

Sur le procédé

DERIX X-LAM

Famille de produit/Procédé : Panneaux structuraux en bois contrecollé-croisé, utilisés en mur et plancher

Titulaire(s) : **Société DERIX GMBH et Co**

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° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>Cette version annule et remplace l'Avis Technique 3.3/18-962_V1 et intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mise à jour de forme de l'ensemble du document. 	PAYET Loïc	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Les panneaux structuraux DERIX X-LAM sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface mais non collées sur chant. Les panneaux comportent de 3 à 11 plis. Deux plis successifs peuvent être dans la même direction pour certaines compositions comportant plus de 5 plis. Les panneaux sont symétriques dans leur composition de part et d'autre de l'axe neutre. Ils sont fabriqués en largeur maximum de 3,50 m et en longueur maximum de 17,8 m. Leur épaisseur est comprise entre 60 et 400 mm. Les panneaux structuraux DERIX X-LAM sont destinés à la réalisation de planchers et de murs porteurs et/ou à fonction de contreventement. Ils peuvent indifféremment être associés entre eux au sein d'un même bâtiment ou utilisés pour plusieurs des fonctions visées.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté	5
1.1.1.	Zone géographique	5
1.1.2.	Ouvrages visés.....	5
1.2.	Appréciation.....	6
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	6
1.2.2.	Durabilité	7
1.2.3.	Impacts environnementaux	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	7
1.4.	Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé	9
1.4.1.	Dimensionnement des planchers	9
1.4.2.	Dimensionnement des murs.....	12
2.	Dossier Technique.....	14
2.1.	Mode de commercialisation	14
2.1.1.	Coordonnées.....	14
2.1.2.	Mise sur le marché.....	14
2.1.3.	Identification.....	14
2.2.	Description.....	14
2.2.1.	Principe.....	14
2.3.	Caractéristiques des composants	14
2.3.1.	Planches en bois.....	14
2.3.2.	Panneaux CLT.....	15
2.4.	Dispositions de conception	15
2.4.1.	Panneaux X-LAM.....	15
2.4.2.	Hypothèses de calcul des valeurs de résistance et de rigidité du DERIX X-LAM.....	15
2.4.3.	Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux	16
2.4.4.	Vérifications des entailles au niveau de l'appui	17
2.4.5.	Dimensionnement des éléments porteurs verticaux.....	18
2.4.6.	Dispositions relatives au dimensionnement en zone sismique	19
2.5.	Jonctions entre panneaux	20
2.5.1.	Règles générales de dimensionnement des assemblages.....	20
2.5.2.	Dispositions spécifiques aux autres composants	20
2.5.3.	Dispositions constructives générales.....	20
2.6.	Dispositions de mise en œuvre	20
2.6.1.	Dispositions relatives au montage.....	20
2.6.2.	Dispositions spécifiques relatives au passage de câbles techniques dans l'épaisseur même du panneau DERIX X-LAM 21	21
2.6.3.	Dispositions relatives aux parements extérieurs	21
2.6.4.	Traitement de préservation.....	21
2.6.5.	Dispositions constructives générales.....	21
2.6.6.	Dispositions relatives aux revêtements désolidarisés.....	21
2.7.	Assistante technique.....	22
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	22
2.8.1.	Fabrication	22
2.8.2.	Contrôle de la fabrication	22
2.8.3.	Contrôle interne de fabrication	23
2.8.4.	Contrôle externe de fabrication	23
2.9.	Mention des justificatifs.....	23

2.9.1.	Résultats expérimentaux.....	23
2.9.2.	Références chantiers.....	23
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	24

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 a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1.2. Ouvrages visés

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3, à savoir les utilisations en planchers et murs porteurs et/ou à fonction de contreventement dans les bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de la 1^{ère} à la 3^{ème} famille, de bureaux ou Établissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

Le domaine d'emploi est limité à la réalisation de bâtiments R+3 ou 4 niveaux de surélévation, sans pour autant dépasser 18 m.

Les immeubles de moyenne hauteur (IMH) ne sont pas visés par le présent Avis Technique.

Les limitations du domaine d'emploi résultent du respect de la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments, notamment vis-à-vis du Règlement de Sécurité pour la Construction.

Les panneaux structuraux DERIX X-LAM sont destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et de son annexe nationale et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

L'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Les éléments de levage ne sont pas visés par cet Avis Technique.

L'utilisation des planchers béton sur paroi CLT est exclue du domaine d'emploi.

L'Avis n'est pas formulé pour les utilisations dans les DROM.

Le domaine d'emploi proposé est limité aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie, à l'exclusion des locaux à forte et très forte hygrométrie, c'est à dire ceux pour lesquels $W/n > 5g/m^3$, avec :

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

Seuls les locaux ponctuellement et temporairement rafraîchis en période chaude par un système d'appoint associé à la ventilation mécanique, pour autant que la température de consigne soit telle que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur soit inférieure ou égale à 5°C sont visés.

Précisions du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en mur et planchers

Pour la réalisation des planchers, le procédé est limité à la reprise de charges à caractère statique ou quasi-statique pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, et D1 au sens de la norme NF EN 1991-1-1.

L'Avis est formulé en excluant la reprise des cloisons maçonnées ou fragiles. Les revêtements fragiles doivent être mis en place en pose désolidarisée.

Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

Les ouvrages enterrés en panneaux DERIX X-LAM sont exclus du domaine d'emploi.

Les utilisations des panneaux DERIX X-LAM en support de couverture et support d'étanchéité ne sont pas visées dans le cadre du présent Avis.

Les entures de grandes dimensions n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

L'utilisation des panneaux DERIX X-LAM en plancher sur vide sanitaire est à exclure des zones infestées par les termites en l'absence de procédé de barrière anti-termite sous Avis Technique visant les planchers bois en vide-sanitaire.

La mise en œuvre d'un système d'isolation thermique extérieure sur les panneaux DERIX X-LAM doit faire l'objet d'un Avis Technique visant les supports bois dans les limitations d'usage de celui-ci.

Les éléments porteurs horizontaux compatibles avec les murs porteurs réalisés avec des éléments DERIX X-LAM sont les suivants :

- Les planchers (ou toitures) réalisés avec les éléments DERIX X-LAM;
- Les planchers mixtes bois-béton sous Avis Technique ;
- Les structures bois conformes aux NF DTU 31.1, NF DTU 31.2, NF DTU 31.3 ;
- Toute structure à éléments porteurs en bois ou à base de bois calculée selon la NF EN 1995-1-1 y compris incluant des porteurs métalliques calculés selon l'Eurocode 3 ;
- Plancher haut de sous-sol en béton.

Les éléments porteurs verticaux compatibles avec les planchers réalisés avec des éléments DERIX X-LAM sont les suivants :

- Les murs réalisés avec des éléments DERIX X-LAM ;
- Les murs en béton conformes au NF DTU 21, NF DTU 23.1 ;

- Les murs en maçonnerie de petits éléments conformes au NF DTU 20.1 ;
- Les structures bois conformes aux NF DTU 31.1, NF DTU 31.2.

Toute structure à éléments porteurs en bois ou à base de bois calculée selon la NF EN 1995-1-1 y compris incluant des porteurs métalliques calculés selon l'Eurocode 3.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La résistance et la stabilité du procédé sont normalement assurées dans le domaine d'emploi accepté sous réserve des dispositions complémentaires données au Dossier Technique et en Annexe 1 de la partie Avis.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

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 DERIX X-LAM, qu'ils soient utilisés en tant que porteur vertical ou horizontal, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'Avis de laboratoire de résistance au feu n° AL 13-124 datée du 06/12/2013.

La résistance au feu peut être assurée par un écran de protection assurant à lui seul la totalité de la résistance au feu requise. En application de l'arrêté du 22 mars 2004 modifié, l'écran de protection doit être justifié par un procès-verbal de classement pour le degré de résistance au feu requis. Cet écran doit être mise en œuvre selon la description de ce procès-verbal.

Réaction au feu

Les panneaux DERIX X-LAM bruts bénéficient d'un classement conventionnel en réaction au feu D-s2, d0 selon la norme NF EN 13501-1. L'adéquation entre ce classement et les exigences réglementaires doit être examinée au cas par cas en fonction du type de bâtiment et de l'emplacement du panneau dans l'ouvrage.

Propagation du feu aux façades

Les dispositions constructives permettant de limiter le risque de propagation du feu par les façades dont la participation à l'indice C+D (écran thermique, jonction façade/plancher) sont déterminées par application de l'Appréciation de Laboratoire au feu n° AL 13-124 datée du 06/12/2013.

Dans le cas d'intégration de coffres de volet roulant, de modénatures de façade et/ou de brises soleil ou de spécifications complémentaires sur les côtes C+D vis à vis d'éléments non explicitement visés dans l'Appréciation de Laboratoire au feu du procédé un Avis de chantier conformément à l'Arrêté du 22 mars 2004 modifié devra être réalisé.

1.2.1.3. Pose en zones sismiques

Le procédé DERIX X-LAM peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées aux Prescriptions Techniques.

1.2.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

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 DERIX X-LAM destinés à la réalisation de murs munis d'ouvertures et transportés tels quels. Dans le cas où la phase de manutention génère des efforts nettement supérieurs à ceux subis par le panneau mis en œuvre dans l'ouvrage, les points d'attaches conçus et prescrits par DERIX 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 DERIX X-LAM, en position verticale ou horizontale, doit être assurée au moyen d'un étaielement garantissant la stabilité particulière de chaque élément et la stabilité générale du bâtiment en cours de construction. D'une manière générale, et quelle que soit la fonction du panneau DERIX X-LAM dans l'ouvrage, la mise en œuvre des panneaux DERIX X-LAM impose les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

La mise en œuvre de la couverture impose les dispositions relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

1.2.1.5. Isolation thermique

Le procédé DERIX X-LAM présente une isolation thermique « moyenne » évaluée par le coefficient U de transmission surfacique calculable conformément aux règles Th-U, en prenant pour conductivité thermique utile du bois $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$, pour capacité thermique massique $C_p = 1600 \text{ J/kg.K}$, et pour facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu = 50$ (sec) et $\mu = 20$ (humide). Ces valeurs correspondent à un résineux léger de classe mécanique C24 selon la norme NF EN 338 et dont la masse volumique moyenne, c'est-à-dire avec une teneur en humidité de 15 % selon la terminologie de la norme NF B 51-002, est $\leq 500 \text{ kg.m}^{-3}$.

Les panneaux DERIX X-LAM, peuvent nécessiter, selon leur emplacement dans l'ouvrage, la mise en œuvre d'une isolation thermique complémentaire.

Les valeurs et dispositions décrites dans les figures du Dossier Technique sont données à titre indicatif et n'ont pas été examinées par les GS n°3.3, une étude devra être réalisée au cas par cas. Sur les figures sont indiqués les isolants qui sont prescrits dans le DTU 31.2-1-2 (CGM).

Un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face du Panneau DERIX X-LAM exposée au climat intérieur (entre le panneau DERIX X-LAM et l'ouvrage en plaque de plâtre). La valeur de S_d du pare-vapeur sera au minimum de 18m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90m le cas contraire.

1.2.1.6. Isolation acoustique

Les panneaux DERIX X-LAM seuls, qu'ils soient utilisés en tant que murs ou planchers, ne permettent pas toujours de satisfaire les exigences en vigueur en matière d'isolation acoustique entre logements dans les bâtiments d'habitation. L'atteinte des critères d'isolation fixés par la réglementation nécessite parfois la mise en œuvre de matériaux d'isolation acoustique ou d'ouvrages complémentaires par exemple un plafond suspendu.

L'efficacité du complexe ainsi constitué vis-à-vis de l'isolation acoustique dépend de la conception particulière du plafond et de sa suspension. Cette efficacité peut être jugée soit à partir d'essais, soit à partir de calcul, après s'être assuré que la fréquence de résonance de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté est inférieure à 60 Hz.

1.2.1.7. Etanchéité à l'eau et à l'air

Les panneaux DERIX X-LAM eux-mêmes ne sont pas destinés à jouer un rôle vis-à-vis de l'étanchéité à l'eau ni de l'étanchéité à l'air.

1.2.1.8. Données environnementales

Le procédé X-LAM 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.

1.2.1.9. 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.

1.2.2. Durabilité

Compte tenu de la limitation à des usages exposant les panneaux DERIX X-LAM 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 chapitre du Dossier Technique.

Le deuxième décret n° 2006-591 d'application de la loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages » - dite loi termites, suivi par l'arrêté du 16 février 2010 relatif à l'application des articles R.112-2 et R. 112-4 du code de la construction et de l'habitation, vise la protection des bois et des matériaux à base de bois participant à la solidité des ouvrages et mis en œuvre lors de la construction de bâtiments neufs ou de travaux d'aménagement. Les panneaux DERIX X-LAM répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données au chapitre du Dossier Technique.

1.2.3. Impacts environnementaux

Le traitement en fin de vie peut être assimilé à celui de produits traditionnels.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le groupe attire l'attention sur le fait que l'avis de laboratoire n° AL13-124 datée du 06/12/2013 doit être respecté et qu'il est valable uniquement pour des ouvrages dont le taux de travail à l'ELU, calculé avec la pondération des charges en situation d'incendie, est limité à 40%.

Ce dimensionnement doit tenir compte, pour les différentes phases du projet, des exigences relatives à la stabilité des éléments d'une part et à la stabilité générale de l'ouvrage d'autre part, et des rigidités de l'ensemble des éléments participant au contreventement.

Dans le cas de l'association de structures de rigidités différentes, il est nécessaire d'en tenir compte pour la détermination des efforts de contreventement.

En outre, compte tenu de ce que les éléments DERIX X-LAM offrent des surfaces de prise au vent importantes lors de leur manutention, il est impératif d'une part de recourir aux précautions habituelles relatives à la manutention des éléments de grande dimension, d'autre part de cesser la mise en œuvre lorsque la vitesse du vent empêche la manutention aisée par deux personnes.

Il est rappelé que le DTU 31.2 préconise la mise en œuvre d'une coupure anti-capillarité en pied de panneaux fixés au soubassement.

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

En l'absence de précision dans le Dossier Technique, il appartient au MOE en accord du détenteur de l'Avis Technique de prévoir une conception adaptée dans les locaux « humides » c'est-à-dire les Salles de Bain accessibles aux PMR.

La nature du revêtement extérieur (cf. les référentiels techniques DTU, DTA, Règles Professionnelles- dont ils relèvent) et le mode d'intégration des fenêtres et portes extérieures dans les parois verticales peuvent limiter les hauteurs admissibles des bâtiments réalisés avec le procédé.

L'exclusion d'emploi du procédé sur vide-sanitaire dans les zones infestées par les termites est justifiée par l'absence de procédé de barrière anti-termite couvert par un Avis Technique valide visant les planchers bois sur vide-sanitaire à la date de formulation du présent Avis Technique.

