

Référence : 00012153

APPRÉCIATION DE LABORATOIRE N°AL21-304 POUR AVIS TECHNIQUE OU DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION (DTA)

Panneaux béton de bois TimberRoc

Demandeur :
CCB Greentech
515 route de Marcollin
FR-38270 BEAUREPAIRE

Rédacteur(s)	Vérificateur	Approbateur	Version	Date
Olivier CHÈZE Benoît-Louis MARIE-JEANNE 	Maria BLASONE 	Seddik SAKJI 	1.	31/03/2023

Durée de validité : jusqu'au 31/03/2028

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral, sauf accord particulier du CSTB.

Ce document comporte 14 pages.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 83 28/33 – ea2r@cstb.fr – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

APPRÉCIATION DE LABORATOIRE N°AL21-304 POUR AVIS TECHNIQUE OU DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION (DTA)

Panneaux béton de bois TimberRoc

Version	Date	Principales modifications effectuées	Partie modifiée
1.	31/03/2023	- Création	-

SOMMAIRE

1. OBJET	4
2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	4
3. DOCUMENTS FOURNIS PAR LE DEMANDEUR	4
4. DESCRIPTION ET DOMAINE D'EMPLOI DU PROCÉDÉ	4
4.1. DESCRIPTION DU PROCÉDÉ	4
4.1.1. Présentation	4
4.1.2. Revêtement intérieur	5
4.1.3. Revêtement extérieur	5
4.2. DOMAINE D'EMPLOI	6
4.3. MISE EN ŒUVRE	8
4.4. ETANCHÉITÉ EN NEZ DE DALLE	9
4.5. JONCTIONS DE PANNEAUX	9
5. ANALYSE ET JUSTIFICATIONS	11
5.1. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX	11
5.2. DURÉES DE RÉSISTANCE AU FEU	12
5.2.1. Exploitation directe des essais	12
5.2.2. Justification REI90 pour les panneaux d'épaisseur 30 cm	13
6. CONCLUSION	14
7. VALIDITÉ	14

1. OBJET

L'objet de cette Appréciation de laboratoire au sens de l'article 18 de l'arrêté du 22 mars 2004 modifié le 14 mars 2011 du Ministère de l'intérieur est d'estimer le degré de résistance au feu des panneaux porteurs CS2 en béton de bois TimberRoc (formulation « F800 » 2020) conçus et fabriqués par la société CCB Greentech.

La présente appréciation de laboratoire ne concerne que les couples produits/domaine d'emploi décrits dans l'ATex n°3044-V1. L'étude est établie sur la base du dossier présenté par le demandeur.

2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- [1] Arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages

3. DOCUMENTS FOURNIS PAR LE DEMANDEUR

- [2] Document Technique d'Application dans le cadre d'une demande d'ATex de cas A et ses annexes, CCB Greentech, v4, 01/09/2022
- [3] Rapport d'essai n°DSSF20-01910/A_V0, CSTB, 25/01/2021
- [4] Rapport d'essai n°DSSF20-01910/B_V0, CSTB, 25/01/2021
- [5] Rapport d'essai n°DSSF20-01910/C_V1, CSTB, 01/03/2022
- [6] Rapport d'essai n°DSSF21-04560_V0, CSTB, 28/10/2021
- [7] Rapport d'essai n°EEM21-02349-A, CSTB, 14/01/2021
- [8] Rapport d'essai n°EEM21-08281-C, CSTB, 04/04/2022
- [9] Appréciation de Laboratoire n°EFR-22-001940 relative au comportement au feu d'un élément de façade [...], EFACTIS France, 22/06/2022
- [10] Fire Safety in Timber Building – Technical guideline for Europe, SP Report 2010:19

4. DESCRIPTION ET DOMAINE D'EMPLOI DU PROCÉDÉ

4.1. Description du procédé

Le descriptif complet du procédé de panneaux porteurs CS2 béton de bois TimberRoc (formulation « F800 » 2020) est disponible dans l'ATex n°3044-V1.

4.1.1. Présentation

Les panneaux CS2 sont des panneaux de murs préfabriqués qui se distinguent par :

- La composition du matériau de base : mortier de granulats de bois et de ciment/chaux appartenant à la famille des bétons légers à matrice cimentaire et charges végétales de forme granulaire ;
- L'intégration éventuelle en préfabrication de certains éléments de renforts en béton armé tels que des portions de chaînage et des linteaux de renfort d'ouvertures ;
- Des propriétés mécaniques aptes à les rendre utilisables en voiles porteur et de contreventement.

Assemblés par des chaînages en béton armé, ces panneaux sont destinés à être mis en œuvre en mur structural pour l'enveloppe extérieure des bâtiments et pour les murs de refends. Les panneaux supportent l'ensemble des sollicitations mécaniques, à savoir charges verticales et horizontales (contreventement et sollicitations hors plan).

