

Sur le procédé

UNILIN RWH

Famille de produit/Procédé : Panneaux de contreventement pour ossature

Titulaire(s) : Société UNILIN BVBA

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.2 - Murs et accessoires de mur

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version annule et remplace le Document Technique d'Application 3.2/20-1012_V2, examinée par le GS3.2 le 26 octobre 2023. Elle intègre les modifications suivantes : • Modification du nom commercial RWH 16 mm à RWH.	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Les plaques UNILIN RWH, mise sur le marché avec marque commerciale de « RWH », d'épaisseur 16 mm sont des panneaux de fibres de bois (MDF), décrit dans la norme NF EN 13986, conforme à la classe MDF.RWH selon la norme NF EN 622 -5. Ils ont une épaisseur de 16 mm avec des bords droits, de 1196 mm de largeur et de 2800 mm de hauteur standard. Les plaques sont composées de fibres de bois obtenu par un procédé à sec.

Les plaques RWH sont destinées à être fixées à l'extérieur (cf. Figure 1) ou à l'intérieur (cf. Figure 2), par un clouage ou agrafage périphérique sur la structure porteuse de murs à ossature en bois, conformes à la norme NF DTU 31.2, pour assurer le contreventement parallèle aux parois considérées.

Lorsque posées côté extérieur de l'ossature les plaques RWH doivent être protégées par un bardage rapporté conforme à la norme NF DTU 31.2 ou sous Avis Technique visant la pose sur Murs Ossature Bois. Comme panneau de contreventement, le panneau doit être bien ventilé et protégé par un pare-pluie conforme au DTU 31.2.

Le procédé UNILIN RWH peut être uniquement utilisé en tant que voile travaillant au sens du DTU 31.2.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté	4
1.1.1.	Zone géographique	4
1.1.2.	Ouvrages visés.....	4
1.2.	Appréciation.....	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	4
1.2.2.	Durabilité	6
1.2.3.	Impacts environnementaux	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	6
1.4.	Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé	6
1.4.1.	Préambule.....	6
1.4.2.	Dimensionnement sous charge statique ou quasi-statique.....	6
1.4.3.	Dimensionnement au séisme	9
2.	Dossier Technique.....	10
2.1.	Mode de commercialisation	10
2.1.1.	Coordonnées.....	10
2.1.2.	Mise sur le marché.....	10
2.1.3.	Identification.....	10
2.2.	Description.....	10
2.2.1.	Principe.....	10
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	11
2.3.	Dispositions de conception	12
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	12
2.4.1.	Principe de mise en œuvre	12
2.4.2.	Protection des plaques.....	13
2.4.3.	Traitement des joints.....	13
2.4.4.	Dispositions particulières et finitions.....	13
2.4.5.	Revêtements intérieurs.....	13
2.4.6.	Revêtements extérieurs	13
2.5.	Assistance technique.....	14
2.6.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	14
2.6.1.	Fabrication des Plaques RWH.....	14
2.6.2.	Contrôles de fabrication des Plaques RWH.....	14
2.7.	Mention des justificatifs.....	15
2.7.1.	Résultats expérimentaux	15
2.7.2.	Références chantiers.....	15
2.8.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre	16

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, moyennant les dispositions constructives définies dans le Dossier Technique.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé de panneaux de contreventement RWH d'épaisseur 16 mm sont utilisés dans les bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de la 1^{ère} à la 2^{ème} famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, dans le respect des limitations complémentaires ci-après.

Pour l'utilisation en voile travaillant le domaine d'emploi est limité au domaine d'emploi du NF DTU 31.2, en se limitant aux bâtiments R+2.

Le procédé utilisé en surélévation n'est pas visé par le présent Avis Technique.

Le domaine d'emploi est limité aux utilisations en tant que voile travaillant au sens du DTU 31.2. Ainsi, les éléments verticaux intégrant le procédé RWH 16 mm ne peuvent être associés qu'à des éléments de structure horizontaux conformes aux exigences du NF DTU 31.2.

L'utilisation du procédé en tant que voile de stabilité au sens du DTU 31.4 n'est pas visé par le présent Avis Technique

Le domaine d'emploi se limite par ailleurs :

- Aux bardages rapportés à lame d'air ventilée : aux limitations de hauteur du référentiel du bardage dont il relève (Avis Technique, Appréciation Technique de Transition, DTU ou Règles Professionnelles).

Le procédé est destiné à la réalisation d'ouvrages correspondant aux conditions des classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et des classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Les panneaux RWH sont utilisés dans des bâtiments à ossature bois en voile travaillant au sens du NF DTU 31.2, et peuvent être placés :

- Côté intérieur ;
- Côté extérieur.

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

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

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La stabilité des ouvrages à laquelle peuvent être associés, dans les limites résultantes de l'application des règles de dimensionnement décrites dans le Dossier Technique, les murs réalisés selon ce procédé, peut être normalement assurée.

1.2.1.2. Sécurité au feu

1.2.1.2.1. Réaction au feu

Les plaques RWH peuvent être classées suivant différentes conditions d'utilisation selon le Tableau 8 de la norme NF EN 13986 :

- E pour les conditions d'utilisation les plus courantes.

Dans les autres cas :

- D-s2,d2 sans lame d'air à l'arrière du panneau à base de bois ;
- D-s2,d2 avec une lame d'air fermée ou ouverte ne dépassant pas 22 mm à l'arrière du panneau à base de bois ;
- D-s2,d0 avec une lame d'air fermée à l'arrière du panneau à base de bois.

1.2.1.2.2. Résistance au feu

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les panneaux UNILIN RWH, disposé côté extérieur du

mur, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'appréciation de laboratoire de résistance au feu n° EFR-24-005064 délivrée par EFFECTIS pour des classements allant jusqu'à REI60.

L'ossature bois et le voile travaillant (mis en œuvre côté extérieure) doivent être protégés contre l'action du feu pendant la durée de stabilité requise par un écran de protection assurant à lui seul la totalité de la durée de stabilité requise. L'appréciation de laboratoire de résistance au feu n° EFR-24-005064 décrit les solutions d'écran de protection à même de satisfaire à cette disposition.

Pour les configurations non visées dans l'appréciation de laboratoire n° EFR 24-003761 nécessitant d'un degré de résistance au feu, un Avis de chantier conformément à l'Arrêté du 22 mars 2004 modifié devra être réalisé.

1.2.1.2.3. Propagation du feu par les façades

Conformément à l'appréciation de laboratoire n° EFR-24-003761, lorsque la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments, notamment vis-à-vis du Règlement de Sécurité pour la Construction formule des exigences relatives au risque de propagation du feu par les façades, les parois verticales à ossature bois pourvues de panneaux UNILIN RWH côté extérieure du mur, doivent satisfaire les dispositions du Guide Bois construction et propagation du feu par les façades (V4 du 26/07/2023), et notamment celles relatives à la mise en œuvre d'un écran thermique.

Pour les configurations non visées dans l'appréciation de laboratoire n° EFR 24-003761, un Avis de chantier conformément à l'Arrêté du 22 mars 2004 modifié devra être réalisé.