1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé

1.4.1. Dimensionnement des planchers

1.4.1.1. Données

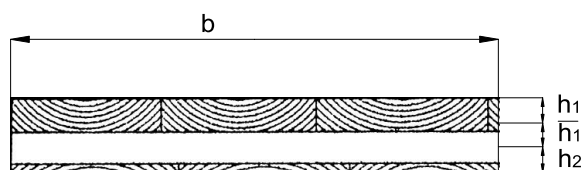


Figure 1 – Coupe transversale

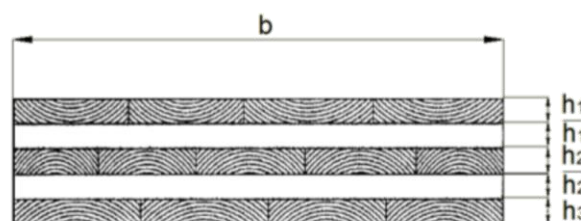


Figure 2 – Coupe transversale d'un panneau 5 plis

Portée	L
Résistance caractéristique à la flexion	$f_{m,k}$
Résistance caractéristique à la traction	$f_{t,0,k}$
Résistance caractéristique au cisaillement roulant	$f_{R,k}$
Module d'élasticité moyen du bois	$E_{0,mean}$
Module de cisaillement moyen du bois	$G_{0,mean}$
Module de cisaillement roulant moyen du bois	$G_{R,mean}$
Coefficient de sécurité Bois	γ_m
Coefficient de modification	k_{mod}
Coefficient de déformation	k_{def}

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

$$\text{Résistance de calcul à la traction } f_{t,d} = k_{mod} \times f_{t,0,k} / \gamma_{m,d}$$

$$\text{Résistance de calcul au cisaillement } f_{R,d} = k_{mod} \times f_{R,k} / \gamma_{m,d}$$

M_u : moment de flexion de calcul maximum à l'ELU

V_u : effort tranchant maximum de dimensionnement

1.4.1.2. Conception

Bien que les panneaux DERIX X-LAM eux-mêmes permettent la reprise locale de flexion transversale (sens perpendiculaire au fil des plis externes), compte tenu de l'impossibilité qu'il y a à transmettre des moments entre panneaux adjacents, les planchers doivent être conçus et mis en œuvre de manière à fonctionner en flexion sur deux appuis et non pas sur 4 côtés.

Lorsque les panneaux DERIX X-LAM utilisés comme planchers porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant trémie doivent faire l'objet d'une vérification spécifique (cf. §2.4.3 du Dossier Technique).

Le dimensionnement est réalisé en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont calculées en tenant compte du fluage par le coefficient k_{def} pris selon les valeurs définies pour le contreplaqué dans la norme NF EN 1995-1-1 et au §2.4.3 du Dossier Technique.

1.4.1.3. Vérifications à l'ELU instantané

Instantané – charges à court terme

Il convient que la rigidité efficace en flexion soit prise selon :

$$EI_{ef} = E_{flat,mean} \cdot I_{ef}$$

$$I_{ef} = \sum_{i=1}^3 (I_i + \gamma_i \cdot A_i \cdot a_i^2)$$

En utilisant les valeurs moyennes de E et où :

$$A_i = b \cdot h_i$$

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

$$\gamma_2 = 1$$

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

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

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

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

Les contraintes normales sont prises selon :

$$\sigma_{t,0,d}^i = \frac{\gamma_i \cdot a_i \cdot M_u}{I_{ef}}$$

$$\sigma_{m,0,d}^i = \frac{0,5 \cdot h_i \cdot M_u}{I_{ef}}$$

Vérification de la traction et flexion combinée des couches de bois :

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

Vérification du cisaillement roulant :

$$\tau_{v,d} = \frac{V_u \cdot \gamma_i \cdot S_i}{I_{ef} \cdot b} \leq f_{R,d}$$

Avec le moment statique d'un pli au sein d'une section rectangulaire : $S_i = b \cdot h_i \cdot x_i$

- b : largeur du panneau (mm) ;
- hi : épaisseur du pli (mm) ;
- xi : abscisse du barycentre du pli à l'axe de symétrie du panneau (mm).

Avec la valeur caractéristique de résistance au cisaillement roulant de 1,0 N/mm² comme définie dans l'ETA -11/0189.

Une attention particulière doit être portée à la conception des planchers et notamment à l'emplacement respectif des joints entre panneaux et des surcharges pour ne pas mobiliser de manière importante les cisaillements entre panneaux adjacents. Les détails de jonctions entre panneaux sont indiqués dans les dispositions constructives annexés au Dossier Technique.

La compression transversale et le cisaillement sur appui doivent faire l'objet d'une vérification selon les principes énoncés dans le §2.4.4. du Dossier Technique.

1.4.1.4. Vérifications à l'ELU final

Les caractéristiques élastiques prises en compte sont réduites pour pouvoir considérer le fluage. La réduction est obtenue par la prise en compte des coefficients de fluage. Pour une combinaison d'actions pour laquelle chaque action appartient à une classe de durée de chargement différente, la contribution de chaque action doit être calculée séparément en utilisant le coefficient $\psi_2 \cdot k_{def}$ approprié, puis additionnées pour les vérifications.

$$E_{0,mean,fin} = \frac{E_{0,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$$

$$G_{R,mean,fin} = \frac{G_{R,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$$

Avec $G_{R,mean}$ le module de cisaillement roulant moyen défini dans l'ATE 11/0189 et pris égale à 50 MPa

Avec $\psi_2 = 1$ pour les charges permanentes.

1.4.1.5. Vérifications ELS

1.4.1.5.1. Caractéristiques mécaniques Instantané (charge à court terme - instantanées)

Il convient de considérer la rigidité efficace en flexion déterminée au §1.4.1.3.

1.4.1.5.2. Caractéristiques mécaniques Final (charge à long terme - permanentes)

Les caractéristiques élastiques prises en compte sont réduites pour pouvoir considérer le fluage. La réduction est obtenue par la prise en compte des coefficients de fluage. Pour une combinaison d'actions pour laquelle chaque action appartient à une classe de durée de chargement différente, la contribution de chaque action doit être calculée séparément en utilisant le coefficient k_{def} approprié, puis additionnées pour les vérifications.

$$E_{0,mean,fin} = \frac{E_{0,mean}}{1 + k_{def}}$$

$$G_{R,mean,fin} = \frac{G_{R,mean}}{1 + k_{def}}$$

$$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{1 + k_{def}}$$

Avec G_{mean} le module de cisaillement moyen des panneaux DERIX X-LAM pris égal à 50 MPa.

1.4.1.5.3. Vérifications des flèches

Les vérifications des flèches doivent être menées en considérant d'une part la flèche générée par le moment fléchissant en considérant la rigidité efficace du panneau DERIX X-LAM et d'autre part la flèche générée par l'effort tranchant en considérant le module de cisaillement du panneau DERIX X-LAM.

1.4.1.5.4. Vérifications flèche totale – absolue

La flèche finale ne pourra excéder $L/250$ où L est la portée du panneau entre appuis. La flèche est calculée en considérant les caractéristiques mécaniques finales des panneaux DERIX X-LAM.

1.4.1.5.5. Vérifications flèche instantanée

La flèche instantanée due aux actions variables ne pourra excéder $L/300$ où L est la portée du panneau entre appuis. La flèche est calculée en considérant les caractéristiques mécaniques instantanées des panneaux DERIX X-LAM.

1.4.1.5.6. Vérifications flèche active

On appelle flèche active la part des déformations du plancher risquant de provoquer des désordres dans un ouvrage considéré généralement supporté (par exemple : cloison, carrelage, ...). C'est donc l'accroissement de la flèche, ou fléchissement, pris par le plancher à partir de l'achèvement de l'ouvrage concerné.

Le "fléchissement actif" des planchers pouvant nuire à l'intégrité des cloisons maçonnées ou aux revêtements de sol fragiles comporte :

- Les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher ;
- Les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles ;
- Les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes ;
- Les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

En l'absence de revêtement de sol fragile et de cloisons fragiles, la flèche active est limitée par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :

- $L/350$ pour $L \leq 7,00$ m ;
- $1 \text{ cm} + L/700$ pour $L > 7,00$ m.

En présence de revêtement de sol fragile ou de cloisons fragiles, les prescriptions portant sur la limitation des flèches nuisibles du FD P18 717 sont adoptées, soit :

- $L/500$ pour $L \leq 5,00$ m ;
- $0,5 \text{ cm} + L/1000$ pour $L > 5,00$ m.

Les critères de flèche active doivent être vérifiés en considérant les caractéristiques mécaniques à long terme des panneaux DERIX X-LAM.

Une attention particulière doit être portée à la conception des planchers et notamment à l'emplacement respectif des joints entre panneaux et des charges ponctuelles.

1.4.1.5.7. Cas particulier des vérifications des flèches de porte-à-faux

La longueur des porte-à-faux sera limitée à 50% de la longueur de la travée adjacente d'équilibre. La flèche au droit des porte-à-faux est limitée à $2.L/K$ lorsque celle de la portée courante est limitée à L/K (où K est par exemple 500 pour la flèche active des planchers supports de revêtements de sols rigides), sans pour autant que la limite qui en résulte soit inférieure à 5 mm ou excède les limites de déformation (flèche ou déplacement) prévues par certains NF DTUs.

Lors de la vérification il convient de prendre en considération :

- L'effet de la répartition variable des charges sur les différentes travées ;
- La compatibilité des déformations des ouvrages supportés (éléments de façade par exemple) ;
- Le comportement vibratoire du porte-à-faux.

1.4.2. Dimensionnement des murs

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

La résistance des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales dans leur plan doit être justifiée vis-à-vis du risque de flambement hors plan. Le calcul de l'élanement du panneau DERIX X-LAM est effectué en considérant d'une part la longueur de flambement calculée de manière usuelle en fonction des conditions d'appuis (considérées comme des articulations), d'autre part le rayon de giration dont le calcul est donné dans §2.4.5.2 du Dossier Technique. Le calcul de la contrainte majorée de compression est effectué suivant la norme NF EN 1995-1-1.

Les murs étant chargés de façon dissymétrique, la charge verticale est considérée comme excentrée. Cet excentrement sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : $1/6$ de l'épaisseur du panneau ou l'excentricité réelle.

Lorsque les panneaux DERIX X-LAM utilisés comme murs porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant poteaux entre ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique en tenant compte, si besoin, du risque de flambement dans les deux directions (cf. §2.4.5.2 du Dossier Technique).

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique. Il convient de se reporter à §2.4.5.2.4 du Dossier Technique pour la conception des porteurs verticaux avec linteaux et ouvertures.

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

Lorsque des panneaux DERIX X-LAM sont utilisés pour assurer le contreventement, il est possible :

- soit de les considérer comme une succession de panneaux isolés les uns des autres. Il est alors nécessaire de justifier leur tenue et celle de leurs ancrages en les considérant comme libres en tête et encastrés en pied. Ceci n'est applicable que si les panneaux sont fixés mécaniquement en pied et d'une largeur supérieure à 0,60 m. Il est également nécessaire de s'assurer de la présence d'une lisse haute transmettant l'effort horizontal et de justifier la transmission de l'effort aux panneaux par cette lisse et en ne tenant compte que des plis orientés dans le sens de cet effort.
- Soit de considérer les liaisons entre panneaux. Il est alors nécessaire de justifier la tenue des panneaux et celles de leurs ancrages d'une part, de justifier la transmission des efforts de glissement entre panneaux d'autre part.

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

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

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

$$\tau_{2,d} = \frac{V_d}{b \cdot t_{\min}} \leq f_{v,2,d} \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ avec } f_{v,2,k} = 5,0 \text{ N/mm}^2$$

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

Avec :

b la largeur du panneau (mm) ;

t l'épaisseur du panneau (mm) ;

V_d effort tranchant agissant sur le panneau (N) ;

t_{min} somme des épaisseurs de plis transversaux ou des plis longitudinaux, la plus petite des deux valeurs étant à retenir (mm) ;

a largeur d'une planche (mm) ;

I_p moment d'inertie polaire des sections croisées (mm⁴) ;

h hauteur du panneau perpendiculaire à l'effort agissant horizontal (mm).

Les valeurs respectives de capacité résistante caractéristiques en cisaillement issues de ces vérifications sont données pour chaque composition de panneau dans le tableau 7 en Annexe du Dossier Technique.

Les ancrages, reprenant les efforts de soulèvement générés par les charges horizontales, sont dimensionnés pour ne reprendre que ces efforts. L'effort tranchant à la base des éléments porteurs verticaux est alors équilibré par des connecteurs dédiés à cet usage et n'intervenant pas dans l'équilibrage des efforts de soulèvement.

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

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire :

W. u. J. Derix GmbH & Co.

Dam 63

D-41372 Niederkrüchten

2.1.2. Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n° 305/2011, les panneaux structuraux X-LAM font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base de l'Evaluation Technique Européenne ETA-11/0189.

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

2.1.3. Identification

Les panneaux, ainsi que leur bon de livraison, font l'objet d'un marquage, une fois qu'ils ont satisfait les exigences décrites au §2.8.2 du Dossier Technique indiquant :

- Le logo DERIX ;
- Le n° du projet ;
- Le repérage permettant le montage de la pièce ;
- Le poids des éléments ;

Lieu de fabrication.

Les produits sont assortis du marquage CE accompagné des informations prévues.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les panneaux structuraux DERIX X-LAM sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface mais non collées sur chant.

Les panneaux comportent de 3 à 11 plis. Deux plis successifs peuvent être dans la même direction pour certaines compositions comportant plus de 5 plis. Les panneaux sont symétriques dans leur composition de part et d'autre de l'axe neutre. Ils sont fabriqués en largeur maximum de 3,50 m et en longueur maximum de 17,8 m.

Leur épaisseur est comprise entre 60 et 400 mm.

- Les panneaux structuraux DERIX X-LAM sont destinés à la réalisation de planchers et de murs porteurs et/ou à fonction de contreventement. Ils peuvent indifféremment être associés entre eux au sein d'un même bâtiment ou utilisés pour plusieurs des fonctions visées.

2.3. Caractéristiques des composants

2.3.1. Planches en bois

2.3.1.1. Types d'essences utilisées

Seules les planches en bois massif conformes à la norme NF EN 14081 sont utilisées pour la réalisation des panneaux DERIX X-LAM. Elles sont essentiellement en épicea et elles peuvent être également en pin, en sapin ou mélèze à l'exclusion du Douglas.

2.3.1.2. Caractéristiques géométriques des planches

Les planches utilisées ont une épaisseur comprise entre 15 et 45 mm pour les plis longitudinaux et entre 15 et 40 mm pour les plis transversaux. Les épaisseurs de panneaux sont de 60 mm minimum. La largeur des planches est comprise entre 80 et 260 mm. La tolérance sur l'épaisseur des planches après rabotage est de $\pm 0,15$ mm entre deux points d'une même planche et entre planches.

2.3.1.3. Caractéristiques mécaniques des planches

Les planches utilisées pour la production X-LAM sont classées par machine ou visuellement.

Au moins 90% des planches correspondent à la classe de résistance C24 minimum selon la norme EN 338 et EN 14081-1. Dans chaque couche jusqu'à 10% des planches utilisées peuvent être de la classe de résistance C16.

2.3.2. Panneaux CLT

2.3.2.1. Géométrie des panneaux

Les panneaux DERIX X-LAM ont les dimensions suivantes :

- Longueurs comprises entre 6,0-17,8 m ;
- Largeur jusqu'à 3,50 m ;
- Épaisseur totale de 60-400 mm.

Les panneaux DERIX X-LAM sont constitués de plis faits avec des planches en bois massif aboutées. L'aboutage des planches est réalisé selon la norme NF EN 14080. Les plis extérieurs des 2 faces opposées des panneaux sont orientées dans la même direction.

Le nombre de plis est compris entre 3 et 11 (jusqu'à 9 plis en murs et 11 plis en plancher de façon courante). Deux plis successifs peuvent être dans la même direction pour certaines compositions comportant plus de 5 plis. Les panneaux sont symétriques dans leur composition de part et d'autre de l'axe neutre

2.3.2.2. Caractéristiques physiques des panneaux

Masse volumique des panneaux :

- $\rho_m = 420 \text{ kg/m}^3$

Variation dans le plan du panneau :

- 0.015% pour 1% de variation d'humidité du bois.

