiller

Tableaux et figures du Dossier Technique

Figure 1 : Plan de croisement des planches

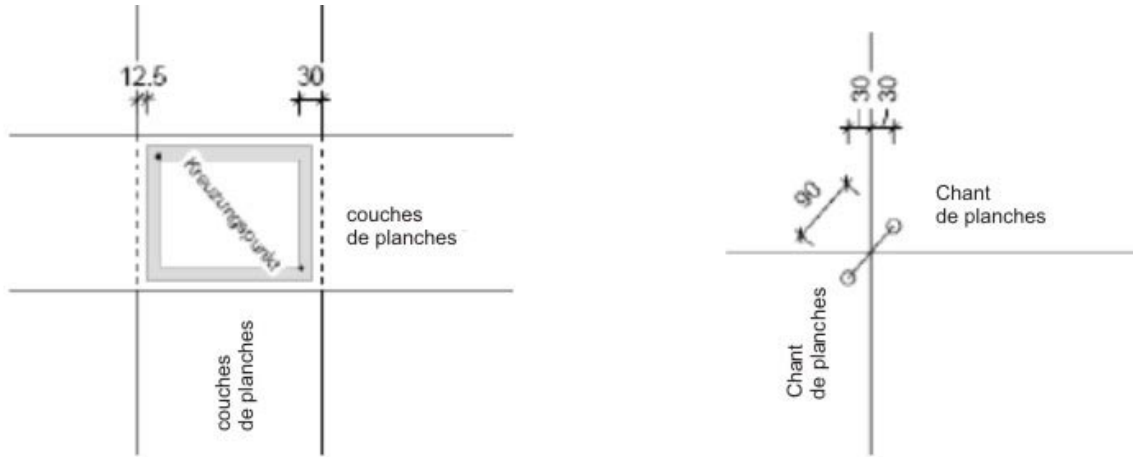
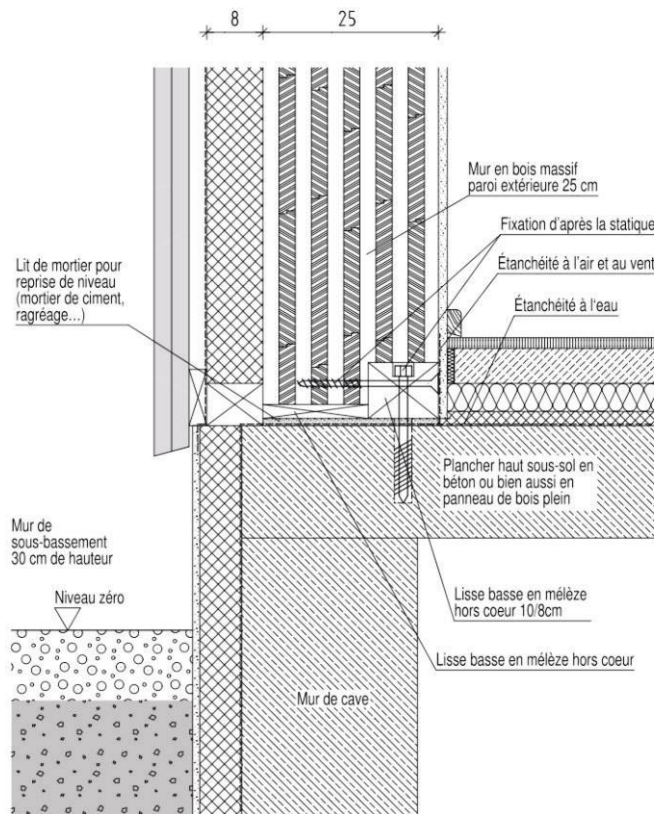