1.2.1.3. Sécurité en cas de séisme

Le panneau RWH fixé sur une ossature bois par agrafes et pointes a fait l'objet d'essais afin d'évaluer le comportement de ce type d'assemblage en sollicitation dynamique. Les rapports d'essais sont cités en référence au chapitre B du Dossier Technique.

Le panneau RWH peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions en Annexe « dimensionnement » de la partie Avis.

Seules les configurations ayant fait l'objet d'essais cycliques selon la norme EN 12512 peuvent être utilisées pour le dimensionnement en situation sismique soit :

- Classes de résistance minimum des éléments ossatures bois C18 ;
- Plaques d'épaisseur égale à 16 mm ;
- Agrafe en acier galvanisé de diamètre 1,51 mm et de longueur minimale 50 mm et pointes acier galvanisé, non lisses de longueur de 50 mm et de diamètre de 2,1 mm ;
- Entraxe des pointes et des agrafes sur la couture périphérique : 150 mm
- Entraxe des pointes et des agrafes sur le montant central (si présent) : 300 mm.

L'utilisation en situation sismique de plusieurs plaques sur le même parement, en réponse à des problématiques de résistance aux chocs ou de sécurité incendie, est proscrite.

1.2.1.4. Sécurité en cas de choc

Pour une utilisation en extérieur : L'élément de mur avec des Plaques RWH côté extérieur est conforme aux critères de la résistance aux chocs par un corps mou selon l'EN 12871 et aux critères de la résistance aux chocs de sécurité par un corps mou selon la NF P08-302, moyennant la mise en œuvre de montants d'ossature bois de dimensions minimum de 38 x 89 mm avec entraxe maximum de 600 mm et d'une plaque de plâtre de 12,5 mm côté intérieur.

Pour une utilisation en intérieur : la résistance au choc des plaques RWH n'a pas été évaluée et celle-ci devra être totalement assurée par le doublage rapporté.

La plaque RWH n'assure pas à elle seule la sécurité aux chocs de sécurité (cf. § 2.4.4.3 du Dossier Technique).

1.2.1.5. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre et de l'entretien

Le système permet de l'assurer normalement.

1.2.1.6. Isolation acoustique

Les murs RWH 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 peut nécessiter la mise en œuvre de matériaux d'isolation acoustique ou d'ouvrages complémentaires.

Selon la NF EN 13986, le coefficient d'absorption du panneau RWH est de

- 0,10 pour une plage de fréquences entre 250 Hz à 500 Hz ;
- 0,20 pour une plage de fréquences entre 1 kHz à 2 kHz.

Le respect des exigences réglementaires devra être justifié par une évaluation acoustique du système. Sinon, les performances acoustiques de l'ouvrage doivent être vérifiées in situ. En effet, les outils de calcul ne permettent pas actuellement de prévoir la performance acoustique à la conception des constructions légères.

1.2.1.7. Isolation thermique

Les plaques RWH n'apportent qu'une très faible contribution à l'isolation thermique des murs.

Le coefficient de conductivité thermique des plaques RWH est $\lambda = 0,10 \text{ W/m.K}$.

1.2.1.8. Finition et aspect

Les faces intérieures permettent de recevoir les finitions usuelles.

1.2.1.9. Suspension d'objets

Les plaques permettent la suspension des éléments de décoration (rideaux, ...). La suspension des équipements devra être réalisée en se fixant sur l'ossature.

1.2.2. Durabilité

La durabilité des Plaques RWH peut être considérée comme équivalente à celle des plaques traditionnelles conformes à la norme NF DTU 31.2, sous réserve de la mise en place d'un bardage, d'un pare-pluie et d'un pare vapeur.

1.2.3. Impacts environnementaux

1.2.3.1. Données environnementales

Le procédé plaque RWH ne dispose d'aucune déclaration environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.2.3.2. Aspects sanitaires

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le caractère non traditionnel du procédé réside dans la classe technique des plaques de fibre bois RWH qui n'est pas visée par la norme NF EN 1995-1-1 et son annexe nationale et par la norme NF DTU 31.2.

Le Groupe tient à rappeler que les plaques RWH assurent exclusivement la fonction de panneau de contreventement. La fonction pare-pluie n'est pas visée. Enfin, la règle dite du facteur 5 au sens du DTU 31.2 n'est pas visée par le présent Avis Technique

1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé

1.4.1. Préambule

Le dimensionnement est réalisé par le Bureau d'Études structures de l'opération. Il est réalisé sur la base du DTU 31.2 et de la NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale, complété par les dispositions données dans la présente annexe.

Le calcul des efforts admissibles par mur participant au contreventement devra être effectué en considérant le nombre de panneaux inclus dans chaque mur diminué de 1 panneau entier.

1.4.2. Dimensionnement sous charge statique ou quasi-statique

L'évaluation de la résistance des charges horizontales est basée sur le calcul de la charge admissible en considérant la capacité résistante (ELU) des voiles de contreventements, mais également en calculant la déformation admissible en tête de mur (ELS) en respectant un critère de déformation maximum de $h/500$ (cf. EN 1995-1-1 § 9.2.5.3).

La valeur de la résistance des voiles est calculée conformément à la norme NF EN 1995-1-1 et son annexe nationale – méthode A. La capacité résistante des fixations est déterminée expérimentalement dans les Rapports n° 10161 et n° 140291 pour les agrafes et Rapport n° 140291b pour les pointes. **Seules les fixations en acier galvanisé sont autorisées à être utilisées avec le procédé UNILIN RWH.** La déformation en tête de mur est déterminée conformément au programme AQCEN EC5 de IRABOIS, en collaboration avec le FCBA.

La justification mécanique des plaques RWH et des éléments d'ancrage aux fondations et des organes de fixation des RWH entre eux ou avec d'autre composants structuraux doit se faire essentiellement vis-à-vis de :

- La charge permanente (poids propre des plaques, revêtements extérieur et intérieur rapportés, poids propres des planchers et des toitures, ...) ;
- La charge d'exploitation ;
- Des actions climatiques (vent et neige) ;
- La situation accidentelle de séisme.

Les diaphragmes de mur sont encastres en pied, c'est-à-dire que les éléments verticaux aux extrémités sont directement reliés à la construction inférieure par cornières en acier galvanisé fixées directement sur les montants d'extrémité des panneaux et chevillées dans la dalle support ou par une semelle ancrée sur la dalle support par des chevilles conformément aux prescriptions du DTU31.2 et de la NF EN 1995-1-1 et son AN.

Les valeurs de capacité résistante au contreventement d'un diaphragme de mur supposent que :

- L'espacement maximum entre les agrafes ou pointes en périphérie est de 150 mm et l'espacement maximum sur les montants intermédiaires est le double de l'espacement en périphérie sans dépasser 300 mm
- La largeur du panneau doit toujours être supérieure à $h/4$, avec un minimum de 600 mm. Les largeurs inférieures ne pouvant pas être prises en compte pour un emploi en contreventement. Les voiles contreventement participant au diaphragme de mur ne comportent pas d'ouverture ;
- Les montants verticaux de l'ossature en bois ont un entraxe maximum de 600 mm, avec une classe mécanique minimale C18 selon la norme NF EN 338 ;
- L'usage des plaques RWH en contreventement n'est pas autorisé en combinaison avec d'autres types de plaques, ni d'autres épaisseurs ;
- Pour des panneaux de murs avec des plaques des deux côtés de l'ossature, il convient de prendre pour la capacité résistante au contreventement du mur, la somme des capacités résistantes au contreventement de chacun des deux côtés.