Des chaînages verticaux et horizontaux assurent au bâtiment un comportement parasismique et de maintien aux efforts thermiques. Ces chaînages peuvent reprendre localement des efforts modérés. Sur certaines zones singulières, des poteaux ou poutres en béton armé peuvent compléter la structure afin de reprendre des charges qui seraient trop élevées pour les murs CS2 seuls.

Voir Figure 4.1.

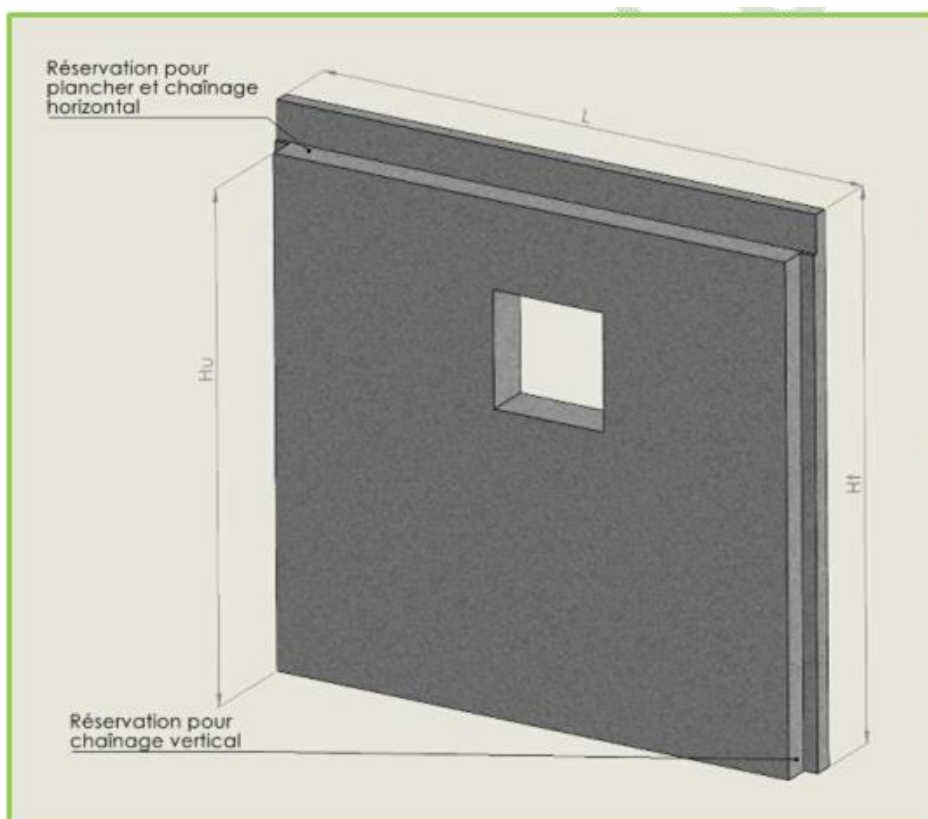


Figure 4.1 : Vue globale d'un panneau CS2 de 24 cm d'épaisseur

4.1.2. Revêtement intérieur

Les panneaux CS2 sont destinés à recevoir, sur chantier :

- Un doublage intérieur (tasseaux bois ou rails métallique et plaque de plâtre) ;
- Ou une contre-cloison désolidarisée (ossature métallique, laine minérale et plaque de plâtre).

4.1.3. Revêtement extérieur

Les panneaux CS2 sont destinés à recevoir, sur chantier :

- Un enduit minéral avec joints apparent ou non ;
- Ou un bardage ventilé sur ossature bois ou métallique, avec ou sans ITE ;
- Ou un système d'ETICS ;
- Ou une finition directe colorée ou non de type béton lisse avec apprêt hydrofuge.

4.2. Domaine d'emploi

Pour les panneaux porteurs de 24 à 40 cm en mur de rive, le procédé de panneaux en béton de bois TimberRoc non revêtus est destiné à la réalisation de murs verticaux porteurs (CS2) ou non porteurs dans les constructions courantes suivantes :

- des bâtiments neufs comportant au maximum 4 niveaux (R+3), de type :
 - bâtiments d'habitation : maisons individuelles ou bâtiments collectifs de 1^{ère} et 2^{ème} famille (R+3) ;
 - bâtiments à usage non résidentiel de catégorie d'importance de I à IV ;
 - établissements recevant du public (ERP) de catégories 1 à 5 et isolés des tiers (articles CO 6 à CO 10 de l'arrêté du 25 juin 1980) ;
 - bâtiments industriels ou agricoles de hauteur limité à 8 mètres.
- des constructions en surélévation de 3 niveaux maximum sur des bâtiments de 1^{ère} famille, 2^{ème} famille et 3^{ème} famille en béton armé après vérification des capacités de la structure existante, des reprises de charges et des reprises de chaînage. La hauteur totale du bâtiment avec la surélévation ne doit pas dépasser 28 mètres au niveau du plancher bas du dernier niveau. Le dernier niveau en béton de bois CS2 peut accueillir un attique si les vérifications de structure le permettent.