Variation dans l'épaisseur du panneau :

- 0.2% pour 1% de variation d'humidité du bois.

Coefficient de conductibilité thermique :

- $\lambda = 0.13 \text{ W/m.K}$.

Capacité calorifique massique :

- $C = 1.6 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$.

Résistance à la migration de vapeur d'eau

- $\mu = 20-50 \text{ g/m.h.mm Hg}$

2.3.2.3. Colles

Pour le collage des couches de planches entre elles et pour l'aboutage, une colle de type I selon la norme EN 301 à base de résine de mélamine est utilisée.

2.4. Dispositions de conception

2.4.1. Panneaux X-LAM

Le dimensionnement des éléments X-LAM est basé sur la norme NF EN 1995-1-1 et de son annexe nationale, sur l'Évaluation technique européenne ETA-11/0189 et sur les travaux de recherche de l'Université Technique de Graz. Le logiciel de prédimensionnement X-LAM Designer est fourni sur le site internet, il est également basé sur le concept de calcul présenté dans le chapitre 6 et les références citées.

Le logiciel X-LAM Designer est utilisé dans le but de réaliser un prédimensionnement des panneaux X-LAM suivant la méthode des poutres d'une à sept travées. Le logiciel reprend toutes les caractéristiques des panneaux définies en Annexe. Des panneaux de 3 à 11 plis et des épaisseurs comprises de 60 à 400 mm. Il est possible d'insérer les charges permanentes, quasi-permanentes et accidentelles. Des vérifications à l'ELU et à l'ELS sont ensuite réalisées conformément aux Eurocodes.

La liste des bureaux d'études techniques disposant de l'expertise requise pour le dimensionnement des panneaux DERIX X-LAM est disponible sur le site de la société DERIX.

Le coefficient partiel de sécurité pour les propriétés de rigidité et de résistance est défini avec $\gamma_M = 1,3$. Les Coefficients de la modification pour le X-LAM sont ceux correspondants au bois massif, voir Tableau 1.

Les charges d'exploitation à prendre en considération dans les calculs sont celles précisées par la norme NF EN 1991 moyennant les limitations décrites §1.1.2.

2.4.2. Hypothèses de calcul des valeurs de résistance et de rigidité du DERIX X-LAM

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.6.1 s'appliquent.

2.4.3. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux

En cas de charge du panneau contrecollé X-LAM perpendiculaire plan du panneau, le calcul des contraintes et des déformations est basé sur la poutre de Timoshenko.

Dans cette extension de la théorie des poutres classique selon Euler-Bernoulli, l'effet de cisaillement est pris en compte dans le calcul des déformations.

Les vérifications suivantes doivent être apportées en cas de charge hors du plan du panneau.

2.4.3.1. Vérification de la résistance sous l'effet du moment fléchissant

Cette vérification s'effectue par le contrôle de la contrainte en flexion maximale à l'extrémité des couches extérieures orientées en direction des contraintes avec la valeur de dimensionnement de résistance en flexion $f_{m,CLT,d}$.

$$\sigma(z) = \frac{M_y}{K_{CLT}} \cdot z \cdot E(z) \leq f_{m,CLT,d}$$

La résistance en flexion K_{CLT} peut être déterminée selon 2.4.2 ou selon le Tableau 8 et le Tableau 10. Le module d'élasticité est donné dans le Tableau 9.

Pour la détermination de la valeur de calcul de la résistance en flexion $f_{m,CLT,d}$ du X-LAM, la valeur de calcul de la résistance à la flexion $f_{m,d}$ des panneaux est multipliée par un coefficient de système k_l .

$$f_{m,CLT,d} = f_{m,d} \cdot k_l$$

Avec :

$$k_l = \min\left\{1 + 0,025 \cdot n, 1,2\right\}$$

Avec n = nombre de plis côte à côte dans la zone de tension.

2.4.3.2. Vérification des contraintes au cisaillement

Dans la couche longitudinale déterminante, la vérification des contraintes au cisaillement du X-LAM doit être apportée avec la valeur de la résistance au cisaillement $f_{v,d}$.

La contrainte au cisaillement maximale $\tau_{max,d}$ dans la couche longitudinale se calcule comme suit :

$$\tau_{max,d} = \frac{V_z \cdot \int_{A_0} E(z) \cdot z \cdot dA}{K_{CLT} \cdot b(z_0)} \leq f_{v,d}$$

En raison de la structure multi-plis du X-LAM, il est nécessaire, selon la structure du panneau, d'effectuer une vérification supplémentaire de la contrainte en cisaillement dans la couche transversale déterminante avec la valeur de calcul de la résistance au cisaillement roulant $f_{r,d}$.

La contrainte en cisaillement roulant maximale dans la couche transversale déterminante $\tau_{r,max,d}$ se calcule comme suit :

$$\tau_{r,max,d} = \frac{V_z \cdot \int_{A_0} E(z) \cdot z \cdot dA}{K_{CLT} \cdot b(z_0)} \leq f_{r,d}$$

La résistance à la flexion K_{CLT} doit être déterminée selon 2.4.2 et se trouve dans le Tableau 8 et le Tableau 10. Le module d'élasticité est donné dans le Tableau 9.

2.4.3.3. Vérification de la compression transversale

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.3 « Vérification aux ELU de la compression transversale » s'appliquent.

2.4.3.4. Vérification du cisaillement roulant sous charge concentrée

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.4 « Vérification aux ELU de la compression transversale » s'appliquent.

2.4.3.5. Vérifications des déformations

Les vérifications prennent en compte les déformations sous charge permanente et charge variable ainsi que le fluage. En raison de la faiblesse des plis transversaux sous effort tranchant, il faut également prendre en considération leur déformation.

$$w_{ges} = \frac{1}{K_{CLT}} \int (M \cdot \bar{M}) dx + \frac{1}{S_{CLT}} \int (V \cdot \bar{V}) dx$$

Pour une poutre X-LAM sur un appui simple, sous une charge uniformément répartie, la flèche maximale est calculée par la formule suivante :

$$w_{(l/2)} = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot K_{CLT}} + \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot S_{CLT}}$$

La rigidité en flexion K_{CLT} et la rigidité au cisaillement S_{CLT} peuvent être déterminées selon 2.4.2 ou sont données dans le Tableau 8 et le Tableau 10.

On vérifie la déformation initiale ($t = 0$) et la déformation finale ($t = \infty$) en considérant des coefficients de déformation k_{def} (cf. tableau 3.2 de la norme NF EN 1995-1-1 - contreplaqué) et des coefficients de combinaison ψ , selon la norme NF EN 1995-1-1 et de son annexe nationale. Les coefficients de déformation dépendent de la structure de la section transversale et sont donnés dans le Tableau 13. La vérification s'effectue selon la norme NF EN 1995-1-1 et de son annexe nationale.

2.4.3.5.1. Calcul de la flèche instantanée

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.5 « Vérifications aux ELS – Flèches » s'appliquent.

2.4.3.5.2. Calcul de la flèche nette finale

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.5 « Vérifications aux ELS – Flèches » s'appliquent.

2.4.3.5.3. Calcul de la flèche active

Les dispositions du §1.4.1.5.6 de l'annexe de la partie Avis s'appliquent.

2.4.3.6. Conception et dimensionnement des trémies

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7 « Principe » s'appliquent.

On distingue les dispositions constructives suivantes pour les ouvertures dans les panneaux de plancher :

- La réservation est de faibles dimensions (inférieures à 30 x 30 cm) : les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.2 s'appliquent ;
- La réservation est située en bordure de panneau : les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.3 s'appliquent ;
- La réservation est intégralement comprise dans un même panneau : les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.4 s'appliquent.

2.4.3.7. Critères vibratoires

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.6 « Vérifications aux ELS – Critères vibratoires » s'appliquent.

2.4.3.8. Cas des planchers avec appuis parallèles au sens de la portée

L'ajout d'appui parallèle à la portée du panneau de plancher engendre un comportement de plaque. Cependant, dans certains cas, les contraintes transversales et déformations supplémentaires ne sont pas préjudiciables à la sécurité de l'ouvrage. Il convient pour cela d'observer les règles suivantes :

- Ne pas créer d'appui additionnel parallèle à la portée (sauf s'il s'agit d'un panneau unique) pour des panneaux d'une largeur inférieure à 2m ;
- Pour des largeurs de panneaux supérieures ou égales à 2 m, le risque d'inversion d'effort au niveau des appuis n'est plus critique (pas ou peu de risque de soulèvement au bord) - il est ainsi possible de créer un appui parallèle à la portée ;
- Pour les panneaux de plus de 3 m de large et comportant au moins 5 plis ou plus, on a :

$$\frac{\sigma_{m,90,d}}{f_{m,90,d}} \leq \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}}$$

$\sigma_{m,0,d}$ et $f_{m,0,d}$ les résistances et contrainte de flexion dans le sens de la portée ;

$\sigma_{m,90,d}$ et $f_{m,90,d}$ résistance et contrainte de flexion dans le sens transversal.

La résistance à la flexion transversale est donc assurée si la résistance à la flexion dans le sens de la portée l'est aussi. Il est ainsi possible d'effectuer une vérification en flexion sur deux appuis.

2.4.4. Vérifications des entailles au niveau de l'appui

La vérification des entailles au niveau des appuis s'effectue selon la norme NF EN 1995-1-1 et de son annexe nationale, en considérant la contrainte de cisaillement au niveau de l'appui entaillé en utilisant la hauteur efficace (réduite) h_{ef} (prenant en compte que les plis travaillants) et le cisaillement roulant $f_{r,d}$.

On vérifie :

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_d}{b_{ef} \cdot h_{ef}} \leq k_v \cdot f_{r,d}$$

avec :

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} ;$$

$$k_n = 4,5 ;$$

$k_v = 1$ pour les poutres entaillées sur la face opposée à l'appui ;

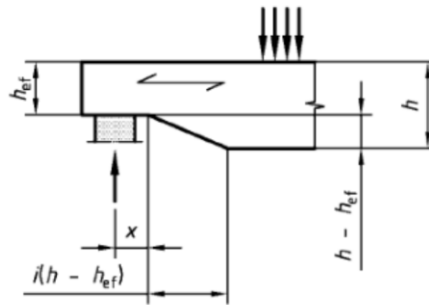
$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{k_n \left(1 + \frac{1,1 \cdot 1,5}{\sqrt{\alpha}} \right)}{\sqrt{h \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)}} \end{array} \right. , \text{ pour les poutres entaillées sur la face de l'appui de la poutre.}$$

où :

i est l'inclinaison de l'entaille ;

h est la hauteur de la poutre en mm ;

x est la distance entre la ligne d'action de la réaction de l'effort et le coin de l'entaille, en mm.



2.4.5. Dimensionnement des éléments porteurs verticaux

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.1 « Généralités » s'appliquent.

2.4.5.1. Éléments porteurs verticaux soumis à des charges perpendiculaires à la surface du panneau

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.2 « Vérifications en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges perpendiculaires à la surface du panneau » s'appliquent.

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

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.1 « Principes » s'appliquent.

2.4.5.2.1. Vérification des contraintes de compression et flexion combinées

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.2 s'appliquent.

2.4.5.2.2. Vérification des contraintes de compression ou traction simple

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.3 s'appliquent.

2.4.5.2.3. Vérification des contraintes de compression oblique

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.4 s'appliquent.

2.4.5.2.4. Vérification des contraintes sous charges verticales ponctuelles

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.5 s'appliquent.

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

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.4.1 « Principes » s'appliquent.

Les vérifications de la résistance sous l'effet des contraintes cisaillement peuvent être menées comme dit au §2.4.3.2 du Dossier Technique, en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont alors calculées comme dit au §2.4.3.5 du Dossier Technique.

2.4.5.3.1. Vérification de la résistance au cisaillement des panneaux CLT

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.4.2 s'appliquent.

2.4.5.3.2. Conception des ancrages en pied

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.4.3 s'appliquent.

2.4.5.3.3. Vérification des assemblages entre panneaux adjacents

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.4.4 s'appliquent.

2.4.5.3.4. Efforts de traction-compression dus au renversement

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.4.5 s'appliquent.

2.4.5.4. Vérifications des flèches

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.5 « Vérifications aux ELS – Flèches » s'appliquent.

Les dispositions du §1.4.1.5.7 de l'annexe de la partie Avis s'appliquent.

2.4.5.5. Vérifications des linteaux**2.4.5.5.1. Linteaux constitués de poutres rapportées**

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.6.1 s'appliquent.

2.4.5.6. Distribution des charges concentrées dans les éléments de mur

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.7 s'appliquent.

2.4.6. Dispositions relatives au dimensionnement en zone sismique

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §5.3 s'appliquent.

La justification en zone sismique des structures assemblées par La justification en zone sismique des structures assemblées par panneaux DERIX X-LAM doit être menée en suivant le principe de comportement de structure soit dissipatif (Classe de ductilité M) soit faiblement dissipatif (Classe de ductilité L) conformément à 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 ou de la réponse modale du §4.3.3.3 de la norme NF EN 1998-1-1.

Les critères de régularité en plan et en élévation de la norme NF EN 1998-1-1 (cf. §4.2.3) 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 modification k_{mod} correspondant à une classe de durée de chargement instantanée sont appliqués.

Le coefficient partiel γ_M pris en compte dépend du principe de comportement de la structure :

- Pour le comportement faiblement dissipatif (DCL) on conserve les coefficients relatifs aux combinaisons fondamentales ;
- Pour le comportement dissipatif (DCM) on peut appliquer $\gamma_M = 1,0$.

Lorsqu'ils sont prévus en zone sismique, les panneaux DERIX X-LAM utilisés en plancher doivent être organisés afin d'observer les points suivants :

- L'intégrité de la structure lors d'un séisme ;
- La fonction tirant-buton horizontal, assurée uniquement par les plis orientés dans le sens de l'effort à reprendre. La valeur de l'effort tirant-buton doit être déterminée par une étude sismique spécifique. Cet effort sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 15 kN/ml ou l'effort de tirant-buton déterminé ;
- La fonction diaphragme horizontal avec justification des jonctions entre panneaux adjacents pour les efforts de cisaillement induits.

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

- Réalisant la fixation des panneaux au soubassement béton :
 - Soit par des tiges d'ancrage et/ou bêches, le dimensionnement étant réalisé selon les dispositions de la NF EN 1993-1-8 pour les boulons d'ancrage tendus ;
 - soit par des chevilles bénéficiant d'une ETE visant une utilisation en béton fissuré et sous sollicitation sismique (catégorie de performance C2), le dimensionnement tenant compte des dispositions spécifiques de l'ETE pour cet usage ; on considère en outre un diagramme d'interaction linéaire pour justifier les chevilles sous charges combinées de traction et de cisaillement.

Les déplacements entre étages en situation sismique devront être conformes à l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, au §4.4.3.2 de la norme NF EN 1998-1 et au §2.4 du guide ENS.

2.5. Jonctions entre panneaux

2.5.1. Règles générales de dimensionnement des assemblages

2.5.1.1. Assemblages des panneaux entre eux dans un même plan

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.3 s'appliquent.

2.5.1.2. Assemblages de panneaux entre en angle (entre murs, mur-plancher)

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.4 s'appliquent.

2.5.2. Dispositions spécifiques aux autres composants

2.5.2.1. Compatibilité des organes métalliques

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.3.1 s'appliquent.

