

Sur le procédé

PANNEAU XLAM INDUSTRIE

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

Titulaire(s) : Société XLAM INDUSTRIE SAS

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
V3	Modification du domaine d'emploi (Ajout de la 4 ^{ème} famille) ; Mise à jour des références chantier ; Mise à jour selon la nouvelle trame ; Nouvelle revendication en support de couverture (cf. § 4) ; Ajout du climat de montagne en support d'étanchéité pour les toitures-terrasses végétalisées et les toitures-terrasses accessibles aux piétons et au séjour.	PAYET Loïc	BERNARDIN-EZRAN Roseline
V2		PAYET Loïc	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif résineux, empilées en plis croisés à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. La disposition croisée des planches longitudinales et transversales permet de réduire considérablement les variations dimensionnelles et de reprendre efficacement les efforts dans les deux directions.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont élaborés à partir de planches séchées et calibrées de classe mécanique C24 (ou C18 sur demande). Les planches sont aboutées entre elles grâce à un collage structural à partir de colle polyuréthane. Les couches sont quant à elles collées à l'aide de colle structurelle polyuréthane également pour constituer un panneau de 3 à 8 plis (3 à 7 couches).

Les panneaux ainsi fabriqués peuvent mesurer de 60 mm à 320 mm d'épaisseur, 2350 à 3400 mm de largeur et de 8000 mm à 16500 mm de longueur.

Ils sont destinés à la réalisation de planchers, de murs porteurs à fonction de contreventement. Ils peuvent également être supports d'étanchéité, éléments porteurs de complexes d'étanchéité et élément porteur supports de couverture.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	6
1.1.	Domaine d'emploi accepté	6
1.1.1.	Zone géographique	6
1.1.2.	Ouvrages visés	6
1.2.	Appréciation	7
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	7
1.2.2.	Durabilité	10
1.2.3.	Impacts environnementaux	11
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	11
1.4.	Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé	13
1.4.1.	Dimensionnement des planchers	13
1.4.2.	Dimensionnement des murs	15
2.	Dossier Technique	17
2.1.	Mode de commercialisation	17
2.1.1.	Coordonnées	17
2.1.2.	Identification	17
2.2.	Description	17
2.2.1.	Principe	17
2.3.	Définitions des matériaux	18
2.3.1.	Planches en bois	18
2.3.2.	Panneaux CLT	19
2.4.	Dispositions de conception	20
2.4.1.	Panneaux XLAM INDUSTRIE	20
2.4.2.	Dimensionnement des planchers	21
2.4.3.	Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux	21
2.4.4.	Dimensionnement des éléments porteurs verticaux	24
2.4.5.	Dispositions relatives au dimensionnement en zone sismique	26
2.5.	Jonction entre panneaux XLAM INDUSTRIE	26
2.5.1.	Dispositions relatives aux assemblages	26
2.5.2.	Préconisation d'assemblages et d'ancrage spécifiques pour mise en œuvre en zone sismique	27
2.5.3.	Dispositions spécifiques relatives à la sécurité en cas d'incendie	27
2.5.4.	Dispositions spécifiques aux composants métalliques	27
2.5.5.	Liaison avec le gros œuvre	27
2.5.6.	Liaison avec une structure métallique	27
2.6.	Dispositions de mise en œuvre	28
2.6.1.	Dispositions relatives à la mise en place d'un pare-vapeur	28
2.6.2.	Dispositions relatives au montage	28
2.6.3.	Dispositions relatives aux parements extérieurs	32
2.6.4.	Traitement de préservation	32
2.6.5.	Dispositions constructives générales	32
2.7.	Assistance technique	32
2.8.	Principe de fabrication et de contrôle de cette fabrication	33
2.8.1.	Fabrication	33
2.8.2.	Contrôle de fabrication	33
2.9.	Mention des justificatifs	34
2.9.1.	Résultats expérimentaux	34
2.9.2.	Références chantiers	34

2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	36
2.10.1.	Méthodologie de dimensionnement des panneaux aux éléments finis	51
3.	Annexe – Utilisation en support d'étanchéité	54
3.1.	Généralités	54
3.2.	Domaine d'emploi.....	54
3.2.1.	Bâtiments/locaux.....	54
3.2.2.	Typologies de la toiture	54
3.2.3.	Pente de l'élément porteur.....	54
3.3.	Résistance aux effets du vent.....	54
3.4.	Conception	55
3.4.1.	Pare-vapeur.....	55
3.5.	Organisation de la mise en œuvre.....	56
3.5.1.	Conditions de mise en œuvre des panneaux de plancher constituant l'élément porteur.....	56
3.5.2.	Conditions de protection de l'ouvrage	57
3.5.3.	Conditions de mise en œuvre de l'étanchéité	57
3.5.4.	Conditions de traitement des reliefs	57
3.5.5.	Conditions de mise en œuvre du bardage et de l'habillage des têtes	57
3.6.	Configurations.....	57
3.6.1.	Toitures froides non isolées sur bâtiments non chauffés ouverts sur l'extérieur – Inaccessibles, techniques et végétalisées	57
3.6.2.	Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Inaccessibles, techniques, végétalisées - Isolation support d'étanchéité 57	
3.6.3.	Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Inaccessibles, techniques, végétalisées - Isolation inversée	58
3.6.4.	Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Accessibles aux piétons et au séjour – protection par dalles sur plot ou platelage 58	
3.7.	Points singuliers	59
3.7.1.	Reliefs.....	59
3.7.2.	Traitement des relevés	60
3.7.3.	Joints de dilatation.....	60
3.7.4.	Noues, faîtages et arêtières	60
3.7.5.	Evacuation des eaux pluviales	60
3.8.	Entretien et réparation	60
3.8.1.	Entretien et réparation des panneaux XLAM INDUSTRIE.....	60
3.8.2.	Entretien des toitures.....	60
3.9.	Dispositions spécifiques au climat de montagne.....	60
3.9.1.	Conception	60
3.9.2.	Dimensionnement.....	61
3.9.3.	Pare-vapeur.....	61
3.9.4.	Isolation thermique.....	61
3.10.	Organisation de la mise en œuvre.....	61
3.11.	Assistance technique.....	61
3.12.	Tableaux et figures de l'annexe A	62
4.	Annexe utilisation en support de couverture	72
4.1.	Principes et domaine d'emploi	72
4.1.1.	Généralités	72
4.1.2.	Principe.....	72
4.1.3.	Domaine d'emploi.....	72
4.1.4.	Types de couvertures associées.....	72
4.2.	Description des éléments.....	72
4.2.1.	Panneaux structuraux	72
4.2.2.	Pièces de bois structurelles	72

4.2.3.	Ouvrage pare-vapeur	72
4.2.4.	Ecrans souples de sous-toiture (climat de plaine uniquement)	72
4.2.5.	Étanchéité complémentaire (climat de montagne)	72
4.2.6.	Isolation.....	72
4.3.	Dispositions de conception	73
4.3.1.	Conditions de mise en œuvre	73
4.3.2.	Conditions concernant la structure porteuse	73
4.3.3.	Sens de pose des panneaux	73
4.3.4.	Dimensionnement des panneaux	73
4.3.5.	Ouvertures, pénétrations dans les panneaux	73
4.3.6.	Dimensionnement de la couverture	73
4.3.7.	Protection en phase provisoire.....	73
4.3.8.	Ventilation des couvertures froides ventilées	73
4.3.9.	Butée en bas de pente pour retenir l'isolant.....	73
4.3.10.	Ouvrage pare-vapeur	73
4.3.11.	Étanchéité à la neige poudreuse (climat de plaine uniquement).....	73
4.4.	Mise en œuvre en climat de plaine (altitude $\leq 900\text{m}$).....	73
4.4.1.	Organisation de la mise en œuvre.....	73
4.4.2.	Mise en œuvre des panneaux structuraux	73
4.4.3.	Protection provisoire des panneaux en phase chantier	74
4.4.4.	Contrôle de la siccité des panneaux structuraux.....	74
4.4.5.	Mise en œuvre de l'ouvrage pare-vapeur en climat de plaine	74
4.4.6.	Mise en œuvre de l'isolation	74
4.4.7.	Mise en œuvre des pièces de bois structurelles et leurs fixations	74
4.4.8.	Mise en œuvre des écrans souples de sous-toiture (climat de plaine uniquement).....	74
4.4.9.	Mise en œuvre des couvertures en climat de plaine	74
4.4.10.	Traitement des points singuliers	75
4.5.	Dispositions particulières de mise en œuvre en climat de montagne	75
4.6.	Entretien de la couverture	75
4.7.	Organisation de la distribution et assistance technique	76
4.8.	Prescriptions particulières relatives au risque d'incendie venant de l'intérieur.....	76
4.9.	Sécurité en cas de séisme pour une utilisation en support de couverture.....	76

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 (hors Départements et Régions d'Outre-Mer - DROM), en climat de plaine et de montagne, (altitude > 900 m et inférieure à 2 000 m), zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, moyennant les dispositions constructives définies dans le Dossier Technique.

1.1.2. Ouvrages visés

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3, à savoir les utilisations dans les bâtiments industriels ou agricoles, bâtiments d'habitation de la 1ère à la 4ème famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

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 XLAM INDUSTRIE 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 en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Les éléments de levage sont visés par cet Avis Technique.

La mise en œuvre d'un système d'isolant thermique extérieure par enduit sur isolant sur les panneaux XLAM INDUSTRIE doit faire l'objet d'un Avis Technique visant les supports bois dans les limitations d'usage de celui-ci.

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

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

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.

Les éléments porteurs horizontaux compatibles avec les murs porteurs réalisés avec des éléments XLAM INDUSTRIE sont les suivants :

- Les planchers réalisés avec les éléments CLT sous Avis Techniques ;
- 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 ;
- Les soubassement (infrastructure/fondation – plancher haut de sous-sol) en béton.

Les éléments porteurs verticaux compatibles avec les planchers réalisés avec des éléments XLAM INDUSTRIE sont les suivants :

- Les murs réalisés avec des éléments CLT sous Avis Techniques ;
- 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.

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, C4, D1, E1, H et I 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 XLAM INDUSTRIE sont exclus du domaine d'emploi.

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

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

L'utilisation des panneaux XLAM INDUSTRIE 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. Hors zones infestées par les termites, leur utilisation est autorisée sous condition que le vide sanitaire soit ventilé conformément aux exigences des NF DTU 51.3 et NF DTU 31.2, permettant de respecter la classe de service 2 et la classe d'emploi 2.

Précisions du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont destinés à la réalisation des toitures au-dessus de locaux à hygrométrie faible et moyenne c'est-à-dire pour lesquels le rapport $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$, où W est la quantité de vapeur produite à l'intérieur du local par heure en g/m^3 et n le taux de renouvellement de l'air.

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE sont destinés aux toitures en travaux neufs ou rénovation :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels (pente $\leq 50 \%$), sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Avec procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique (pente $\leq 50 \%$) ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation bénéficiant d'un Avis Technique (pente $\leq 20 \%$ et $\geq 3 \%$) ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (pente $\leq 5 \%$) ;
- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots (pente $\leq 5 \%$) ou par platelage bois uniquement visées sur les configurations de toitures chaudes isolées (hors isolation inversée) selon les prescriptions spécifiques du paragraphe 3.7.4 du DT.

Les pentes des toitures inaccessibles, techniques et accessibles aux piétons sont dépendantes du critère de dimensionnement choisi :

- $\geq 3 \%$, lorsque les panneaux posés en chevrons (parallèles à la pente) ou les fermes supportant les panneaux posés en pannes (perpendiculaires à la pente) sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au $1/250e$ de la portée ;
- $\geq 1,8 \%$, lorsque les panneaux posés en chevrons (parallèles à la pente) ou les fermes supportant les panneaux posés en pannes (perpendiculaires à la pente) sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au $1/400e$ de la portée (hors TTV) ;
- $\geq 1,6 \%$, lorsque les panneaux posés en chevrons (parallèles à la pente) ou les fermes supportant les panneaux posés en pannes (perpendiculaires à la pente) sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au $1/500e$ de la portée (hors TTV) ;
- $\geq 3 \%$ et $\leq 20 \%$ pour les terrasses et toitures végétalisées.

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE peuvent recevoir :

- Des systèmes adhérents, semi-indépendants ou indépendants pour l'emploi sur éléments porteurs bois, CLT ou panneaux à base de bois ;
- Une isolation thermique en panneau isolant support d'étanchéité ou un procédé d'isolation inversée, uniquement en terrasse inaccessible ;
- Une protection lourde.

Climat de montagne

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE peuvent être utilisés pour des toitures en climat de plaine (altitude $\leq 900 \text{ m}$). Ils peuvent également être utilisés pour des toitures en climat de montagne (altitude $> 900 \text{ m}$), en travaux neufs ou rénovation, inaccessibles, protégées par des granulats, en toiture-terrasse végétalisée ou en toitures-terrasses accessibles aux piétons avec protection par dalles sur plots uniquement, conformément au § 3.

Précision du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en support de couverture

Les panneaux XLAM INDUSTRIE peuvent être employés en tant que supports de couverture conformément au Cahier du CSTB 3821 d'avril 2024 « Panneaux structuraux en bois contrecollé-croisé sous Avis Technique ou Document Technique d'Application utilisés en support de couverture » et aux dispositions complémentaires indiquées au cf. [Annexe utilisation en support de couverture](#) - du présent Dossier Technique.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont destinés à être utilisés comme support de couverture plane ventilée, en construction neuve ou rénovation totale (jusqu'à la structure support), sur locaux à faible et moyenne hygrométrie, en bâtiments de tous types.

Ce système peut être employé en France métropolitaine (hors DROM), en climat de plaine et en climat de montagne (altitude $> 900 \text{ m}$ et inférieure à $2\,000 \text{ m}$).

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont mis en œuvre sur des porteurs en béton ou maçonneries, métalliques ou en bois (structure ou panneaux CLT) suivant préconisations du Dossier Technique, lequel fournit les caractéristiques mécaniques des panneaux.

Ils sont support d'isolation mise en œuvre entre chevron ou en continu. Dans ce deuxième cas, on se référera aux prescriptions des Avis Techniques ou DTA relatifs aux procédés « sarking ». L'épaisseur minimale requise pour les sarking est de 80 mm .

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 XLAM INDUSTRIE, 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°AL21-301.

Réaction au feu

Les panneaux XLAM INDUSTRIE 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.

Sécurité en cas d'incendie pour une utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées

Dans les lois et règlements en vigueur, les dispositions à considérer pour les toitures proposées ont trait à la tenue au feu venant de l'extérieur et de l'intérieur.

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur :

Le comportement au feu des toitures mises en œuvre sous une protection lourde conformes à celles de l'arrêté du 14 février 2003 satisfait aux exigences vis-à-vis du feu extérieur (art. 5 de l'arrêté du 14 février 2003) ; le procédé avec d'autres protections rapportées n'est pas classé.

Le classement de tenue au feu des revêtements apparents pour toitures est indiqué dans les Documents Techniques d'Application particuliers aux procédés.

Vis-à-vis du feu venant de l'intérieur :

Les panneaux XLAM INDUSTRIE ont fait l'objet d'une appréciation de laboratoire n° AL21-301 permettant de considérer que les éléments respectent les dispositions en matière de protection des isolants non A2 vis à vis d'un feu intérieur pour les bâtiments d'habitation et les Établissements Recevant du Public (ERP). Lorsque le panneau est visible en sous-face, il fait office de plafond.

Sécurité en cas d'incendie pour une utilisation en support de couverture

Vis-à-vis du feu provenant de l'extérieur

Selon l'arrêté du 14 février 2003 relatif à la performance des toitures et couvertures de toitures exposées à un incendie extérieur, les couvertures associées relèvent d'un classement de réaction au feu A1 dans le cas des tuiles, des ardoises naturelles, des ardoises et des plaques en fibres-ciment, et des couvertures en bacs, petits éléments, feuilles et longues feuilles métalliques sans revêtements organiques. Elles relèvent du classement propre à chaque produit dans le cas des bardeaux bitumés et des couvertures sous Avis Technique ou DTA.

Vis-à-vis du feu provenant de l'intérieur

La sécurité en cas d'incendie provenant de l'intérieur doit être examinée au cas par cas en fonction de la destination des locaux.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE disposent d'un classement de réaction au feu D-s2, d0 ;

Les panneaux XLAM INDUSTRIE ont fait l'objet d'une appréciation de laboratoire n° AL21-301 (cf. § 2.9.1) permettant de considérer que les éléments respectent les dispositions en matière de protection des isolants non A2 vis à vis d'un feu intérieur pour les bâtiments d'habitation et les Établissements Recevant du Public (ERP), sous réserve du respect des prescriptions énoncées dans l'appréciation de laboratoire n° AL21-301 (cf. § 2.9.1).

Lorsque le panneau est visible en sous-face, il fait office de plafond.

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°AL21-301.

Dans le cas d'intégration des coffres de volets roulants, 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 n°AL21-301 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 XLAM INDUSTRIE peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées aux §2.4.5 du Dossier Techniques.

Sécurité en cas de séisme pour une utilisation en support de couverture

Selon la réglementation définie par :

- Le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Le décret n° 2010-1255 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- L'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Le procédé XLAM INDUSTRIE en support de couverture peut être mis en œuvre en respectant les prescriptions du Dossier Technique sur des bâtiments de catégorie d'importance I, II, III et IV, situés en zone de sismicité 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modérée), et 4 (moyenne), sur des sols de classes A, B, C, D et E.

Pour les couvertures plaques support de tuiles, tuiles métalliques et plaques bitumineuses, la limitation d'utilisation en zone sismique est donnée dans le DTA du procédé de couverture.

Pour les couvertures traditionnelles (petits éléments de couverture, plaques profilées en fibres-ciment, tôles métalliques nervurées, feuilles et longues feuilles métalliques et bardeaux bitumés), la limitation d'utilisation en zone sismique devra être déterminée selon les référentiels techniques appropriés.

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

1.2.1.5. Isolation thermique

Le procédé XLAM INDUSTRIE 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 XLAM INDUSTRIE, 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 le 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-P1-2 (CGM).

Utilisation en support d'étanchéité de toiture et support de couverture

Afin de vérifier le respect des réglementations thermiques en vigueur, pour les bâtiments neufs et existants selon le cas, les bâtiments équipés de ce procédé doivent faire l'objet d'études énergétiques. Ces études doivent tenir compte des caractéristiques des produits mis en œuvre, notamment lorsqu'ils sont sous Avis Technique ou Document Technique d'Application.

L'arrêté du 26 octobre 2010 (Réglementation Thermique 2012) et le décret RE 2020 n°2021-1004 (Réglementation Environnementale RE 2020) n'impose pas d'exigences minimales sur la transmission thermique surfacique des parois mais imposent des exigences sur les performances énergétiques globales du bâti.

Les constructions existantes sont soumises aux dispositions de l'arrêté du 22 mars 2017, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, qui définit la résistance thermique totale minimum que la paroi doit respecter lorsqu'il est applicable.

Le procédé XLAM INDUSTRIE sans isolation thermique, ne peut être mis en œuvre que sur les ouvrages où la réglementation thermique n'est pas applicable tels que bâtiments ouverts et auvents.

1.2.1.6. Isolation acoustique

Aucun essai de caractérisation des performances acoustiques n'a été réalisé. En conséquence les performances acoustiques du procédé n'ont pas été visées et l'utilisation du procédé devra être décidée au cas par cas en fonction des exigences réglementaires d'isolation acoustique.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE 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 XLAM INDUSTRIE 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. 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 XLAM INDUSTRIE aux classes d'emploi 1 et 2, leur durabilité face aux éléments fongiques peut être normalement assurée soit du fait de la durabilité naturelle de l'essence utilisée, soit par l'application d'un traitement de préservation dans les conditions fixées au §2.6.4 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 modifiant l'arrêté du 27 juin 2006 relatif à l'application des articles R.112-2 et R. 112-4 du code de la construction et de l'habitation, vise la protection des bois et des matériaux à base de bois participant à la solidité des ouvrages et mis en œuvre lors de la construction de bâtiments neufs ou de travaux d'aménagement. Les panneaux XLAM INDUSTRIE répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données aux §2.6.5 du Dossier Technique.

Utilisation en support d'étanchéité

Systèmes d'étanchéité : se reporter à leurs Documents Techniques d'Application, aux Règles Professionnelles « Revêtements d'étanchéité sous protection lourde » de janvier 2025, et à l'Avis Technique des terrasses et toitures végétalisées ou de la protection des toitures-terrasses.

Isolants supports d'étanchéité : se reporter à leurs Documents Techniques d'Application ou aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2024.

Isolants pour isolation inversée : se reporter aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021.

Concernant l'entretien du système d'étanchéité, se reporter à leurs Documents Techniques d'Application, à l'Avis Technique des procédés de végétalisation de toitures ou des dispositions conformes au DTU.

Utilisation en support de couverture

La durabilité du procédé Panneau XLAM INDUSTRIE est assuré si, comme prévu, ces éléments sont réservés à la couverture de locaux à faible ou moyenne hygrométrie, et si ces supports sont protégés de l'humidification lors de la pose (cf. § 4.4.3).