Dans le cadre de la présente appréciation de laboratoire, les limitations en termes de dimensions des panneaux sont les suivantes :

- Hauteur : 3,30 m (3,80 m avec relevé planelle/acrotère)
- Longueur : 8,0 m
- Epaisseurs murs de rives : 24 à 40 cm
- Epaisseurs murs de refend : 20 à 40 cm

Le domaine d'emploi et ses limites sont donnés dans l'ATex n°3044-V1.

NOTE 1 : Pour les panneaux non porteurs de 15 à 24 cm (hors cadre de ce document mais dont certains résultats sont présentés par la suite) et à titre indicatif, le domaine d'emploi est le suivant :

- cas des façades "autoportantes" (façades FP2) :
 - bâtiments d'habitation de 1^{ère} et 2^{ème} famille,
 - établissement recevant du public (ERP) de 1^{ère} catégorie en simple rez-de-chaussée ; et 2^{ème} à 5^{ème} catégorie dont le plancher bas du dernier niveau est à moins de 8 m et ne comporte pas de locaux à sommeil au-delà du 1^{er} étage,
 - bâtiments code du travail,
 - surélévations et extensions,
 - France Européenne (métropole + corse),
 - zones sismiques en France métropolitaine de 1 à 2,
 - zones de vent en France métropolitaine de 1 à 4.
- cas des façades indépendantes par niveau (façades FP3) :

- bâtiments d'habitation de 1ère à 3ème famille A et B,
- établissement recevant du public (ERP) de 1ère catégorie dont le plancher du dernier niveau est à moins de 8 m ; et 2ème à 5ème catégorie dont le plancher bas du dernier niveau est à moins de 28 m,
- bâtiments code du travail,
- surélévations et extensions,
- France Européenne (métropole + corse),
- zones sismiques en France métropolitaine de 1 à 4,
- zones de vent en France métropolitaine de 1 à 4

NOTE 2 : La présente appréciation de laboratoire ne couvre pas les bâtiments pour lesquels il existe une exigence de résistance à la propagation de feu sur les façades. Une appréciation de laboratoire distincte [9] traitant ce sujet a été réalisée pour CCB Greentech.

4.3. Mise en œuvre

Les panneaux CS2 non revêtus sont assemblés avec des chaînages incorporant des armatures préfabriquées HA en acier de nuance Fe E 500 conformes aux normes NF A 35 015 et NF 35 016.

Pour la pose des panneaux sur la semelle de la dalle, un mortier colle de classe de compression M15 est utilisé, conforme à la norme NF EN 771 pour une utilisation en montage de murs en intérieur et en extérieur conformément au DTU 20.1 (ouvrages en maçonnerie de petits éléments – parois et murs).

Voir Figure 4.2 et Figure 4.3.