2.5.2.2. Organes de fixation pour assemblages structuraux

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.3.2 s'appliquent.

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des panneaux DERIX X-LAM entre eux ou des panneaux DERIX X-LAM à d'autres éléments de structure en matériaux bois doivent être choisis selon les prescriptions de la norme NF EN 14592 ou faire l'objet d'une Evaluation Technique Européenne. Les liaisons entre panneaux doivent être réalisées avec des éléments permettant la reprise des efforts de traction transversale (LVL, contreplaqué, panneau 3 plis), à l'exclusion du bois massif.

Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiés au regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de la norme NF EN 1995-1-1 et du paragraphe 2.5.2 du Dossier Technique.

Pour les organes de fixation dans les supports béton, la liaison du cône béton avec la structure doit être assurée avec un ferrailage suivant le schéma bielle-tirant conformément à la norme NF EN 1992-1-1.

Pour la catégorie d'usage D1 :

- La capacité de l'assemblage entre panneaux adjacents vis-à-vis de la charge concentrée de la catégorie d'usage visée devra être justifiée ;
 - La distance entre les organes d'assemblage doit être de 30 cm maximum ;
 - Le pianotage entre panneaux DERIX X-LAM est limité à la déformation acceptée par les éléments d'équipement supportés.

Lorsque la charge concentrée correspond à une charge long terme au sens de la norme NF EN 1995-1-1/NA, il y a lieu de considérer la concomitance de cette charge avec les efforts de contreventement.

2.5.2.3. Connecteurs métalliques tridimensionnels

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.3.3 s'appliquent.

Les connecteurs mécaniques tridimensionnels doivent faire l'objet d'une Evaluation Technique Européenne.

2.5.3. Dispositions constructives générales

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.1 « Généralités » s'appliquent.

2.5.3.1. Appuis des panneaux structuraux massifs bois

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.2 s'appliquent.

2.6. Dispositions de mise en œuvre

2.6.1. Dispositions relatives au montage

Bien que les panneaux DERIX X-LAM eux-mêmes permettent la reprise locale de flexion transversale (sens perpendiculaire au fil des plis externes), compte tenu de l'impossibilité qu'il y a à transmettre des moments entre panneaux adjacents, les planchers doivent être conçus et mis en œuvre de manière à fonctionner en flexion sur deux appuis et non pas sur 4 côtés.

2.6.1.1. Transport

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §6.1 s'appliquent.

2.6.1.2. Stockage sur chantier

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §6.2 s'appliquent.

Le protocole de montage devra préciser les modes de manutention et des points de levage (type, nombre, résistance), au cas par cas ainsi que les dispositifs pour assurer leur stabilité provisoire. Ces éléments seront clairement identifiés sur les panneaux livrés sur chantier.

2.6.1.3. Phase de mise en œuvre

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §6.3 s'appliquent.

Le bureau d'études devra fournir les plans d'exécution détaillés comprenant le calepinage et le sens des panneaux, les types et détails des ancrages en pied de panneaux et chaînages entête des panneaux et autres détails (traitement des ouvertures, etc.)

2.6.2. Dispositions spécifiques relatives au passage de câbles techniques dans l'épaisseur même du panneau DERIX X-LAM

Percements, fraisages et brochages pour l'installation des câbles doivent toujours être contrôlés et vérifiés par le bureau d'étude responsable. En particulier, les fraisages et brochages dans la direction transversale par rapport aux couches longitudinales et transversales porteurs peuvent réduire considérablement la capacité de charge statique d'éléments X-LAM. Cela devrait donc toujours être planifié à l'avance et en coordination avec le bureau d'étude.

2.6.3. Dispositions relatives aux parements extérieurs

2.6.3.1. Revêtement de façade

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.12.2 à 2.12.4 s'appliquent.

2.6.3.2. Etanchéité à l'eau

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.12.1 s'appliquent.

2.6.4. Traitement de préservation

En fonction de la classe d'emploi liée à la position du panneau DERIX X-LAM dans l'ouvrage d'une part, et à l'essence utilisée d'autre part, un traitement de préservation du bois peut être nécessaire. Il convient de respecter à cet égard les prescriptions des normes NF EN 335 et NF EN 350.

Lorsqu'un traitement est nécessaire, il doit être réalisé en usine après façonnage des planches, de même qu'après le traitement des découpes réalisées sur les panneaux DERIX X-LAM.

Conformément à la réglementation en vigueur, les panneaux DERIX X-LAM 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. 126-6 et L. 131-3.

Les bâtiments neufs doivent être conçus et construits de façon à résister à l'action des termites et autres insectes xylophages. A cet effet doivent être mis en œuvre, pour les éléments participant à la solidité des structures, soit des bois naturellement résistants aux insectes ou des bois ou matériaux dérivés dont la durabilité a été renforcée, soit des dispositifs permettant le traitement ou le remplacement des éléments en bois ou matériaux dérivés.

2.6.5. Dispositions constructives générales

Tous percements réalisés après le chantier, et quelque soient leurs dimensions, ne pourront être réalisés qu'après l'obtention de l'accord du bureau d'études de structure.

Lorsque les panneaux DERIX X-LAM 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.

Un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face du DERIX X-LAM exposée au climat intérieur (entre le panneau DERIX X-LAM et l'ouvrage en plaque de plâtre). La valeur de S_d (épaisseur de lame d'air équivalente) du pare-vapeur sera au minimum de 18m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90m le cas contraire.

Concernant la perméabilité à l'humidité, l'entrée de l'humidité extérieure (pluie, humidité du sol, eau souterraine etc.) ainsi que celle de l'intérieur (vapeur d'eau, rosée sur la surface des éléments de construction) doivent être prises en compte.

L'air intérieur ne doit pas pénétrer dans les panneaux afin d'éviter la condensation à l'intérieur de ces derniers.

Tous les éléments et les jonctions d'angles doivent être protégés contre toute humidité.

En fonction de la teneur en humidité, le X-LAM a un facteur de résistance à la diffusion de vapeur compris entre 20 et 50.

2.6.6. Dispositions relatives aux revêtements désolidarisés

Les caractéristiques des planchers CLT du présent Avis Technique permettent de répondre aux exigences des chapes ou revêtements de sol visant les planchers bois spécifiés dans les normes de mises en œuvre suivantes et uniquement pour les revêtements désolidarisés :

- Dans le DTU 51.3 pour la pose des revêtements de sol ;
- Dans les Recommandations Professionnelles RAGE « Chapes et dalles sur planchers bois – neuf » pour la mise en œuvre des chapes relevant du DTU 26.2 ;
- Dans le DTU 51.3 pour la mise en œuvre des chapes relevant des Avis Techniques visant le support bois.

Concernant la vérification du support :

- La vérification de l'humidité devra être réalisée conformément au guide Construction bois et gestion de l'humidité en phase chantier (CODIFAB – Avril 2020) en considérant les compléments suivants et devra faire l'objet d'une fiche d'autocontrôle qui prendra la forme d'un « Bon à Fermer du Tableau 15 » :
 - La mesure d'humidité doit être mesurée régulièrement, au moins une fois par mois, jusqu'au jour du « Bon à Fermer » conformément au §3.1 du guide CODIFAB ;
 - Les points de mesure doivent être répartis régulièrement, à raison de 2 points de contrôle tous les 100 m² d'un local : une proche de la façade et une au centre de la pièce ;
 - Pour le « Bon à Fermer », une mesure complémentaire d'humidité devra être relevée à 2 cm de profondeur ;
 - Les résultats obtenus devront être de 15±3% si la structure a été dimensionnée en classe de service 2 et de 12±2% si la structure a été dimensionnée en classe de service 1.
- Planéité et désaffleurement : imposés par le référentiel de la chape ou du revêtement de sol ou, à défaut, ceux du DTU 51.3. En cas de reprise de désaffleurement, un ponçage 5 mm au plus pourra être réalisé à l'aide d'une ponceuse par le charpentier ;
- Largeur des joints entre panneaux : La vérification de la largeur de joint devra être réalisée et consignée par le charpentier avant la mise en place des bandes adhésives. Si l'ouverture du joint entre panneaux est inférieure à 2 mm, il n'est pas nécessaire de traiter les joints. Lorsque l'ouverture des joints est supérieure à 2 mm sans dépasser 10 mm, ceux-ci doivent être remplis de mastics souples compatibles avec les éléments bois et doivent être affleurés. La mise en œuvre de ce mastic sera réalisée par le charpentier ;
- Continuité au droit des appuis : La rotation sur appui induit une ouverture entre deux panneaux inférieurs à 2mm. Lorsqu'elle est nécessaire pour le revêtement de sol, la continuité peut être réalisée par la mise en place d'une jonction par languette si le panneau CLT support n'est pas continu sur appuis ;
- Il relève de la conception d'éviter toute présence de point dur au moment du coulage de la chape (exemple : connecteurs nervurés).

2.7. Assistante technique

La conception et le calcul des panneaux DERIX X-LAM sont à la charge du bureau d'études techniques qui doit également fournir un plan de pose complet. DERIX prête l'assistance technique nécessaire dans ce cadre en mettant notamment à disposition des acteurs de la construction une liste de bureau d'études techniques disposant de l'expertise requise pour le dimensionnement des panneaux DERIX X-LAM en respect du présent Dossier Technique et des normes en vigueur.

Un logiciel de pré-dimensionnement est tenu à disposition du bureau d'étude BSM par le titulaire afin de vérifier en phase définitive les éléments porteurs verticaux et horizontaux. Le logiciel n'a pas été évalué dans le cadre de cette demande.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication

La fabrication des panneaux DERIX X-LAM est assurée exclusivement par la société DERIX à Niderkrûchten en Allemagne.

Le processus de fabrication des panneaux X-LAM comporte les étapes suivantes :

Stockage des planches destinées à la fabrication des panneaux à une humidité de 12 ± 2 %.

Stockage des planches dans l'usine pour la fabrication des éléments X-LAM avec une humidité du bois de 12% ±2 %.

L'aboutage des planches dans la direction longitudinale

- Détermination de l'humidité du bois et l'élimination des planches, qui ne respectent pas les tolérances d'humidité ;
- Détermination du gauchissement et positionnement des planches afin de les orienter avec la face plane vers le haut. Pré-rabotage ;
- Attribution d'une classe de résistance et purge des défauts ;
- Application de colle et pressage.

Fabrication des éléments X-LAM

- Regroupement des planches servant pour les couches transversales et mise à longueur ;
- Regroupement des planches servant pour les couches longitudinales et mise à longueur ;
- Prise en charge des couches longitudinales et transversales depuis le stock intermédiaire vers la presse ;
- Application de la colle avec un grammage de 250 jusqu'à 350 g/m² (Tolérance de ±5 g/m²) ;
- Pressage à la presse hydraulique avec une pression régulière de 0,6 N/mm² ;
- Traitement de finition et usinage le cas échéant.

2.8.2. Contrôle de la fabrication

La fabrication des panneaux X-LAM est soumise d'une part à une procédure de contrôle interne en usine mise en œuvre par le fabricant, d'autre part à un contrôle externe assuré par l'organisme allemand Versuchsanstalt für Stahl et Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie.

2.8.3. Contrôle interne de fabrication

Le contrôle interne de la fabrication, destiné à assurer la maîtrise de la qualité, doit être effectué en continu et vise à assurer la conformité de la production au présent certificat. Le contrôle interne doit au moins porter sur :

- Classement des bois selon la norme EN 14081-1 ;
- Conformité de la colle avec les données dans l'agrément selon les instructions indiquées dans l'ETA du DIBt ;
- Contrôle des dimensions, tolérances et nature de la surface des éléments X-LAM ;
- Test de la résistance caractéristique à la flexion selon la norme EN 408 ;
- Essai au cisaillement des éléments X-LAM selon la norme EN 789 ;
- Test de résistance des aboutages :
 - Essai à la flexion selon la norme EN 386 ;
 - Essai de traction selon la norme EN 408 ;
- Test de résistance du collage par :
 - Essai de délamination selon la norme EN 391 ;
 - Essai de la résistance au cisaillement conformément à la norme DIN 52187 ;

La contrôle de production en usine est continuellement documenté et conservé pour au moins cinq années.

2.8.4. Contrôle externe de fabrication

Le contrôle externe effectué par les deux organismes deux fois par an, comportant les tâches suivantes :

- Contrôle de la documentation du contrôle de production en usine ;
- Contrôle de la production en cours (Triage, Aboutage, Application de colle) ;
- Prélèvement d'échantillon pour des tests dans laboratoire de l'organisme de contrôle ;
- Commentaires sur les résultats du contrôle de la production en usine.

Le Titulaire transmettra l'ensemble des résultats au CSTB lors de la révision de l'Avis Technique.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

[1] Appréciation de laboratoire au feu. Résistance au feu des panneaux structuraux X-LAM. CSTB- AL 13-124 datée du 06/12/2013.

2.9.2. Références chantiers

Bâtiments publics

BSM RAISMES Lycée Horticole 336 m² année 2020

BSM SEBOURG Collège Saint Anne 415 m² année 2018

BSM SAINS DU NORD, Lycée 160 m² année 2018

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

Dimensionnement des assemblages des faces latérales du panneau X-LAM selon l'ETE-11/0189 (surfaces des éléments de construction parallèle au plan de panneau)				
Charge	90° à l'axe de broche		0° à l'axe de broche	
Assemblages	Résistance au cisaillement	Conditions	Résistance à l'arrachement	Conditions
Clous	Résistance à la compression latérale en considérant la masse volumique du bois massif et de l'angle entre la direction de charge et la direction des fibres du pli de surface.	d ≥ 4 mm d ≥ 6 mm	$R_{ax,k} = 14 \cdot d^{0,6} \cdot l_{ef}$ [N] Clous profilés avec d, l_{ef}	d ≥ 4 mm n ≥ 2 pour chaque connexion $l_{ef} \geq 8d$
Vis auto perceuses		d ≥ 6 mm	$R_{ax,k} = \sum_{i=1}^n f_{ax,i,k} \cdot l_{ef} \cdot d$ [N] $f_{ax,i,k}$ = valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement de la position i, en fonction de $\rho_{k,i}$ et l'angle α_i entre l'axe de la vis et la direction des fibres de la position i l_{ef} = profondeur de pénétration du filetage dans la position i n = nombre de planches traversées	d ≥ 6 mm $l_{ef} \geq 4d$ Longueur de filetage l_{ef} condition: $\alpha_i \geq 30^\circ$
Broches, Boulons				
ETA, Annexe 5 (1.2)				
En général :	Nombre efficace de pointes dans la file n_{ef} selon la norme NF EN 1995-1-1 §8.3.1.1: $n_{ef} = n$ pour les plis de surface t ≤ 40 mm; ou n_{ef} selon NF EN 1995-1-1 (8.3.1.1)			

Tableau 1 - Dimensionnement des assemblages des faces latérales du panneau X-LAM

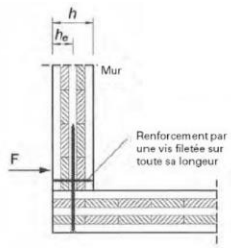
Dimensionnement des assemblages dans les chants du panneau X-LAM selon l'ETE-11/0189 (Surfaces perpendiculaires aux faces latérales de l'élément de construction)					
Charge	90° à l'axe de broche			0° à l'axe de broche	
Assemblages	Résistance cisaillement	au	Conditions	Résistance à l'arrachement	Conditions
Vis auto perceuses	$f_{h,k} = 20 \cdot d^{-0,5}$ [N/mm ²]		$d \geq 8$ mm	$R_{ax,k} = \sum_{i=1}^n f_{ax,i,k} \cdot l_{ef} \cdot d$ [N] voir Tableau 11 (Assemblages dans les faces latérales)	$d \geq 8$ mm voir Tableau 11 (Assemblages dans les faces latérales)
En général:	Nombre effectif d'assemblages : n_{ef} selon la norme NF EN 1995-1-1 (8.3.1.1)				
Renfort vis-à-vis de la traction transversale (fretage) prévenant la rupture en cas de charge normal au plan de BSP			$h_e/h < 0,7$ alors V is a filetage total demandées h_e = distance entre le bord chargé et l'assemblage le plus éloigné. h = épaisseur de l'élément de DERIX X-LAM. Une vis de frette doit être disposée tous les 300 mm dans la hauteur du mur ou une vis au droit de chaque vis d'assemblage entre panneaux de mur.		