Les fixations sont :

- Des agrafes conformes à la norme NF EN 14592, avec une protection à la corrosion conforme à la norme NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale pour une classe de service 2 (galvanisées). Les agrafes ont une section carrée de 1,51 mm avec une longueur de 50 mm et une largeur de la tête de 10,85 mm, ou ont une section carrée de 1,48 mm, une longueur de 45 mm et une largeur de 11 mm. Les agrafes ont une résistance de traction minimale de 800 N/mm² ;
- Des pointes conformes à la norme NF EN 14592, avec une protection à la corrosion conforme à la norme NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale pour une classe de service 2 (galvanisées). Les pointes non-lisses ont un diamètre de 2,1/2,4 mm, une longueur de 50 mm et un diamètre de la tête du clou de 5,5 mm ;
- Pas disposées à moins de 10 mm des bords, conformément à la norme NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale.

Les plaques RWH ne sont pas destinées à la reprise des charges verticales.

Pour les plaques posées du côté intérieur, la résistance aux chocs est intégralement assurée par le doublage rapporté.

1.4.2.1. Vérification des organes d'assemblages (ELU)

La valeur de calcul de la résistance de contreventement d'un mur, $F_{v,Rd}$ est définie comme la somme des résistances de chaque panneau plein, $F_{i,v,Rd}$ constituant le diaphragme de mur.

$$F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd}$$

La détermination de la valeur de calcul de la capacité résistante au contreventement en fonction de la largeur du panneau s'effectue en utilisant la méthode A de NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale :

Calcul de la capacité résistante caractéristique au contreventement d'un panneau individuel, notée $F_{v,Rk}$, donnée par la formule ci-dessous (méthode A – formule 9.21) :

$$F_{v,Rk} = \frac{1,2 \times F_{f,Rk} \times b \times c}{s}$$

Avec :

$F_{f,Rk}$: valeur caractéristique de la capacité résistante latérale d'une fixation isolée.

b : largeur du panneau.

s : espacement entre les fixations en périphérie du panneau RWH.

c :

- 1 si $b \geq h/2$ (h , hauteur du mur) ;
- $2b/h$ si $b < h/2$.

Multiplicateur 1,2 en tenant compte de la condition que les fixations soient fixées sur la périphérie de chaque panneau.

La valeur caractéristique de la capacité résistante au cisaillement des fixations (des agrafes et des pointes) est définie par agrafe et par pointes en simple cisaillement $F_{f,Rk}$.

Pour les panneaux en fibres de bois (RWH) de densité moyenne, la valeur caractéristique de la capacité résistante au cisaillement, $F_{f,Rk}$ est déterminée par essai selon la norme NF EN 1381 pour les agrafes et selon la norme NF EN 1380 pour les pointes.

Les valeurs caractéristiques sont déterminées selon la norme NF EN 14358.

1.4.2.2. Calcul de la résistance caractéristique au cisaillement des fixations

La valeur caractéristique de la capacité résistante au cisaillement des fixations (des agrafes et des pointes) est définie par agrafe et par pointes en simple cisaillement $F_{f,Rk}$:

Type de fixation	Dimensions	$F_{f,Rk}$ (N)
Agrafe	10,85 x 50 mm – $\varnothing = 1,51$ mm	691
	11,00 x 45 mm – $\varnothing = 1,48$ mm	657
Pointes	l = 50 mm $\varnothing = 2,1$ mm $\varnothing = 2,4$ mm $\varnothing$ (tête) = 5,5 mm	495

Tableau 1 - Résistance caractéristique au cisaillement des fixations

Type de fixation	Dimension de la plaque (mm)	Dimensions (en mm)	Espacement maxi en périphérie (mm)	Charge horizontale caractéristique $F_{v,Rk}$ (kN)
Agrafe	2800x1196	$\varnothing 1,51 \times 50$	150	5,65
		$\varnothing 1,48 \times 45$	150	5,37
Pointes		$\varnothing 2,1 \times 50$ $\varnothing 2,4 \times 50$	150	4,05

Tableau 2 - Valeurs de la résistance caractéristique au contreventement

La résistance de calcul d'un panneau en contreventement $F_{i,v,Rd}$ est déduite de la valeur caractéristique selon l'équation suivante :

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{v,Rk} \times k_{mod}}{\gamma_m}$$

avec :

$$\gamma_m = 1,3$$

$k_{mod} = 0,70$, défini par le facteur de modification k_{mod} d'un assemblage de deux éléments en bois avec un fonctionnement différent dans le temps. $k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} * k_{mod,2}}$ pour un assemblage avec bois massif ($k_{mod,1} = 1,1$) et plaques RWH ($k_{mod,2} = 0,45$) en usage en classe de service 2 et action instantanée (vent).

1.4.2.3. Déformation en tête de mur (ELS)

La déformation en tête de mur est déterminée conformément aux « Manuels d'application des Eurocodes pour les structures bois », Programme AQCEN EC5 de IRABOIS et FCBA.

La charge horizontale admissible du mur vis-à-vis des déformations (ELS), en prenant en compte une déformation qui est dans tous les cas inférieure au 1/500ème de la hauteur du panneau (conforme à la norme NF EN 1995-1-1), s'écrit :

$$F_{v,Rd} = K \cdot \frac{h}{500}$$

Avec :

- h : la hauteur du mur.
- K : la raideur d'un panneau de mur de la paroi.

La raideur horizontale K, décrite au guide AQCEN (formule 18 – Section 2.2), s'exprime par :

$$K = \left(\frac{2}{k_{ser,f} * \left(b + \frac{h}{3}\right) + k'_{ser,f} * \frac{h}{6}} + \frac{2 * h^2}{k_{ser,f} * b^2 * \left(h + \frac{b}{3}\right)} \right)^{-1}$$

Avec les paramètres suivants :

Pour la déformation à l'état initial :

$$k_{ser,f} = \frac{K_{ser,i}}{S}$$

- $K_{ser,i}$: la module de glissement des fixation, déterminé à la section 7 de la norme NF EN 1995-1-1 en fonction de la masse volumique du panneau RWH, de la masse volumique du support et des dimensions des fixations.

- s : l'espacement des fixations en couture périphérique en mm.

$$k'_{ser,f} = \frac{K_{ser,i}}{s'}$$

- s' : l'espacement des fixations en couture centrale en mm.
- b : la largeur d'un panneau de mur de la paroi en mm.
- h : la hauteur du mur en mm.

Les utilisations pour lesquelles les plaques RWH sont soumises à des charges horizontales permanentes sont exclues étant donné que la valeur k_{def} n'est pas déterminée dans la norme NF EN 1995-1-1 et son annexe nationale pour les classes techniques des plaques RWH.

1.4.3. Dimensionnement au séisme

La justification en zone sismique des structures contreventées en panneaux RWH doit être menée en suivant le principe de comportement de structure faiblement dissipatif (DCL) conformément à la norme NF EN 1998-1-1 (cf. § 8.1.3 et § 8.6 (2)P).