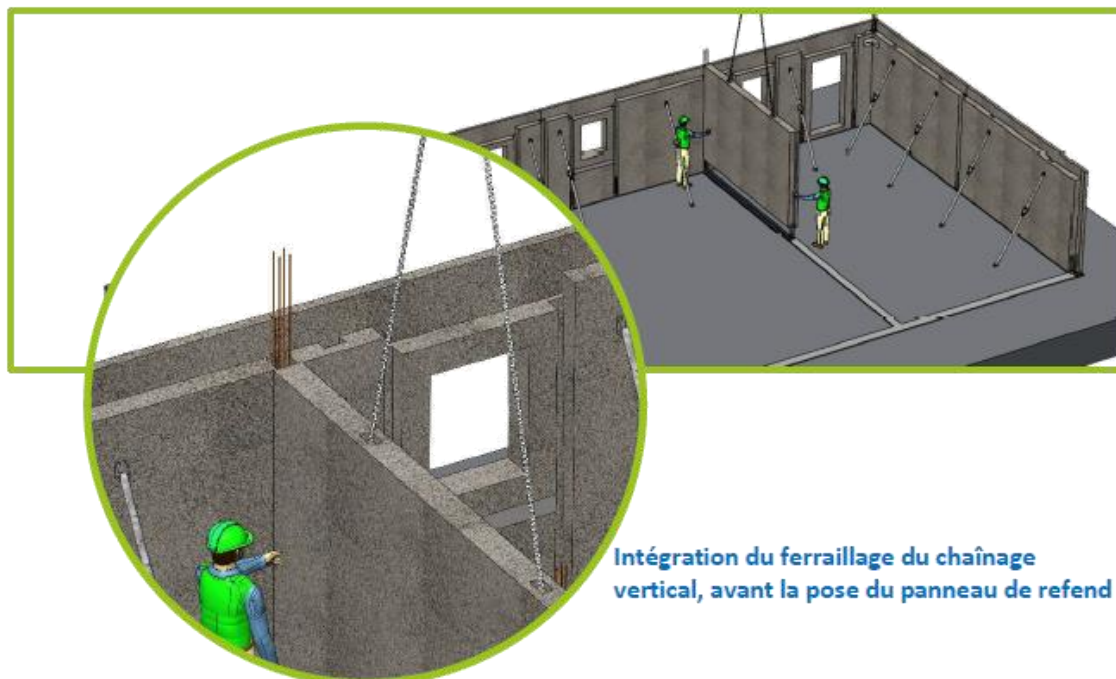


Figure 4.2 : Mise en place d'un panneau CS2

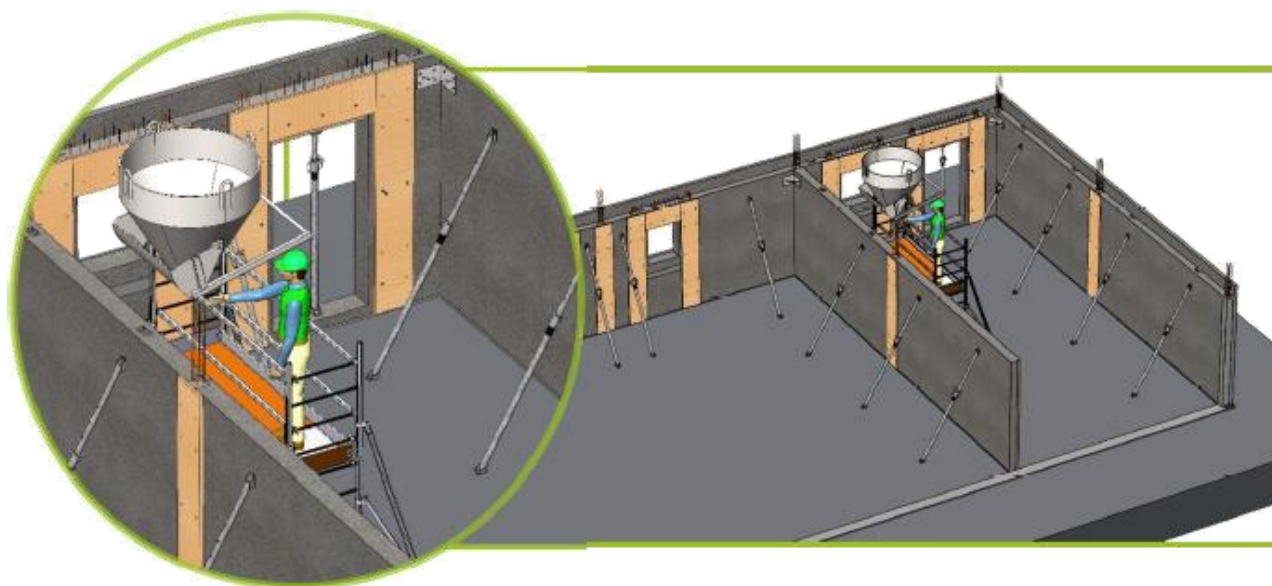


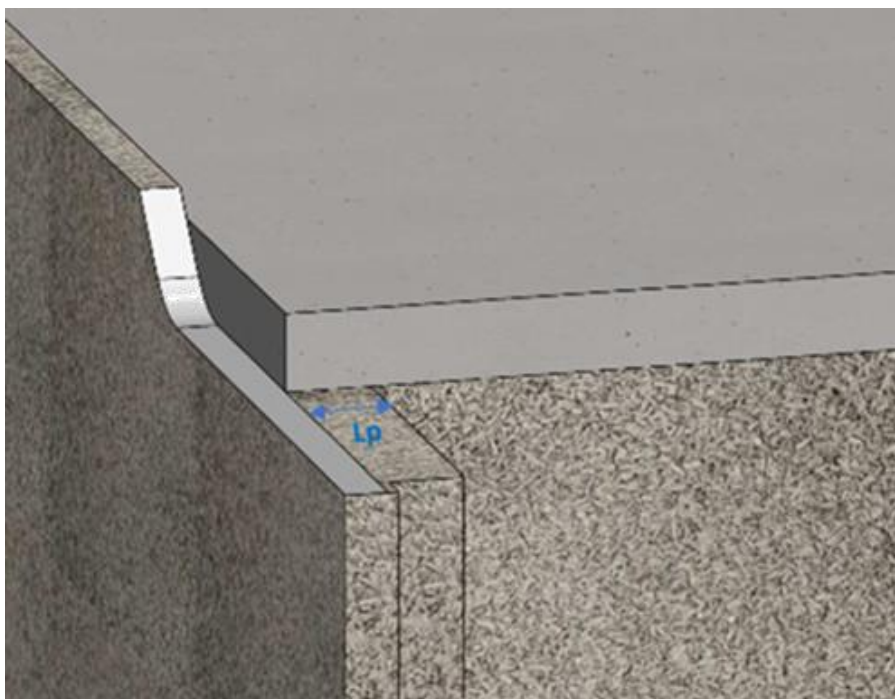
Figure 4.3 : Coulage béton des chaînages et des poteaux verticaux, après la mise en place des coffrages