Tableau 2 - Dimensionnement des assemblages dans les chants du panneau X-LAM

Distances minimales des assemblages en cas de mise en œuvre dans les faces latérales du panneau X-LAM selon l'ETE-11/0189						
	a_1	a_{3L}	a_{3C}	a_2	a_{4L}	a_{4C}
Clous	$(3 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 3 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$6 \cdot d$	$3 \cdot d$	$(3 + 4 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	$3 \cdot d$
Vis auto perceuses	$4 \cdot d$	$6 \cdot d$	$6 \cdot d$	$2,5 \cdot d$	$6 \cdot d$	$2,5 \cdot d$
Broches	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$5 \cdot d$	$\max \left\{ \begin{array}{l} 4 \cdot d \cdot \sin \alpha \\ 3 \cdot d \end{array} \right.$	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$
Boulons	$\max \left\{ \begin{array}{l} (3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d \\ 4 \cdot d \end{array} \right.$	$5 \cdot d$	$4 \cdot d$	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$

Tableau 3 - Distances minimales des assemblages en cas de mise en œuvre dans les faces latérales du panneau X-LAM selon l'ETE-11/0189

Distances minimales des assemblages en cas de mise en œuvre dans les faces latérales du panneau X-LAM						
	a_1	a_{3L}	a_{3C}	a_2	a_{4L}	a_{4C}
Vis auto perceuses	$10 \cdot d$	$12 \cdot d$	$7 \cdot d$	$3 \cdot d$	$6 \cdot d$	$3 \cdot d$

Tableau 4 - Distances minimales des assemblages en cas de mise en œuvre dans les faces latérales du panneau X-LAM

Épaisseurs minimales des bois et Profondeur minimale d'enfoncement des assemblages en cas de mise en œuvre dans les faces latérales du panneau X-LAM			
	Épaisseur minimale des couches affectées t_i [mm]	Épaisseur minimale des éléments X-LAM BSP t_{X-LAM} [mm]	Profondeur minimale d'enfoncement des assemblages t_1 ou t_2 [mm]
Vis auto perceuses	$d > 8$ mm: $3 \cdot d$ $d \leq 8$ mm: $2 \cdot d$	$10 \cdot d$	$10 \cdot d$
a) t_1 = profondeur minimale d'enfoncement de l'assemblage dans les éléments de construction latéraux t_2 = profondeur minimale d'enfoncement de l'assemblage dans les éléments de construction centraux			

Tableau 5 - Épaisseurs minimales des bois et Profondeur minimale d'enfoncement des assemblages

Propriété	Valeur
Éléments X-LAM	
Épaisseur	60 à 400 mm
Tolérance d'épaisseur	±2 mm en cas d'épaisseur ≤ 200 mm
	±3 mm en cas d'épaisseur > 200 mm
Largeur	≤3,50 m
Longueur	≤18,00 m
Nombre de plis	$3 \leq n \leq 11$
Nombre maximal de plis voisins parallèles aux fibres	≤ 2 en cas de $n \geq 5$
Largeur de joint entre les planches	
Des plis longitudinaux	3 mm
Des plis transversaux	6 mm
Planches (matériau de base)	
Essence	Épicéa, Sapin, Pin et Mélèze
Qualité du bois selon la norme NF EN 338 et la NF EN 14081-1	≥C24
Surface des panneaux	Rabotée
Épaisseur	
Plis longitudinaux	15 à 45 mm
Plis transversaux	15 à 40 mm
Largeur	80 à 260 mm
Rapport entre largeur et épaisseur des plis de la couche transversale	≥4:1
Humidité du bois selon la norme NF EN 13183-2	8 % ± 2 %, 9 % ± 2 %, 10 % ± 2 %, 11 % ± 2 %, 12 % ± 2 % Dans un élément de X-LAM seule une humidité de bois doit être assumée.
Joint	selon la norme NF EN 14080

Tableau 6 - Structure et dimensions des éléments X-LAM

Éléments porteurs horizontaux																
Désignation	Épaisseur nominale	Nombre de plis	Structure											Poids propre*	Schéma	
	[mm]		[mm]											[kN/m ²]		
L-60 / 3s	60	3							20	20	20				0,27	
L-80 / 3s	80	3							30	20	30				0,36	
L-90 / 3s	90	3							30	30	30				0,41	
L-100 / 3s	100	3							40	20	40				0,45	
L-110 / 3s	110	3							40	30	40				0,50	
L-120 / 3s	120	3							40	40	40				0,54	
L-130 / 5s	130	5						30	20	30	20	30			0,59	
L-140 / 5s	140	5						40	20	20	20	40			0,63	
L-150 / 5s	150	5						30	30	30	30	30			0,68	
L-160 / 5s	160	5						40	20	40	20	40			0,72	
L-170 / 5s	170	5						40	30	30	30	40			0,77	
L-180 / 5s	180	5						40	30	40	30	40			0,81	
L-200 / 5s	200	5						40	40	40	40	40			0,90	
L-220 / 7s	220	7			40	20	40	20	40	20	40	20	40		0,99	
L-240 / 7s	240	7			40	20	40	40	40	40	20	40			1,08	
L-260 / 7s	260	7			40	30	40	40	40	40	30	40			1,17	
L-280 / 7s	280	7			40	40	40	40	40	40	40	40			1,26	
LL-190 / 7s	190	7			30	30	20	30	20	30	20	30	30		0,86	
LL-210 / 7s	210	7			30	30	30	30	30	30	30	30			0,95	
LL-230 / 7s	230	7			30	30	40	30	40	30	40	30			1,04	
LL-240 / 7s	240	7			40	40	20	40	20	40	40	40			1,08	
LL-260 / 7s	260	7			40	40	30	40	30	40	40	40			1,17	
LL-280 / 7s	280	7			40	40	40	40	40	40	40	40			1,26	
L-290 / 9s	290	9		40	30	30	30	30	30	30	30	30	30	40	1,31	
L-310 / 9s	310	9		40	30	40	30	30	30	40	30	40	30	40	1,40	
L-320 / 9s	320	9		40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	1,44	
L-360 / 9s	360	9		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1,62	
LL-300 / 9s	300	9		40	40	20	40	20	40	20	40	20	40	40	1,35	
LL-330 / 9s	330	9		40	40	30	40	30	40	30	40	30	40	40	1,49	
LL-360 / 9s	360	9		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	1,62	
L-400 / 11s	400	11	40	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	1,80	

Tableau 7 - Élément porteur horizontal (Charge des éléments X-LAM dans le plan) Orientation des plis extérieurs dans la direction longitudinale

	Flexion à plat					Flexion a chant			Dans le plan du panneau			
	Flexion à plat		Compression perpendiculaire au panneau	Cisaillement relatif à la flexion à plat		Flexion a chant		Cisaillement relatif à la flexion a chant	Traction		Compression	
	$f_{m,k}$			$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$		$f_{m,k}$		$f_{v,k}$	$f_{t,k}$		$f_{c,k}$
	parallèle	normal		parallèle	normal	parallèle	normal		parallèle	normal	parallèle	normal
L-60/3s	23,11	0,89	2,50	1,08	0,83	16,00	8,00	2,67	11,00	5,50	16,00	8,00
L-80/3s	23,63	0,38	2,50	1,05	0,63	18,00	6,00	2,00	12,38	4,13	18,00	6,00
L-90/3s	23,11	0,89	2,50	1,08	0,83	16,00	8,00	2,07	11,00	5,50	16,00	8,00
L-100/3s	23,81	0,19	2,50	1,03	0,50	19,20	4,80	1,60	13,20	3,30	19,20	4,80
L-110/3s	23,51	0,49	2,50	1,06	0,68	17,45	6,55	1,71	12,00	4,50	17,45	6,55
L-120/3s	23,11	0,89	2,50	1,08	0,83	16,00	8,00	1,78	11,00	5,50	16,00	8,00
L-130/5s	20,55	3,45	2,50	1,21	0,61	16,62	7,38	2,46	11,42	5,08	16,62	7,38
L-140/5s	22,18	1,82	2,50	1,13	0,46	17,14	6,86	2,05	11,79	4,71	17,14	6,86
L-150/5s	19,01	4,99	2,50	1,24	0,65	14,40	9,60	2,49	9,90	6,60	14,40	9,60
L-160/5s	21,38	2,63	2,50	1,19	0,58	18,00	6,00	2,00	12,38	4,13	18,00	6,00
L-170/5s	20,57	3,43	2,50	1,19	0,57	15,53	8,47	2,07	10,68	5,82	15,53	8,47
L-180/5s	20,15	3,85	2,50	1,21	0,62	16,00	8,00	2,09	11,00	5,50	16,00	8,00
L-200/5s	19,01	4,99	2,50	1,24	0,65	14,40	9,60	2,13	9,90	6,60	14,40	9,60
L-220/7s	20,05	3,95	2,50	1,05	0,83	17,45	6,55	2,18	12,00	4,50	17,45	6,55
L-240/7s	19,78	4,22	2,50	1,06	0,90	16,00	8,00	2,28	11,00	5,50	16,00	8,00
L-260/7s	18,31	5,69	2,50	1,07	0,89	14,77	9,23	2,27	10,15	6,35	14,77	9,23
L-280/7s	17,07	6,93	2,50	1,09	0,88	13,71	10,29	2,29	9,43	7,07	13,71	10,29
L-290/9s	17,52	6,48	2,50	1,13	0,79	14,07	9,93	2,34	9,67	6,83	14,07	9,93
L-310/9s	17,59	6,41	2,50	1,10	0,82	14,71	9,29	2,35	10,11	6,39	14,71	9,29
L-320/9s	17,46	6,54	2,50	1,11	0,83	15,00	9,00	2,35	10,31	6,19	15,00	9,00
L-360/9s	15,97	8,03	2,50	1,12	0,85	13,33	10,67	2,37	9,17	7,33	13,33	10,67
LL-190/7s	22,89	1,11	2,50	1,10	0,42	18,95	5,05	1,68	13,03	3,47	18,95	5,05
LL-210/7s	22,18	1,82	2,50	1,13	0,46	17,14	6,86	1,78	11,79	4,71	17,14	6,86
LL-230/7s	21,43	2,57	2,50	1,16	0,51	15,65	8,35	1,64	10,76	5,74	15,65	8,35
LL-240/7s	23,22	0,78	2,50	1,09	0,39	20,00	4,00	1,33	13,75	2,75	20,00	4,00
LL-260/7s	22,72	1,28	2,50	1,11	0,43	18,46	5,54	1,45	12,69	3,81	18,46	5,54
LL-280/7s	22,18	1,82	2,50	1,13	0,46	17,14	6,86	1,52	11,79	4,71	17,14	6,86
LL-300/9s	22,44	1,56	2,50	1,05	0,61	19,20	4,80	1,60	13,20	3,30	19,20	4,80
LL-330/9s	21,59	2,41	2,50	1,07	0,65	17,45	6,55	1,71	12,00	4,50	17,45	6,55
LL-360/9s	20,74	3,26	2,50	1,09	0,69	16,00	8,00	1,78	11,00	5,50	16,00	8,00
LL-400/11s	20,65	3,35	2,50	1,10	0,66	16,80	7,20	1,88	11,55	4,95	16,80	7,20

Annotations :

- 1) Les dimensions de tenue mécanique indiquées sont à la base des dimensions de tenue mécanique du tableau 14 (exclu E90 = 0).
- 2) Indication des dimensions de tenue mécanique en cas de charge en sens longitudinal (parallèle) respectivement en sens transversal (normal) en respectant les sections nettes et en se référant à la section rectangulaire homogène remplaçante.
- 3) Avec les dimensions de tenue mécanique indiquées on peut effectuer des procédés de preuve réduits spécialement pour flexion et cisaillement sur base d'une section rectangulaire homogène remplaçante.

Tableau 8 - Caractéristiques géométriques et mécaniques des panneaux X-LAM - Valeurs caractéristiques de résistance en N/mm²

	Flexion à plat				Flexion à chant				Masse volumique	
	Module d'élasticité		Module de cisaillement		Module d'élasticité		Module de cisaillement		Masse volumique moyenne	Masse volumique caractéristique
	E _{mean}		G _{mean}		E _{mean}		G _{mean}		ρ _{mean}	ρ _k
	parallèle	normal	parallèle	normal	parallèle	normal	parallèle	normal		
L-60/3s	11170	430	460	230	7733	3867	460	230	420	350
L-80/3s	11419	181	518	173	8700	2900	518	173	420	350
L-90/3s	11170	430	460	230	7733	3867	460	230	420	350
L-100/3s	11507	93	552	138	9280	2320	552	138	420	350
L-110/3s	11365	235	502	188	8436	3164	502	188	420	350
L-120/3s	11170	430	460	230	7733	3867	460	230	420	350
L-130/5s	9932	1668	478	212	8031	3569	478	212	420	350
L-140/5s	10721	879	493	197	8286	3314	493	197	420	350
L-150/5s	9187	2413	414	276	6960	4640	414	276	420	350
L-160/5s	10331	1269	518	173	8700	2900	518	173	420	350
L-170/5s	9943	1657	446	244	7506	4094	446	244	420	350
L-180/5s	9738	1862	460	230	7733	3867	460	230	420	350
L-200/5s	9187	2413	414	276	6960	4640	414	276	420	350
L-220/7s	9691	1909	502	188	8436	3164	502	188	420	350
L-240/7s	9559	2041	460	230	7733	3867	460	230	420	350
L-260/7s	8849	2751	425	265	7138	4462	425	265	420	350
L-280/7s	8252	3348	394	296	6629	4971	394	296	420	350
L-290/9s	8467	3133	404	286	6800	4800	404	286	420	350
L-310/9s	8502	3098	423	267	7110	4490	423	267	420	350
L-320/9s	8439	3161	431	259	7250	4350	431	259	420	350
L-360/9s	7717	3883	383	307	6444	5156	383	307	420	350
LL-190/7s	11066	534	545	145	9158	2442	545	145	420	350
LL-210/7s	10721	879	493	197	8286	3314	493	197	420	350
LL-230/7s	10357	1243	450	240	7565	4035	450	240	420	350
LL-240/7s	11224	376	575	115	9667	1933	575	115	420	350
LL-260/7s	10982	618	531	159	8923	2677	531	159	420	350
LL-280/7s	10721	879	493	197	8286	3314	493	197	420	350
LL-300/9s	10847	753	552	138	9280	2320	552	138	420	350
LL-330/9s	10435	1165	502	188	8436	3164	502	188	420	350
LL-360/9s	10025	1575	460	230	7733	3867	460	230	420	350
LL-400/11s	9982	1618	483	207	8120	3480	483	207	420	350

Annotations :




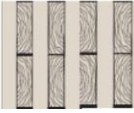
- 1) Les dimensions de tenue mécanique indiquées sont à la base des dimensions de tenue mécanique du tableau 14 (exclu E90 = 0) .
- 2) Indication des dimensions de tenue mécanique en cas de charge en sens longitudinal (parallèle) respectivement en sens transversal (normal) en respectant les sections nettes et en se référant à la section rectangulaire homogène remplaçante.
- 3) Avec les dimensions de tenue mécanique indiquées on peut effectuer des procédés de preuve réduits spécialement pour flexion et cisaillement sur base d'une section rectangulaire homogène remplaçante.