Dans les conditions de pose prévues par le § 4, la durabilité des couvertures associées est comparable à celle des mêmes couvertures posées sur support traditionnel.

Les dispositions des DTU de couvertures ou des Avis Techniques / Document Techniques d'Application particuliers s'appliquent aux couvertures associées à ce procédé.

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 et/ou la Société XLAM SOLUTIONS.

1.2.3. Impacts environnementaux

Les panneaux XLAM INDUSTRIE font l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire⁰ (FDES) collective.

Cette « Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire » a été établie en août 2024, a fait l'objet d'une vérification par tierce partie indépendante selon l'arrêté du 31 août 2015, et est déposée sur le site www.inies.fr.

Les données issues des FDES ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits visés sont susceptibles d'être intégrés.

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

⁰ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 3.3 :

Le groupe attire l'attention sur le fait qu'aucun essai de caractérisation des performances acoustiques n'a été réalisé. En conséquence les performances acoustiques du procédé n'ont pas été visées et l'utilisation du procédé devra être décidée au cas par cas en fonction des exigences réglementaires d'isolation acoustique.

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 » en particulier les Salles de Bain accessibles aux PMR.

En l'absence de précision dans le Dossier Technique, il appartient au MOE en accord avec le détenteur de l'Avis Technique de prévoir une conception adaptée à la mise en place de revêtement fragile en pose désolidarisée sur supports bois.

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.

Les caractéristiques des planchers 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.

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5.2 :

L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales, et lorsque prescrit, la vérification nécessaire des panneaux XLAM INDUSTRIE sous le phénomène d'accumulation d'eau doit être faite conformément à l'annexe D du Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019.

Dans le cas de terrasses accessibles aux piétons, la conception de l'ouvrage devra prévoir des descentes d'eau pluviales visibles par les occupants des locaux.

La diminution du critère de fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges du 1/250e de la portée pour une pente de 3 % minimale, au 1/400e de la portée pour une pente de 1,8 % minimale, a pour conséquence d'augmenter le coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture d'environ 30 % et d'environ 50 % lorsque l'on passe au 1/500e de la portée pour une pente de 1,6 % minimale,

Il incombe aux Maîtres d'œuvre de définir le responsable de la mesure de siccité des panneaux CLT en œuvre, avant application du procédé d'étanchéité de toiture.

A l'instar de tous les procédés de la famille panneaux bois à usage structurel, le dossier ne vise pas les seuils de portes-fenêtres donnant sur toitures-terrasses accessibles aux piétons et séjour.

Comme pour tous les procédés à base de bois, la fixation des lignes de vie est réalisée dans la charpente.

Les garde-corps fixes doivent être intégrées dès la conception de l'ouvrage et être ancrés à sa structure.

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5.1 :

Les panneaux XLAM INDUSTRIE ne remplissent pas la fonction d'écran de sous-toiture dont la présence ou non est stipulée dans les Avis Techniques, Documents Techniques d'Application ou DTU des couvertures associées aux panneaux.

L'ajout d'une isolation thermique complémentaire en sous-face du panneau XLAM INDUSTRIE implique le strict respect du § 4.4.6.1.

Le traitement de l'étanchéité à la vapeur d'eau sans pare-vapeur n'est pas envisagé dans le Dossier Technique.

Lorsqu'un procédé de sarking est mis en œuvre, l'épaisseur minimale, des panneaux XLAM INDUSTRIE faisant support, est de 80 mm.

La longueur projetée du rampant de couverture doit rester conforme à la longueur projetée admise dans les DTU de la série 40 ou dans l'ATEC/DTA du procédé de couverture associé.

Les incorporations électriques et la fixation d'objet dans les panneaux, notamment les lignes de vie, n'ont pas fait l'objet d'une évaluation dans le cadre du présent Avis Technique.

Comme pour tous les procédés supports de couverture à base de bois, la fixation des lignes de vie est réalisée dans la charpente.

Comme pour tous les procédés de la famille, dans le cas de couvertures froides en plaques métalliques nervurées (cf. § 4.4.9.5), l'emploi du régulateur de condensation en sous face est obligatoire.

1.4. Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé

1.4.1. Dimensionnement des planchers

1.4.1.1. Données

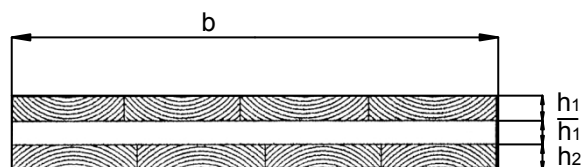


Figure 1 : Coupe transversale d'un panneau 3 plis

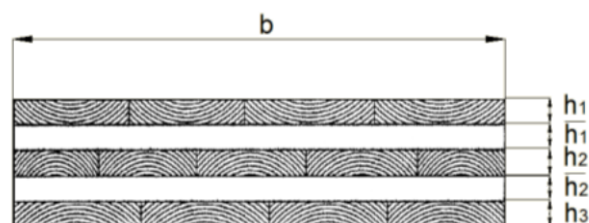


Figure 2 : Coupe transversale d'un panneau 5 plis

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_{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}

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

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

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

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 XLAM INDUSTRIE 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 XLAM INDUSTRIE utilisés comme planchers porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant trémie doivent faire l'objet d'une vérification spécifique (cf. §2.4.4.2 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 §2.4.3.7 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 :

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

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

En utilisant les valeurs moyennes de E et où :

$$\begin{aligned}
 A_i &= b \cdot h_i \\
 I_i &= \frac{b \cdot h_i^3}{12} \\
 \gamma_2 &= 1 \\
 \gamma_i &= \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot A_i \cdot \bar{h}_i}{L^2 \cdot G_{R,mean} \cdot b} \right]^{-1} \text{ pour } i = 1 \text{ et } i = 3 \\
 a_1 &= \left(\frac{h_1}{2} + \bar{h}_1 + \frac{h_2}{2} \right) - a_2 \\
 a_2 &= \frac{\gamma_1 \cdot A_1 \cdot \left(\frac{h_1}{2} + \bar{h}_1 + \frac{h_2}{2} \right) - \gamma_3 \cdot A_3 \cdot \left(\frac{h_2}{2} + \bar{h}_2 + \frac{h_3}{2} \right)}{\sum_{i=1}^3 (\gamma_i \cdot A_i)} \\
 a_3 &= \left(\frac{h_2}{2} + \bar{h}_2 + \frac{h_3}{2} \right) + a_2
 \end{aligned}$$

Les contraintes normales sont prises selon :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{t,0,d}^i &= \frac{\gamma_i \cdot a_i \cdot M_u}{I_{ef}} \\
 \sigma_{m,0,d}^i &= \frac{0,5 \cdot h_i \cdot M_u}{I_{ef}}
 \end{aligned}$$

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'un section rectangulaire : $S_i = b \cdot h_i \cdot x_i$

- b : largeur du panneau (mm)
- h_i : épaisseur du pli (mm)
- x_i : abscisse du barycentre du pli à l'axe de symétrie du panneau (mm)

Avec la valeur caractéristique de résistance au cisaillement roulant de 1,1 N/mm² pour les compositions de panneaux XLAM INDUSTRIE avec des plis ayant un rapport entre largeur et épaisseur supérieure ou égale à 4 et 0,7 N/mm² pour les compositions de panneaux avec des plis ayant un rapport entre largeur et épaisseur inférieure à 4 conformément à la norme NF EN 16351. 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 5 annexées au Dossier Technique.

La compression transversale et le cisaillement sur appui doivent faire l'objet d'une vérification selon les principes énoncés dans le §2.4.3 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 être additionnée aux autres pour les vérifications.

$$\begin{aligned}
 E_{0,mean,fin} &= \frac{E_{0,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}} \\
 G_{R,mean,fin} &= \frac{G_{R,mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}
 \end{aligned}$$

Avec $G_{R,mean}$ le module de cisaillement roulant moyen 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 être additionnée aux autres 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 du panneau XLAM INDUSTRIE pris égal à 50 MPa.

1.4.1.5.3. Vérifications de flèche

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 XLAM INDUSTRIE et d'autre part la flèche générée par l'effort tranchant en considérant le module de cisaillement du panneau XLAM INDUSTRIE.

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 XLAM INDUSTRIE.

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 XLAM INDUSTRIE.

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 XLAM INDUSTRIE.

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'élancement du panneau XLAM INDUSTRIE 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 §2.4.4 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 XLAM INDUSTRIE 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. §2.4.4 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 au §2.4.4.8 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 XLAM INDUSTRIE 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 XLAM INDUSTRIE 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 :

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

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

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

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 des 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 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

Titulaire: XLAM INDUSTRIE SAS

4, rue de l'usine

F-39250 MIGNOVILLARD

Tél. : +33 84 51 35 35

Email : contact@xlam-industrie.com

Site Internet : www.xlam-industrie.fr

Distributeur : XLAM SOLUTIONS

11 Boulevard du Temple

F-75003 PARIS

Tél. : +33 7 86 52 88 11

Email : contact@xlam-solutions.fr

2.1.2. Identification

Chaque panneau XLAM INDUSTRIE produit est identifié à l'aide d'une étiquette et d'un code barre.

Ces étiquettes regroupent les informations relatives à la commande et la production, notamment :

- Lieu de Fabrication ;
- Caractéristiques du panneau : dimensions, poids, type de panneau, nombre de plis, qualité ;
- Essence et résistance mécanique des lamelles ;
- Type de colle ;
- Référence de la commande (client, chantier, n° de commande, n° de panneau).

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE sont des panneaux multi-plis de grandes dimensions, constitués de planches en bois massif de classe C24, avec la possibilité d'incorporer dans les plis intérieurs jusqu'à 10% de bois classe C16, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE comportent de 3 à 8 plis (3 à 7 couches) et sont destinés à la réalisation de planchers, de murs porteurs à fonction de contreventement, de supports d'étanchéité, ou d'éléments porteurs de complexes d'étanchéité ou de couverture.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE ont les dimensions suivantes :

- Longueurs 8,00 à 16,45 m ;
- Largeurs comprises entre 2,35 et 2,95 m (sur demande à partir de 3,00 m jusqu'à 3,35 m) ;
- Epaisseurs de 60 à 320 mm.

Éléments porteurs de support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE sont destinés à la réalisation de l'élément porteur ou support d'étanchéité des toitures-terrasses inaccessibles, accessibles aux piétons et séjour avec protection par dalles sur plots, techniques ou à zones techniques et toitures végétalisées sous protection lourde.

Éléments supports de couverture

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE sont utilisés comme éléments porteurs supports de couverture plane, conformément au e-Cahier du CSTB 3821 d'avril 2024 « Panneaux structuraux en bois contrecollé-croisé sous Avis Technique ou Document Technique d'Application utilisés en support de couverture » et aux dispositions complémentaires indiquées au §4 « Annexe utilisation en support de couverture » du présent Dossier Technique.

2.2.1.1. Types de murs

Les éléments XLAM INDUSTRIE utilisés en ouvrages verticaux peuvent être associés à tous les revêtements intérieurs et extérieurs utilisables sur les bâtiments à ossature bois conformes au DTU 31.2, tels que :

- Revêtements intérieurs en plaques de parement en plâtre selon le DTU 25.41 ;

- Revêtements intérieurs en lambris bois selon le DTU 36.5 ;
- Revêtements intérieurs en plaques de plâtres renforcées en cellulose sous Document Technique d'Application ;
- Revêtements extérieurs en bois selon le DTU 41.2 ;
- Revêtements extérieurs en bacs métalliques ;
- ETICS sous DTA visant les supports en panneaux CLT ;
- Tout autre revêtement sous Avis Technique validé pour un emploi sur support bois.

2.2.1.2. Types de planchers

Les éléments XLAM INDUSTRIE utilisés en ouvrages horizontaux peuvent être associés à tous les revêtements de sols et plafonds utilisables sur bâtiments à ossature bois conformes au DTU 31.2, tels que :

- Revêtements intérieurs en plaques de parement en plâtre selon le DTU 25.41 ;
- Revêtements intérieurs en lambris bois selon le DTU 36.5 ;
- Revêtements de sols en bois selon les DTU 51.1, 51.3 et 51.11 ;
- Revêtements intérieurs en plaques de plâtres renforcées en cellulose sous Document Technique d'Application ;
- Tout autre revêtement sous Avis Technique validé pour un emploi sur support bois.

Les caractéristiques des planchers 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 » (cf. Tableau IV - Fiche d'autocontrôle avant mise en œuvre des revêtements « Bon à fermer » en annexe) :
 - 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).

2.2.1.3. Types de toitures

Les dispositions relatives à l'utilisation des panneaux XLAM INDUSTRIE en tant qu'élément porteur de toitures/couvertures sont définies dans :

- Le § 3 : annexe pour les éléments porteurs de toitures avec revêtement d'étanchéité ;
- Le § 4 : annexe pour les éléments porteurs utilisés en support de couverture.

2.3. Définitions des matériaux

2.3.1. Planches en bois

2.3.1.1. Types d'essences utilisées

Les planches en bois massif utilisées pour la réalisation des panneaux XLAM INDUSTRIE sont principalement en Epicéa et Sapin. Elles peuvent également être en Douglas, Pin ou Mélèze.

2.3.1.2. Caractéristiques géométriques des planches

Les planches sont séchées et rabotées sur leurs quatre faces, et leurs dimensions sont données pour une dimension de 12 +/- 2%.

Les épaisseurs courantes utilisées sont 20-30-40 mm. Les épaisseurs de planches pouvant aller de 6 à 45 mm comme décrit dans le cahier n°3802-P2 du CSTB §1.8.2.2 et la norme NF EN 16351 §1.

Les tolérances dimensionnelles après rabotage sont de $\pm 0,15$ mm sur l'épaisseur (entre deux points d'une même planche et entre deux planches), et de $\pm 0,5$ mm sur la largeur. Les planches constituant les plis sont continues sur toute leur longueur, ou rendues continues par la réalisation d'un aboutage à entures.

2.3.1.3. Caractéristiques mécaniques des planches

Les planches utilisées sont classées selon la norme NF EN 14081-1. Deux types de panneaux sont proposées :

- Version classique : 90% au minimum des planches utilisées relèvent de la classe C24, les 10% maximum restant relevant des classes C16 ;
- Version sur demande : les planches utilisées relèvent de la classe C18.

2.3.2. Panneaux CLT

2.3.2.1. Géométrie des panneaux

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont fabriqués en largeurs standards : 2,35 m / 2,45 m / 2,5 m / 2,73 m / 2,95 m et sur demande à partir de 3,00 m et jusqu'à 3,35 m. Les longueurs de production sont disponibles jusqu'à 16,45m.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface.

On appelle couche, un ensemble de plis de plis superposés et assemblés par collage à plat, dont le fil est orienté dans la même direction. Ainsi, le nombre de couches est toujours impair et leur constitution symétrique par rapport à l'axe neutre du panneau. Les plis extérieurs et donc les couches sont toujours orientées dans la même direction. Les panneaux sont constitués de 3, 5, 7, 9 couches de manière standard.

Les plis longitudinaux peuvent être doublés pour renforcer la rigidité du panneau dans le sens de la portée. L'épaisseur totale de ces deux plis, de cette couche ne dépassera pas 90 mm conformément à la norme NF EN 16351. Cette possibilité se fait toujours symétriquement par rapport à l'axe neutre du panneau. Dans le cas d'un panneau type 7 couches où le pli central est doublé, on obtient un panneau 8 plis toujours symétrique, fonctionnant donc comme un panneau 7 couches.

L'épaisseur des panneaux XLAM INDUSTRIE dépend du nombre de plis/couches et des combinaisons possibles entre les différentes épaisseurs de planches. Les épaisseurs des panneaux sont des valeurs nominales qui peuvent varier jusqu'à 2 mm par rapport aux épaisseurs réelles. Les épaisseurs des panneaux standards varient entre 60 mm et 320 mm.

Les planches ne sont pas collées à chant. La précision de rabotage en largeur ainsi que le fait que les planches soient séchées pour être au plus proche de leur humidité finale dans le bâtiment permet d'obtenir des joints entre planches de 0 à 2 mm maxi avec une tolérance de ± 1 mm.

2.3.2.2. Caractéristiques physiques des panneaux

2.3.2.2.1. Masse volumique ρ_m et ρ_k

Les masses volumiques à prendre en compte pour les panneaux XLAM INDUSTRIE Epicéa/Sapin sont d'après le §2.1.7.1 du CPT 3802-P2 :

Pour les panneaux constitués de planches de classe C24 :

$\rho_k = 385 \text{ kg / m}^3$ et $\rho_m = 420 \text{ kg / m}^3$

Pour la version sur demande en C18, il faudra choisir :

$\rho_k = 352 \text{ kg / m}^3$ et $\rho_m = 380 \text{ kg / m}^3$

Pour le transport et le levage des panneaux sur chantier, on choisira une masse volumique égale à 470 kg/m^3 .

2.3.2.2.2. Variations dimensionnelles

Les couches constituant les panneaux XLAM INDUSTRIE étant croisés, les variations dimensionnelles dues aux variations hygrothermiques sont limitées. Les variations dimensionnelles des panneaux XLAM INDUSTRIE sont celles indiquées dans §2.1.7.2 du cahier du CSTB 3802-P2, soit :

- La variation dimensionnelle dans son plan est de 0,01% pour 1% de variation d'humidité ;
- La variation dimensionnelle dans son épaisseur est de 0,24% pour 1% de variation d'humidité du bois.

2.3.2.2.3. Capacité calorifique massique c_p

La capacité calorifique massique des panneaux XLAM INDUSTRIE (C24 ou C18) est conforme à celle indiquée dans le §2.1.7.3 du cahier du CSTB 3802-P2, soit $c_p = 1600 \text{ J/kg.K}$ soit $1,6 \text{ kJ/kg.K}$.

2.3.2.2.4. Coefficient de conductivité thermique

Les panneaux XLAM INDUSTRIE (C24 ou C18) ont un coefficient de conductivité thermique conforme à celui indiqué dans le §2.1.7.4 du cahier du CSTB 3802-P2, soit $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$.

2.3.2.2.5. Résistance thermique des panneaux XLAM INDUSTRIE

Le coefficient de transmission surfacique en partie courante $U_c(W.m^{-2}.K^{-1})$ des parois à base de panneaux XLAM INDUSTRIE est calculé conformément aux règles Th-U, en prenant pour conductivité thermique utile du bois $\lambda = 0,13 W/m.K$.

Il conviendra de calculer la résistance thermique du panneau XLAM composant de la paroi comme suit :

$$R_{XLAM} = \frac{e_{XLAM}}{\lambda_{XLAM}}$$

Les résistances thermiques sont données ci-dessous pour quelques panneaux XLAM :

Tableau 1 : Résistance thermique de quelques panneaux XLAM

Panneau	Résistance thermique (m².K/W)
XLAM 60	0,46
XLAM 70	0,54
XLAM 80	0,62
XLAM 90	0,69
XLAM 100	0,77
XLAM 110	0,85
XLAM 120	0,92
XLAM 130	1,00
XLAM 140	1,08
XLAM 150	1,15
XLAM 160	1,23
XLAM 180	1,38
XLAM 200	1,54
XLAM 220	1,70

2.3.2.3. Colles

2.3.2.3.1. Colle pour la réalisation des aboutages

La colle utilisée pour l'aboutage des planches longitudinales et transversales est une colle structurelle Loctite Purbond à base de résine polyuréthane mono composant, fabriquée par la société HENKEL. Cette colle est de type I selon la norme EN 15425 par le FCBA.

Ces colles sont conformes au § 1.10 du cahier du CSTB 3802-P2.

La colle Loctite Purbond est une colle liquide mono composant dont la polymérisation est activée grâce à l'humidité présente dans l'air et le bois pour former un film élastique à haut module. Elle est produite sans addition de solvant ou formaldéhyde.

2.3.2.3.2. Colle pour l'assemblage des plis

La colle utilisée pour l'assemblage des planches des différents plis entre eux est également une colle Loctite Purbond à base de résine polyuréthane mono composant, fabriquée par la société HENKEL. Cette colle est de type I selon la norme EN 15425 par le FCBA.

Ces colles sont conformes au §1.10 du cahier du CSTB 3802-P2.

2.4. Dispositions de conception

2.4.1. Panneaux XLAM INDUSTRIE

La documentation technique mise à disposition des utilisateurs du procédé XLAM INDUSTRIE propose des abaques ou des tableaux de prédimensionnement en fonction de la portée, des charges et des critères de flèche retenus.

Ce prédimensionnement utile en phase d'avant-projet ne se substitue pas au dimensionnement qui doit faire l'objet d'une note de calcul spécifique par un bureau d'études, au cas par cas, en tenant compte des particularités de chaque projet.

La société XLAM SOLUTIONS support technique du procédé XLAM INDUSTRIE, propose une assistance pour le dimensionnement des panneaux.

Lorsque des panneaux XLAM INDUSTRIE 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 encastres 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.
- 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. Les dispositifs de liaisons entre panneaux sont ceux indiqués au Dossier Technique.

La conception et le calcul des panneaux XLAM INDUSTRIE sont à la charge du bureau d'études techniques référencé par le service d'assistance technique XLAM SOLUTIONS, qui doit également fournir un plan de pose complet.