4.4. Etanchéité en nez de dalle

Les murs de rive CS2 peuvent recevoir des planchers en éléments préfabriqués dont la largeur d'appui sur les panneaux est celle indiquée par les DTU ou les Avis Techniques dont ces éléments relèvent.

Cette mise en œuvre permet d'éviter le passage de flammes ou de gaz chauds à la jonction des panneaux CS2 avec les planchers pendant toute la durée de résistance au feu visée.

Voir Figure 4.4.



$L_p = 2/3$ de l'épaisseur de la paroi pour les parois d'épaisseur < 30 cm

$L_p = 3/5$ de l'épaisseur de la paroi pour les parois d'épaisseur ≥ 30 cm

Figure 4.4 : Appui des planchers sur les panneaux CS2

4.5. Jonctions de panneaux

Les jonctions verticales des panneaux porteurs CS2 sont toujours réalisés au droit d'un chaînage vertical en béton armé, de telle sorte que la performance EI des panneaux soit conservée au droit de cette singularité.

De la même manière, les jonctions horizontales des panneaux sont réalisées au droit des chaînages horizontaux en béton armé disposés devant les nez-de-dalle.

Voir Figure 4.5.

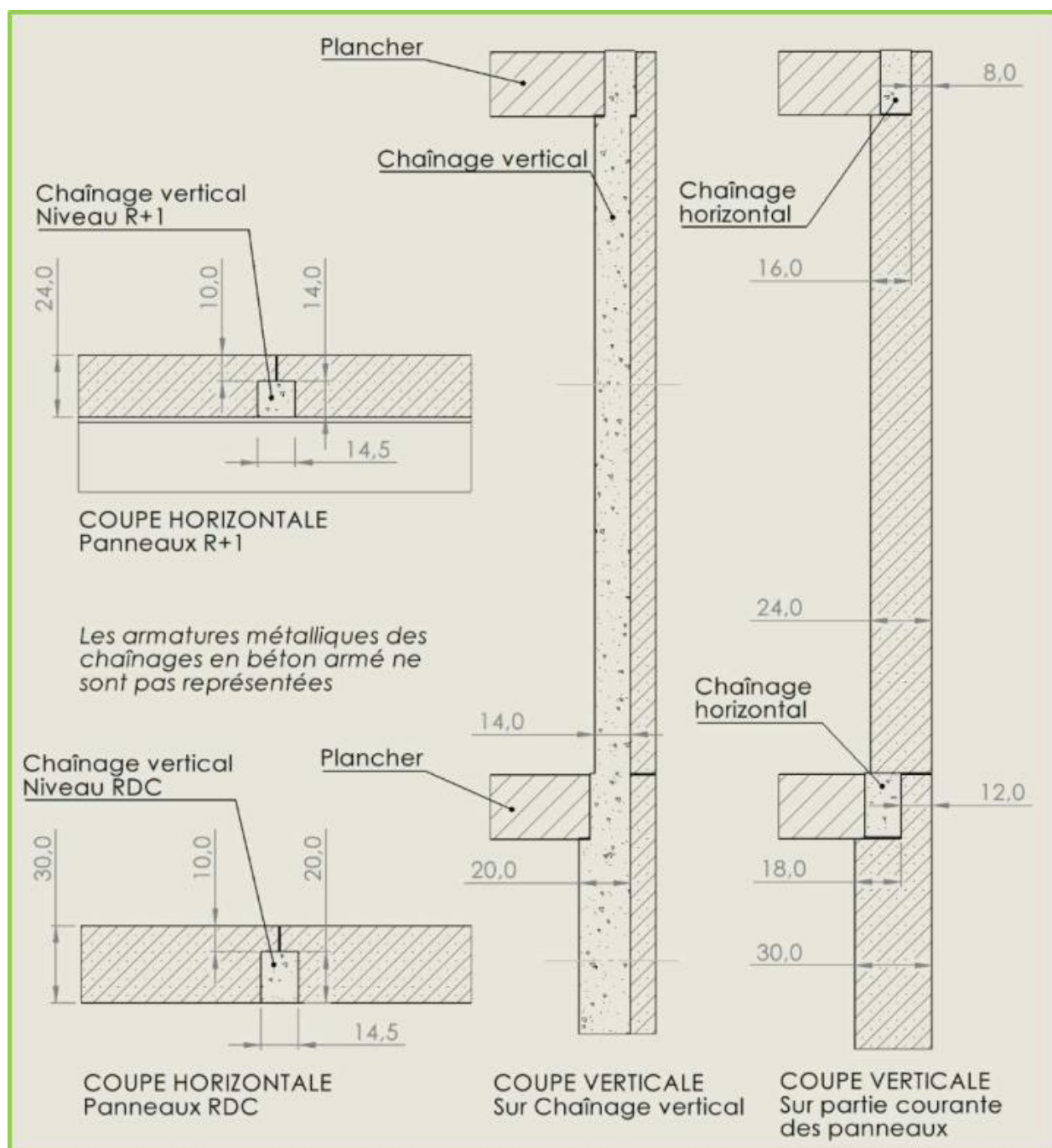


Figure 4.5 : Détails de jonctions horizontales et verticales de panneaux CS2

5. ANALYSE ET JUSTIFICATIONS

5.1. Résultats expérimentaux

Le rapport d'essai [3] a validé une performance au feu REI 120 des panneaux béton de bois TimberRoc d'épaisseur 15 cm, de hauteur 3,0 m et de masse volumique 774 kg/m³, sans armatures et sans revêtement intérieur ou extérieur. Une charge de 22,5 kN/ml a été appliquée en tête de mur au cours de l'essai. L'essai a été arrêté à la demande du client, à la 132^{ème} minute.

Le rapport d'essai [4] a validé une performance au feu REI 60 des panneaux béton de bois TimberRoc d'épaisseur 20 cm, de hauteur 3,0 m et de masse volumique 708 kg/m³, sans armatures et sans revêtement intérieur ou extérieur. Une charge de 160,0 kN/ml a été appliquée en tête de mur au cours de l'essai. L'essai a été arrêté suite à une évolution rapide de la déformation du mur vers le feu, à la 71^{ème} minute. Une fissure horizontale est apparue après 20 minutes d'essai à mi-hauteur de la face exposée, accentuant la déformation côté feu du panneau.