Tableau 9 - Caractéristiques géométriques et mécaniques des panneaux X-LAM – Valeurs caractéristiques de rigidité en N/mm² et masse volumique en kg/m³

Élément porteur horizontal – Propriétés de section													
Désignation	A _{net}		A _{brutto}	I _{net}		I _{brutto}	Z _s	EA _{eff}	D _x	D _y	K _{CLT}	S _{CLT}	S _{xy}
	[mm ²]		[mm ²]	[mm ⁴]		[mm ⁴]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[Nmm ²]	[N]	[N]
	LL	QL		LL	QL								
L-60/3s	40.000	20.000	60.000	1,733E+07	6,667E+05	1,800E+07	30	4,640E+08	4,640E+08	2,320E+08	2,011E+11	4,423E+06	3,566E+07
L-80/3s	60.000	20.000	80.000	4,200E+07	6,667E+05	4,267E+07	40	6,960E+08	6,960E+08	2,320E+08	4,872E+11	7,151E+06	4,490E+07
L-90/3s	60.000	30.000	90.000	5,850E+07	2,250E+06	6,075E+07	45	6,960E+08	6,960E+08	3,480E+08	6,786E+11	6,634E+06	4,908E+07
L-100/3s	80.000	20.000	100.000	8,267E+07	6,667E+05	8,333E+07	50	9,280E+08	9,280E+08	2,320E+08	9,589E+11	1,048E+07	5,300E+07
L-110/3s	80.000	30.000	110.000	1,087E+08	2,250E+06	1,109E+08	55	9,280E+08	9,280E+08	3,480E+08	1,261E+12	9,255E+06	5,667E+07
L-120/3s	80.000	40.000	120.000	1,387E+08	5,333E+06	1,440E+08	60	9,280E+08	9,280E+08	4,640E+08	1,609E+12	8,844E+06	6,010E+07
L-130/5s	90.000	40.000	130.000	1,568E+08	2,633E+07	1,831E+08	65	1,044E+09	1,044E+09	4,640E+08	1,818E+12	1,239E+07	7,338E+07
L-140/5s	100.000	40.000	140.000	2,113E+08	1,733E+07	2,287E+08	70	1,160E+09	1,160E+09	4,640E+08	2,451E+12	1,273E+07	7,768E+07
L-150/5s	90.000	60.000	150.000	2,228E+08	5,850E+07	2,813E+08	75	1,044E+09	1,044E+09	6,960E+08	2,584E+12	1,196E+07	8,181E+07
L-160/5s	120.000	40.000	160.000	3,040E+08	3,733E+07	3,413E+08	80	1,392E+09	1,392E+09	4,640E+08	3,526E+12	1,763E+07	8,577E+07
L-170/5s	110.000	60.000	170.000	3,509E+08	5,850E+07	4,094E+08	85	1,276E+09	1,276E+09	6,960E+08	4,071E+12	1,411E+07	8,959E+07
L-180/5s	120.000	60.000	180.000	4,080E+08	7,800E+07	4,860E+08	90	1,392E+09	1,392E+09	6,960E+08	4,733E+12	1,623E+07	9,325E+07
L-200/5s	120.000	80.000	200.000	5,280E+08	1,387E+08	6,667E+08	100	1,392E+09	1,392E+09	9,280E+08	6,125E+12	1,595E+07	1,002E+08
L-220/7s	160.000	60.000	220.000	7,413E+08	1,460E+08	8,873E+08	110	1,856E+09	1,856E+09	6,960E+08	8,599E+12	2,461E+07	1,185E+08
L-240/7s	160.000	80.000	240.000	9,493E+08	2,027E+08	1,152E+09	120	1,856E+09	1,856E+09	9,280E+08	1,101E+13	2,176E+07	1,262E+08
L-260/7s	160.000	100.000	260.000	1,117E+09	3,473E+08	1,465E+09	130	1,856E+09	1,856E+09	1,160E+09	1,296E+13	2,222E+07	1,334E+08
L-280/7s	160.000	120.000	280.000	1,301E+09	5,280E+08	1,829E+09	140	1,856E+09	1,856E+09	1,392E+09	1,510E+13	2,275E+07	1,402E+08
L-290/9s	170.000	120.000	290.000	1,483E+09	5,490E+08	2,032E+09	145	1,972E+09	1,972E+09	1,392E+09	1,721E+13	2,399E+07	1,552E+08
L-310/9s	120.000	120.000	310.000	1,820E+09	6,630E+08	2,483E+09	155	2,204E+09	2,204E+09	1,392E+09	2,111E+13	2,729E+07	1,627E+08
L-320/9s	120.000	120.000	320.000	1,987E+09	7,440E+08	2,731E+09	160	2,320E+09	2,320E+09	1,392E+09	2,305E+13	2,950E+07	1,664E+08
L-360/9s	160.000	160.000	360.000	2,587E+09	1,301E+09	3,888E+09	180	2,320E+09	2,320E+09	1,856E+09	3,001E+13	2,935E+07	1,803E+08
LL-190/7s	150.000	40.000	190.000	5,453E+08	2,633E+07	5,716E+08	95	1,740E+09	1,740E+09	4,640E+08	6,325E+12	2,130E+07	1,062E+08
LL-210/7s	150.000	60.000	210.000	7,133E+08	5,850E+07	7,718E+08	105	1,740E+09	1,740E+09	6,960E+08	8,274E+12	1,910E+07	1,145E+08
LL-230/7s	150.000	80.000	230.000	9,053E+08	1,087E+08	1,014E+09	115	1,740E+09	1,740E+09	9,280E+08	1,050E+13	1,839E+07	1,224E+08
LL-240/7s	200.000	40.000	240.000	1,115E+09	3,733E+07	1,152E+09	120	2,320E+09	2,320E+09	4,640E+08	1,293E+13	3,163E+07	1,262E+08
LL-260/7s	200.000	60.000	260.000	1,387E+09	7,800E+07	1,465E+09	130	2,320E+09	2,320E+09	6,960E+08	1,609E+13	2,735E+07	1,334E+08
LL-280/7s	200.000	80.000	280.000	1,691E+09	1,387E+08	1,829E+09	140	2,320E+09	2,320E+09	9,280E+08	1,961E+13	2,546E+07	1,402E+08
LL-300/9s	240.000	60.000	300.000	2,104E+09	1,460E+08	2,250E+09	150	2,784E+09	2,784E+09	6,960E+08	2,441E+13	3,700E+07	1,590E+08
LL-330/9s	240.000	90.000	330.000	2,694E+09	3,008E+08	2,995E+09	165	2,784E+09	2,784E+09	1,044E+09	3,125E+13	3,289E+07	1,700E+08
LL-360/9s	240.000	120.000	360.000	3,360E+09	5,280E+08	3,888E+09	180	2,784E+09	2,784E+09	1,392E+09	3,898E+13	3,136E+07	1,803E+08
LL-400/11s	280.000	120.000	400.000	4,589E+09	7,440E+08	5,333E+09	200	3,248E+09	3,248E+09	1,392E+09	5,324E+13	3,892E+07	2,066E+08

hypothèse: E₉₀ = 0

Tableau 10 - Élément porteur horizontal (Chargement des éléments X-LAM principalement hors plan de l'élément); Orientation des couches de revêtement dans la direction longitudinale – Propriétés de section

			Structures de mur													
Désignation	Épaisseur nominale	Nombre de plis	Structure										Poids propre *	$f_{v,ct,k}$	Schéma	
	[mm]		[mm]										[kN/m ²]	[N/mm ²]		
X-60 / 3s	60	3					20	20	20					0,27	2,7	
X-70 / 3s	70	3					20	30	20					0,32	2,3	
X-80 / 3s	80	3					30	20	30					0,36	2,0	
X-90 / 3s	90	3					30	30	30					0,41	2,1	
X-100 / 3s	100	3					30	40	30					0,45	1,9	
X-110 / 3s	110	3					40	30	40					0,50	1,7	
X-120 / 3s	120	3					40	40	40					0,54	1,8	
X-100 / 5s	100	5			20	20	20	20	20					0,45	3,2	
X-110 / 5s	110	5			20	20	30	20	20					0,50	2,7	
X-120 / 5s	120	5			20	30	20	30	20					0,54	2,7	
X-130 / 5s	130	5			30	20	30	20	30					0,59	2,5	
X-140 / 5s	140	5			40	20	20	20	40					0,63	2,0	
X-150 / 5s	150	5			30	30	30	30	30					0,68	2,5	
X-160 / 5s	160	5			40	20	40	20	40					0,72	2,0	
X-170 / 5s	170	5			40	30	30	30	40					0,77	2,1	
X-180 / 5s	180	5			40	30	40	30	40					0,81	2,1	
X-190 / 5s	190	5			40	40	30	40	40					0,86	2,1	
X-200 / 5s	200	5			40	40	40	40	40					0,90	2,1	
X-220 / 7s	220	7		40	20	40	20	40	20	40				0,99	2,2	
X-240 / 7s	240	7		40	20	40	40	40	20	40				1,08	2,5	
X-260 / 7s	260	7		40	30	40	40	40	30	40				1,17	2,6	
X-280 / 7s	280	7		40	40	40	40	40	40	40				1,26	2,7	
X-290 / 9s	290	9	40	30	30	30	30	30	30	30	30	40		1,31	2,9	
X-310 / 9s	310	9	40	30	40	30	30	30	40	30	40		1,40	2,7		
X-320 / 9s	320	9	40	30	40	30	40	30	40	30	40		1,44	2,6		
X-360 / 9s	360	9	40	40	40	40	40	40	40	40	40		1,62	2,7		

* Le poids propre a été déterminé avec une masse volumique apparente de $\rho = 450 \text{ kg/m}^3$.

Les valeurs de capacité résistante en cisaillement $f_{v,ct,k}$ du tableau ci-dessus sont valables pour les valeurs de largeur minimum de planches suivantes :

120 mm pour une planche d'épaisseur 20 mm
140 mm pour une planche d'épaisseur 30 mm
160 mm pour une planche d'épaisseur 40 mm

Tableau 11 - Structures de mur (Charge des éléments X-LAM principalement dans le plan); Orientation des plis extérieurs dans la direction longitudinale (verticale)

Structures de mur- Propriétés de section

Désignation	A _{net}		A _{brutto}	I _{net}		I _{brutto}	Z _s	EA _{eff}	D _x	D _y	K _{GLT}	S _{GLT}	S _{xy}
	[mm ²]			[mm ⁴]									
	LL	QL	[mm ²]	LL	QL	[mm ⁴]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[Nmm ²]	[N]	[N]
X-60/3s	40.000	20.000	60.000	1,733E+07	6,667E+05	1,800E+07	30	2,320E+08	2,320E+08	4,640E+08	7,733E+09	1,380E+07	3,566E+07
X-70/3s	40.000	30.000	70.000	2,633E+07	2,250E+06	2,858E+07	35	3,480E+08	3,480E+08	4,640E+08	2,610E+10	2,070E+07	4,043E+07
X-80/3s	60.000	20.000	80.000	4,200E+07	6,667E+05	4,267E+07	40	2,320E+08	2,320E+08	6,960E+08	7,733E+09	1,380E+07	4,490E+07
X-90/3s	60.000	30.000	90.000	5,850E+07	2,250E+06	6,075E+07	45	3,480E+08	3,480E+08	6,960E+08	2,610E+10	2,070E+07	4,908E+07
X-100/3s	60.000	40.000	100.000	7,800E+07	5,333E+06	8,333E+07	50	4,640E+08	4,640E+08	6,960E+08	6,187E+10	2,760E+07	5,300E+07
X-110/3s	80.000	30.000	110.000	1,087E+08	2,250E+06	1,109E+08	55	3,480E+08	3,480E+08	9,280E+08	2,610E+10	1,743E+07	5,667E+07
X-120/3s	80.000	40.000	120.000	1,387E+08	5,333E+06	1,440E+08	60	4,640E+08	4,640E+08	9,280E+08	6,187E+10	2,324E+07	6,010E+07
X-100/5s	60.000	40.000	100.000	6,600E+07	1,733E+07	8,333E+07	50	4,640E+08	4,640E+08	6,960E+08	2,011E+11	4,423E+06	5,943E+07
X-110/5s	70.000	40.000	110.000	8,458E+07	2,633E+07	1,109E+08	55	4,640E+08	4,640E+08	8,120E+08	3,055E+11	4,449E+06	6,426E+07
X-120/5s	60.000	60.000	120.000	1,020E+08	4,200E+07	1,440E+08	60	6,960E+08	6,960E+08	6,960E+08	4,872E+11	7,151E+06	6,891E+07
X-130/5s	90.000	40.000	130.000	1,568E+08	2,633E+07	1,831E+08	65	4,640E+08	4,640E+08	1,044E+09	3,055E+11	4,449E+06	7,338E+07
X-140/5s	100.000	40.000	140.000	2,113E+08	1,733E+07	2,287E+08	70	4,640E+08	4,640E+08	1,160E+09	2,011E+11	4,423E+06	7,768E+07
X-150/5s	90.000	60.000	150.000	2,228E+08	5,850E+07	2,813E+08	75	6,960E+08	6,960E+08	1,044E+09	6,786E+11	6,634E+06	8,181E+07
X-160/5s	120.000	40.000	160.000	3,040E+08	3,733E+07	3,413E+08	80	4,640E+08	4,640E+08	1,392E+09	4,331E+11	4,706E+06	8,577E+07
X-170/5s	110.000	60.000	170.000	3,509E+08	5,850E+07	4,094E+08	85	6,960E+08	6,960E+08	1,276E+09	6,786E+11	6,633E+06	8,959E+07
X-180/5s	120.000	60.000	180.000	4,080E+08	7,800E+07	4,860E+08	90	6,960E+08	6,960E+08	1,392E+09	9,048E+11	6,603E+06	9,325E+07
X-190/5s	110.000	80.000	190.000	4,629E+08	1,087E+08	5,716E+08	95	9,280E+08	9,280E+08	1,276E+09	1,261E+12	9,255E+06	9,678E+07
X-200/5s	120.000	80.000	200.000	5,280E+08	1,387E+08	6,667E+08	100	9,280E+08	9,280E+08	1,392E+09	1,609E+12	8,844E+06	1,002E+08
X-220 / 7s	160 000	60 000	220 000	7,413E+08	1,460E+08	8,873E+08	110	1,856E+09	1,856E+09	6,960E+08	8,599E+12	9,695E+06	1,185E+08
X-240 / 7s	160 000	80 000	240 000	9,493E+08	2,027E+08	1,152E+09	120	1,856E+10	1,856E+09	9,280E+08	1,101E+13	1,319E+07	1,262E+08
X-260 / 7s	160 000	100 000	260 000	1,117E+09	3,473E+08	1,465E+09	130	1,856E+10	1,856E+09	1,160E+09	1,296E+13	1,473E+07	1,334E+08
X-280 / 7s	160 000	120 000	280 000	1,301E+10	5,280E+08	1,829E+09	140	1,856E+10	1,856E+09	1,392E+09	1,510E+13	1,658E+07	1,402E+08
X-290 / 9s	170 000	120 000	290 000	1,483E+10	5,490E+08	2,032E+09	145	1,972E+09	1,972E+09	1,392E+09	1,721E+13	1,769E+07	1,552E+08
X-310 / 9s	190 000	120 000	310 000	1,820E+10	6,630E+08	2,483E+09	155	2,204E+10	2,204E+09	1,392E+09	2,111E+13	1,822E+07	1,627E+08
X-320 / 9s	200 000	120 000	320 000	1,987E+10	7,440E+08	2,731E+09	160	2,320E+09	2,320E+09	1,392E+09	2,305E+13	1,008E+07	1,664E+08
X-360 / 9s	200 000	160 000	360 000	2,587E+09	1,301E+09	3,888E+09	180	2,320E+09	2,320E+09	1,856E+09	3,001E+13	2,325E+07	1,803E+08