XLAM SOLUTIONS prête l'assistance technique nécessaire dans ce cadre en mettant notamment à disposition des acteurs de la construction une liste de bureaux d'études techniques disposant de l'expertise requise pour le dimensionnement des panneaux XLAM INDUSTRIE en respect des prescriptions techniques particulières du présent Avis et des normes en vigueur.

Un logiciel de dimensionnement est tenu à disposition des bureaux d'étude par le titulaire afin de vérifier en phase définitive les éléments porteurs verticaux et horizontaux.

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.

2.4.2. Dimensionnement des planchers

Les planchers sont réalisés principalement avec des panneaux dont les couches extérieures sont orientées longitudinalement. De manière générale, on considère que les panneaux XLAM INDUSTRIE formant les planchers sont des éléments de 1m de largeur sur lesquels on applique la théorie des poutres. Etant donné les assemblages mis en œuvre, on considère les panneaux XLAM INDUSTRIE comme des éléments de portée libre L et simplement appuyés.

La portée libre L est définie comme la longueur entre appuis, prenant comme appui le milieu géométrique pour un appui intermédiaire, et une distance de 25 mm à partir du nu intérieur pour un appui de bord, sur la base d'une largeur d'appui minimale de 45 mm.

Pour le calcul de l'inertie efficace I_{eff} en fonction de la configuration, on considérera ces longueurs effectives L_{ef} suivantes :

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CPT §2.5.1 s'appliquent.

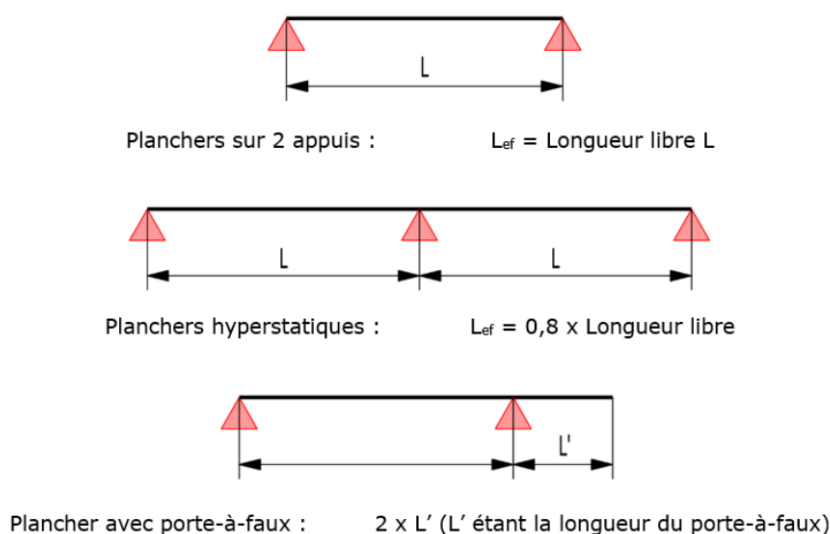


Figure 3 : Longueurs efficaces pour calcul du I_{eff}

Les panneaux XLAM INDUSTRIE ont des capacités porteuses dans les deux directions perpendiculaires au plan.

2.4.3. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux

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

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.7.2.1 « Vérifications des contraintes normales et de flexion » s'appliquent. Ces contraintes dans le pli travaillant i se vérifie ainsi :

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

$$\sigma_{m,d}^i = \frac{0,5 \gamma_i \cdot t_i \cdot M_d}{I_{ef,x}}$$

On vérifie la traction et la flexion combinée dans le pli travaillant i (soumis à la flexion, ici un pli parallèle aux plis extérieurs) :

$$\sigma_{t,0,d}^i + \sigma_{m,d}^i = (\gamma_i \cdot a_i + 0,5 \cdot t_{pli}) \cdot \frac{M_d}{I_{ef,x}} \leq f_{m,d}$$

Les facteurs d'ajustement k_n de la résistance caractéristique en flexion et traction définis dans la NF EN 1995-1-1, ne s'appliquent pas aux panneaux XLAM.

2.4.3.2. Vérification de la résistance sous l'effet de l'effort tranchant

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.6.2.2 « Vérifications du cisaillement roulant pour les panneaux de type CLT » s'appliquent.

$$\tau_{v,d} = \frac{\gamma_i \cdot S_i}{I_{eff} \cdot B} \cdot V_d \leq f_{r,d}$$

Le moment statique S_i d'un pli au sein d'une section rectangulaire est :

$$S_i = b \cdot t_i \cdot x_i$$

Avec :

b Largeur du panneau

t_i l'épaisseur du pli i

x_i l'abscisse du barycentre du pli à l'axe de symétrie du panneau

La résistance au cisaillement roulant des panneaux XLAM est définie dans tableau 8 soit $1,1 \text{ N/mm}^2$, l'élancement des planches utilisées dans les plis étant systématiquement supérieur à 4.

Calcul du cisaillement longitudinal :

Pour les panneaux 3 plis sollicités transversalement, les efforts transitent uniquement par le pli central. Il n'y a donc pas de cisaillement roulant mais du cisaillement longitudinal.

On vérifie alors la résistance du pli central de hauteur h comme un bois massif en prenant une résistance au cisaillement caractéristique de $2,7 \text{ N/mm}^2$ (prenant en compte une valeur $k_{cr} = 0,67$) pour le bois de classe mécanique C24 ou $2,3 \text{ N/mm}^2$ pour le C18.

2.4.3.3. Vérification de la compression transversale

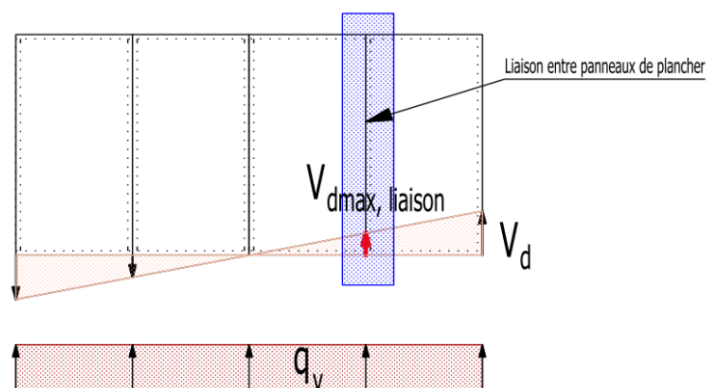
Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.3 « Vérification aux ELU de la compression transversale » s'appliquent.

2.4.3.4. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux sous charges horizontales

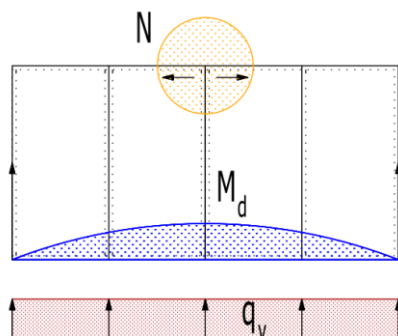
Les panneaux XLAM INDUSTRIE servant de plancher ou de toiture peuvent reprendre des efforts horizontaux sous les effets de vents et d'un séisme. Ils ont pour but de reporter ces efforts en tête de murs, refends ou porteurs, ou autre triangulation, disposés dans le même sens que ces efforts horizontaux. Pour cela, les panneaux doivent avoir une rigidité suffisante pour que leur déformabilité au cisaillement soit négligeable par rapport aux déplacements horizontaux des éléments porteurs.

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §5.2.1 « Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux sous charges horizontales » s'appliquent.

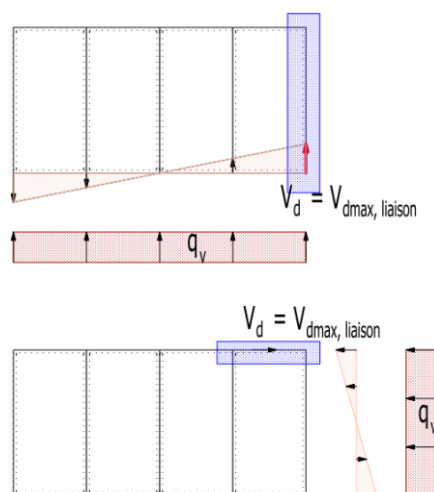
Capacité des vis à transférer les efforts aux panneaux de planchers adjacents



Reprise de la traction en bord de plancher



Capacité des vis à transférer les efforts aux panneaux de murs



2.4.3.5. Vérification des planchers avec ouvertures

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7 « Conception et dimensionnement des trémies » s'appliquent.

2.4.3.5.1. Réservations de faibles dimensions

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.2 s'appliquent.

2.4.3.5.2. Réservations situées en bordure de panneau de plancher – Principe de décomposition

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.3 s'appliquent.

2.4.3.5.3. Réservations intégralement comprises dans un même panneau de plancher – Principe de report de charge

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.4 s'appliquent.

2.4.3.6. Vérification du cisaillement roulant sous charge concentrée

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.3 « Vérification du cisaillement roulant sous charge concentrée » s'appliquent.

2.4.3.7. Vérification des déformations

Les flèches sont calculées en utilisant l'inertie effective des panneaux XLAM INDUSTRIE. Le glissement lié à l'influence de l'effort tranchant est à prendre en compte. La déformation due au fluage est prise en compte en appliquant les valeurs de coefficients k_{def} définies dans la NF EN 1995-1-1 pour le contreplaqué.

Pour un panneau XLAM INDUSTRIE sur 2 appuis, sous une charge uniformément répartie, l'expression de la flèche totale maximale devient :

$$w_{tot} = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_{net}} + \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot G \cdot S}$$

Avec :

q : charge linéique s'appliquant sur le panneau ;

l : portée du panneau ;

E : Module d'élasticité moyen du panneau ;

I_{net} : Inertie nette du panneau ;

G : Module de cisaillement moyen du panneau ;

S : Moment statique du panneau.

2.4.3.7.1. Calcul de la flèche instantanée

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.5 « Vérifications aux ELS – Flèches » s'appliquent, ainsi que le §1.4.1.5.5 de la partie Avis.

2.4.3.7.2. Calcul de la flèche nette finale

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

2.4.3.7.3. Calcul de la flèche active

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

Pour les éléments de toiture, la flèche finale due à toutes les charges est limitée conventionnellement à :

- 1/250 de la portée pour une pente de 3 % minimale ;

- 1/400 de la portée pour une pente de 1,8 % minimale (hors TTV) ;
- 1/500 de la portée pour une pente de 1,6 % minimale (hors TTV).

Les critères de flèche active doivent être vérifiés en considérant les caractéristiques mécaniques à long terme des panneaux XLAM INDUSTRIE.

2.4.3.8. Comportement vibratoire

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

2.4.4. Dimensionnement des éléments porteurs verticaux

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

2.4.4.1. Reprise des charges perpendiculaires à la surface du panneau

Pour les actions dues au vent, l'étude est similaire à celle d'un élément de plancher soumis à la flexion plane.

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.2 s'appliquent.

2.4.4.2. Reprise des charges verticales

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

Lorsqu'un panneau est soumis à des charges verticales agissant dans son plan, on ne considère que les plis orientés dans le sens de cette charge.

Il convient alors de mener la vérification selon les §6.1.2 et §6.1.4 de la norme NF EN 1995-1-1. On utilisera l'aire efficace du panneau A_{net} et l'inertie nette du panneau I_{net} .

Lorsque les murs sont munis d'ouverture, il convient de prendre en compte la bande de chargement D pour vérifier la portion de mur de largeur b selon schéma ci-dessous :

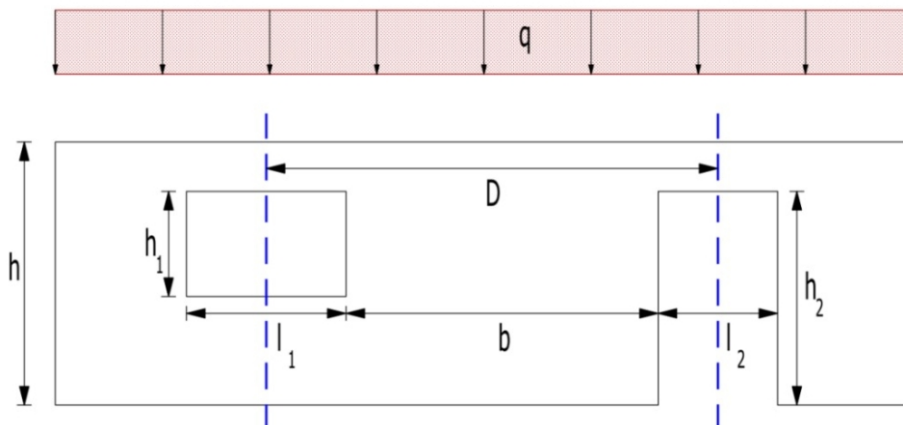


Figure 4 : Exemple de murs XLAM INDUSTRIE avec ouvertures

2.4.4.3. Reprise de traction ou compression et flexion combinée

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.2 « Vérification des contraintes de compression et flexion combinée » s'appliquent.

Vérification de la section du mur

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1$$

$$\text{ou} \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \left| k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1$$

On utilisera un facteur $k_m = 1$

Vérification de la stabilité du mur

Les rapports d'élancement se feront selon le §2.7.3.2.

$$\left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1$$

2.4.4.4. Reprise des contraintes de compression ou traction simple

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

Vérification en compression :

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,i,d}} = \frac{F_{c,0,d}}{A_{net,i} \cdot f_{c,0,i,d}} \leq 1$$

Vérification en traction :

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{F_{t,0,d}}{A_{net,i} \cdot f_{t,0,d}} \leq 1$$

2.4.4.5. Reprise de charges obliques

Cette vérification se fait conformément au §6.2.2 de la norme NF EN 1995-1-1 et au §4.3.3.4 du cahier du CSTB 3802_P2, en ne prenant en compte que les plis travaillants (les plis dont le sens des fibres est parallèle au sens l'effort) :

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F \cdot H}{\sum_i \frac{h_i}{\cos \alpha} \cdot b} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90,XLAM} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

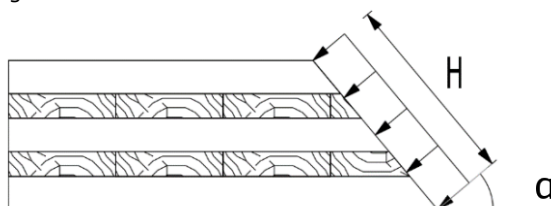
Avec

F Le chargement linéique

h_i L'épaisseur du pli i

b La largeur du panneau considéré

α L'angle entre l'effort et les plis chargés



2.4.4.6. Reprise de charges verticales ponctuelles

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.5 « Vérification des contraintes sous charges verticales ponctuelles » s'appliquent.

2.4.4.7. Vérifications 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.

Pour mener les vérifications suivantes, on utilisera les largeurs de lamelles suivantes :

Epaisseur lamelles(mm)	$b_{min}(mm)$
20	130
30	160
40	160

2.4.4.7.1. Vérification de la résistance au cisaillement des panneaux CLT

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

2.4.4.7.2. Conception des ancrages en pied

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

2.4.4.7.3. Vérification des assemblages entre panneaux adjacents

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

2.4.4.7.4. Efforts de traction-compression dus au renversement

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

2.4.4.8. Vérification des linteaux

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.6 « Vérifications des linteaux » s'appliquent.

2.4.4.8.1. Linteaux constitués de poutres rapportées

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.6.1 « Linteaux constitués de poutres rapportées » s'appliquent.

2.4.4.8.2. Linteaux intégrés dans les panneaux XLAM INDUSTRIE

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.6.2 « Linteaux faisant partie intégrante du panneau » s'appliquent.

Dans le cas où un des poteaux n'est pas suffisamment large pour reprendre ces sollicitations (notamment le moment), on considère que le linteau est encastré d'un côté et appuyé de l'autre. C'est en général le cas en-dessous de 400mm.

2.4.4.9. Vérification ELS

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

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.6.3 « Vérifications à l'ELS du déplacement en tête de mur » s'appliquent.

2.4.5. 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 panneaux XLAM INDUSTRIE 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 la norme NF EN 1998-1-1 (cf. §8.1.3 et §8.6 (2)P). Les effets des actions sont calculés sur la base de la méthode des forces latérales équivalentes du §4.3.3.2 ou de la réponse modale du §4.3.3.3 de la norme NF EN 1998-1-1. Le spectre de calcul est déterminé à partir du spectre en appliquant un coefficient de comportement $q=2,0$ pour la classe DCM et $q=1,5$ pour la classe DCL.

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 conversion 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 XLAM INDUSTRIE 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 déterminée ;
- Par calcul la fonction diaphragme horizontal avec justification des jonctions entre panneaux adjacents pour les efforts de cisaillement induits ;
- Assurer la continuité du chaînage dans la direction transversale aux panneaux par rajout d'un élément reliant les panneaux.

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 bèches, 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 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. Jonction entre panneaux XLAM INDUSTRIE

2.5.1. Dispositions relatives aux assemblages

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des panneaux XLAM INDUSTRIE entre eux ou avec d'autres éléments de structure doivent être choisis selon les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.3 « Dispositions spécifiques aux autres composants ».

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.8.1 « Principe » s'appliquent.

2.5.1.1. Assemblages dans un même plan

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.3 « Assemblage des panneaux entre eux dans un même plan » s'appliquent.

2.5.1.2. Assemblage en angle

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.4 « Assemblage des panneaux en angle » s'appliquent.

2.5.1.3. Assemblages par connecteurs tridimensionnels

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.4.4 « Assemblages par connecteurs tridimensionnels » s'appliquent.

2.5.2. Préconisation d'assemblages et d'ancrage spécifiques pour mise en œuvre en zone sismique

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §5.3.3 « Exemples de dispositions constructives » s'appliquent.

2.5.3. Dispositions spécifiques relatives à la sécurité en cas d'incendie

On se conforme aux dispositions de l'Avis de résistance au feu suivant §1.2.1.2 de l'Avis technique attaché au présent dossier technique.

2.5.4. Dispositions spécifiques aux composants métalliques

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des panneaux XLAM INDUSTRIE entre eux ou des panneaux XLAM INDUSTRIE 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 Évaluation Technique Européenne. Les liaisons entre panneaux doivent être réalisées avec des éléments permettant la reprise des efforts de traction transversale (LVL, OSB, contreplaqué, panneaux 3 plis), à l'exclusion du bois massif.

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

Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiés en regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de la norme NF EN 1995-1-1.

Sauf justifications particulière, les organes d'assemblages entre panneaux dans leur plan doivent être implantés avec un entraxe de 30 cm au maximum.

Le dimensionnement des assemblages devra tenir compte des efforts additionnels dus à l'excentrement des dispositifs de fixation par rapport au centre de gravité de la section du mur et/ou du plancher.

Les organes de fixation métalliques de type tige utilisés pour l'assemblage de panneaux structuraux massifs bois entre eux ou avec d'autres éléments de l'ouvrage font l'objet :

- D'un marquage CE selon la NF EN 14592, lorsque l'organe ne traverse pas plus de deux plans de cisaillement ;
- D'un ATE ou d'une ETE visant la fixation dans un panneau structural massif bois lorsque l'organe traverse plus de deux plans de cisaillement.

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 les catégories d'usage D1 et E1 :

- 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 XLAM INDUSTRIE 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.

2.5.4.1. Compatibilité des organes métalliques

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.3.1 « Compatibilité des organes métalliques » s'appliquent.

2.5.4.2. Organes de fixation de type tige

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.3.2 « Organes de fixation pour assemblages structuraux » s'appliquent.

2.5.4.3. Connecteurs métalliques tridimensionnels

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.3.3 « Connecteurs métalliques tridimensionnels » s'appliquent.

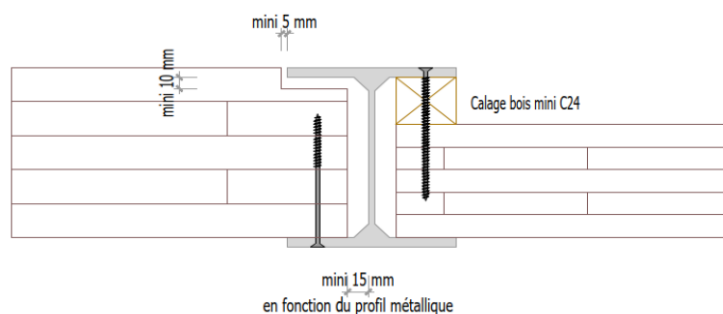
2.5.5. Liaison avec le gros œuvre

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.2.4 « Appui sur support béton » s'appliquent.

2.5.6. Liaison avec une structure métallique

Les panneaux XLAM INDUSTRIE peuvent être utilisés en combinaison avec une structure métallique. En plancher, on pourra poser les panneaux sur la structure ou dans l'âme des poutres métalliques.

Dans le cas de l'insertion dans l'âme, on ménagera les jeux de pose nécessaire pour une mise en œuvre facilitée. Une feuillure pourra être réalisée pour faire affleurer en bas ou en haut la poutre métallique avec le panneau. L'entaille ne peut être réalisée que sur la moitié de l'épaisseur du premier pli.