Les effets des actions sont calculés sur la base de la méthode des forces latérales équivalentes du § 4.3.3.2 de la norme NF EN 1998-1-1.

Le spectre de calcul est déterminé à partir du spectre de réponse élastique en accélération en appliquant un coefficient de comportement ne pouvant excéder $q = 1,5$ (DCL).

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

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

- Seules les configurations ayant fait l'objet d'essais cycliques selon la norme EN 12512 peuvent être utilisées pour le dimensionnement en zone d'exigence sismique soit :
 - Plaques RWH d'épaisseur 16 mm uniquement ;
 - Agrafe en acier galvanisé de diamètre 1,51 mm et de longueur minimale 50 mm ;
 - Pointes en acier galvanisé de diamètre 2,1 mm et de longueur minimale 50 mm ;
 - Entraxe des agrafes et des pointes sur la couture périphérique : 150 mm ;
- Entraxe des agrafes et des pointes sur le montant central (si présent) : 300 mm.
- L'utilisation en situation sismique de plusieurs plaques sur le même parement, en réponse à des problématiques de résistance aux chocs ou de sécurité incendie, est proscrite ;

Étant donné le caractère fortement élastique des murs réalisés avec des plaques RWH en contreventement, on accordera un soin particulier aux vérifications de sécurité :

- Prise en compte effective du coefficient de comportement dans le calcul des déformations (cf. EN 1998-1-1 § 4.3.4) ;
- Vérification de la prise en compte des effets du second ordre (effets combinés des charges descendantes et du déplacement horizontal sur l'apparition éventuelle d'un risque de flambement) selon la norme NF EN 1998-1 § 4.4.2.2 ;
- Vérification de limitation des déplacements entre étages dans le cadre de la limitation de dommage des éléments de second œuvre selon la norme NF EN 1998-1 § 4.4.3 ;
- La conception de l'ouvrage suivant le principe de comportement de structure dissipatif impose de porter la plus grande attention à la conception des assemblages entre plaques et ossatures au regard des efforts de cisaillement engendrés par l'action sismique. A ce titre, il convient :
 - De hiérarchiser les zones de rupture dans les organes d'assemblage des plaques en vérifiant la résistance suffisante des plaques dont la rupture en cisaillement est considérée fragile ;
 - D'exploiter la source de ductilité des organes d'assemblage des ancrages et équerres, la justification de la capacité résistante étant menée suivant les principes de la norme NF EN 1995-1-1 au § 8.2 en s'assurant que le mode de rupture obtenu est celui de la plastification de l'organe d'assemblage ;
 - De s'assurer que le dimensionnement des ancrages de la structure ossature bois sera réalisé en appliquant les principes du dimensionnement en capacité de la norme NF EN 1998-1 en considérant un coefficient de sur-résistance pour l'ancrage tel que défini au § 4.4.2.6 de cette norme.
- La distance au bord des fixations est au moins de :
 - 7d pour les fixations situées dans les angles de la plaque ;
 - 4d pour les autres fixations.

Conformément à la norme NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale, la distance au bord des fixations doit être d'au moins 10 mm.

La largeur de l'élément de mur doit toujours être au moins égale à $h/4$ (h, hauteur de l'élément de mur) avec un minimum de 60 cm.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire(s) :

Société UNILIN BVBA.

Ooigemstraat 3

B - 8710 Wielsbeke – Belgique

Tél. : +32 56 66 70 21

Email : info.panels@unilin.com

Internet : www.unilin.com

2.1.2. Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011 le produit « RWH » fait l'objet d'une déclaration de performances (DdP) établie par la société UNILIN BVBA qui met le produit sur le marché sur la base de la norme NF EN 13986+A1.

Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

2.1.3. Identification

Les plaques portent la marque commerciale de RWH. Les panneaux sont produits en paquets complets avec sur chaque paquet une étiquette avec information sur (non limitative) :

- Nom producteur : UNILIN ;
- Nom article : RWH ;
- Dimensions et épaisseur ;
- Nombre dans le paquet ;
- Numéro d'article ;
- Numéro PO (ordre de production) ;
- Marquage CE ;
- CE-UNILIN-RWHv1 EN 13986 :2004+A1 :2015-AVCP_-16,0 mm-RWH-E1.

Les produits mis sur le marché portent le marquage CE accompagné des informations visées par l'annexe ZA de la norme NF EN 13986.

Les déclarations des performances du produit RWH sont publiées sur le site internet de Unilin :

<https://www.unilinpanels.com/fr-FR/RWH>

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les plaques RWH sont des panneaux de fibres de bois (MDF), décrit dans la norme NF EN 13986, conforme à la classe MDF.RWH selon la norme NF EN 622-5.

Les plaques RWH sont composées de fibres de bois obtenu par procédé à sec, destiné à être utilisé en voile de contreventement de bâtiments à ossature en bois, dont l'ossature est conforme au NF DTU 31.2, fixées à l'extérieur (cf. Figure 1) ou à l'intérieur (cf. Figure 2).

Les plaques RWH permettent, par un clouage ou agrafage périphérique sur l'ossature, de reprendre des efforts de contreventement.

Utilisé à la face extérieure, cette face doit être protégée par un bardage rapporté et un pare-pluie conformes au NF DTU 31.2 ou sous Avis Technique visant la pose sur Murs Ossature Bois (cf. Figure 1) ou à l'intérieur (cf. Figure 2).

La superposition de panneaux sur un même côté n'est pas visée par l'Avis.

Les planchers intermédiaires en béton ne sont pas visés par l'Avis.

Les fixations de charges rapportées sur les plaques RWH ne sont pas visées par l'Avis.

L'association avec un ETICs n'est pas visée par le présent Avis.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Description des plaques

Les plaques RWH d'épaisseur 16 mm sont composées de fibres de bois encollées de type MDF conforme aux descriptions RWH dans les normes NF EN 13986 et NF EN 622-5.

Les plaques RWH sont composées des matières suivantes :

- Fibres de bois résineux et feuillu ;
- Colle mélamine urée formol (MUF) ou colle disocyanate de diphenylméthylène (pMDI) ;
- Produit hydrophobant (émulsion de paraffine).

L'encollage des fibres se fait directement après le défibrage de bois.

Les dimensions courantes de fabrication RWH sont 2800 x 1196 x 16 mm pour les plaques à chants droits, seuls les longueurs et largeurs peuvent varier.

Les tolérances de fabrication sont conformes à la norme NF EN 622-1 :

- Largeur : +/- 2 mm/m ;
- Longueur : +/- 2 mm/m ; max. +/- 5 mm ;
- Épaisseur : +/- 0,2 mm ;
- Équerrage : +/- 2 mm/m.
- Tolérance sur la masse volumique moyenne à l'intérieur d'un panneau peut se situer jusqu'à +/- 7 % (NF EN 622-1).
- Le poids indicatif d'une plaque :
 - RWH 2800 x 1196 x 16 mm : 32,7 kg.
- La stabilité dimensionnelle selon NF EN 318 indique un allongement de 1,3 mm/m pour une variation de l'humidité relative de l'air de 30 à 85 % à 20°C (Rapport 10143).