Hypothèse : E₉₀ = 0

Tableau 12 - Structures de mur (Charge des éléments X-LAM principalement dans leur plan); Orientation des plis extérieurs dans la direction longitudinale - Propriétés de section

Propriétés du matériau X-LAM

Coefficient de déformation k_{def}

Nombre de plis	Classe de service		
	1	2	3*
> 7s	0,80	1,00	-
≤ 7s	0,85	1,10	-

*pas d'utilisation de X-LAM dans la Classe de service 3

Tableau 13 - Coefficient de déformation k_{def} en fonction de la structure du panneau

Grandeurs caractéristiques du X-LAM

Propriété		Effort	
		Hors du plan (du panneau)	Dans le plan (du panneau)
Résistance à la flexion	$f_{m,CLT,k}$	24,0	24,0
Résistance à la traction	$f_{t,0,CLT,k}$		14,5
	$f_{t,90,CLT,k}$	0,4	
Résistance à la compression	$f_{c,0,CLT,k}$		21,0
	$f_{c,90,CLT,k}$	2,5 ¹⁾	
Résistance au cisaillement	$f_{v,CLT,k}$	2,68 ²⁾	3)
Résistance au cisaillement roulant	$f_{r,CLT,k}$	1,0	
Module d'élasticité	$E_{0,CLT,mean}$	11 000	11 000
	$E_{0,CLT,05}$	7 400	7 400
	$E_{90,CLT,mean}$	370	370
	$E_{90,CLT,05}$	308	308
Module de cisaillement	$G_{CLT,mean}$	690	690
	$G_{CLT,05}$	575	575
Module de cisaillement roulant	$G_{r,CLT,mean}$	50	
	$G_{r,CLT,05}$	42	
Masse volumique	$\rho_{CLT,k}$	350	350
	$\rho_{CLT,mean}$	420	420

1) Pour la vérification de la compression transversale selon le chapitre 6, une valeur caractéristique de $f_{c,90,CLT,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$ est choisie.

2) Cette valeur prend en compte le coefficient k_{cr} selon la norme NF EN 1995-1-1 $f_{v,CLT,k} = k_{cr} \cdot f_{v,C24,k} = 0,67 \cdot 4,0 = 2,68 \text{ N/mm}^2$.

3) Résistance caractéristique au cisaillement en cas de chargement dans le plan selon l'ETA-11/0189 tableau 3.

Tableau 14 - Valeurs caractéristiques de résistance et de rigidité en N/mm^2 et masse volumique en kg/m^3 du X-LAM – structure selon des vérifications déterminantes

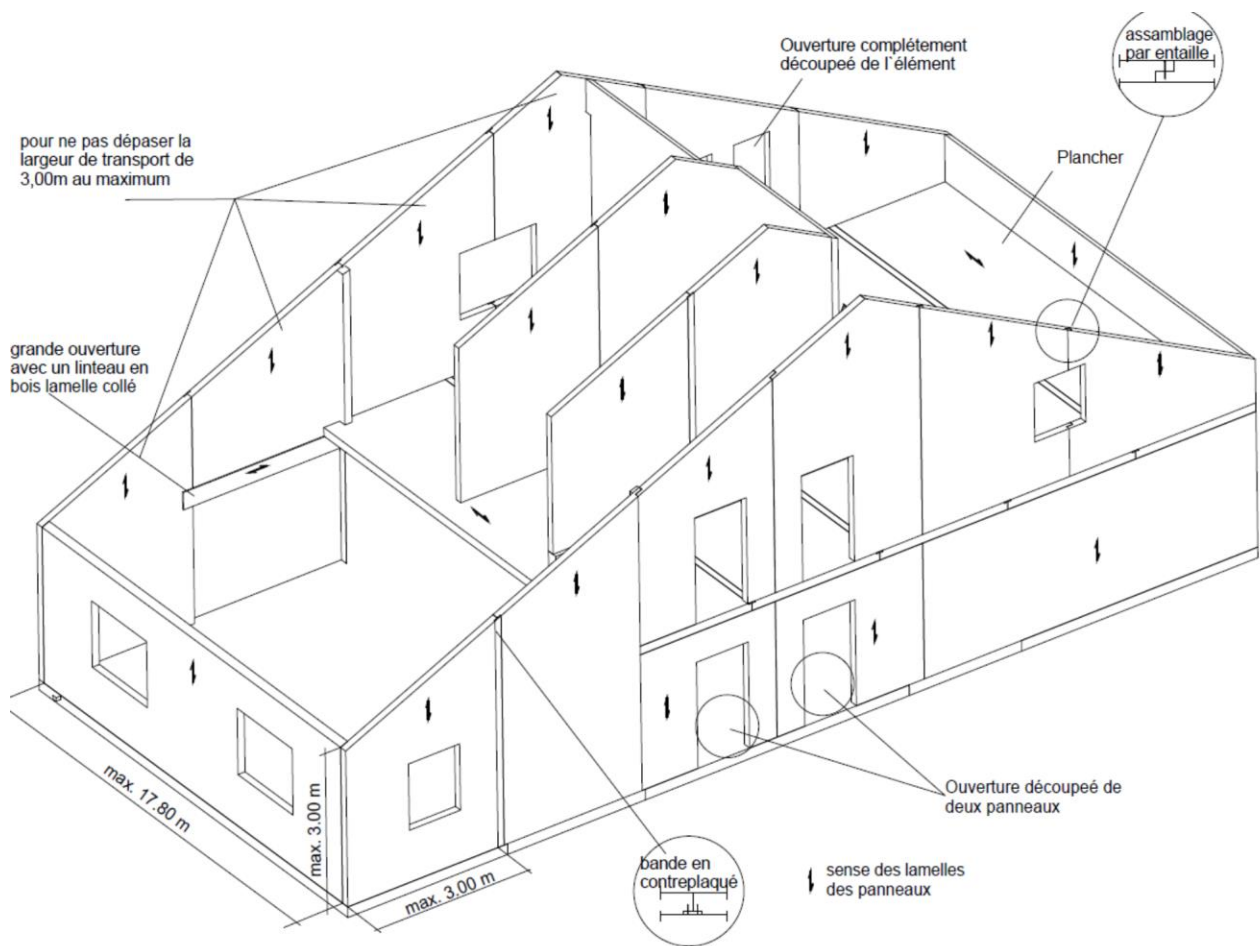


Figure 5 - Principe général de conception

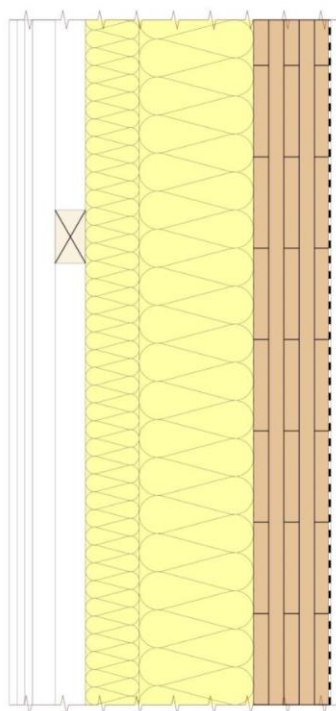


Figure 6 - Exemple de structure de mur – composition avec bardage

Structure

- Bardage de façade en bois selon DTU 41.2 ;
- Linteau et lame d'air ;
- Pare pluie ;
- Isolant selon CGM DTU 31.2 ;
- Panneau X-LAM X-100/5s ;
- Pare vapeur ;
- Doublage en plaque de plâtre selon DTU 25.41 (non représenté).

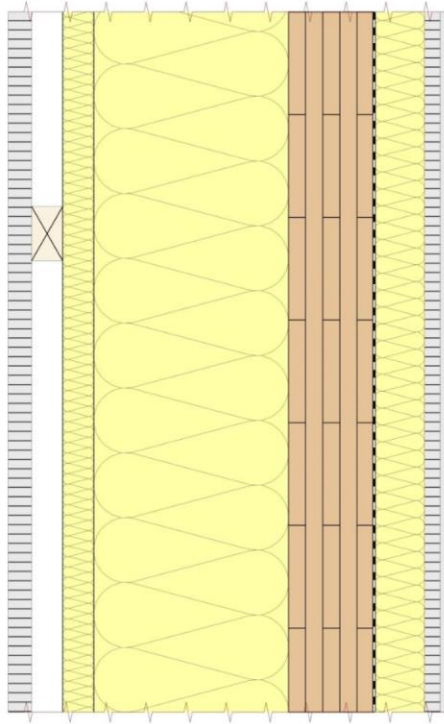
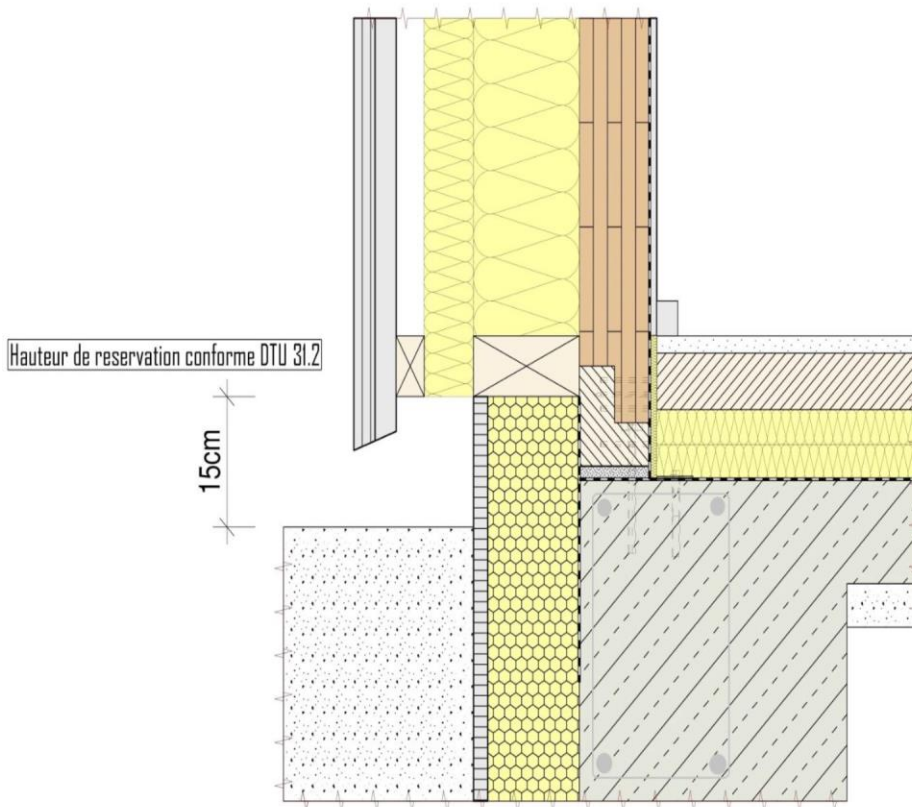


Figure 7 - Exemple de composition avec doublage intérieur

Structure

- Bardage de façade en bois posé verticalement selon DTU 41.2 ;
- Litage et lame d'air ;
- Pare pluie ;
- Panneau de fermeture sur ossature secondaire ;
- Isolant selon CGM DTU 31.2 ;
- Panneau X-LAM X-110/5s ;
- Pare vapeur ;
- Doublage isolant type ouvrage en plaque de plâtre selon DTU 25.41.



Structure de plancher

- Finition de sol ;
- Chape béton selon DTU 26.2 ;
- Isolation polystyrène extrudé ;
- Barrière contre les remontées capillaires ;
- Dalle béton.

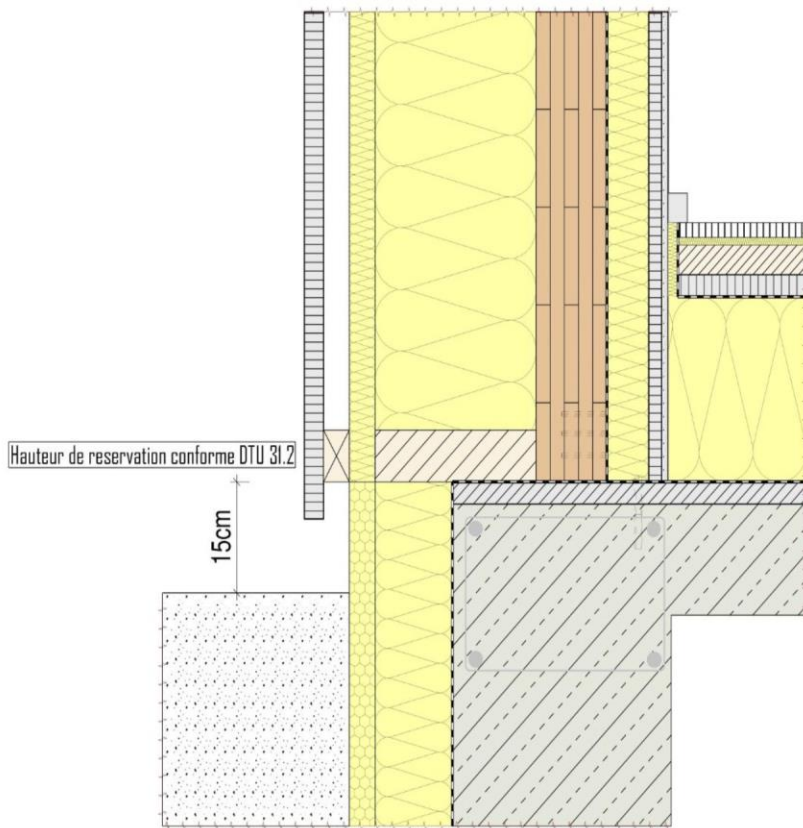
Structure de mur

- Bardage de façade en bois posé verticalement selon DTU 41.2 ;
- Liteau et lame d'air ;
- Pare pluie ;
- Panneau isolant rigide ;
- Isolation en fibres minérales en remplissage de l'ossature bois secondaire Panneau X-LAM X-100/5s ;
- Pare vapeur ;
- Doublage en plaque de plâtre (selon DTU 25.41) (non représenté).

Assemblage dalle/mur

- Mur reposant sur une lisse avec épaulement ;
- Fixation mur/lisse par équerre et vis.

Figure 8 - Exemple d'appui sur dalle béton



Structure de plancher

- Revêtement de sol (parquet selon DTU 51.1) ;
- Couche isolante type fermacell ;
- Chape sèche sur granulat ;
- Barrière contre les remontées capillaires ;
- Mortier de nivellement ;
- Dalle béton.