Pour liasonner le panneau XLAM INDUSTRIE à la structure métallique, des perçages dans la poutre métallique devront être réalisés pour permettre le vissage de ces derniers à travers la poutre.

A défaut, des plats métalliques soudés à la poutre ou au poteau, également percés pourront être utilisés.

2.6. Dispositions de mise en œuvre

2.6.1. Dispositions relatives à la mise en place d'un pare-vapeur

Au niveau des parois verticales, un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face des panneaux XLAM INDUSTRIE exposée au climat intérieur (entre le panneau XLAM INDUSTRIE 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 18 m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90 m le cas contraire.

2.6.2. Dispositions relatives au montage

2.6.2.1. Grue et levage des panneaux

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §6.3.1, 6.3.2, 6.3.3 et 6.3.4 s'appliquent.

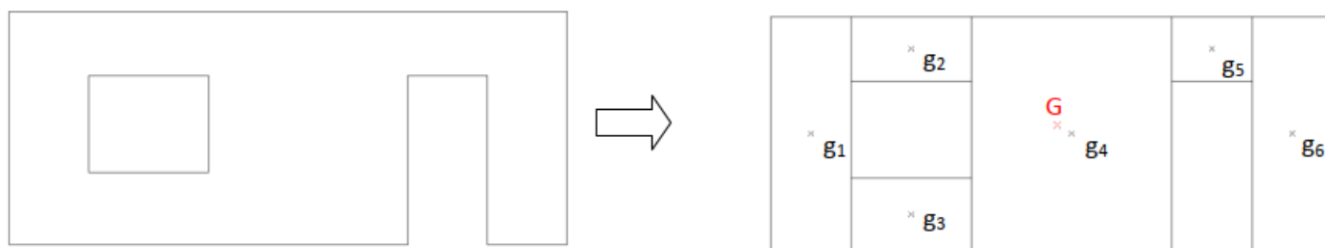
Les points d'ancrage sont quant à eux positionnés par XLAM SOLUTIONS en concertation avec l'entreprise en charge de la pose des panneaux.

Voici la méthode suivie pour la détermination du système de levage des panneaux :

1. Etape 1 : Calcul du centre de gravité :

Le calcul de la position du centre de gravité se fera dans le plan et non le volume. On ignorera de ce fait les feuillures ou rainures qui pourraient influencer la position du centre de gravité dans l'épaisseur du panneau. Le panneau sera considéré comme un ensemble rigide composé de sous-ensembles. Chaque sous-ensemble aura pour propriété que son centre de gravité coïncidera avec son centre géométrique.

Figure 5 : Détermination de la position du centre de gravité d'un panneau XLAM



Avec

$$x_G = \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^n x_i \times m_i$$

$$y_G = \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^n y_i \times m_i$$

- g_i : le centre de gravité de l'élément i
- x_i : l'abscisse de g_i en m
- y_i : l'ordonnée de g_i en m
- m_i : la masse de l'élément i en kg
- m : la masse totale du panneau en kg
- G : le centre de gravité du panneau global

2. Etape 2 : Placement des points de levage :

Les points de levage seront donc placés à équidistance du centre de gravité. L'angle maxi à considérer entre les élingues est de 60°. On évitera dans la mesure du possible de placer les élingues au-dessus d'une ouverture. Les points devront être suffisamment écartés pour garantir la stabilité du panneau lors du levage. On veillera à ne pas dépasser une distance de 6m entre points de levage.

3. Etape 3 : Charge à reprendre par les systèmes de levage :

La charge à lever est calculée en prenant en compte une masse volumique de 500 kg/m³. Si le client équipe le panneau d'éléments techniques (garde-corps par exemple), il devra indiquer la charge complémentaire à prendre en compte pour le levage du panneau.

La charge du panneau est à pondérer des coefficients présentés dans le Tableau 2 pour prendre en compte les charges dynamiques induites par le type de levage choisi :

Tableau 2 : Coefficients dynamiques à appliquer lors du levage des panneaux

Moyen de levage	Vitesse de levage (m/s)	Coefficient dynamique
Grue fixe, pivotante ou sur rails	>1	1,30
	<1	1,15
Pont roulant	>1	1,6
	<1	1,15
Levage et transport sur terrain plat		2
Levage et transport sur terrain accidenté		>4

Angle entre élingues (°)	15	30	45	60
Coefficient d'amplification	1	1,04	1,08	1,16

4. Etape 4 : Nombre efficace de points de levage :

Les murs étant équipés de 1 ou 2 points de levage, on considérera que le nombre efficace de point de levage équivaut au nombre de points réels.

Pour les éléments levés horizontalement, selon le système d'équilibrage du panneau, le nombre efficace de points de levage peut varier. Seule l'utilisation d'outils spécifiques comme des palonniers équilibrés ou à poulies permet de prendre en compte l'ensemble des points de fixation.

Tableau 3 : Nombre efficace de points de levage

Nombre réel	Sans système d'équilibrage	Avec système d'équilibrage
4	2	4
3	2	3
2	2	2

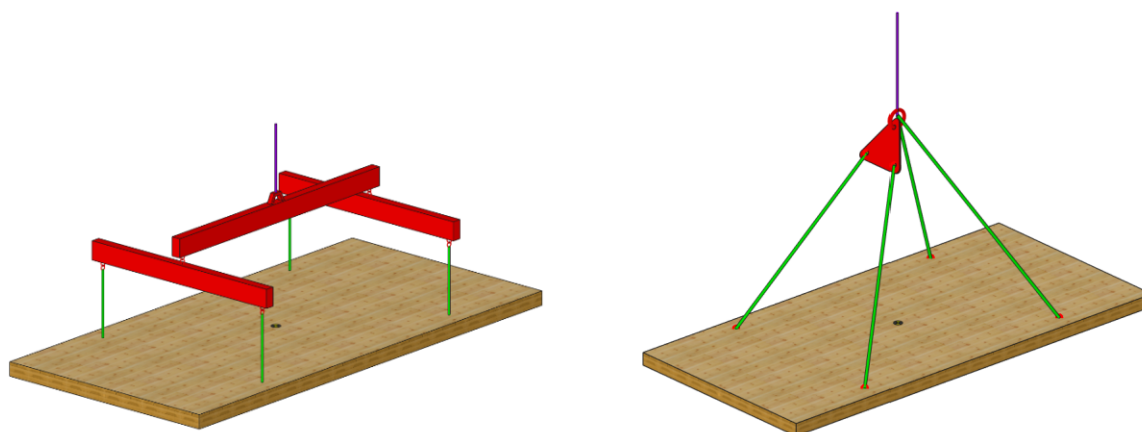


Figure 6 : Exemples de dispositifs avec élingage équilibré : n=4

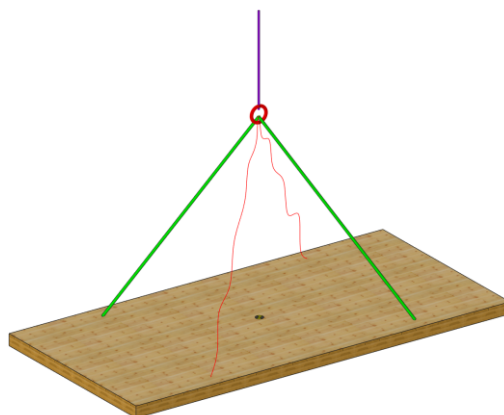


Figure 7 : Exemples de dispositifs avec élingage non équilibré : $n=2$

5. Etape 5 : Choix du système de levage

Plusieurs systèmes peuvent être proposés selon les contraintes de chaque projet (typologie de panneaux, charges à reprendre, modalités de levage, ...).

XLAM INDUSTRIE est en mesure de proposer des systèmes de levage par sangle à usage unique ou bien des systèmes de levage du commerce.

○ Système de levage XLAM

Plusieurs systèmes à base de sangles à usage unique sont proposés par XLAM INDUSTRIE.

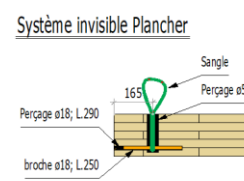
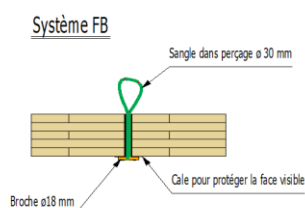
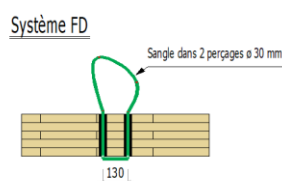
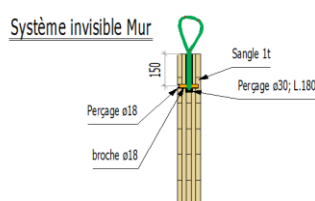
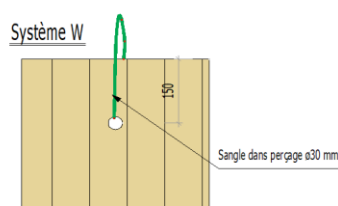
Les perçages et l'installation des sangles sont réalisés à l'usine. Les sangles utilisées répondent à la norme EN 1492-1 + A1 et bénéficient d'un coefficient de sécurité 1 : 7.

La capacité des systèmes est donnée par la CMU (charge maximale d'utilisation) des sangles pondérées du facteur de mode. De manière standard des sangles avec une CMU de 1000 kg sont utilisées (d'autres CMU sont possibles : 1500 / 2000 / 2500 / 3000 kg).

Le facteur de mode est déterminé avec un angle d'élingage $\beta_{\max} = 60^\circ$

Tableau 4 : Système de levage XLAM

Désignation	Type de levage	Relevage possible	Facteur de mode	Nombre possible d'organes de levage
W	Vertical	Oui	0,8	1, 2
FD	Horizontal	Oui	1	2,3,4
FB	Horizontal	Non	1	2,3,4
Système Invisible murs	Vertical	Oui	1	1,2
Système Invisible planchers	Horizontal	non	1	2,4



○ Systèmes de levage du commerce

Ci-dessous le tableau des systèmes utilisables pour le levage des panneaux XLAM INDUSTRIE.

Leur capacité de levage sera déterminée selon les fiches techniques de chaque fabricant. Les modalités de mise en œuvre et d'utilisation devront également respecter le cahier des charges des fabricants.

Tableau 5 : Autres systèmes de levage

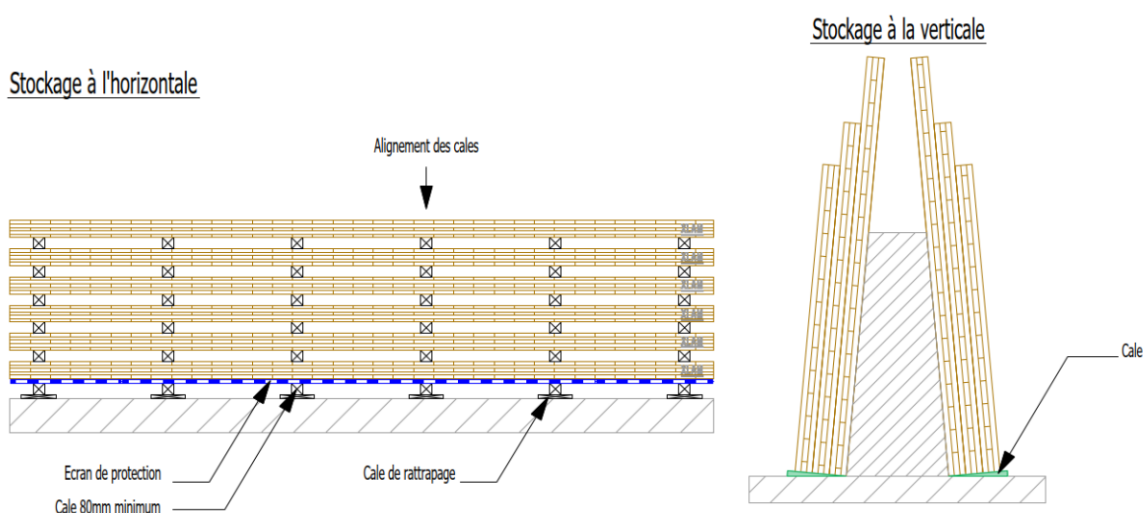
Type de moyen de levage	Type de levage	Relevage possible	Action faite par XLAM INDUSTRIE
Powerclamp III	Horizontal/Vertical	Oui	Usinage de chapelles $\varnothing 40 \times 100$ mm
Sihga Pick	Horizontal/Vertical	Oui	Usinage de chapelles $\varnothing 50 \times 70$ mm
Tirefonds de levage + Crochets Wurth Assy	Horizontal	Non	Usinage de chapelles $\varnothing 70 \times 30$ mm + mise en place des tirefonds
Tirefonds de levage + Crochets Rothoblaas Wasp	Horizontal	Non	Usinage de chapelles $\varnothing 50 \times 30$ mm
Platine de levage Raptor Rothoblaas	Horizontal/Vertical	Oui	Usinage de chapelles $\varnothing 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ pour repérage axe platine

Tout autre système ne figurant pas dans cette liste peut être utilisé si ce dernier bénéficie d'un marquage CE selon la directive Machine 2006/42/CE. Des abaques devront être disponibles pour calculer leur capacité de levage sur panneaux CLT (au sens de la norme EN 16351).

2.6.2.2. Stockage sur chantier

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §6.2 « Stockage sur chantier » s'appliquent.

Afin de ne pas solliciter mécaniquement les panneaux, il faudra vérifier à leur bon entreposage (cales alignées). Toute entrepose oblique sur le chant des panneaux est à proscrire.

**Figure 8 : Stockage de panneaux**

2.6.2.3. Déroulement du montage

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §6.3 « Phase de mise en œuvre » s'appliquent.

2.6.2.4. Dispositions relatives aux réservations

Sur demande, des réservations peuvent être aménagées par fraisage ou découpe dans les panneaux XLAM INDUSTRIE. Leur mise en place est à coordonner avec le BET en charge de la note de calcul de l'ouvrage. Pour les cas courants, aucune justification n'est à prévoir, dès lors que les dispositions énoncées ci-dessous sont remplies.

2.6.2.4.1. Réservations dans les panneaux de mur

Lorsque les plis extérieurs des panneaux de mur sont verticaux, des rainures peuvent être réalisées ponctuellement dans le sens vertical afin de ne pas réduire la résistance mécanique du panneau. On évitera, autant que possible de réaliser un rainurage horizontal. Si toutefois ce type d'usinage est réalisé, on considérera cette zone comme une ouverture (interruption des fibres porteuses).

Lorsque les plis extérieurs des panneaux de mur sont horizontaux, des rainures peuvent être réalisées sans restriction de direction, mais uniquement dans le cas où ces plis ne sont pas travaillants.

Pour les autres réservations, une vérification suivant le §2.5.2 devra être menée.

2.6.2.4.2. Réservations dans les panneaux de plancher

Il est possible de réaliser des rainures pour le passage de gaines électriques, si elles sont orientées parallèlement au sens de portée principal des panneaux.

Ces rainures pourront être réalisées en face supérieure ou inférieure du panneau. Après usinage de cette rainure, il devra rester au moins 2 couches intactes dans l'épaisseur du panneau.

Leur largeur cumulée (somme de toutes les largeurs de rainure dans la direction donnée) ne devra pas dépasser $1/10^e$ de la largeur totale du panneau. Un calcul statique devra être réalisé si ces prérogatives ne sont pas respectées.

Pour les autres réservations, une vérification suivant le §2.5.1 devra être menée.

Aucune réservation en face supérieure des panneaux de toiture recevant une étanchéité n'est admise.

2.6.3. Dispositions relatives aux parements extérieurs

2.6.3.1. Revêtement de façade

Dans le cas particulier des ETICS, leur utilisation sur panneaux XLAM INDUSTRIE est possible si le système d'isolation bénéficie d'un Avis Technique visant le support bois et dans la limite du domaine d'emploi de celui-ci.

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

2.6.3.2. Étanchéité à l'eau

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont des panneaux structuraux non destinés à assurer l'étanchéité à l'eau du bâtiment. Ils devront obligatoirement être protégés des intempéries par une vêtue extérieure.

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.12.1 « étanchéité à l'eau » s'appliquent.

2.6.4. Traitement de préservation

En fonction de la classe d'emploi liée à la position du panneau XLAM INDUSTRIE 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 après façonnage des planches, de même qu'après que découpes soient réalisées sur les panneaux XLAM INDUSTRIE.

Conformément à la réglementation en vigueur, les panneaux XLAM INDUSTRIE 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 des articles 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 résistant 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

Lorsque les panneaux XLAM INDUSTRIE 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.

Au niveau des parois verticales, un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face des XLAM INDUSTRIE exposée au climat intérieur (entre le panneau XLAM INDUSTRIE 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.

2.7. Assistance technique

La commercialisation des panneaux XLAM INDUSTRIE est confiée exclusivement à la société XLAM SOLUTIONS qui dispose de personnel compétent et présentant une longue expérience dans le domaine de la construction bois.

La société XLAM SOLUTIONS fournit une assistance technique sur demande en phase de conception et de préparation d'exécution de la structure.

La conception et le calcul des panneaux XLAM INDUSTRIE sont à la charge du bureau d'études techniques qui doit également fournir un plan de pose complet.

La société XLAM SOLUTIONS prête à l'assistance technique nécessaire dans ce cadre en mettant notamment à disposition des acteurs de la construction, une liste de bureaux d'études techniques disposant de l'expertise requise pour le dimensionnement des panneaux XLAM INDUSTRIE en respect des prescriptions techniques particulières du présent Avis technique et des normes en vigueur.

La mise en œuvre est réalisée par l'entreprise de construction. L'assistance technique de la mise en œuvre pourra être fournie sur demande par la société XLAM SOLUTIONS.

2.8. Principe de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication

La fabrication des panneaux XLAM INDUSTRIE est effectuée dans l'usine de la société XLAM INDUSTRIE SAS à Mignovillard (39) en France. Cette fabrication est conforme aux exigences de la norme NF EN 16351.

L'ensemble des bâtiments de fabrication sont contrôlés en température et humidité afin de garantir des conditions de collage optimales.

Le processus de fabrication comporte les étapes suivantes :

- Stockage des planches destinées à la fabrication des panneaux à une humidité de 12 +/- 2 % ;
- Purge des défauts esthétiques et classement mécanique visuel ;
- Aboutage d'extrémité des planches destinées à la réalisation des plis longitudinaux et transversaux ;
- Sciage des lamelles à la longueur choisie ;
- Rabotage 4 faces des planches à l'épaisseur finie maximum 24h avant encollage des plis ;
- Séparation des plis longitudinaux et transversaux ;
- Recoupe des lamelles constituant les plis transversaux ;
- Mise en place du 1er pli (Longitudinal ou transversal selon le type de panneaux L ou T) ;
- Serrage latéral de la 1ère couche ;
- Application de colle avec un portique d'encollage automatique ;
- Mise en place du 2ème pli.
- Répétition des phases précédentes jusqu'à obtention du panneau complet.
- Possibilité de presser plusieurs panneaux dans la presse avec interposition d'un film.
- Mise en presse : 1ère phase d'alternances de pressage verticaux et latéraux.
- Pressage perpendiculairement au plan des panneaux sous haute pression ;
- Stabilisation des panneaux pendant 2h à une température de 20 °C ;
- Usinage des panneaux selon leur destination finale ;
- Stockage des panneaux ;
- Chargement des panneaux sur camion semi-remorque à destination des chantiers ou ateliers pour lesquels ils sont destinés.

2.8.2. Contrôle de fabrication

La fabrication des panneaux XLAM INDUSTRIE est soumise à une procédure de contrôle en usine mise en place par le fabricant XLAM INDUSTRIE SAS et d'autre part à un contrôle externe effectué par l'organisme certificateur FCBA dans le cadre d'une certification CTB Composants & Systèmes Bois.

2.8.2.1. Contrôle interne de fabrication

Les contrôles internes de la fabrication sont destinés à assurer la maîtrise de la qualité des panneaux XLAM.

Ces contrôles internes ont été mis en place conformément à la norme NF EN 16351, NF EN 14080 et NF EN 408.

Plusieurs caractéristiques sont définies dans l'Annexe ZA de la norme NF EN 16351 et doivent faire l'objet d'un contrôle : Module d'élasticité, résistance à la flexion, résistance à la compression, résistance à la traction et résistance au cisaillement

Ces propriétés mécaniques des panneaux XLAM INDUSTRIE découlent des propriétés mécaniques des bois massifs utilisés.

Les points suivants sont contrôlés :

Contrôle de la qualité du bois :

- Examen documenté des bois reçus ;
- Classement visuel sur ligne de purge selon prescriptions NF EN 14081.
- Vérifications et essais sur les produits finis : Essais de contrôle des aboutages – minimum 2 prélèvements par poste
- Réalisés conformément à la norme NF EN 16351 – Annexe E par Essais de flexion 4 points ;
- L'ensemble des résultats des tests est consigné dans un registre.

Résistance du collage

Deux points sont contrôlés : la résistance des joints aboutages entre lamelles et celles des plans de collage :

- Vérifications et essais sur les produits finis : Essais de contrôle des aboutages – minimum 2 prélèvements par poste - Réalisés conformément à la norme NF EN 16351 – Annexe E par Essais de flexion 4 points ;
- Vérifications et essais sur les produits finis : Essais de résistance de collage – minimum 2 prélèvements par poste - Réalisés conformément à la norme NF EN 16351 - Annexe C par Essais de délamination.