Le marquage CE indique la conformité des plaques à la norme NF EN 13986 et son annexe ZA et à EN 622-5 type RWH.

Les caractéristiques physiques et mécaniques des plaques sont les suivantes :

Propriété	Unités	RWH	Norme
Masse volumique	[kg/m ³]	610	NF EN 323
Module d'élasticité	[N/mm ²]	≥ 1600	NF EN 310
Contrainte de rupture	[N/mm ²]	≥ 14	NF EN 310
Cohésion interne	[N/mm ²]	≥ 0,30	NF EN 319
Gonflement en épaisseur en 24 h	[%]	≤ 10	NF EN 317
Gonflement en épaisseur après essai cyclique	[%]	≤ 15	NF EN 321
Cohésion interne après essai cyclique	[N/mm ²]	≥ 0,15	EN 321
Teneur en humidité	[%]	6-10	EN 322
Classe de formaldéhyde	[-]	E1	EN 13986
Teneur en pentachlorophénol	[ppm]	<5	EN 13986
Classement de réaction au feu	[-]	E D-s2,d0 D-s2,d2	EN 13986
Conductivité thermique	[W/m°K]	0,10	EN 13986
Résistance thermique	[m2.K/W]	0,16	EN 12667
Coefficient d'absorption bruit (plage 250-500 Hz)	[-]	0.10	EN 13986
Coefficient d'absorption bruit (plage 1-2 kHz)	[-]	0.20	EN 13986
Coefficient à la diffusion de vapeur d'eau μ sèche	[-]	19,2	EN 12572
Coefficient à la diffusion de vapeur d'eau μ humide	[-]	12	EN 13986
Épaisseur de lame d'air équivalente S _d	[m]	0,31	EN 12572

Tableau 3 - Caractéristiques physiques et mécaniques de plaques RWH

2.2.2.2. Fixations

Les pointes ont une protection à la corrosion conforme à la norme NF EN 1995-1-1 et son annexe nationale pour une classe de service 2 (galvanisées).

- Pointes Ø 2,1/2,5 mm, longueur 50 mm, diamètre de tête 5,5 mm, en acier galvanisé, non lisses (striés, crantés, torsadés, annelés) conforme à la norme NF EN 14592.

Les agrafes ont une protection à la corrosion conforme à la norme NF EN 1995-1-1 et son annexe nationale pour une classe de service 2 (galvanisées).

- Agrafes Ø 1,51 mm, longueur 50 mm et de largeur de tête 10,85 mm, en acier galvanisé FM 18 conforme à la norme NF EN 14592 ;
- Agrafes Ø 1,48 mm, longueur 45 mm et de largeur de tête 11 mm, en acier galvanisé FM 18 conforme à la norme NF EN 14592.

2.2.2.3. Composition des parois

La nécessité de la mise en œuvre d'une barrière à la diffusion de vapeur d'eau est fonction du type de mur selon la norme NF DTU 31.2. Un film pare-vapeur conforme à la norme NF DTU 31.2 devra être mis en place dans les murs extérieurs comportant une paroi RWH.

Les éléments d'ossature sont conformes à la norme NF DTU 31.2.

2.3. Dispositions de conception

Le dimensionnement des murs à base de plaques RWH est réalisé conformément à l'annexe de dimensionnement de la partie Avis.

Le dimensionnement est réalisé par le Bureau d'Études structures de l'opération.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Principe de mise en œuvre

Les plaques détériorées devront être mises en rebut.

La mise en œuvre s'effectue suivant des méthodes identiques à celles utilisées pour des plaques de contreventement d'une autre nature, visées par le NF DTU 31.2.

Lorsque mises en œuvre côté extérieur et associées avec un revêtement extérieur de type bardage rapporté, elles seront protégées à l'avancement par un film souple pare-pluie conforme à la norme NF EN 13859-2 et suivant les prescriptions de la norme NF DTU 31.2.

Les éléments de planchers intermédiaires, posés sur lisse haute ou posés sur muralière, sont conformes à la norme NF EN DTU 31.2.

Les planchers constitués en béton ou de profilés métalliques ne sont pas visés.

Les plaques RWH sont fixées par clouage ou agrafage sur une ossature en bois conforme aux spécifications du DTU 31-2 avec les spécifications suivantes.

Pour la mise en œuvre des plaques RWH à bords droits, les montants d'ossature ont une épaisseur minimale de 45 mm au niveau des jonctions de plaques et en partie courante.

Les agrafes et les pointes ne doivent pas être disposées à moins de 10 mm des bords ou du fond de rainure, conformément à la norme NF EN 1995-1-1.

L'espacement maximum entre les agrafes ou les pointes en périphérie est de 150 mm et l'espacement maximum sur les montants intermédiaires est le double de l'espacement en périphérie sans dépasser 300 mm (cf. Figure 2).

Les agrafes sont inclinées avec un angle maximal de 30° à la verticale.

Les plaques RWH doivent être systématiquement associées à la mise en place d'un pare-vapeur et d'un pare-pluie pour les murs extérieurs.

Un mur est constitué d'une ou plusieurs plaques, où chaque panneau de mur consiste en un panneau RWH fixé sur un côté d'une ossature en bois avec les conditions suivantes :

- L'espacement entre les organes d'assemblage (pointes et agrafes) est constant et conforme aux valeurs mentionnées ci-dessus (en périphérie et sur montant intermédiaire)
- Chaque panneau a une hauteur maximale de 2800 mm limitée à 4 x la largeur du panneau ;
- Les montants verticaux de l'ossature en bois ont un entraxe maximum de 600 mm ;
- Le bois de l'ossature est de classe mécanique minimale C18 selon la norme NF EN 338 ;
- Les fixations sont conformes à la norme EN 14592 :
 - Agrafes ou pointes en acier FM18 acier galvanisé ;
 - D'une longueur minimale assurant une longueur de pénétration dans l'ossature de 35 mm ;
- Les plaques participant au diaphragme de mur ne comportent pas d'ouverture.
- La constitution des murs, décrite ci-dessus, permet leur emploi en contreventement.

2.4.2. Protection des plaques

Les Plaques doivent être transportés et stockés à l'abri de l'eau et sans contact avec le sol. L'humidité des plaques livrées sur chantier doit être de 7 à 13 %.

Au moment de leur mise en œuvre, les plaques RWH doivent avoir un taux maximal d'humidité de 16 %. L'humidité du bois composant la structure ne doit pas dépasser la limite admise de 18 %.

Les prescriptions liées à la protection des plaques lors du transport, de la livraison et du montage devront répondre aux exigences de la norme NF DTU 31.2.

La mise hors d'eau des plaques supports sera systématiquement exécutée sans délai. Lorsqu'un risque d'exposition aux intempéries est à craindre, un bâchage efficace devra être assuré par l'entreprise ayant posé les plaques supports.

2.4.3. Traitement des joints

2.4.3.1. Plaques RWH à bords droits

Un joint de dilatation vertical de 4 mm doit être prévu entre les plaques pour tenir compte des variations dimensionnelles des Plaques.