Structure de mur

- Bardage de façade en bois posé verticalement selon DTU 41.2 ;
- Liteau et lame d'air ;
- Pare pluie ;
- Panneau de fermeture sur ossature secondaire ;
- Isolation en fibres minérales en remplissage de l'ossature bois secondaire ;
- Panneau X-LAM X-100/5s ;
- Pare vapeur ;
- Doublage isolant en plaque de plâtre selon DTU 25.41).

Assemblage dalle/mur

- Mur reposant sur la dalle ;
- Fixation mur/dalle par équerre et vis.

Figure 9 - Exemple d'appui sur dalle béton

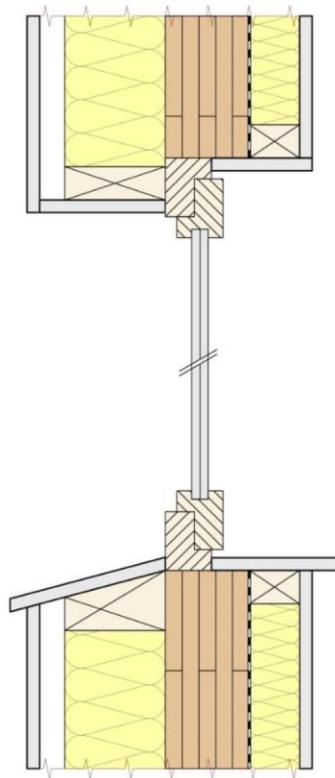


Figure 10 - Exemple d'intégration d'une menuiserie

Structure de mur

- Bardage de façade en bois posé verticalement selon DTU 41.2 ;
- Liteau et lame d'air ;
- Pare pluie ;
- Isolation en fibres minérales en remplissage de l'ossature bois secondaire ;
- Panneau X-LAM X-100/5s ;
- Pare vapeur ;
- Doublage isolant en plaque de plâtre selon DTU 25.41 ;
- Menuiserie posée en applique intérieure selon DTU 36.2.

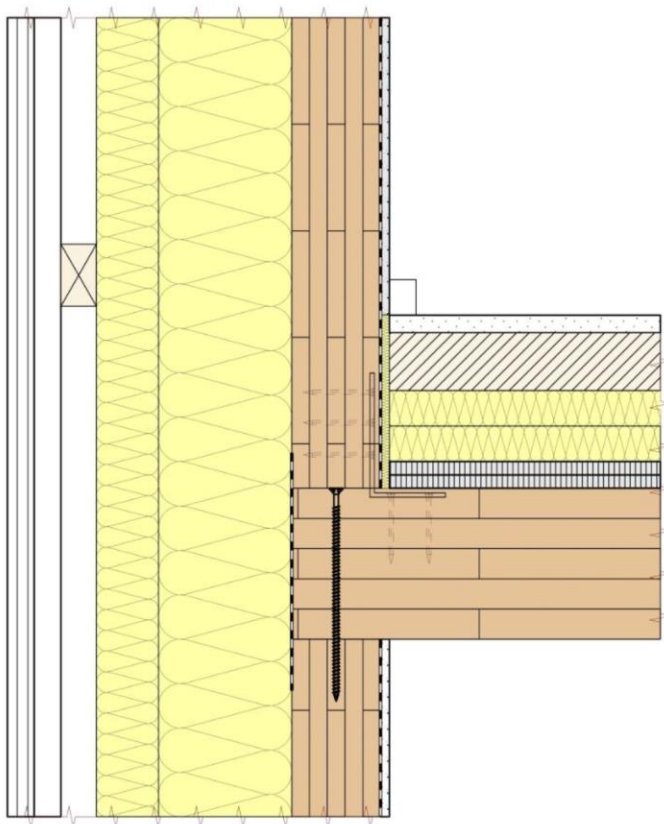


Figure 11 - Exemples de jonction plancher/mur sur mur CLT

Structure de mur

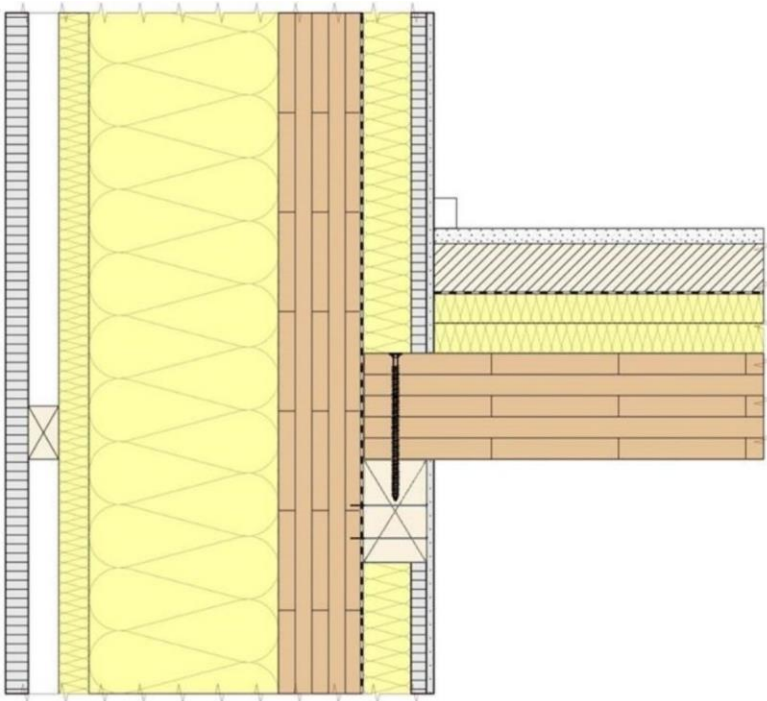
- Bardage de façade en bois posé verticalement selon DTU 41.2 ;
- Liteau et lame d'air ;
- Pare pluie ;
- Panneau isolant rigide ;
- Isolation en fibres minérales en remplissage de l'ossature bois secondaire ;
- Panneau X-LAM X-100/5s ;
- Pare vapeur ;
- Exemple de finition intérieure.

Structure de plancher

- Revêtement de sol ;
- Chape de béton selon DTU 26.2 ;
- Résilient/ Couche d'isolation acoustique ;
- X-LAM L-170/5s.

Jonction plancher/mur

- Vis depuis la face supérieure du plancher (jonction plancher mur inférieur) ;
- Équerres de reprises (jonction plancher/mur supérieur).



Structure de mur

- Bardage de façade en bois posé verticalement selon DTU 41.2 ;
- Linteau et lame d'air ;
- Pare pluie ;
- Panneau isolant rigide ;
- Isolation en fibres minérales en remplissage de l'ossature bois secondaire ;
- Panneau X-LAM X-100/5s ;
- Pare vapeur ;
- Exemple de finition intérieure.

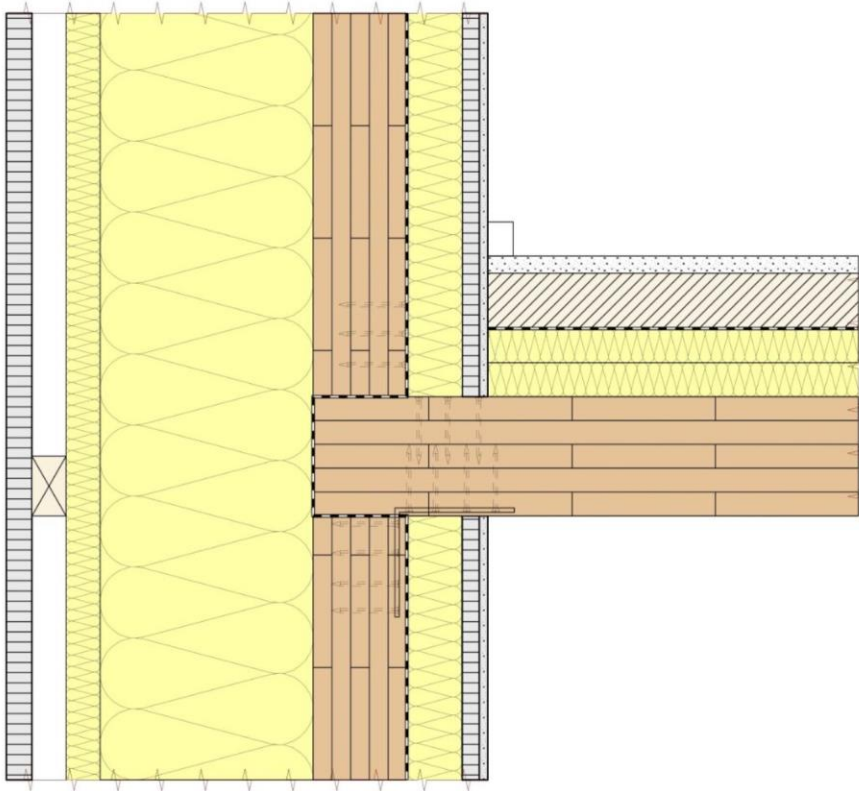
Structure de plancher

- Revêtement de sol ;
- Chape de béton selon DTU 26.2 ;
- Résilient/ Couche d'isolation acoustique ;
- X-LAM L-140/5s.

Jonction plancher/mur

- Vis depuis la face supérieure du plancher (jonction plancher sur muralière bois vissée)

Figure 12 - Exemples de jonction plancher/mur sur muralière



Structure de plancher

- Revêtement de sol ;
- Chape de béton selon DTU 26.2 ;
- Résilient/Couche d'isolation acoustique ;
- X-LAM L-140/5s ;
- Exemple de finition.

Structure de mur

- Bardage de façade en bois posé verticalement selon DTU 41.2 ;
- Linteau et lame d'air ;
- Pare pluie ;
- Panneau de fermeture sur ossature secondaire ;
- Isolation en fibres minérales en remplissage de l'ossature bois secondaire ;
- Panneau X-LAM X-100/5s ;
- Pare vapeur ;
- Doublage isolant en plaque de plâtre selon DTU 25.41.

Jonction plancher/murs

- Équerres de reprises (jonction plancher mur inférieur) ;
- Équerres de reprises (jonction plancher/mur supérieur).

Figure 13 - Exemples de jonction plancher/mur sur équerre

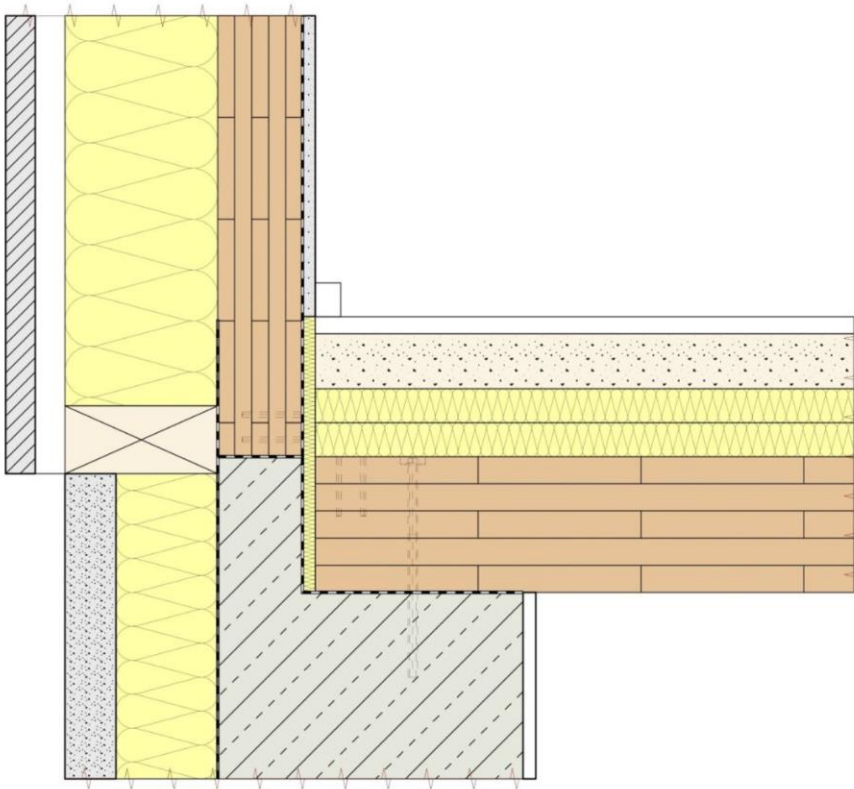


Figure 14 - Surélévation de l'existant

Structure

- Revêtement de sol (parquet) ;
- Chape de béton ;
- Isolation au bruit d'impact (isolation d'acoustique) ;
- X-LAM L-160/5s.

Bon à Fermer – Fiche d’autocontrôle avant mise en œuvre des revêtements

L'émission d'un bon à fermer signifie que pour les zones concernées par le bon, l'humidité du bois est comprise dans une plage permettant de débiter les travaux de second œuvre sans qu'il n'y ait un risque de confinement d'une humidité excessive et l'état de surface des éléments formant support satisfait aux tolérances attendues.

Informations Générales du Chantier

Coordonnées : (nom, adresse)	..... .....
Donneur d'ordre :	..... .....
Maître d'œuvre :	..... .....
Autres informations :	..... .....

Zone(s) concernée(s)

Etage :	..... .....
Partie concernée :	Structure / Mur / Plancher / Autre (préciser) :

Contrôle dimensionnel

Date et heure du contrôle :	..... .....
Contrôle effectué par : (Nom, Prénom, Société)	..... ..... .....
Planéité et désaffleurement :	..... .....
Largeur des joints entre panneaux :	..... .....
Continuité au droit des appuis :	..... .....

Rappel de l'intervalle acceptable :

Planéité et désaffleurement : imposés par le référentiel de la chape ou du revêtement de sol ou, à défaut, ceux du DTU 51.3. En cas de reprise de désaffleurement, un ponçage 5 mm au plus pourra être réalisé à l'aide d'une ponceuse par le charpentier.

(Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné)

Largeur des joints entre panneaux : la vérification de la largeur de joint devra être réalisée et consignée par le charpentier avant la mise en place des bandes adhésives. Si l'ouverture du joint entre panneaux est inférieure à 2 mm, il n'est pas nécessaire de traiter les joints. Lorsque l'ouverture des joints est supérieure à 2 mm sans dépasser 10 mm, ceux-ci doivent être remplis de mastics souples compatibles avec les éléments bois et doivent être affleurés. La mise en œuvre de ce mastic sera réalisée par le charpentier ;

Continuité au droit des appuis : la rotation sur appui induit une ouverture entre deux panneaux inférieure à 2 mm. Lorsqu'elle est nécessaire pour le revêtement de sol, la continuité peut être réalisée par la mise en place d'une jonction par languette si le panneau CLT support n'est pas continu sur appuis.

Conformité :
--------------	-------

<p>Rappel de l'intervalle acceptable : Les résultats obtenus devront être de 15±3% si la structure a été dimensionnée en classe de service 2 et de 12±2% si la structure a été dimensionnée en classe de service 1. (Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné)</p>	
Contrôle de l'Humidité	
Date et heure du contrôle :	..... .....
Contrôle effectué par : (Nom, Prénom, Société)	..... ..... .....
Nombre de points de contrôle :	..... .....
Emplacement des points de contrôle : (joindre plan annoté)	..... ..... ..... .....
Valeurs obtenues (en %) :	..... .....
Conformité :	..... ..... .....
<p>Fait à Le Nom prénom responsable Signature du responsable + cachet entreprise (précédés de la mention « Bon pour fermeture »)</p>	

Tableau 15 – Bon à Fermer – Fiche d'autocontrôle avant mise en œuvre des revêtements