Le rapport d'essai [6] a validé une performance au feu REI 60 des panneaux béton de bois TimberRoc d'épaisseur 24 cm, de hauteur 3,0 m et de masse volumique 773 kg/m³, sans armatures et sans revêtement intérieur ou extérieur. Une charge de 220,0 kN/ml a été appliquée en tête de mur au cours de l'essai. L'essai a été arrêté suite à l'apparition de fissures horizontales à mi-hauteur du mur, à la 79^{ème} minute.

Le rapport d'essai [5] a validé une performance au feu REI 180 des panneaux béton de bois TimberRoc d'épaisseur 40 cm, de hauteur 3,0 m et de masse volumique 744 kg/m³, sans armatures et sans revêtement intérieur ou extérieur. Une charge de 320,0 kN/ml a été appliquée en tête de mur au cours de l'essai. L'essai a été arrêté à la demande du client, à la 181^{ème} minute.

La contrainte verticale appliquée sur les panneaux d'épaisseur 20 cm et 40 cm étaient identiques : 0,8 MPa. La déformation horizontale mesurée au centre du panneau a évolué de manière similaire durant les 20 premières minutes de l'essai, en atteignant une valeur maximale de 5 mm (au-delà, la comparaison n'est plus possible à cause de l'apparition de la fissure horizontale côté exposé du panneau de 20 cm).

La hauteur utile testée des panneaux entre planchers est de 3,00 m. La température mesurée à mi-épaisseur des panneaux n'a jamais dépassé les 100°C pendant toute la durée de l'essai. L'extrapolation des résultats à des hauteurs maximales de 3,3 m est admise moyennant un coefficient de sécurité de 0,83 correspondant au carré du rapport des hauteurs de panneaux, de façon à prendre en compte de façon sécuritaire l'influence de la courbure mécanique sur la déformation des panneaux.