Les joints verticaux entre plaques, en partie courante, ne nécessitent pas de traitement particulier.

2.4.4. Dispositions particulières et finitions

2.4.4.1. Locaux humides

Les plaques RWH ne doivent pas être directement exposées au milieu humide. Un parement intérieur sera mis en œuvre pour répondre aux exigences des pièces humides.

2.4.4.2. Protection incendie

Les ossatures doivent être protégées contre l'action du feu pendant la durée de stabilité au feu requise. La résistance au feu doit être assurée par un écran de protection assurant à lui seul la totalité de la résistance au feu requise.

2.4.4.3. Comportement aux chocs

Pour une utilisation côté extérieur du mur : l'élément de mur avec des plaques RWH d'une épaisseur 16 mm côté extérieur est conforme aux critères de la résistance aux chocs de sécurité par un corps mou selon la NF P08-302, moyennant la mise en œuvre de montants d'ossature bois de dimensions 38 x 89 mm avec entraxe maximum de 600 mm et d'une plaque de plâtre de 12,5 mm côté intérieur.

Pour une utilisation côté intérieur du mur : l'élément de mur avec des plaques RWH d'une épaisseur 16 mm côté intérieur est conforme aux critères de résistance aux chocs de sécurité par un corps mou selon la NF P08-302, moyennant la mise en œuvre de montants d'ossature bois de dimensions 44 x 94 mm avec entraxe maximum de 600 mm.

2.4.4.4. Equipements techniques

Dans le cas où des équipements techniques doivent être intégrés aux parois de mur, un vide technique pour le passage des gaines, des tuyaux et la pose des boîtes d'encastrement électriques doit être ménagé, pour éviter tout percement du film pare-vapeur et du panneau de contreventement (cf. Annexe B §B.2 de la NF DTU 31.2 P2).

La mise en œuvre des tasseaux horizontaux ménageant un vide technique assure l'intégrité du film pare-vapeur. Pour ce faire, la largeur des tasseaux sera d'au moins 45 mm et l'épaisseur :

- Pour les parois ne comportant pas de boîtes d'encastrement, doit être supérieure ou égale à 25 mm et adaptée au diamètre des gaines circulant le vide technique
- Lorsque des boîtes d'encastrement sont prévues, doit être égale à la profondeur de boîte moins l'épaisseur du parement intérieur.

2.4.5. Revêtements intérieurs

2.4.5.1. Panneaux de finitions

La plaque RWH n'assure pas le revêtement intérieur.

Il n'est pas autorisé la superposition de plaques RWH.

2.4.6. Revêtements extérieurs

2.4.6.1. Bardage Rapporté

Le système de bardage utilisé devra répondre aux exigences de la norme NF DTU 31.2, ou fera l'objet d'un Avis Technique valide visant son emploi sur Construction à Ossature Bois.

2.5. Assistance technique

La société UNILIN Division ne pose pas elle-même les plaques RWH. La mise en œuvre est effectuée par des entreprises de pose auxquelles elle apporte à leur demande, son assistance technique. Elle assiste aux questions concernant la production, les caractéristiques du produit RWH et la façon de poser les plaques.

Le dimensionnement est réalisé par un BET externe auquel UNILIN apporte son assistance technique à leur demande.

2.6. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.6.1. Fabrication des Plaques RWH

La fabrication des Plaques RWH est assurée par la société UNILIN division panels sur le site de production de Vielsalm en Belgique. La fabrication est industrialisée sur une ligne de production dont les étapes principales sont :

- Fragmentation des rondins de bois en plaquettes et triage des plaquettes à la taille désirée ;
- Lavage des plaquettes ;
- Défibrage sous pression et vapeur : après étuvage de façon à ramollir le bois, les plaquettes sont introduites entre les disques rotatifs du raffineur ;
- Encollage des fibres : les colles utilisées sont à base de résines MUF mélamine urée formaldéhyde. Le mélange collant est pulvérisé sous forte pression en fines gouttelettes sur les fibres, directement à la sortie du défibreur ;
- Séchage : les fibres humides passent à grande vitesse dans un séchoir pour ramener leur humidité à environ 9 % en quelques secondes ;
- Conformation du mat : la matière fibreuse séchée est déposée sur une bande à l'aide d'une formatrice ;
- Le pressage : le matelas de fibres est pressé en deux étapes : le pré-pressage à température ambiante entre des bandes sans fin qui passent entre les cylindres d'un laminoir, puis un pressage à chaud dans une presse en continu ;
- Le refroidissement et la stabilisation : les plaques sont refroidies au moyen de plusieurs systèmes de retournement en étoile à une température inférieure à 50°C, puis stabilisés en piles mortes pendant au moins 24 h à température ambiante.

2.6.2. Contrôles de fabrication des Plaques RWH

La fabrication des plaques RWH est soumise à une procédure de contrôle interne en usine mise en œuvre par le fabricant.

2.6.2.1. Contrôle interne sur plaques RWH

Le contrôle interne est mis en place, de l'approvisionnement des matières premières jusqu'à la fin du processus de fabrication et de la finition des Plaques. La fréquence des contrôles internes est celle définie dans la norme NF EN 13986.

Le contrôle interne est assuré tout au long du processus de fabrication, avec une attention particulière sur les étapes suivantes :

- Humidité des plaquettes ;
- Contrôle des colles livrées : viscosité, température de livraison, pH ;
- Poids de la colle en fonction du poids de la fibre ;
- Humidité de la fibre en sortie séchoir ;
- Densité du mat conformé en continu ;
- Température et pression des différents secteurs de la presse en continu ;
- Épaisseur des plaques sortie presse en continu ;
- Contrôle des profils densité en continu ;
- Épaisseur et dimensions en continu selon EN 324-1 ;
- Équerrage selon EN 324-2 ;
- Humidité selon EN 322 ;
- Masse volumique et profil de densité selon EN 323 ;
- Résistance et module d'élasticité en flexion selon EN 310 ;
- Cohésion interne selon EN 319 ;
- Gonflement en épaisseur selon EN 317 ;
- Émission de formaldéhyde selon EN 120 en corrélation avec EN 717-1.

2.6.2.2. Contrôle externe

Le contrôle externe est réalisé pour le site de production de Vielsalm.

Le suivi de la production est effectué dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle et fait l'objet d'un contrôle externe au moins 2 fois par an par Wood.be.

Le suivi externe de la fabrication des plaques réalisé par Wood.be doit porter sur les plaques RWH et sur les points listés au §2.6.2.1.

Pour cela, des prélèvements de 3 panneaux RWH sont à prévoir lors de chaque audit réalisé.

Les rapports d'audit doivent être transmis 1 fois par an au CSTB.