Figure 2 : Coupe verticale de l'ancrage mur/fondation



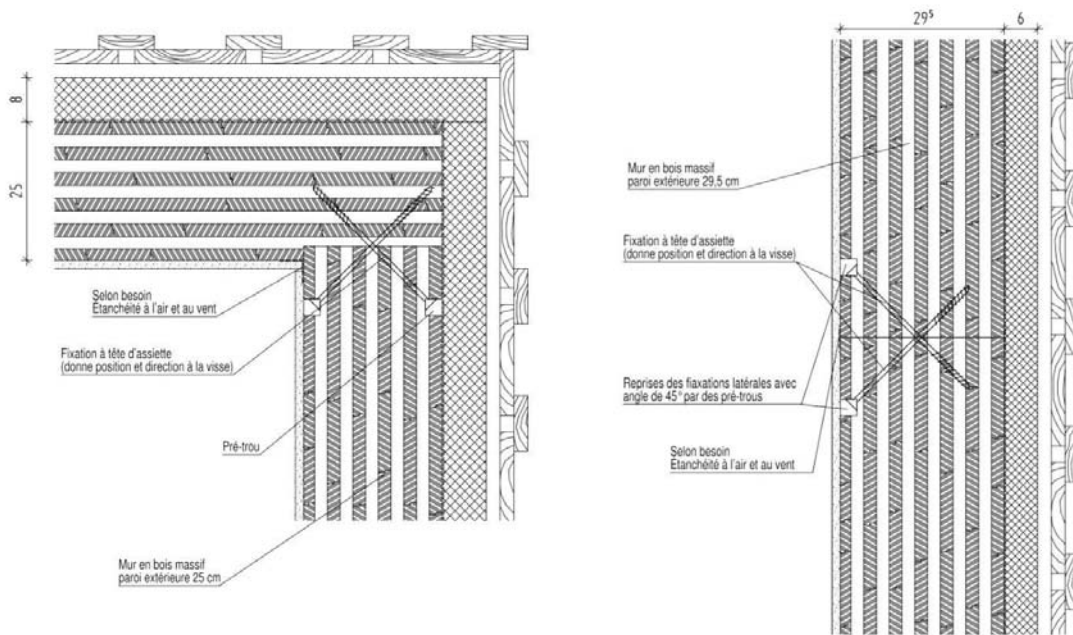
Massiv-Holz-Mauer

Détail 1.4 Raccordement de base

Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH
Auf der Gegehalde 41, D-87459 Pfronten-Weißbach
www.massivholzmauer.de

Paroi de bois de massif MHM 25cm avec
façade bois et enduit mural

Figure 3 : Coupes horizontales de jonctions murs



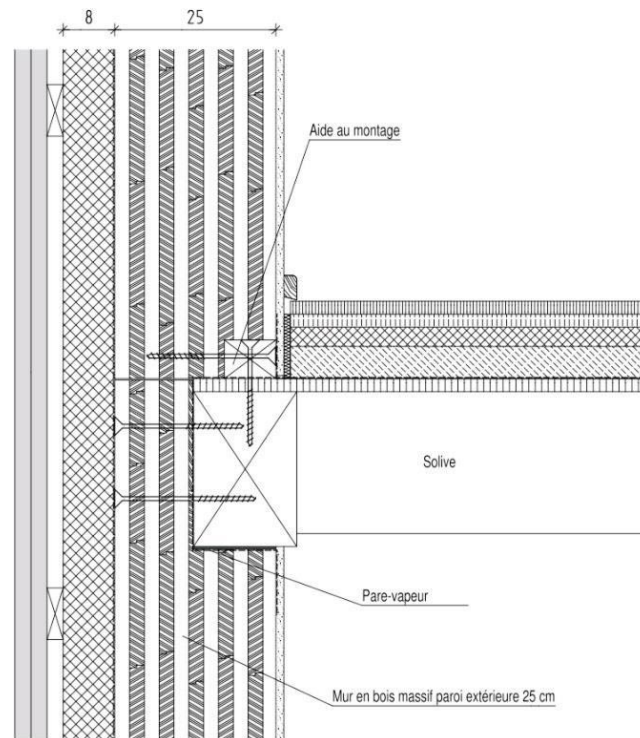
Massiv-Holz-Mauer
 Détail 2.8 Impact des éléments
 paroi extérieure 25 cm, Panneau de fibres de bois doux, Bardage

Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH
 Auf der Gegenhölde 41, D-87459 Priorten-Weilbach
 www.massivholzmauer.de