L'ensemble des résultats des tests est consigné dans un registre.

Résistance et réaction au feu

Tout comme les propriétés mécaniques, les propriétés de résistance et de réaction au feu du panneau dépendent de sa composition. Les lamelles utilisées pour la fabrication d'un panneau XLAM INDUSTRIE sont contrôlées à chaque production. Leur classe mécanique, essence, dimensions sont contrôlées.

Stabilité dimensionnelle

Le contrôle de la matière première permet de vérifier ce paramètre.

Dégagement/teneur en substances dangereuses :

La colle utilisée à l'aboutage, tout comme pour le collage des plis entre eux n'est pas soumise à ce paramètre (colle sans formaldéhyde).

Durabilité de la résistance du collage :

La vérification de ce paramètre est assurée de la même manière que la résistance de collage.

Les conditions de fabrication nécessaires à cette durabilité sont vérifiées à chaque production :

- Date et numéro de production ;
- Essence et classe de bois ;
- Dimensions du panneau ;
- Humidité du bois ;
- Heure de début d'encollage ;
- Heure de début et de fin de pressage ;
- Pression de collage ;
- Quantité de colle utilisée ;
- Température et humidité relative de la halle de production.

En outre, les adhésifs utilisés sont conformes au §5.1.6 de la norme NF EN 16351.

Durabilité vis-à-vis des attaques biologiques

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont soit composés de bois massif d'essence présentant naturellement une durabilité suffisante soit une durabilité leur est conféré par un traitement. La conformité de ce traitement a été validé par des essais initiaux et une procédure d'application est en place pour s'assurer de la continuité de cette conformité.

Les produits utilisés sont marqués CTBP+.

2.8.2.2. Contrôle externe de fabrication

Le contrôle externe est réalisé par l'organisme certificateur FCBA dans le cadre d'une certification CTB Composants & Systèmes Bois.

Des essais initiaux sur les aboutages et les plans de collage ont été effectués afin de valider le process de fabrication.

Un contrôle biennuel est mis en place pour s'assurer des constances de ces performances et de tenue à jour des contrôles internes.

Ce contrôle externe comprend les points suivants :

- Vérifications documentaires ;
- Vérification de la tenue du manuel de Contrôle de Production en Usine ;
- Contrôle des enregistrements et archivage des contrôles de fabrication ;
- Vérification de la qualification et du maintien de qualification du personnel ;
- Contrôle du process de fabrication ;

En plus de ces vérifications, sont réalisés une fois par an un prélèvement et des tests en laboratoire d'échantillons pour réalisation de test de délamination selon Annexe C NF EN 16351 et de test de flexion 4 points pour les aboutages selon Annexe E NF EN 16351.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

Appréciation de laboratoire au feu CSTB n°AL21-301 du 11 mars 2021

Lernab Essais de caractérisation de panneau CLT du 04 Mars 2021

Rapport d'essais du FCBA n°403/21/0219/A-1-v1 du 26/03/2021 – Essais flexion des aboutages

Rapport d'essais du FCBA n°403/21/0219/A-2-v1 du 29/03/2021 – Essais délamination

2.9.2. Références chantiers

Depuis 2020, XLAM INDUSTRIE a fourni plus de 300 000m² de panneaux CLT pour des constructions bois françaises sur plus de 600 références à destination très variées : habitat individuel, collectif, bureaux, ERP, ...

- Bibliothèque Barrault à (84) - Avignon – Panneaux XLAM 60-3s support d'étanchéité - Surface : 841 m² (toiture) - Entreprise : POULINGUE. (2023)
- Collège Suze La Rousse à (26) - Suze la Rousse – Panneaux XLAM 140-5s utilisés en tant que murs, Panneaux XLAM 140-5s utilisés en tant que planchers et support d'étanchéité, Panneaux XLAM 80-3s sous-face Douglas utilisés en tant que support de couverture froide ventilée (préau ouvert) - Surface : 730 m² (murs), 125 m² (planchers), 1780 m² (toiture) - Entreprise : MATHIS. (2024)
- Groupe Scolaire Flaubert à (38) - Grenoble – Panneaux XLAM 100-3s utilisés en tant que planchers - Surface : 1525 m² (planchers) - Entreprise : ECOTIM. (2023)

- Gymnase Auteuil à (26) - Montélégier – Panneaux XLAM 60-3s utilisés en tant que support de couverture - Surface : 1155 m² (toiture) - Entreprise : SN TRADI CHARPENTE. (2023)
- Gymnase Orsay à (91) - Orsay – Panneaux XLAM 80-3s utilisés en tant que support d'étanchéité - Surface : 1900 m² (toiture) - Entreprise : ARBONIS. (2023)
- Hôtel Levernois (PHR+1) à (21) – Panneaux XLAM 80-3s utilisés en tant que planchers, Panneaux XLAM 80-3s utilisés en tant que support d'étanchéité, Surélévation d'un hôtel existant - Surface : 855 m² (planchers) - Entreprise : ALD CONSTRUCTION BOIS. (2023)
- IFPS (R+3) à (25) - Besançon – Panneaux XLAM 200-05s utilisés en tant que murs de refends, Panneaux XLAM 100-3s utilisés en tant que planchers, Panneaux XLAM 120-3s utilisés en tant que support d'étanchéité - Surface : 607 m² (murs), 115 m² (planchers), 1615 m² (toiture) - Entreprise : VERDOT. (2023)
- Logements Collectif Sekoia (2ème famille) à (25) - PONTARLIER – Panneaux XLAM 120-5s/140-5s/160-5s/180-5s utilisés en tant que planchers intermédiaires, Panneaux XLAM 120-5s/140-5s/200-5s utilisés en tant que support d'étanchéité - Surface : 1050 m² (planchers), 130 m² (toiture) - Entreprise : CHARM'OSSATURE. (2023)
- Lycée Evariste Galois à (78) - SARTROUVILLE – Panneaux XLAM 100-3s/120-3s utilisés en tant que composants des planchers PNM de l'entreprise Mathis - Surface : 2713 m² (planchers) - Entreprise : MATHIS. (2023)
- Bureaux ARROW Stellantis (R+3) à (78) - POISSY – Panneaux XLAM en 240-7s support d'étanchéité - Terrasse accessible, Planchers XLAM en 240-7ss, Panneaux XLAM en 240-7ss support de végétalisation - Surface : 1404 m² (planchers), 2068 m² (toiture) - Entreprise : MATHIS. (2024)
- GS LANGEVIN WALLON à (92) - COLOMBES – Panneaux XLAM 140-5s/160-5s/180-5s/200-5s utilisés en tant que support d'étanchéité - Surface : 1371 m² (planchers), 1517 m² (toiture) - Entreprise : MATHIS. (2024)
- HALLE COUVERTE à (14) - PONT L'EVEQUE – Panneaux XLAM 80-3s utilisés en tant que support de couverture - Surface : 701 m² (toiture) - Entreprise : BOMATEC. (2025)
- Hangar à Vélo - Place Valladolid à (59) - LILLE – Panneaux XLAM 100-3s et 100-5s sous Face Douglas HA support de végétalisation - Surface : 760 m² (toiture) - Entreprise : EDWOOD. (2025)
- Bureaux NTN (R+2) à (74) - ANNECY – Panneaux XLAM 200 mm 5s utilisés en murs et en cage d'ascenseur, Panneaux XLAM 180 à 260 mm utilisés en planchers, Panneaux XLAM 180 à 260 utilisés en support d'étanchéité, Panneaux XLAM 80 mm utilisés en support d'étanchéité des Sheds - Surface : 1008 m² (murs), 4284 m² (planchers), 2935 m² (toiture) - Entreprise : MATHIS. (2024-2025)
- LES HAUTS DE LA DRAYRE à (38) - VAUJANY – Panneaux XLAM 140-5s utilisés en balcon - support d'étanchéité - Surface : 995 m² (toiture) - Entreprise : CHARPENTES CONTEMPORAINES. (2024-2025)

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

On distingue deux types de panneaux selon l'orientation des plis extérieurs par rapport à la plus grande dimension du panneau : les panneaux type L (Longitudinaux) et T (Transversaux).

Les plis extérieurs des panneaux type T sont constitués de planches orientées transversalement par rapport à la plus grande dimension du panneau (dont la longueur est équivalente à la plus petite dimension du panneau).

Ce type de panneau est principalement destiné à une utilisation en paroi verticale.

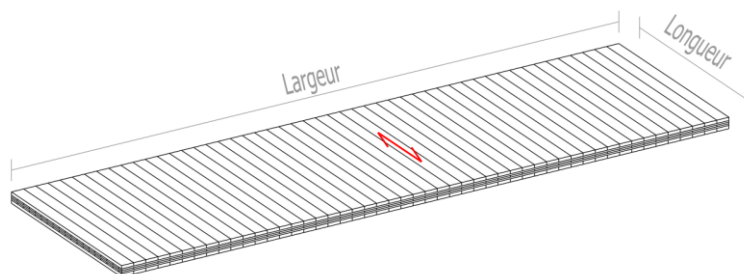


Figure 11 : Exemple de panneau XLAM INDUSTRIE TT

Tableau 6 : Gamme panneau XLAM INDUSTRIE TT

Ep. Totale (mm)	Nb Plis	Type	Epaisseur des plis (mm)				
			T	L	T	L	T
60	3s	TT	20	20	20		
70	3s	TT	20	30	20		
80	3s	TT	30	20	30		
90	3s	TT	30	30	30		
100	3s	TT	30	40	30		
110	3s	TT	40	30	40		
120	3s	TT	40	40	40		
100	5s	TT	20	20	20	20	20
110	5s	TT	20	20	30	20	20
120	5s	TT	30	20	20	20	30
130	5s	TT	30	20	30	20	30
140	5s	TT	30	30	20	30	30
150	5s	TT	30	30	30	30	30
160	5s	TT	40	20	40	20	40
170	5s	TT	40	30	30	30	40
180	5s	TT	40	30	40	30	40
190	5s	TT	40	40	30	40	40
200	5s	TT	40	40	40	40	40

Les plis extérieurs des panneaux type L sont constitués de planches orientées longitudinalement par rapport à la plus grande dimension du panneau (dont la longueur est équivalente à la plus grande dimension du panneau).

Ce type de panneau est principalement destiné à une utilisation en plancher ou toiture.

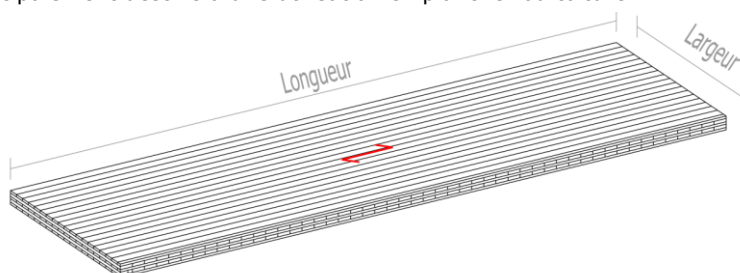


Figure 12 : Schéma panneau XLAM INDUSTRIE TL

Tableau 7 : Gamme panneau XLAM INDUSTRIE TL

Ep. Totale (mm)	Nb Plis	Type	Epaisseur des plis (mm)						
Type TL			L	T	L	T	L	T	L
60	3s	TL	20	20	20				
70	3s	TL	20	30	20				
80	3s	TL	30	20	30				
90	3s	TL	30	30	30				
100	3s	TL	40	20	40				
110	3s	TL	40	30	40				
120	3s	TL	40	40	40				
100	5s	TL	20	20	20	20	20		
110	5s	TL	20	20	30	20	20		
120	5s	TL	30	20	20	20	30		
130	5s	TL	30	20	30	20	30		
140	5s	TL	40	20	20	20	40		
150	5s	TL	30	30	30	30	30		
160	5s	TL	40	20	40	20	40		
170	5s	TL	40	30	30	30	40		
180	5s	TL	40	30	40	30	40		
190	5s	TL	40	40	30	40	40		
200	5s	TL	40	40	40	40	40		
200	7s	TL	20	40	20	40	20	40	20
210	7s	TL	30	30	30	30	30	30	30
220	7s	TL	40	20	40	20	40	20	40
240	7s	TL	30	40	30	40	30	40	30
260	7s	TL	40	30	40	40	40	30	40
280	7s	TL	40	40	40	40	40	40	40
200	7ss	TL	30 + 30	30	20	30	30 + 30		
220	7ss	TL	40 + 40	20	20	20	40 + 40		
240	7ss	TL	40 + 40	20	40	20	40 + 40		
260	7ss	TL	40 + 40	30	40	30	40 + 40		
280	7ss	TL	40 + 40	40	40	40	40 + 40		
300	8ss	TL	40 + 40	30	40 + 40	30	40 + 40		
320	8ss	TL	40 + 40	40	40 + 40	40	40 + 40		

Tableau 8 : Gamme complète XLAM INDUSTRIE

Epaisseur totale	Pli n°1	Pli n°2	Pli n°3	Pli n°4	Pli n°5	Pli n°6	Pli n°7	Nombre de plis
60	20	20	20					3s
70	20	30	20					3s
80	30	20	30					3s
80	20	40	20					3s
90	30	30	30					3s
100	40	20	40					3s
100	30	40	30					3s
110	40	30	40					3s
120	40	40	40					3s
100	20	20	20	20	20			5s
110	20	20	30	20	20			5s
120	30	20	20	20	30			5s
120	20	30	20	30	20			5s
130	30	20	30	20	30			5s
140	40	20	20	20	40			5s
140	30	30	20	30	30			5s
150	30	30	30	30	30			5s
160	40	20	40	20	40			5s
160	30	30	40	30	30			5s
170	40	30	30	30	40			5s
180	40	30	40	30	40			5s
190	40	40	30	40	40			5s
200	40	40	40	40	40			5s
200	20	40	20	40	20	40	20	7s
210	30	30	30	30	30	30	30	7s
220	40	20	40	20	40	20	40	7s
240	30	40	30	40	30	40	30	7s
260	40	30	40	40	40	30	40	7s
280	40	40	40	40	40	40	40	7s
200	30	30	30	20	30	30	30	7ss
220	40	40	20	20	20	40	40	7ss
220	30	30	30	40	30	30	30	7ss
240	40	40	20	40	20	40	40	7ss
260	40	40	30	40	30	40	40	7ss
280	40	40	40	40	40	40	40	7ss
300	40	40	30	40 + 40	30	40	40	8ss
320	40	40	40	40 + 40	40	40	40	8ss

Tableau 9 : Caractéristiques mécaniques des lamelles

Propriétés	C24 (N/mm ²)	C18 (N/mm ²)
$f_{m,k,0}$	24	18
$f_{c,90,k}$	2,5	2,2
$f_{t,90,k}$	0,4	0,4
$f_{v,k}$	4	3,4
$f_{v,Rk}$	1,1	1,1
$f_{t,0,k}$	14	11
$f_{c,0,k}$	21	18
$E_{moyen,0}$	11000	9000
$E_{moyen,90}$	370	300
G_{moyen}	690	560
$G_{R,90,mean}$	50	50
ρ_k	385	352
ρ_{mean}	420	380

Tableau 10 : Caractéristiques géométriques des sections de panneaux XLAM INDUSTRIE dans la direction x, sens porteur principal

Epaisseur totale								Nombre de pils	Valeurs géométriques section pleine				Valeurs géométriques section nette						Inertie effective (cm ⁴)					
	Pli n°1	Pli n°2	Pli n°3	Pli n°4	Pli n°5	Pli n°6	Pli n°7		A _{peu} (cm ²)	I _{peu} (cm ⁴)	W _{peu} (cm ³)	I _{net} (cm ⁴)	A _{net} (cm ²)	I _{net} (cm ⁴)	W _{net} (cm ³)	S _x (cm ³)	S _y (cm ³)	I _{xx} (cm ⁴)	1,00 m	2,00 m	2,95 m	4,00 m	6,00 m	8,00 m
60	20	20	20					3s	600	1800	600	1,73	400	1733	578	400	400	2,08	1249	1577	1658	1692	1715	1723
70	20	30	20					3s	700	2858	817	2,02	400	2633	752	500	500	2,57	1648	2284	2460	2536	2589	2609
80	30	20	30					3s	800	4267	1067	2,31	600	4200	1050	750	750	2,65	2721	3675	3939	4054	4134	4163
80	20	40	20					3s	800	4267	1067	2,31	400	3733	933	600	600	3,06	2060	3092	3407	3548	3649	3686
90	30	30	30					3s	900	6075	1350	2,60	600	5850	1300	900	900	3,12	3182	4790	5305	5540	5708	5769
100	40	20	40					3s	1000	8333	1667	2,89	800	8267	1653	1200	1200	3,21	4920	6983	7614	7896	8098	8171
100	30	40	30					3s	1000	8333	1667	2,89	600	7800	1560	1050	1050	3,61	3642	5995	6843	7247	7544	7654
110	40	30	40					3s	1100	11092	2017	3,18	800	10867	1976	1400	1400	3,69	5323	8460	9591	10129	10525	10672
120	40	40	40					3s	1200	14400	2400	3,46	800	13867	2311	1600	1600	4,16	5744	9992	11737	12614	13278	13529
100	20	20	20	20	20			5s	1000	8333	1667	2,89	600	6600	1320	850	800	3,32	3626	5459	6020	6271	6450	6515
110	20	20	20	30	20	20		5s	1100	11092	2017	3,18	700	8458	1538	1013	900	3,48	4694	7014	7724	8042	8268	8350
120	30	20	20	20	20	30		5s	1200	14400	2400	3,46	800	12667	2111	1400	1350	3,98	5793	9682	11085	11752	12243	12425
120	20	30	20	30	20	30		5s	1200	14400	2400	3,46	600	10200	1700	1050	1000	4,12	4543	7744	8898	9448	9851	10001
130	30	20	20	30	20	30		5s	1300	18308	2817	3,75	900	15675	2412	1613	1500	4,17	7189	11990	13722	14546	15152	15376
140	40	20	20	20	40			5s	1400	22867	3267	4,04	1000	21133	3019	2050	2000	4,60	8441	15078	17806	19175	20213	20605
140	30	30	20	30	30			5s	1400	22867	3267	4,04	800	18667	2667	1700	1650	4,83	6661	12710	15339	16692	17733	18129
150	30	30	30	30	30			5s	1500	28125	3750	4,33	900	22275	2970	1913	1800	4,97	7987	15186	18315	19924	21163	21636
160	40	20	40	20	40			5s	1600	34133	4267	4,62	1200	30400	3860	2600	2400	5,03	12123	21681	25408	27580	29075	29639
160	30	30	40	30	30			5s	1600	34133	4267	4,62	1000	26333	3292	2150	1950	5,13	9565	18014	21685	23575	25029	25583
170	40	30	30	30	40			5s	1700	40942	4817	4,91	1100	35092	4128	2713	2600	5,65	10667	21760	27304	30359	32811	33770
180	40	30	40	30	40			5s	1800	48600	5400	5,20	1200	40800	4533	3000	2800	5,83	12473	25338	31768	35311	38155	39267
190	40	40	30	40	40			5s	1900	57158	6017	5,48	1100	46292	4873	3113	3000	6,49	11350	25375	33453	38264	42332	43975
200	40	40	40	40	40			5s	2000	66667	6667	5,77	1200	52800	5280	3400	3200	6,63	13044	29002	38193	43667	48294	50164
200	20	40	20	40	20	40	20	7s	2000	66667	6667	5,77	800	36267	3627	2400	2400	6,73	14031	25815	30549	32909	34691	35363
210	30	30	30	30	30	30	30	7s	2100	77175	7350	6,06	1200	54900	5229	3600	3600	6,76	20083	37890	45443	49300	52255	53379
220	40	20	40	20	40	20	40	7s	2200	88733	8067	6,35	1600	74133	6739	4800	4800	6,81	29662	53229	62698	67417	70981	72325
240	30	40	30	40	30	40	30	7s	2400	115200	9600	6,93	1200	74400	6200	4200	4200	7,87	22439	46502	58201	64583	69679	71666
260	40	30	40	40	40	30	40	7s	2600	146467	11267	7,51	1600	111733	8595	6000	6000	8,36	33658	69675	87300	96924	104611	107609
280	40	40	40	40	40	40	40	7s	2800	182933	13067	8,08	1600	130133	9295	6400	6400	9,02	32559	72711	95136	108329	119406	123864
200	30	30	30	20	30	30	30	7ss	2000	66667	6667	5,77	600	62467	6247	4250	4200	6,68	15647	33408	44244	50924	56709	59083
220	40	40	20	20	20	40	40	7ss	2200	88733	8067	6,35	400	87000	7909	5650	5600	6,95	26124	50559	64632	73014	80101	82964
220	30	30	30	40	30	30	30	7ss	2200	88733	8067	6,35	600	80933	7358	5000	4800	7,11	19781	42979	57132	65857	73413	76514
240	40	40	20	40	20	40	40	7ss	2400	115200	9600	6,93	400	111467	9289	6600	6400	7,47	31954	63870	82251	93199	102455	106195
260	40	40	30	40	30	40	40	7ss	2600	146467	11267	7,51	600	138667	10667	7400	7200	8,33	29933	65347	90127	106827	122279	128909
280	40	40	40	40	40	40	40	7ss	2800	182933	13067	8,08	800	169867	12076	8200	8000	9,19	29198	67524	98034	120623	143182	153398
300	40	40	40	30	40 + 40	30	40	8ss	3000	225000	15000	8,66	600	206400	13760	9600	8800	9,27	43970	96873	133890	158837	181920	191824
320	40	40	40	40	40 + 40	40	40	8ss	3200	273067	17067	9,24	800	243200	15200	10400	9600	10,07	41788	96979	140913	173441	205926	220637