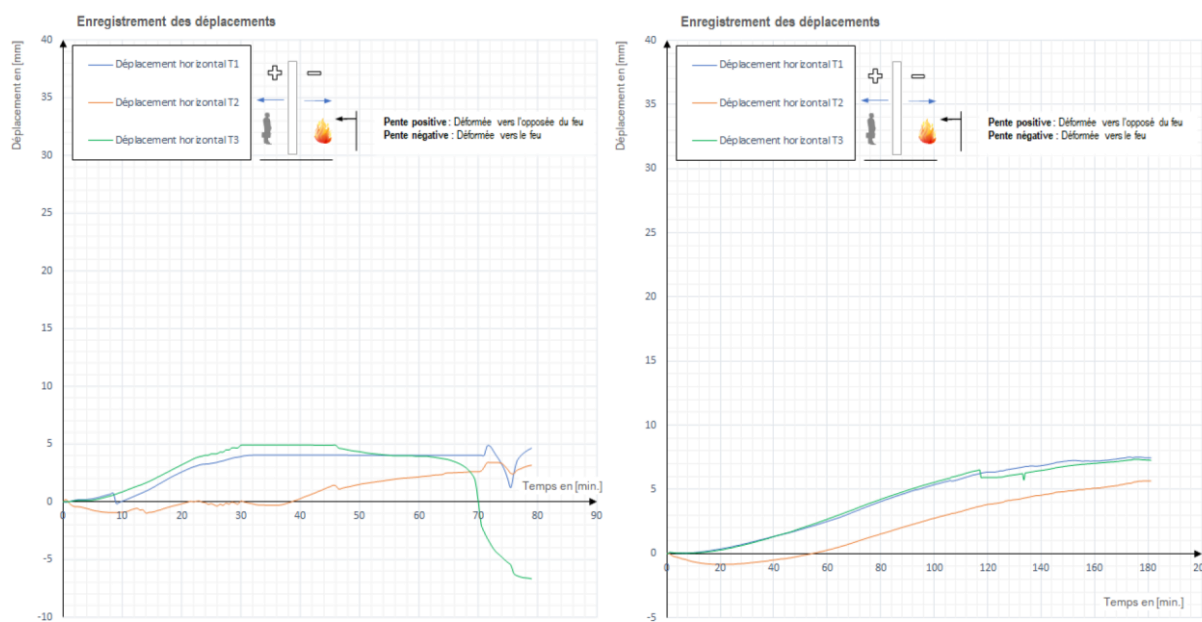


Figure 5.1 : Evolution des déformations horizontales mesurées en cours d'essai du panneau de 24 cm (à gauche) et du panneau de 40 cm (à droite)

5.2. Durées de résistance au feu

5.2.1. Exploitation directe des essais

Les résultats expérimentaux précédents permettent de conclure à une performance au feu REI 60 pour des panneaux béton de bois TimberRoc non revêtus, de hauteur 3,0 m, avec un chargement vertical centré maximum de 0,8 MPa, et pour des épaisseurs comprises entre 20 cm et 40 cm inclus. En-dehors de cet intervalle d'épaisseurs de mur, la durée retenue et le chargement vertical admis sont ceux des essais [3] et [5] décrits au §5.1 (resp. 132 minutes pour $e = 15$ cm et $q = 22,5$ kN/ml & 181 minutes pour $e = 40$ cm et $q = 330$ kN/ml).

Lors de l'essai [5], le mur a démontré une performance REI180 sous 330 kN/ml. Toutes les performances inférieures (REI60, 90 et 120) à charge inférieure ou égale sont donc validées.

Au vu des essais au feu [4] et [6], les panneaux CS2 en béton de bois TimberRoc d'une épaisseur allant de 20 à 24 cm exclu sont REI60 sous une contrainte maximale de 0,8 MPa. Pour une même hauteur, les élançements de ces mêmes murs étant plus importants que ceux ayant une épaisseur supérieure, il est admis que les murs d'épaisseurs 24 cm à 40 cm ont au moins la même performance au feu sous la même contrainte.

Ainsi, en s'appuyant sur les essais réalisés et présentés ci-avant, les panneaux CS2 en béton de bois TimberRoc, de hauteur maximale 3 m et d'épaisseur comprise entre 20 cm et 40 cm, sont considérés REI60 pour une contrainte maximale appliquée en tête de 0,8 MPa.