Massiv-Holz-Mauer
 Détail 2.9 Impact des éléments
 Impact des éléments
 MHM 29,5cm (Bardage)

Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH
 Auf der Gegenhölde 41, D-87459 Priorten-Weilbach
 www.massivholzmauer.de

Figure 4 : Coupe verticale assemblage mur/plancher



Massiv-Holz-Mauer
 Détail 3.6 Raccordement de couverture
 Solivage plein (Bardage)

Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH
 Auf der Gegenhölde 41, D-87459 Priorten-Weilbach
 www.massivholzmauer.de

Figure 5 : Coupes verticales assemblage mur/toiture

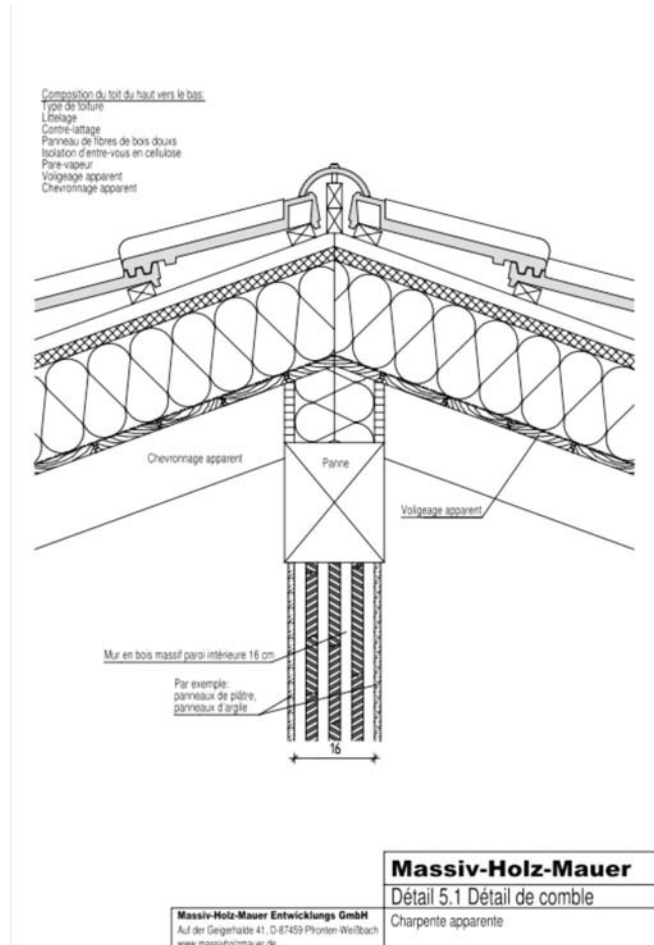


Figure 6 : Coupes verticales débord de toiture

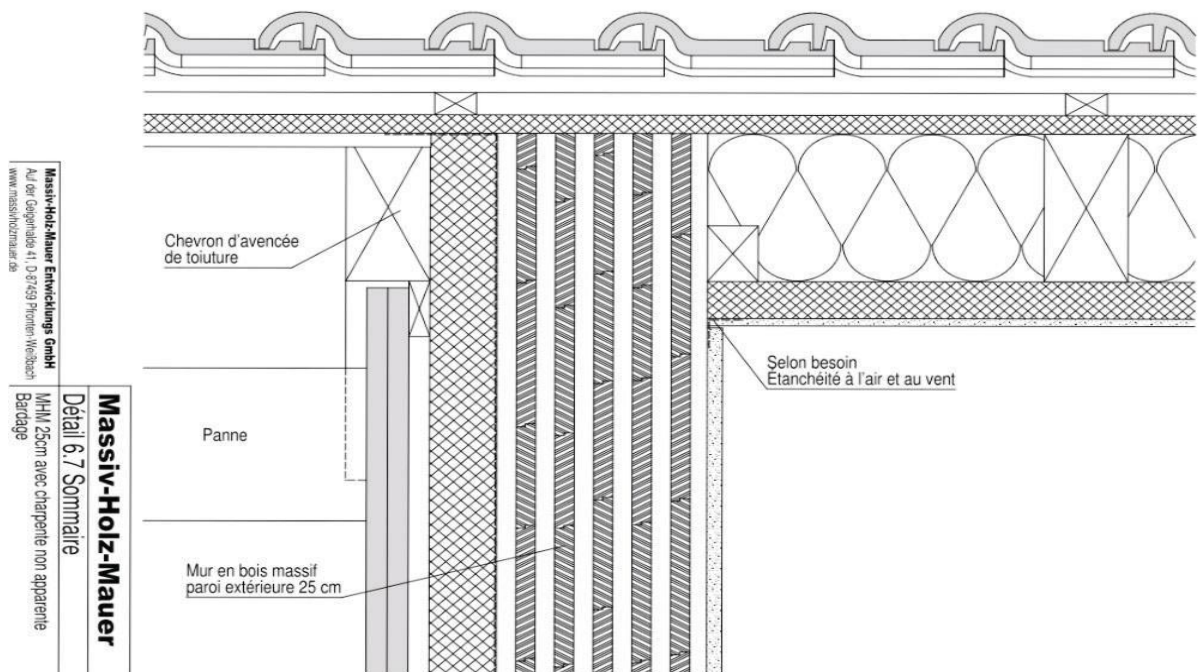
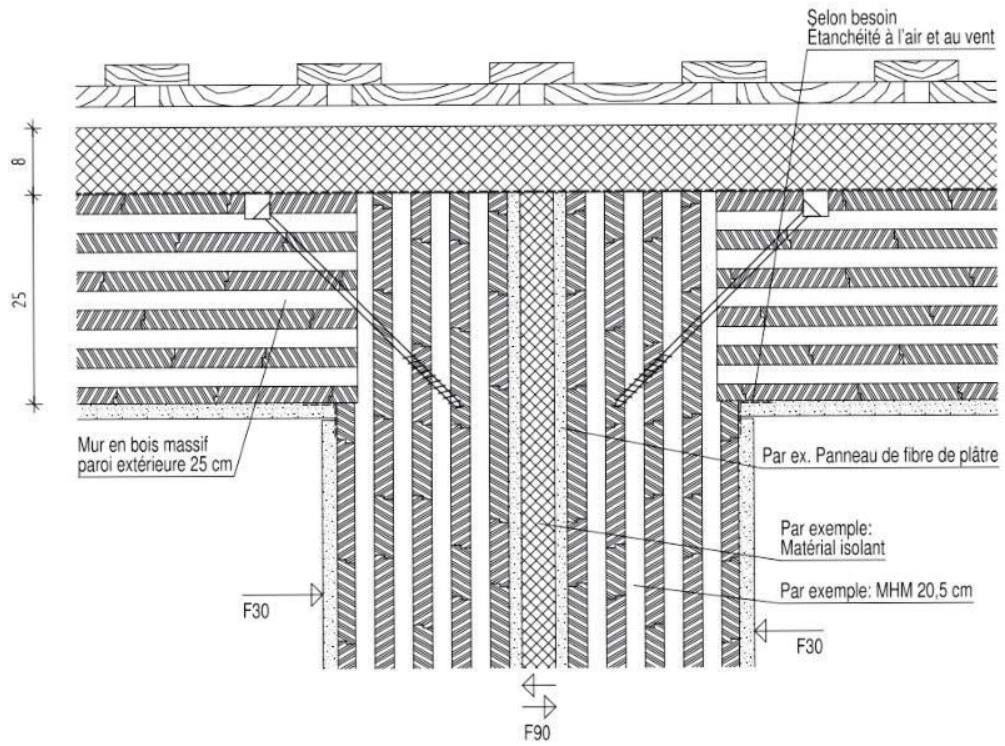


Figure 7 Coupe horizontale mur de refend, cloison séparative



Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH
Auf der Gangelstraße 41, D-87459 Proritten, Weilbach
www.massivholzmauer.de

Massiv-Holz-Mauer
Détail 8.5 Mur de séparation
Coupe horizontale (Bardage)