Tableau 11 : Valeurs de résistances mécaniques caractéristiques ramenées à une épaisseur homogène ou équivalente en bois massif classe C24

									Limites de contraintes ELU										Résistance Flexion ELS										Masses						
									Dans la section du panneau (MPa)					A chant (MPa)					Dans le plan du panneau (MPa)					Valeurs de rigidité à plat					Valeurs de rigidité à chant					Volumique	
Epaisseur totale	Pli n°1	Pli n°2	Pli n°3	Pli n°4	Pli n°5	Pli n°6	Pli n°7	Nombre de plis	$f_{m,0.05}$	$f_{m,0.05}$	$f_{m,0.05}$	$f_{m,0.05}$	$f_{t,0.05}$	$f_{t,0.05}$	$f_{t,0.05}$	$f_{t,0.05}$	$f_{t,0.05}$	$f_{t,0.05}$	$f_{t,0.05}$	$f_{t,0.05}$	$E_{moyen,0}$	$E_{moyen,0}$	$G_{moyen,0}$	$E_{moyen,0}$	$E_{moyen,0}$	$G_{moyen,0}$	$E_{moyen,0}$	$E_{moyen,0}$	$G_{moyen,0}$	ρ_k	ρ_{moyen}				
60	20	20	20					3s	23,11	2,67	2,50	0,40	1,06	16,00	8,00	1,90	9,33	4,67	14,00	7,00	10593	407	50	7333	3667	460	230	385	420						
70	20	30	20					3s	22,11	4,41	2,50	0,40	1,01	13,71	10,29	1,63	8,00	6,00	12,00	9,00	10134	866	50	6286	4714	394	296	385	420						
80	30	20	30					3s	23,63	1,50	2,50	0,40	1,08	18,00	6,00	1,43	10,50	3,50	15,75	5,25	10828	172	50	8250	2750	518	173	385	420						
80	20	40	20					3s	21,00	6,00	2,50	0,40	0,96	12,00	12,00	1,43	7,00	7,00	10,50	10,50	9625	1375	50	5500	5500	345	345	385	420						
90	30	30	30					3s	23,11	2,67	2,50	0,40	1,06	16,00	8,00	1,27	9,33	4,67	14,00	7,00	10593	407	50	7333	3667	460	230	385	420						
100	40	20	40					3s	23,81	0,96	2,50	0,40	1,09	19,20	4,80	1,14	11,20	2,80	16,80	4,20	10912	88	50	8800	2200	552	138	385	420						
100	30	40	30					3s	22,46	3,84	2,50	0,40	1,03	14,40	9,60	1,14	8,40	5,60	12,60	8,40	10296	704	50	6600	4400	414	276	385	420						
110	40	30	40					3s	23,51	1,79	2,50	0,40	1,08	17,45	6,55	1,04	10,18	3,82	15,27	5,73	10777	223	50	8000	3000	502	188	385	420						
120	40	40	40					3s	23,11	2,67	2,50	0,40	1,06	16,00	8,00	0,95	9,33	4,67	14,00	7,00	10593	407	50	7333	3667	460	230	385	420						
100	20	20	20	20	20			5s	19,01	8,32	2,50	0,40	0,87	14,40	9,60	2,28	8,40	5,60	12,60	8,40	8712	3813	50	6600	4400	414	276	385	420						
110	20	30	20	30	20	20		5s	18,30	8,95	2,50	0,40	0,84	15,27	8,73	2,07	8,91	5,09	13,36	7,64	8388	4104	50	7000	4000	439	251	385	420						
120	30	20	20	20	30	30		5s	21,11	5,78	2,50	0,40	0,97	16,00	8,00	1,90	9,33	4,67	14,00	7,00	9676	2648	50	7333	3667	460	230	385	420						
120	20	30	20	30	20	20		5s	17,00	10,50	2,50	0,40	0,78	12,00	12,00	1,90	7,00	7,00	10,50	10,50	7792	4813	50	5500	5500	345	345	385	420						
130	30	20	30	20	30	30		5s	20,55	6,41	2,50	0,40	0,94	16,62	7,38	1,76	9,69	4,31	14,54	6,46	9418	2938	50	7615	3385	478	212	385	420						
140	40	20	20	20	40			5s	22,18	4,24	2,50	0,40	1,02	17,14	6,86	1,63	10,00	4,00	15,00	6,00	10166	1946	50	7857	3143	493	197	385	420						
140	30	30	20	30	30	30		5s	19,59	7,71	2,50	0,40	0,90	13,71	10,29	1,63	8,00	6,00	12,00	9,00	8980	3536	50	6286	4714	394	296	385	420						
150	30	30	30	30	30	30		5s	19,01	8,32	2,50	0,40	0,87	14,40	9,60	1,52	8,40	5,60	12,60	8,40	8712	3813	50	6600	4400	414	276	385	420						
160	40	20	40	20	40			5s	21,38	5,25	2,50	0,40	0,98	18,00	6,00	1,43	10,50	3,50	15,75	5,25	9797	2406	50	8250	2750	518	173	385	420						
160	30	30	40	30	30	30		5s	18,52	8,78	2,50	0,40	0,85	15,00	9,00	1,43	8,75	5,25	13,13	7,88	8486	4022	50	6875	4125	431	259	385	420						
170	40	30	30	30	40			5s	20,57	6,48	2,50	0,40	0,94	15,53	8,47	1,34	9,06	4,94	13,59	7,41	9428	2969	50	7118	3882	446	244	385	420						
180	40	30	40	30	40			5s	20,15	6,93	2,50	0,40	0,92	16,00	8,00	1,27	9,33	4,67	14,00	7,00	9235	3178	50	7333	3667	460	230	385	420						
190	40	40	30	40	40			5s	19,44	7,88	2,50	0,40	0,89	13,89	10,11	1,20	8,11	5,89	12,16	8,84	8909	3612	50	6368	4632	399	291	385	420						
200	40	40	40	40	40			5s	19,01	8,32	2,50	0,40	0,87	14,40	9,60	1,14	8,40	5,60	12,60	8,40	8712	3813	50	6600	4400	414	276	385	420						
200	20	40	20	40	20	40	20	7s	13,06	13,68	2,50	0,40	0,60	9,60	14,40	1,71	5,60	4,40	8,40	12,60	5835	6270	50	4400	6600	276	414	385	420						
210	30	30	30	30	30	30	30	7s	17,07	9,70	2,50	0,40	0,78	13,71	10,29	1,63	8,00	6,00	12,00	9,00	7608	4445	50	6286	4714	394	296	385	420						
220	40	20	40	20	40	20	40	7s	20,05	6,21	2,50	0,40	0,92	17,45	6,55	1,56	10,18	3,82	15,27	5,73	8966	2844	50	8000	3000	502	188	385	420						
240	30	40	30	40	30	40	30	7s	15,50	11,33	2,50	0,40	0,71	12,00	12,00	1,43	7,00	7,00	10,50	10,50	6843	5194	50	5500	5500	345	345	385	420						
260	40	30	40	40	40	30	40	7s	18,31	8,22	2,50	0,40	0,84	14,77	9,23	1,32	8,62	5,38	12,92	8,08	8082	3768	50	5923	5077	372	318	385	420						
280	40	40	40	40	40	40	40	7s	17,07	9,70	2,50	0,40	0,78	13,71	10,29	1,22	8,00	6,00	12,00	9,00	7448	4445	50	6286	4714	394	296	385	420						
200	30	30	30	20	30	30	30	7ss	22,49	3,78	2,50	0,40	1,03	16,80	7,20	1,14	9,80	4,20	14,70	6,30	10307	1733	50	7700	3300	483	207	385	420						
220	40	40	20	20	20	40	40	7ss	23,53	1,72	2,50	0,40	1,08	19,64	4,36	1,04	11,45	2,55	17,18	3,82	10785	788	50	9000	2000	565	125	385	420						
220	30	30	30	40	30	30	30	7ss	21,89	4,64	2,50	0,40	1,00	17,45	6,55	1,04	10,18	3,82	15,27	5,73	10033	2127	50	8000	3000	502	188	385	420						
240	40	20	20	20	40	40	40	7ss	23,22	2,33	2,50	0,40	1,06	20,00	4,00	0,95	11,67	2,33	17,50	3,50	10644	1069	50	9167	1833	575	115	385	420						
260	40	40	30	40	30	40	40	7ss	22,72	3,32	2,50	0,40	1,04	18,46	5,54	0,88	10,77	3,23	16,15	4,85	10414	1523	50	8462	2538	531	159	385	420						
280	40	40	40	40	40	40	40	7ss	22,18	4,24	2,50	0,40	1,02	17,14	6,86	0,81	10,00	4,00	15,00	6,00	10166	1946	50	7857	3143	493	197	385	420						
300	40	40	30	40 + 40	30	40	40	8ss	22,02	4,25	2,50	0,40	1,01	19,20	4,80	0,76	11,20	2,80	16,80	4,20	10091	1949	50	8800	2200	552	138	385	420						
320	40	40	40	40 + 40	40	40	40	8ss	21,38	5,25	2,50	0,40	0,98	18,00	6,00	0,71	10,50	3,50	15,75	5,25	9797	2406	50	8250	2750	518	173	385	420						

$f_{k,\alpha,\beta}$: α l'angle entre le sens des fibres de la couche extérieure et l'effort considéré

Tableau 12 : Valeurs de résistances mécaniques caractéristiques ramenées à une épaisseur homogène ou équivalente en bois massif classe C18

									Limites de contraintes ELU												Résistance Flexion ELS								Masses	
									Dans la section du panneau (MPa)						A chant (MPa)			Dans le plan du panneau (MPa)			Valeurs de rigidité à plat				Valeurs de rigidité à chant				Volumique	
									f _{m,0.9}	f _{m,90.9}	f _{c,0.90.9}	f _{0.90.9}	f _{ix}	f _{ix}	f _{m,0.9}	f _{m,90.9}	f _{ix}	f _{0.90.9}	f _{c,0.90.9}	f _{0.90.9}	E _{0.90.9,0}	E _{0.90.9,90}	G _{0.90.9,0}	E _{0.90.9,0}	E _{0.90.9,90}	G _{0.90.9,90}	G _{0.90.9,0}	G _{0.90.9,90}	ρ _x	ρ _{mean}
Epaisseur totale	Pli n°1	Pli n°2	Pli n°3	Pli n°4	Pli n°5	Pli n°6	Pli n°7	Nombre de plis																						
60	20	20	20					3s	17,33	2,00	2,20	0,40	1,06	12,00	6,00	1,90	7,33	3,67	12,00	6,00	8667	333	50	6000	3000	373	187	352	380	
70	20	30	30					3s	16,58	3,31	2,20	0,40	1,01	10,29	7,71	1,63	6,29	4,71	10,29	7,71	8292	708	50	5143	3857	320	240	352	380	
80	30	20	30					3s	17,72	1,13	2,20	0,40	1,08	13,50	4,50	1,43	8,25	2,75	13,50	4,50	8859	141	50	6750	2250	420	140	352	380	
80	20	40	20					3s	15,75	4,50	2,20	0,40	0,96	9,00	9,00	1,43	5,50	5,50	9,00	9,00	7875	1125	50	4500	4500	280	280	352	380	
90	30	30	30					3s	17,33	2,00	2,20	0,40	1,06	12,00	6,00	1,27	7,33	3,67	12,00	6,00	8667	333	50	6000	3000	373	187	352	380	
100	40	20	40					3s	17,86	0,72	2,20	0,40	1,09	14,40	3,60	1,14	8,80	2,20	14,40	3,60	8928	72	50	7200	1800	448	112	352	380	
100	30	40	30					3s	16,85	2,88	2,20	0,40	1,03	10,80	7,20	1,14	6,60	4,40	10,80	7,20	8424	576	50	5400	3600	336	224	352	380	
110	40	30	40					3s	17,63	1,34	2,20	0,40	1,08	13,09	4,91	1,04	8,00	3,00	13,09	4,91	8817	183	50	6545	2455	407	153	352	380	
120	40	40	40					3s	17,33	2,00	2,20	0,40	1,06	12,00	6,00	0,95	7,33	3,67	12,00	6,00	8667	333	50	6000	3000	373	187	352	380	
100	20	20	20	20	20			5s	14,26	6,24	2,20	0,40	0,87	10,80	7,20	2,28	6,60	4,40	10,80	7,20	7128	3120	50	5400	3600	336	224	352	380	
110	20	20	30	20	20			5s	13,73	6,72	2,20	0,40	0,84	11,45	6,55	2,07	7,00	4,00	11,45	6,55	6863	3358	50	5727	3273	356	204	352	380	
120	30	20	20	20	30			5s	15,83	4,33	2,20	0,40	0,97	12,00	6,00	1,90	7,33	3,67	12,00	6,00	7917	2167	50	6000	3000	373	187	352	380	
120	20	30	20	30	20			5s	12,75	7,88	2,20	0,40	0,78	9,00	9,00	1,90	5,50	5,50	9,00	9,00	6375	3938	50	4500	4500	280	280	352	380	
130	30	20	30	20	30			5s	15,41	4,81	2,20	0,40	0,94	12,46	5,54	1,76	7,62	3,38	12,46	5,54	7706	2404	50	6231	2769	388	172	352	380	
140	40	20	20	20	40			5s	16,64	3,18	2,20	0,40	1,02	12,86	5,14	1,63	7,86	3,14	12,86	5,14	8318	1592	50	6429	2571	400	160	352	380	
140	30	30	20	30	30			5s	14,69	5,79	2,20	0,40	0,90	10,29	7,71	1,63	6,29	4,71	10,29	7,71	7347	2893	50	5143	3857	320	240	352	380	
150	30	30	30	30	30			5s	14,26	6,24	2,20	0,40	0,87	10,80	7,20	1,52	6,60	4,40	10,80	7,20	7128	3120	50	5400	3600	336	224	352	380	
160	40	20	40	20	40			5s	16,03	3,94	2,20	0,40	0,98	13,50	4,50	1,43	8,25	2,75	13,50	4,50	8016	1969	50	6750	2250	420	140	352	380	
160	30	30	40	30	30			5s	13,89	6,58	2,20	0,40	0,85	11,25	6,75	1,43	6,88	4,13	11,25	6,75	6943	3291	50	5625	3375	350	210	352	380	
170	40	30	30	30	40			5s	15,43	4,86	2,20	0,40	0,94	11,65	6,35	1,34	7,12	3,88	11,65	6,35	7714	2429	50	5824	3176	362	198	352	380	
180	40	30	40	30	40			5s	15,11	5,20	2,20	0,40	0,92	12,00	6,00	1,27	7,33	3,67	12,00	6,00	7556	2600	50	6000	3000	373	187	352	380	
190	40	40	30	40	40			5s	14,58	5,91	2,20	0,40	0,89	10,42	7,58	1,20	6,37	4,63	10,42	7,58	7289	2955	50	5211	3789	324	236	352	380	
200	40	40	40	40	40			5s	14,26	6,24	2,20	0,40	0,87	10,80	7,20	1,14	6,60	4,40	10,80	7,20	7128	3120	50	5400	3600	336	224	352	380	
200	20	40	20	40	20	40	20	7s	9,79	10,26	2,20	0,40	0,60	7,20	10,80	1,71	4,40	6,60	7,20	10,80	4774	5130	50	3600	5400	224	336	352	380	
210	30	30	30	30	30	30	30	7s	12,80	7,27	2,20	0,40	0,78	10,29	7,71	1,63	6,29	4,71	10,29	7,71	6225	3637	50	5143	3857	320	240	352	380	
220	40	20	40	20	40	20	40	7s	15,04	4,65	2,20	0,40	0,92	13,09	4,91	1,56	8,00	3,00	13,09	4,91	7336	2327	50	6545	2455	407	153	352	380	
240	30	40	40	30	40	40	30	7s	11,63	8,50	2,20	0,40	0,71	9,00	9,00	1,43	5,50	5,50	9,00	9,00	5599	4250	50	4500	4500	280	280	352	380	
260	40	30	40	40	40	30	40	7s	13,73	6,17	2,20	0,40	0,84	11,08	6,92	1,32	6,77	4,23	11,08	6,92	6612	3083	50	4846	4154	302	258	352	380	
280	40	40	40	40	40	40	40	7s	12,80	7,27	2,20	0,40	0,78	10,29	7,71	1,22	6,29	4,71	10,29	7,71	6094	3637	50	5143	3857	320	240	352	380	
200	30	30	30	20	30	30	30	7ss	16,87	2,84	2,20	0,40	1,03	12,60	5,40	1,14	7,70	3,30	12,60	5,40	8433	1418	50	6300	2700	392	168	352	380	
220	40	40	20	20	20	40	40	7ss	17,65	1,29	2,20	0,40	1,08	14,73	3,27	1,04	9,00	2,00	14,73	3,27	8824	645	50	7364	1636	458	102	352	380	
220	30	30	40	30	30	30	30	7ss	16,42	3,48	2,20	0,40	1,00	13,09	4,91	1,04	8,00	3,00	13,09	4,91	8209	1740	50	6545	2455	407	153	352	380	
240	40	40	20	40	20	40	40	7ss	17,42	1,75	2,20	0,40	1,06	15,00	3,00	0,95	9,17	1,83	15,00	3,00	8708	875	50	7500	1500	467	93	352	380	
260	40	40	30	40	30	40	40	7ss	17,04	2,49	2,20	0,40	1,04	13,85	4,15	0,88	8,46	2,54	13,85	4,15	8521	1246	50	6923	2077	431	129	352	380	
280	40	40	40	40	40	40	40	7ss	16,64	3,18	2,20	0,40	1,02	12,86	5,14	0,81	7,86	3,14	12,86	5,14	8318	1592	50	6429	2571	400	160	352	380	
300	40	40	30	40 + 40	30	40	40	8ss	16,51	3,19	2,20	0,40	1,01	14,40	3,60	0,76	8,80	2,20	14,40	3,60	8256	1594	50	7200	1800	448	112	352	380	
320	40	40	40	40 + 40	40	40	40	8ss	16,03	3,94	2,20	0,40	0,98	13,50	4,50	0,71	8,25	2,75	13,50	4,50	8016	1969	50	6750	2250	420	140	352	380	

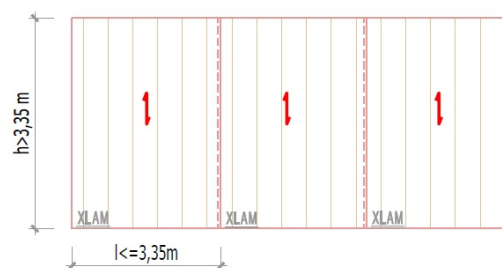
Schémas :

Exemple calepinage de mur

-Mur TT

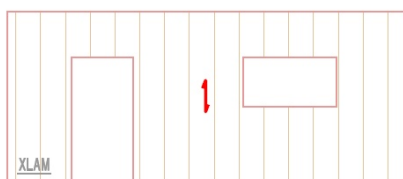


-Mur TL

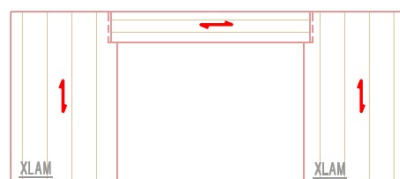


Exemple calepinage de mur:

Mur complet avec usinage



Mur recomposé avec linteau



Exemple calepinage de plancher:



Figure 13 : Exemple de calepinage de panneaux XLAM

Dans les figures suivantes, les éléments d'ossature bois (notamment support de l'isolant) ne sont pas représentés.