2.7. Mention des justificatifs

2.7.1. Résultats expérimentaux

- Résistance aux chocs par un corps mou - Rapports n° 140143 - date : 12/03/2014 et n.°10540 daté du : 30/09/2011 ;
- Résistance aux chocs de sécurité intérieur – Rapport d'essai n° 241155 date 03/12/2024
- Détermination de la résistance d'une connexion par agrafes – Rapports n.°140291a date : 25/03/2014 et n.°10161 daté du : 24/03/2011 ;
- Détermination de la résistance d'une connexion par pointes – Rapports n.°140291b daté du : 25/03/2014
- Note de calcul Unilin BVBA : Note de calcul complémentaire précisant le dimensionnement à l'arrachement sous l'effet du vent en zone 4 site exposé hauteur 28 m.
- Perméabilité à la vapeur d'eau – Rapport n° QA-2014-0676.
- Rapport d'essai n.°MRF 19 26078238 daté du 03/05/2019 – Essais statique et cycliques sur UNILIN RWH.
- Appréciation de laboratoire n° EFR-24-005064 délivrée le 25 avril 2025 par EFFECTIS.

2.7.2. Références chantiers

Depuis 2016, 156.000 m² de panneau RWH est produit par Unilin, Vielsalm.

Maitre d'ouvrage	Type de bâtiment	Ville	Hauteur	Surface (m ²)	Année
Particulier	Maison individuelle	Saint Léon Aveyron (12)	-	141m ²	2020
Gallet Architectes	Groupe Scolaire	Trévoux (01)	-	1000m ²	2020
Nantes métropole	Groupe scolaire	Nantes	-	310m ²	2022

2.8. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

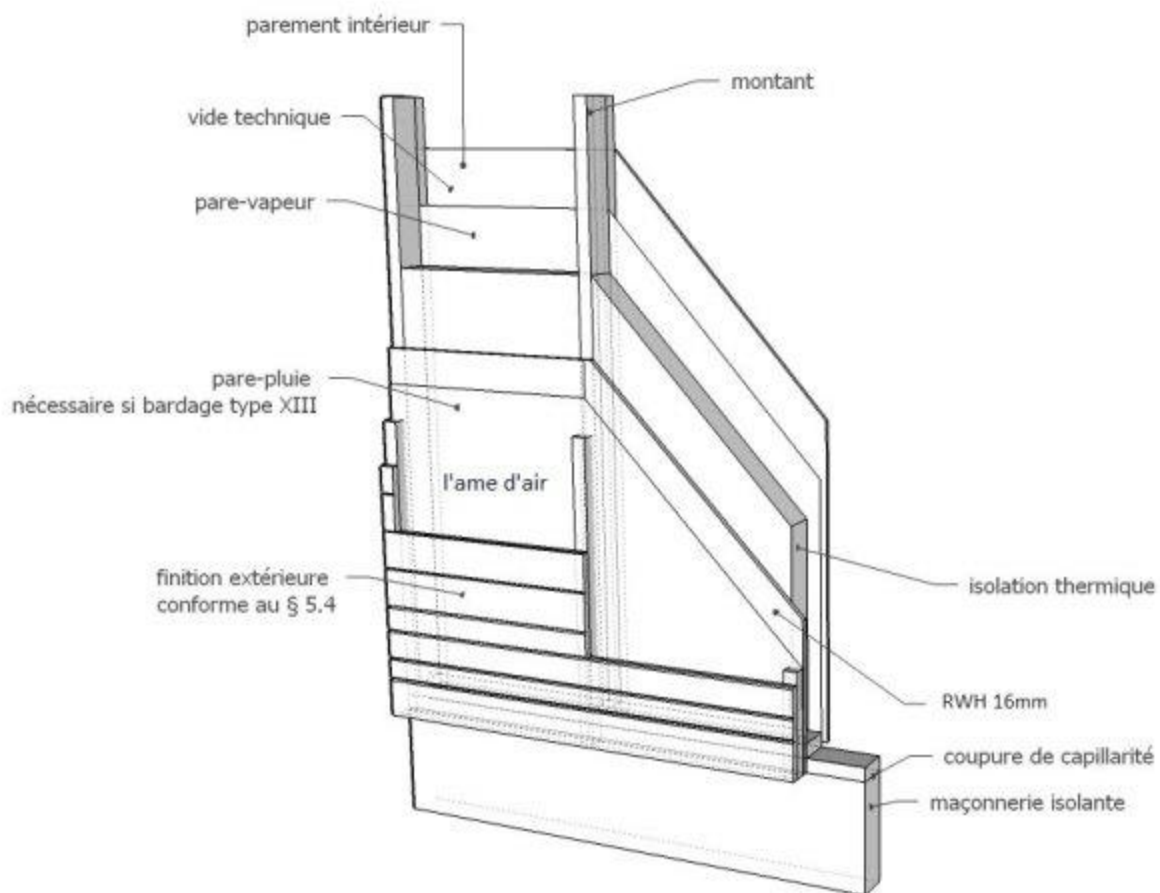


Figure 1 - Schéma de principe d'un mur ossature bois contreventé par un panneau RWH côté extérieur

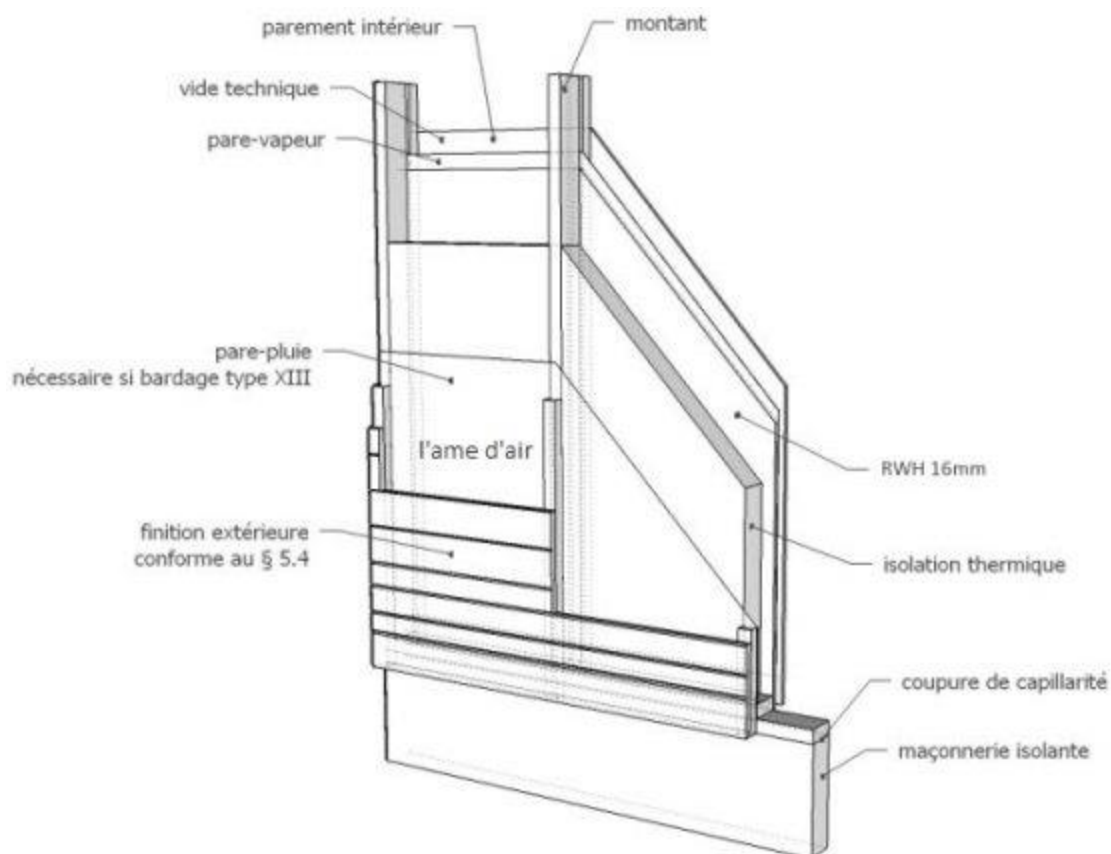


Figure 2 - Schéma de principe d'un mur ossature bois contreventé par un panneau RWH côté intérieur