Pour permettre l'extension des résultats d'un mur de 3 mètres jusqu'à un mur de 3,3 mètres, un coefficient est affecté aux charges et contraintes, prenant en compte le risque de flambement accru par l'augmentation de la hauteur du mur :

$$\alpha = \left(\frac{3}{h}\right)^2 \quad \text{avec } h \text{ la hauteur du mur considéré tel que } h \leq 3,3.$$

Ainsi, les **panneaux CS2 en béton de bois TimberRoc** sont considérés :

- **REI60** pour les épaisseurs allant de **20 cm à 40 cm**,
- **REI180** pour l'épaisseur de **40 cm**,

si les contraintes appliquées en tête respectent l'inégalité suivante :

$$\sigma \leq \alpha \cdot 0,8 \text{ MPa}$$

Remarque :

Bien que les configurations de murs porteurs d'épaisseurs 15 cm à 20 cm ne fassent pas partie à ce jour de la gamme panneaux CS2 en béton de bois TimberRoc, l'analyse des résultats de l'essai [3] montre une performance au feu de 120 minutes (REI 120) du mur d'épaisseur 15 cm (hauteur 3 m) sous chargement vertical centré maximal de 22,5 kN/ml (contrainte de 0,15 MPa).

En ce qui concerne l'extension de la hauteur, l'analyse ci-dessus peut être appliquée.

5.2.2. Justification REI90 pour les panneaux d'épaisseur 30 cm

Il est possible d'atteindre une performance au feu de 90 minutes (REI90) en rajoutant une protection passive contre l'incendie (plaque de plâtre) par analogie à la méthodologie appliquée pour les panneaux de bois [10] admise par les règles professionnelles. En effet, le matériau béton de bois a montré de bonnes performances au feu sans les points faibles pouvant être observés pour les éléments structuraux à base de béton ou de bois (écaillage, carbonisation, propension au choc thermique). En effet, en ce qui concerne le phénomène d'écaillage, ce dernier peut être augmenté par un choc thermique suite à une perte potentielle d'une protection fonctionnelle pour l'atteinte de l'objectif de durée de résistance au feu. De la même manière, la perte d'une protection double la vitesse de carbonisation pour le matériau bois.

Ainsi, pour les panneaux en béton de bois, rajouter une protection à base de plâtre permettrait d'additionner les performances apportées par chacun des éléments sans pour autant observer une accentuation de la dégradation suite à la chute d'élément de protection. De ce fait, pour atteindre une performance au feu de **90 minutes (REI90)** pour les panneaux en béton de bois d'épaisseur **30 cm** avec une contrainte de chargement inférieure ou égale à **0,8 MPa**, il suffit de rajouter un doublage en plaques de plâtre de type BA13 (ou équivalent). Cette dernière apporte une durée de résistance au feu reconnue de 15 minutes et la solution avec doublage permettrait d'atteindre les 90 minutes revendiquées.

En ce qui concerne l'extension de la hauteur, la même analyse précédemment évoquée (§5.2.1) peut être appliquée.

6. CONCLUSION

Au sens de l'arrêté susvisé et pour une occurrence de feu côté intérieur, la performance au feu des panneaux porteurs en béton de bois TimberRoc (formulation « F800 » 2020) non revêtus décrits au chapitre 4, a pu être évaluée en fonction de l'épaisseur des panneaux et du chargement vertical centré.

Les performances au feu acceptées pour le procédé visé sont fonctions de la hauteur utile admise des panneaux et la charge limite de reprise. Ces performances sont déclarées pour les panneaux dont les épaisseurs sont comprises entre 20 cm et 40 cm et dont la hauteur utile entre planchers est inférieure ou égale à 3,30 m.

Ainsi, les **panneaux CS2 en béton de bois TimberRoc** sont considérés :

- **REI60** pour les épaisseurs allant de **20 cm à 40 cm**,
- **REI90** pour l'épaisseur de **30 cm avec doublage en plaques de plâtre** de type BA13 ou équivalent,
- **REI180** pour l'épaisseur de **40 cm**,

si les contraintes appliquées en tête respectent l'inégalité suivante :

$$\sigma \leq \alpha. 0,8 \text{ MPa}$$

avec $\alpha = \left(\frac{3}{h}\right)^2$ où h est la hauteur du mur considéré ($h \leq 3,3$).

NOTE 1 : La présente appréciation de laboratoire ne couvre pas les bâtiments pour lesquels il existe une exigence de résistance à la propagation de feu sur les façades. Une appréciation de laboratoire distincte [9] traitant ce sujet a été réalisée pour CCB Greentech.

NOTE 2 : Lors des essais de résistance au feu, il a été constaté un dégagement de fumées au travers des panneaux (sans que cela n'ait constitué un critère d'arrêt de l'essai, car non normalisé). Le phénomène est apparu dès les 2 premières minutes et a perduré au cours de l'essai.

Dans le cas où des panneaux béton de bois TimberRoc non revêtus sont utilisés en compartimentage des locaux, ce dégagement de fumées peut contribuer à gêner l'évacuation des personnes ou ralentir l'intervention des équipes de secours.

7. VALIDITÉ

La durée de validité de la présente appréciation est limitée à **5 ans**. Elle est de plus assujettie à l'existence d'un Avis Technique ou ATex en cours de validité visant le procédé.