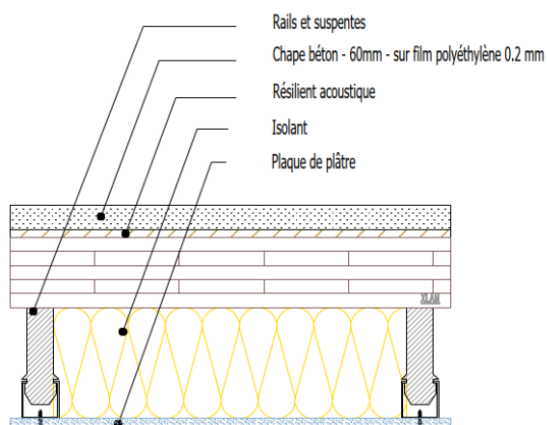


Figure 14 : Schéma de complexe en plancher XLAM

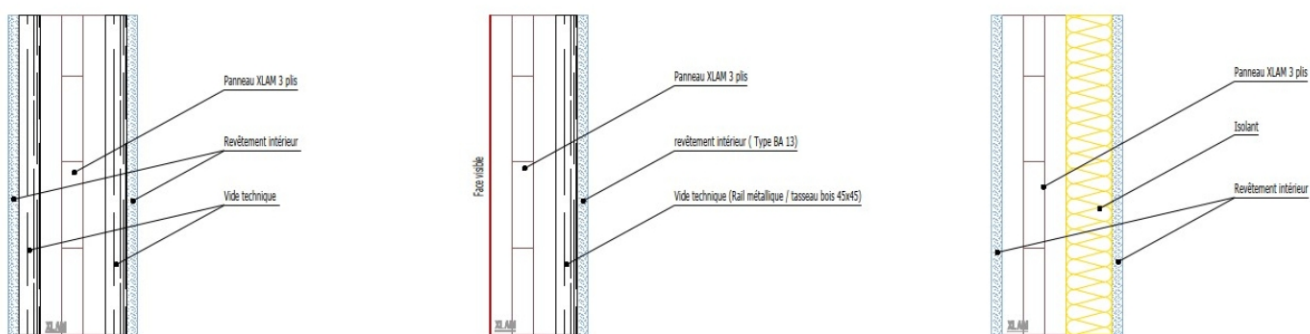


Figure 15 : Schéma de complexe de cloisons XLAM

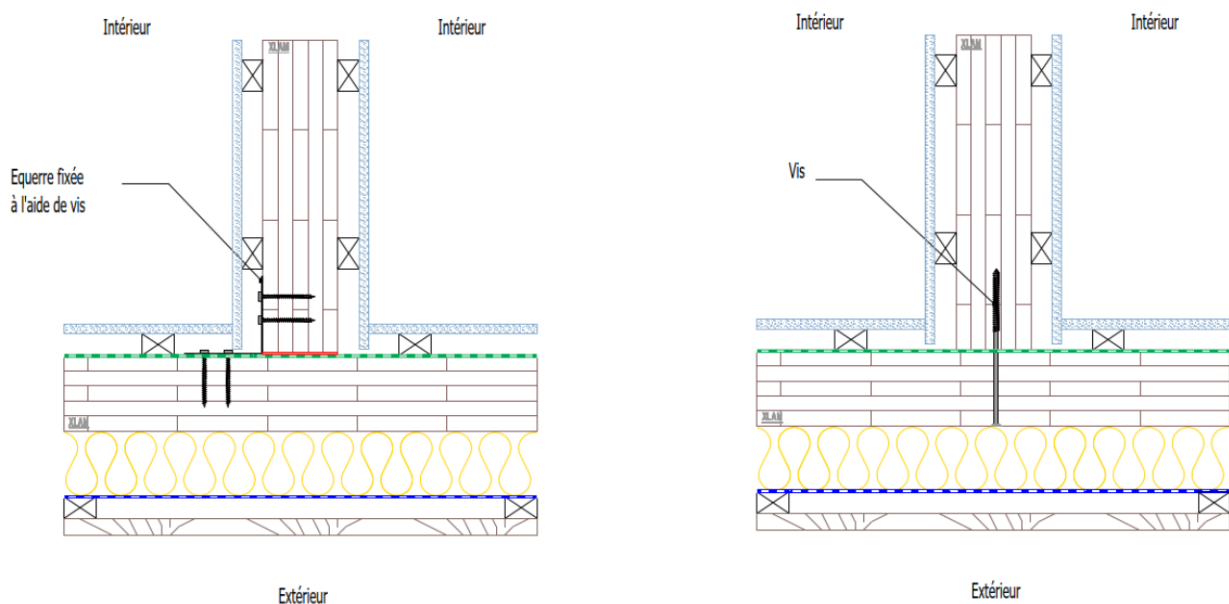


Figure 16 : Schéma de jonction entre une façade et un mur de refend

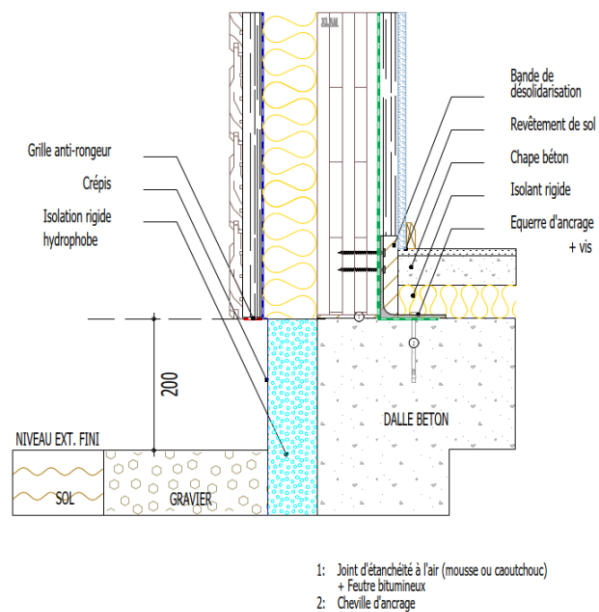


Figure 17 : Détail d'un pied de mur XLAM sur Dalle béton

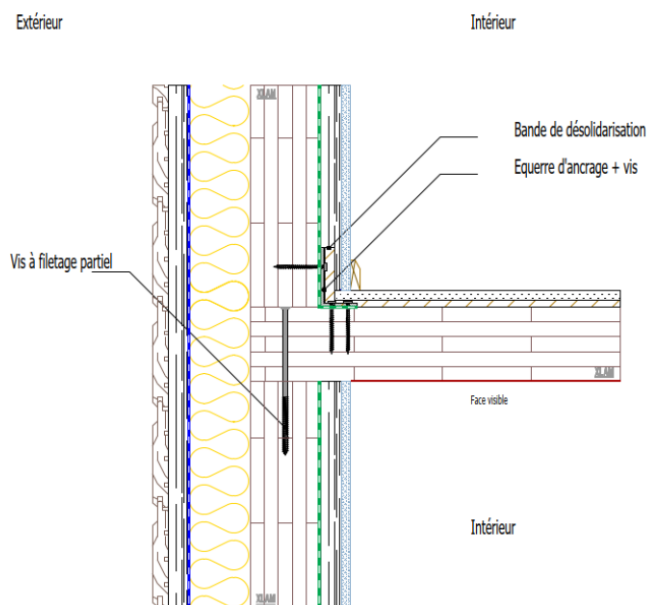
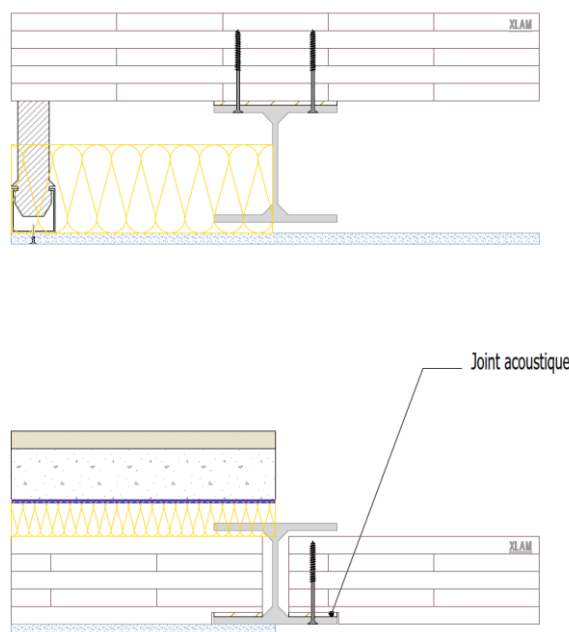


Figure 18 : Détail d'assemblage de plancher XLAM sur mur XLAM



Cette configuration impose d'être en appui à l'autre extrémité et non en âme comme ici, pour faciliter le montage

Figure 19 : Jonction d'un plancher XLAM sur poutre métallique

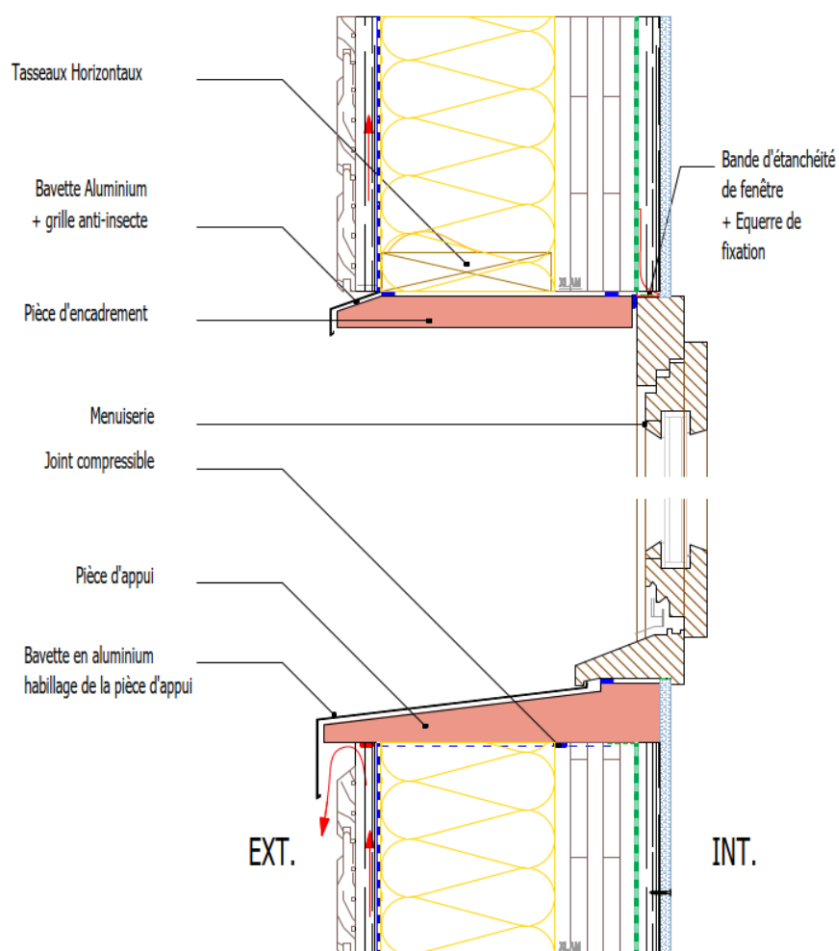


Figure 20 : Schéma de principe d'insertion d'une menuiserie (cf. DTU 31.2 et 36.5)

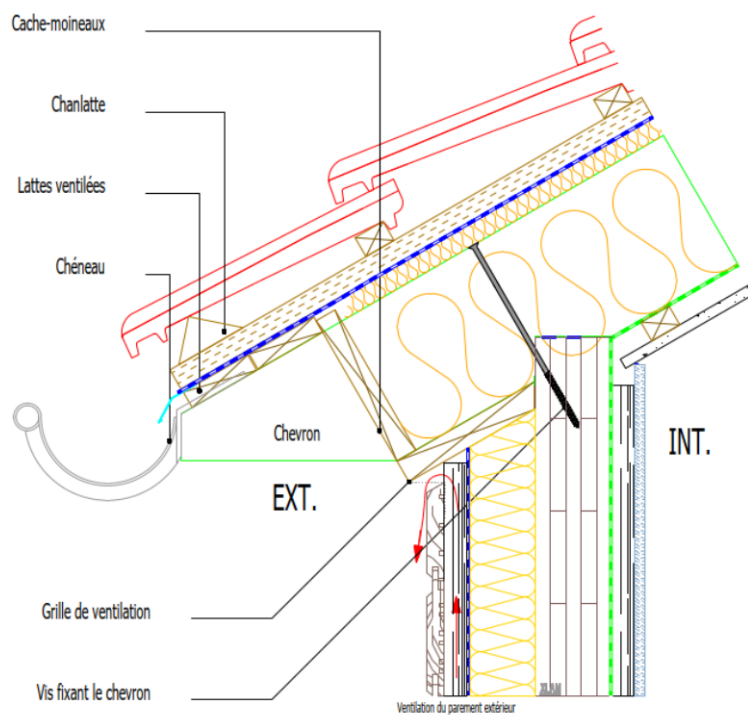


Figure 21 : Assemblage d'un mur XLAM avec une charpente de couverture traditionnelle

Tableau 13 : Fiche d'autocontrôle avant mise en œuvre des revêtements « Bon à fermer »

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 : <ul style="list-style-type: none"> 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 :	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
Rappel de l'intervalle acceptable : Les résultats obtenus devront être de $15\pm 3\%$ si la structure a été dimensionnée en classe de service 2 et de $12\pm 2\%$ si la structure a été dimensionnée en classe de service 1. (Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné)	
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 obtenue s (en %) :	..... ..... ..... .....
Confor mité :	..... ..... ..... ..... ..... .....
Fait à Le Nom prénom responsable Signature du responsable + cachet entreprise (précédés de la mention « Bon pour fermeture »)	

2.10.1. Méthodologie de dimensionnement des panneaux aux éléments finis

1. Général

La complexité des structures peut nécessiter un calcul aux éléments finis. Pour cela, il est nécessaire de renseigner les propriétés géométriques et du matériau doivent être renseignés.

Comme les panneaux XLAM INDUSTRIE ne sont pas isotropiques mais orthotropiques et issus d'une lamellation propre à chaque élément de la gamme, il faudra renseigner des informations pour chacun des panneaux.

Les logiciels de calcul aux éléments finis permettent de renseigner ces valeurs géométriques et de résistance à travers une matrice de rigidité.

Cette annexe permet d'expliquer comment chacun des éléments de la matrice doit être calculé et renseigne la matrice de rigidité de chacun des panneaux XLAM INDUSTRIE de la gamme standard.

Les informations présentées s'appuient sur le COST Action FP1004 – Focus Solid Timber Solutions – European Conference on Cross Laminated Timber (CLT) de Mai 2013 (University of Bath / TU GRAZ, HARRIS, RINGHOFER, SCHICKHOFER). Ces éléments sont présents dans le logiciel CLT Designer.

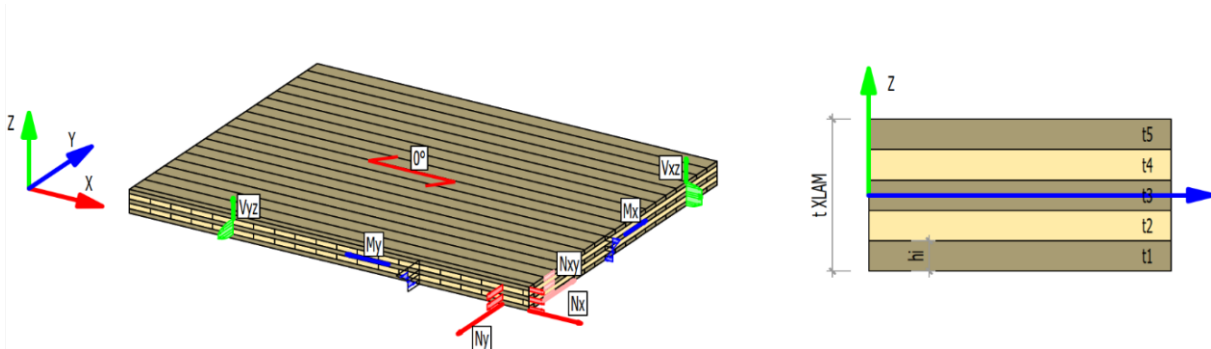
Elles sont également le résultat d'échanges avec la société Itech développant le logiciel Acord Bat.

2. Définitions

On considère qu'il n'y a pas de transmission d'efforts dans le sens transversal d'un même pli.

La capacité mécanique du panneau est établie par rapport aux plis orientés dans le sens de l'effort.

La composition est symétrique dans l'épaisseur et la classe mécanique des différents plis est identique.



$E_{0,mean}$ Module d'Elasticité Moyen dans le sens principal x

$E_{90,mean}$ Module d'Elasticité moyen transversal

G_{mean} Module de cisaillement

$G_{R,mean}$ Module de cisaillement roulant

$I_{0,net}$ Inertie nette dans le sens principal x

$I_{90,net}$ Inertie nette dans le sens transversal y

K_{shear} Coefficient de réduction de la rigidité en cisaillement (selon §2.2.3 COST)

K_{twist} Coefficient de réduction de la rigidité en torsion (selon §2.2.5 COST)

K_0 Coefficient de correction du cisaillement dans le sens principal x (selon § 2.2.4 COST)

K_{90} Coefficient de correction du cisaillement dans le sens transversal (selon § 2.2.4 COST)

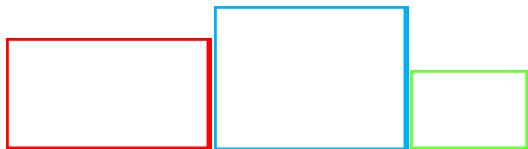
t_i Epaisseur du pli n°i

t_{xlam} Epaisseur totale du panneau

h_i Epaisseur du pli n°1 orienté dans le sens principal x

b Largeur du panneau (1 m)

3. Matrice de rigidité



$$\begin{pmatrix} m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_x \\ v_y \\ n_x \\ n_y \\ n_{xy} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & D_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & D_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & D_{44} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & & D_{66} & 0 & 0 \\ & & & & & & D_{77} & 0 \\ & & & & & & & D_{88} \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} K_x \\ K_y \\ K_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \\ \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{pmatrix}$$

sym

La matrice de rigidité présente 3 parties :

I. D11 à D33 : Flexion

II. D44 à D55 : Cisaillement transversal

III. D66 à D88 : Cisaillement dans le plan, membrane

Toutes les valeurs en dehors de la diagonale D11 à D88 peuvent être négligées.

Cette hypothèse est prise pour plusieurs raisons :

- IV. Les plis sont symétriques géométriquement et mécaniquement
- V. Le modules d'élasticité $E_{90,mean}$ est nettement inférieur au module d'élasticité $E_{0,mean}$
- VI. Les coefficients de Poisson $\nu_{lt} = \nu_{tl}$ sont estimés égaux à 0.

Ce postulat est énoncé pour prendre en compte le risque de fente parallèle au sens du fil et pour prendre en compte le fait que les lamelles ne sont pas collées sur chant.

4. Calcul des paramètres

Type de paramètre	Equation	Unité	Exemple : XLAM 140-5s : 40L-20T-20L-20T-40L
Flexion	$D_{11} = E_{0,mean} \cdot I_{0,net}$	kNm ² /m	$D_{11} = 11000 \cdot 2,113 \cdot 10^8 \cdot 10^{-9} = 2325$
	$D_{22} = E_{0,mean} \cdot I_{90,net}$	kNm ² /m	$D_{22} = 11000 \cdot 10^4 \cdot 17,33 \cdot 10^6 \cdot 10^{-9} = 191$
	$D_{33} = K_{twist} \cdot G_{mean} \cdot \frac{b \cdot t_{XLAM}^3}{12}$	kNm ² /m	$D_{33} = 0,59 \cdot 690 \cdot \frac{1000 \cdot 140^3}{12} \cdot 10^{-9} = 93,09$
Cisaillement Transversal	$D_{44} = K_0 \cdot \sum G_{i,mean} \cdot t_i$	kN/m	$D_{44} = 0,179 \cdot (690 \cdot (40 + 20 + 40) + 50 \cdot (20 + 20)) = 12\,734$
	$D_{55} = K_{90} \cdot \sum G_{i,mean} \cdot t_i$	kN/m	$D_{55} = 0,136 \cdot (690 \cdot (20 + 20) + 50 \cdot (40 + 20 + 40)) = 4423$
Cisaillement dans le plan	$D_{66} = \sum h_{i,0} \cdot E_{0,mean}$	kN/m	$D_{66} = (40 + 20 + 40) \cdot 11000 = 1100000$
	$D_{77} = \sum h_{i,90} \cdot E_{0,mean}$	kN/m	$D_{77} = (20 + 20) \cdot 11000 = 440000$
	$D_{88} = K_{shear} \cdot G_{mean} \cdot t_{XLAM}$	kN/m	$D_{88} = 0,635 \cdot 690 \cdot 140 = 53120$

Les coefficients K_0 , K_{90} et K_{shear} sont donnés dans le tableau §5.

Le coefficient K_{twist} est choisi selon cette table :

3 plis	5 plis	7 plis	7 plis ss	8 plis ss
0.54	0.59	0.63	0.54	0.54

Dans les équations D_{44} et D_{55} , on choisira $G_{i,mean} = G_{mean} = 690$ MPa dans le cas des plis orientés dans la direction observée et $G_{i,mean} = G_{R,mean} = 50$ MPa dans le cas des plis transversaux.