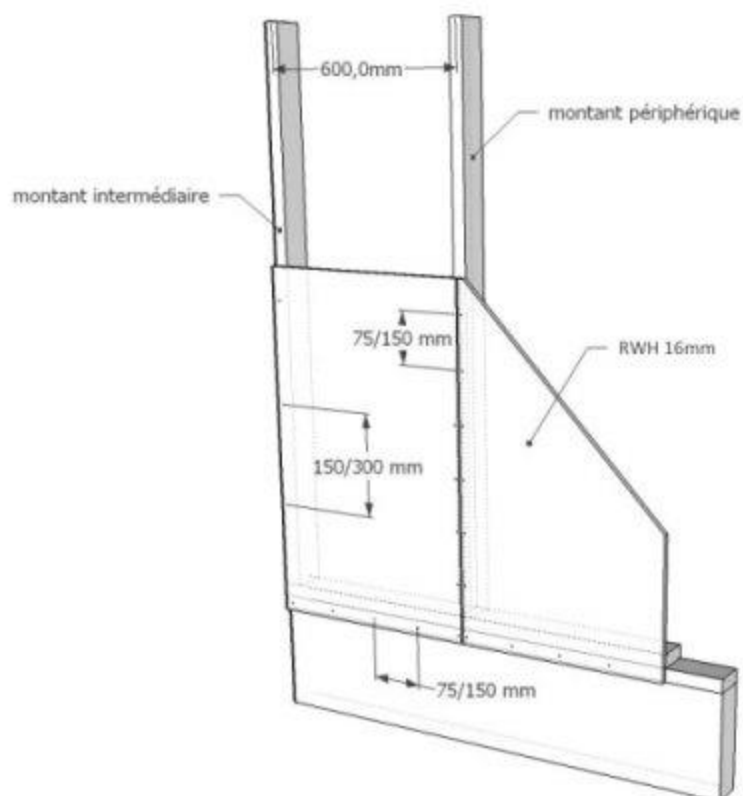


Figure 3 - Fixation du panneau RWH sur les montants périphériques et sur les montants intermédiaires

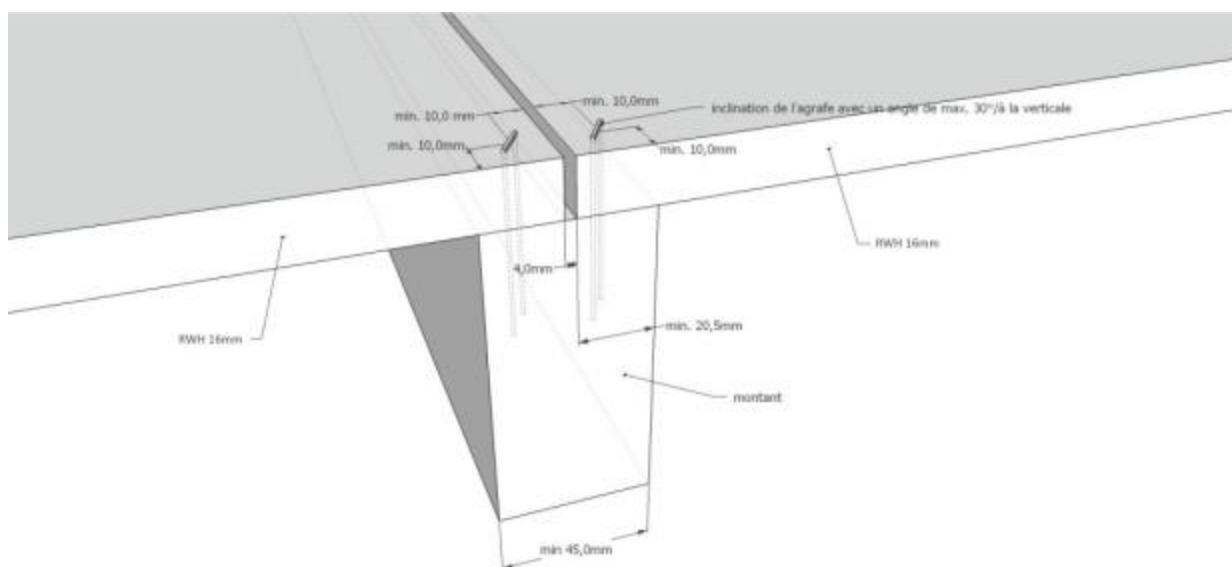


Figure 4 - Détail de la jonction des Plaques RWH à bords droits, avec fixation par agrafes

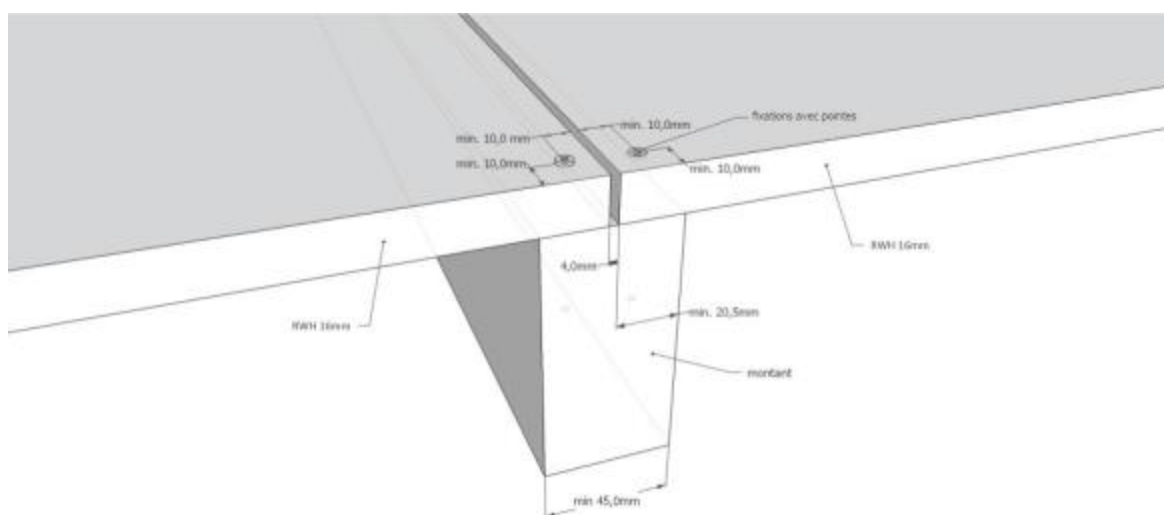


Figure 5 - Détail de la jonction des Plaques RWH à bords droits, avec fixation par pointes