5. Tableau des paramètres

Epaisseur totale	Pli n°1	Pli n°2	Pli n°3	Pli n°4	Pli n°5	Pli n°6	Pli n°7	Nombre de plis	D11 (kN.m ² /m)	D22 (kN.m ² /m)	D33 (kN.m ² /m)	D44 (kN.m)	D55 (kN.m)	D66 (kN.m)	D77 (kN/m)	D88 (kN/m)	k ₀	k ₉₀	k _{Shear}
60	20	20	20					3s	191	7,33	6,71	4423	13800	440000	220000	30690	0,155	0,873	0,741
70	20	30	20					3s	290	24,75	10,65	4449	20700	440000	330000	30675	0,153	0,912	0,635
80	30	20	30					3s	462	7,33	15,90	7151	13800	660000	220000	35057	0,169	0,821	0,635
80	20	40	20					3s	411	58,67	15,90	4683	27600	440000	440000	30354	0,158	0,932	0,550
90	30	30	30					3s	644	24,75	22,64	6634	20700	660000	330000	39439	0,155	0,873	0,635
100	40	20	40					3s	909	7,33	31,05	10477	13800	880000	220000	37943	0,186	0,775	0,550
100	30	40	30					3s	858	58,67	31,05	6604	27600	660000	440000	37943	0,152	0,902	0,550
110	40	30	40					3s	1195	24,75	41,33	9255	17432	880000	330000	41737	0,163	0,706	0,550
120	40	40	40					3s	1525	58,67	53,65	8844	23242	880000	440000	45531	0,155	0,736	0,550
100	20	20	20	20	20			5s	726	191	33,93	7976	4423	660000	440000	51151	0,184	0,145	0,741
110	20	20	30	20	20			5s	930	290	45,15	7976	4449	770000	440000	48203	0,159	0,143	0,635
120	30	20	20	20	30			5s	1393	191	58,62	10183	4423	880000	440000	52585	0,178	0,140	0,635
120	20	30	20	30	20			5s	1122	462	58,62	8308	7151	660000	660000	52585	0,187	0,161	0,635
130	30	20	30	20	30			5s	1724	290	74,53	12388	4449	990000	440000	56967	0,193	0,139	0,635
140	40	20	20	20	40			5s	2325	191	93,09	12734	4423	1100000	440000	53120	0,179	0,136	0,550
140	30	30	20	30	30			5s	2053	462	93,09	10131	7151	880000	660000	61349	0,174	0,158	0,635
150	30	30	30	30	30			5s	2450	644	114,50	11965	6634	990000	660000	65731	0,184	0,145	0,635
160	40	20	40	20	40			5s	3344	411	138,96	17631	4706	1320000	440000	60708	0,208	0,140	0,550
160	30	30	40	30	30			5s	2897	858	138,96	14043	6604	1100000	660000	60708	0,195	0,142	0,550
170	40	30	30	30	40			5s	3860	644	166,67	14110	6633	1210000	660000	64503	0,179	0,141	0,550
180	40	30	40	30	40			5s	4488	858	197,85	16231	6603	1320000	660000	68297	0,189	0,139	0,550
190	40	40	30	40	40			5s	5092	1195	232,69	14091	9255	1210000	880000	72091	0,176	0,152	0,550
200	40	40	40	40	40			5s	5808	1525	271,40	15952	8844	1320000	880000	75885	0,184	0,145	0,550
200	20	40	20	40	20	40	20	7s	3989	3344	289,80	12992	17631	880000	1320000	75885	0,212	0,203	0,550
210	30	30	30	30	30	30	30	7s	6039	2450	335,48	17063	11965	1320000	990000	92024	0,195	0,176	0,635
220	40	20	40	20	40	20	40	7s	8155	1606	385,72	24608	8963	1760000	660000	83474	0,217	0,181	0,550
240	30	40	30	40	30	40	30	7s	8184	4488	500,77	17557	16231	1320000	1320000	91063	0,198	0,183	0,550
260	40	30	40	40	40	30	40	7s	12291	3821	636,69	22225	14042	1760000	1100000	98651	0,193	0,182	0,550
280	40	40	40	40	40	40	40	7s	14315	5808	795,21	22751	15952	1760000	1320000	106240	0,195	0,176	0,550
200	30	30	30	20	30	30	30	7ss	6871	462	248,40	17004	7151	1540000	660000	87642	0,171	0,148	0,635
220	40	40	20	20	20	40	40	7ss	9570	191	330,62	25919	4423	1980000	440000	83474	0,205	0,121	0,550
220	30	30	30	40	30	30	30	7ss	8903	858	330,62	21362	6604	1760000	660000	83474	0,188	0,134	0,550
240	40	40	20	40	20	40	40	7ss	12261	411	429,24	31632	4706	2200000	440000	91063	0,226	0,125	0,550
260	40	40	30	40	30	40	40	7ss	15253	858	545,73	27351	6603	2200000	660000	98651	0,194	0,128	0,550
280	40	40	40	40	40	40	40	7ss	18597	1525	681,61	25464	8844	2200000	880000	106240	0,179	0,136	0,550
300	40	40	30	80	30	40	40	8ss	22704	2046	838,35	38662	7781	2640000	660000	70890	0,229	0,146	0,342
320	40	40	40	80	40	40	40	8ss	26752	3285	1017,45	35257	9411	2640000	880000	75616	0,208	0,140	0,342

3. Annexe – Utilisation en support d'étanchéité

3.1. Généralités

Le procédé « XLAM INDUSTRIE » est utilisé comme support ou élément porteur des toitures étanchées selon le Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019, complété par les prescriptions de la présente Annexe.

3.2. Domaine d'emploi

3.2.1. Bâtiments/locaux

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont utilisables :

- Selon le même domaine d'emploi décrit au §1.1 de l'Avis ;
- En France métropolitaine, hors DROM, en climat de plaine (altitude $\leq 900\text{m}$) ou de montagne (altitude $> 900\text{m}$) ;
- Soit avec locaux sous-jacents non chauffés ouverts sur l'extérieur, en association avec une toiture froide non isolée ;
- Soit avec locaux sous-jacents chauffés, à faible et moyenne hygrométrie (rapport $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$, où W est la quantité de vapeur produite à l'intérieur du local par heure en g/m^3 et n le taux de renouvellement de l'air), en association avec une toiture chaude (isolant support d'étanchéité ou isolation inversée).

3.2.2. Typologies de la toiture

Les toitures suivantes sont visées :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels (pente $\leq 50\%$), sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Avec procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique (pente $\leq 50\%$) ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (pente $\leq 5\%$) ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation ($3\% \leq \text{pente} \leq 20\%$) bénéficiant d'un Avis Technique ;
- Accessibles aux piétons et au séjour, associées à une protection par dalles sur plots en béton, bois ou céramique ou platelage (pente $\leq 5\%$).

Les systèmes d'étanchéité peuvent être utilisés en toitures froides ou chaudes, avec un revêtement d'étanchéité indépendant, semi-indépendant, ou adhérent, laissés apparents (hors toitures froides) ou être sous protection lourde.

En climat de montagne (altitude $> 900 \text{ m}$), seules les toitures inaccessibles, protégées par des granulats, les toitures-terrasses végétalisées et les toitures-terrasses avec protection par dalles sur plots sont visées.

3.2.3. Pente de l'élément porteur

La pente minimale assurée par l'élément porteur seul est comprise entre 3 et 20 % en toitures terrasses végétalisées (TTV). Pour les toitures inaccessibles, techniques ou accessibles aux piétons et au séjour, la pente minimale assurée par l'élément porteur seul doit être de :

- $\geq 3\%$, lorsque les panneaux posés en chevrons (parallèles à la pente) ou les fermes supportant les panneaux posés en pannes (perpendiculaires à la pente) sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au $1/250e$ de la portée ;
- $\geq 1,8\%$, lorsque les panneaux posés en chevrons (parallèles à la pente) ou les fermes supportant les panneaux posés en pannes (perpendiculaires à la pente) sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au $1/400e$ de la portée (hors TTV) ;
- $\geq 1,6\%$, lorsque les panneaux posés en chevrons (parallèles à la pente) ou les fermes supportant les panneaux posés en pannes (perpendiculaires à la pente) sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au $1/500e$ de la portée (hors TTV).

Les flèches sont calculées en tenant compte du fluage au travers du coefficient k_{def} défini dans la norme NF EN 1995-1-1 : 2015 ou l'AT/DTA du procédé de panneau structural bois. Les pentes maximales sont précisées au §3.2.3 en fonction de la destination.

L'utilisation en pente nulle n'est pas visée dans cet Avis Technique.

3.3. Résistance aux effets du vent

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont dimensionnés conformément au paragraphe §2.4.2 du Dossier Technique en tenant compte de l'effort de vent agissant sur la toiture, calculé selon l'Eurocode 1 partie 1-4 (NF EN 1991-1-4 d'octobre 2010) et son annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA de septembre 2012 (vent caractéristique calculé pour une période de retour de 50 ans).

Le complexe d'étanchéité est dimensionné selon les prescriptions à cet égard spécifiées dans son DTA ou sa fiche système.

Dans le cas de revêtements d'étanchéité ou d'isolants, fixés mécaniquement, la résistance caractéristique des éventuels attelages de fixation mécanique de l'isolation support et/ou revêtement d'étanchéité reste égale à celle obtenue selon la norme NF P 30-313 (P_K) dans du bois massif d'épaisseur égale, annoncée dans les fiches techniques des fixations.

3.4. Conception

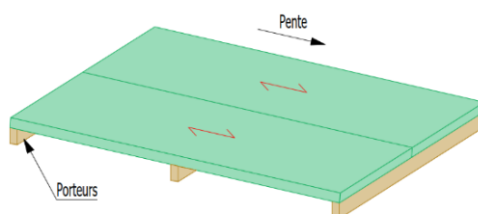
Les matériaux composant le complexe de toiture sont décrits dans le Cahier du CSTB 3814 §. 3, complété par le présent dossier. De manière générale, les produits admis doivent bénéficier d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application ou une fiche système favorable pour l'emploi sur éléments porteurs bois et panneaux à base de bois ou être décrits dans le DTU 43.4.

Les différentes configurations des toitures donnent des précisions sur le choix des matériaux. Ces éléments sont décrits au §3.6 Configurations.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE constituent l'élément porteur de la toiture support d'étanchéité. Ils répondent aux précisions des § 3.1 et § 7.1 du Cahier du CSTB 3814.

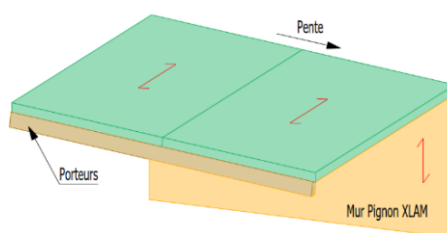
On pourra les utiliser de deux manières :

- Pose type Chevron : le sens de portée des panneaux est parallèle à la pente.



POSE TYPE CHEVRON

- Pose type Panne : le sens de portée des panneaux est perpendiculaire à la pente.



POSE TYPE PANNE

Figure 22 : Sens de pose des panneaux XLAM INDUSTRIE en toiture

3.4.1. Pare-vapeur

Les dispositions des paragraphes § 3.2 et § 7.2 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

Il est rappelé que dans le cas de toitures-terrasses accessibles aux piétons, une couche de protection formée, soit par un revêtement monocouche, soit par un revêtement bicouche en bitume modifié, assure la fonction de pare-vapeur (cf. § 12.1 du Cahier du CSTB 3814).

Le pare-vapeur sera toujours placé au-dessus de l'élément porteur XLAM INDUSTRIE.

3.4.1.1. Isolant support d'étanchéité

Les dispositions des paragraphes § 3.3 et § 7.3 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent pour les isolants supports d'étanchéité en apparent.

Pour les panneaux isolants supports d'étanchéité sous protection lourde, ceux-ci doivent :

- être conformes aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2024 et bénéficier d'un certificat ACERMI établi conformément aux dispositions des Règles Professionnelles,
- bénéficier d'un Document Technique d'Application visant leur emploi sur élément porteur en bois ou sur panneaux à base de bois et pour la destination de toiture envisagée

Il convient de vérifier :

- en climat de plaine et en zones non froides, la règle du 1/3 - 2/3 (1/3 maximum de résistance thermique avant le pare-vapeur (en dessous) ; 2/3 minimum de résistance thermique après le pare-vapeur (au-dessus)), en tenant compte des caractéristiques thermiques des éléments placés côté intérieur, sous l'écran pare-vapeur (panneaux structuraux, isolants acoustiques, habillage ou faux-plafond),
- en zones très froides et en climat de montagne, la règle du 1/4 - 3/4 (1/4 maximum de résistance thermique avant le pare-vapeur (en dessous) ; 3/4 minimum de résistance thermique après le pare-vapeur (au-dessus)), en tenant compte des caractéristiques thermiques des éléments placés côté intérieur, sous l'écran pare-vapeur (panneaux structuraux, isolants acoustiques, habillage ou faux-plafond).

Nota : une zone très froide est définie par une température de base inférieure à -15°C (NF P52-612/CN). Les départements de la zone très froide sont :

- Le Bas-Rhin, le Haut-Rhin, les Vosges, le Territoire de Belfort, la Moselle et la Meurthe-et-Moselle pour les altitudes > 400 m ;

- *Le Doubs pour les altitudes > 600 m ;*
- *L'Ain, les Hautes-Alpes, l'Isère, le Jura, la Loire, la Nièvre, le Rhône, la Haute-Saône, la Saône-et-Loire, la Savoie et la Haute-Savoie pour les altitudes > 800 m Les zones en climat de montagne, qui sont définies pour une altitude supérieure à 900 m, sont considérées comme zone très froide.*

La résistance thermique des panneaux isolants support d'étanchéité est donnée par leur Avis Technique ou Document Technique d'Application, ou par le certificat ACERMI et la fiche système des isolants conformes aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2024, ou « Isolation inversée toiture-terrasse » de juin 2021.

La résistance thermique des isolants placés en plafond suspendu est donnée pour l'épaisseur donnée dans le certificat ACERMI de l'isolant. A défaut de certificat ACERMI, il y aura lieu de se reporter aux Règles Th-Bat.

3.4.1.2. Revêtement d'étanchéité

Les dispositions des paragraphes § 3.4 et § 7.4 du Cahier du CTSB 3814 s'appliquent, complété par le présent paragraphe.

Sont admis des systèmes adhérents, semi-indépendants ou indépendants :

- faisant l'objet d'un Document Technique d'Application validé en GS 5.2,
- conformes aux Règles Professionnelles « Etanchéité sous protection lourde » de janvier 2025, dans le cas des revêtements d'étanchéité en bitume modifié SBS et APP mis en œuvre en indépendance, en adhérence, ou en semi-indépendance par écran perforé ou sous couche clouée sous protection lourde et des revêtements d'étanchéité en PVC-P mis en œuvre en indépendance sous protection lourde.

3.4.1.3. Isolation inversée

Les dispositions du paragraphe § 3.5 du Cahier du CTSB 3814 s'appliquent.

Cette configuration est uniquement possible dans le cas de toitures non accessibles – techniques et végétalisées, selon §3.7.3 de la présente annexe.

Sont admis, les panneaux isolants conformes aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 et certifiés Acermi pour les spécifications prévues par les règles.

3.4.1.4. Végétalisation de toiture

Les dispositions des paragraphes § 3.6 et § 7.5 du Cahier du CTSB 3814, du Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité ou de sa fiche système et de l'Avis Technique du procédé de végétalisation s'appliquent.

Il est nécessaire de prendre en compte une charge de sécurité forfaitaire de 15 daN/m² (définie par les Règles Professionnelles Toitures Terrasses et toitures végétalisées Edition n°3 de mai 2018) sans toutefois qu'il soit nécessaire de prendre en compte la surcharge de 85 daN/m², dès lors que :

- Le dimensionnement des panneaux support du complexe d'étanchéité est réalisé en considérant une charge permanente de végétalisation à capacité maximale en eau, indiquée dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation ;
- La vérification des déformations des panneaux constituant l'élément porteur prend en compte le fluage des panneaux.

3.4.1.5. Protection lourde rapportée

Les dispositions des paragraphes § 3.7 et § 7.6 du Cahier du CTSB 3814 s'appliquent.

Les protections admises sont définies dans le DTA, la fiche système ou dans les Règles Professionnelles des isolants ou du revêtement d'étanchéité selon la destination de la toiture.

3.4.1.6. Equipement technique

Les dispositions du paragraphe § 7.7 du Cahier du CTSB 3814 s'appliquent.

Les équipements techniques pourront être :

- Soit raccordés à la charpente selon le DTU 43.4 ;
- Soit positionnés sur des massifs béton en respectant les préconisations du § 7.7 cité ci-dessus.

Il sera notamment important de s'assurer que le choix du revêtement d'étanchéité est adapté à la pression exercée par l'équipement technique avec plus petite dimension d'appui de 40 cm au moins.

3.4.1.7. Habillage ou plafond suspendu

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE peuvent être laissés apparents ou recevoir un habillage ou un plafond suspendu. Les exigences concernant ces habillages sont décrites dans le Cahier du CSTB 3814 au § 5.

En cas de mise en œuvre de parements intérieurs en sous-face des panneaux ou caissons de plancher, pour assurer une fonction d'isolation acoustique, il convient de vérifier que les règles dites du 1/3 – 2/3 en climat de plaine hors zone très froide et du 1/4 - 3/4 en climat de montagne et zone très froide soient respectées (cf. § 7.3 du cahier du CSTB n°3814).

3.5. Organisation de la mise en œuvre

3.5.1. Conditions de mise en œuvre des panneaux de plancher constituant l'élément porteur

Les dispositions de mise en œuvre données dans le § 8.1 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

En phase provisoire, une attention particulière doit être apportée pour éviter l'humidification des panneaux. Cette humidification est causée par l'évaporation d'eau présente dans des matériaux de construction tels que les ravaillages, chapes humides, enduits...

Pour pallier ce problème, une aération des bâtiments devra être prévue et, si elle n'est pas suffisante, une ventilation mécanisée devra être mise en place, afin de permettre de maintenir une hygrométrie moyenne (avec $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$).

Les jonctions entre panneaux seront réalisées selon le §2.5.1 du Dossier Technique. Le jeu dans l'assemblage devra être inférieur à 10 mm et s'il est inférieur à 2 mm, il ne nécessitera pas de bandes de pontage.

3.5.2. Conditions de protection de l'ouvrage

Il est nécessaire de protéger les panneaux XLAM INDUSTRIE vis-à-vis des intempéries par un ouvrage de protection provisoire imperméable en phase chantier, selon les dispositions du § 8.2 du Cahier du CSTB 3814.

Il est notamment important d'éviter la création de pièges à eau.

Conditions d'acceptation du support

Une acceptation du support est nécessaire dans le cas où le lot « Structure » et « Etanchéité » sont attribués à des entreprises différentes. Les conditions sont énoncées dans le § 8.3 du Cahier du CSTB 3814 et doivent être respectées dans le cas d'utilisation de panneaux XLAM INDUSTRIE.

3.5.3. Conditions de mise en œuvre de l'étanchéité

Les supports destinés à recevoir les revêtements d'étanchéité doivent être stables et plans, présenter une surface propre, libre de tout corps étranger et sans souillure d'huile, plâtre, hydrocarbures, etc.

Les conditions de mise en œuvre données au § 8.4 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

La réalisation du revêtement d'étanchéité doit se faire conformément à son Document Technique d'Application ou aux Règles Professionnelles « Etanchéité sous protection lourde » de janvier 2025.

3.5.4. Conditions de traitement des reliefs

Les conditions de traitement des reliefs données au § 8.5 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

3.5.5. Conditions de mise en œuvre du bardage et de l'habillage des têtes

Les conditions de mise en œuvre de ces éléments, données au § 8.6 du cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

3.6. Configurations

3.6.1. Toitures froides non isolées sur bâtiments non chauffés ouverts sur l'extérieur – Inaccessibles, techniques et végétalisées

Les dispositions du § 9 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

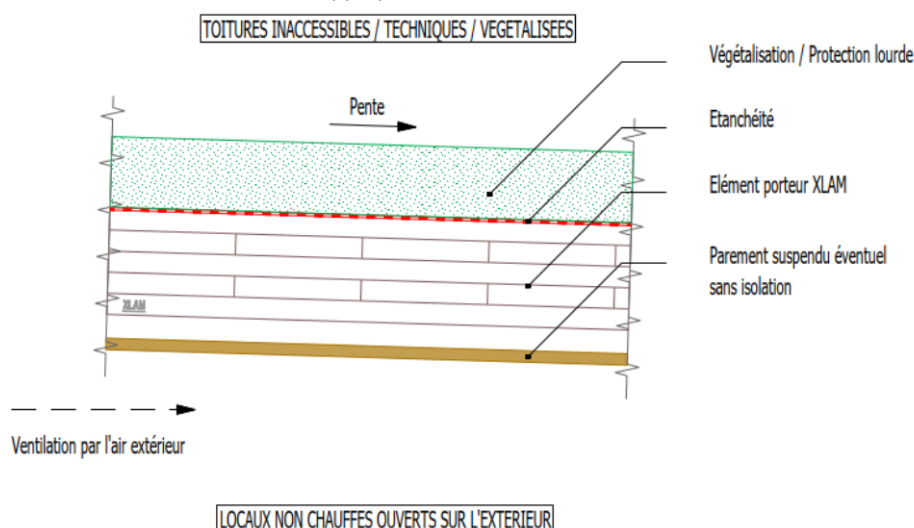


Figure 23 : Composition Toiture froide non isolée

3.6.2. Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Inaccessibles, techniques, végétalisées – Isolation support d'étanchéité

Les dispositions du § 10 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

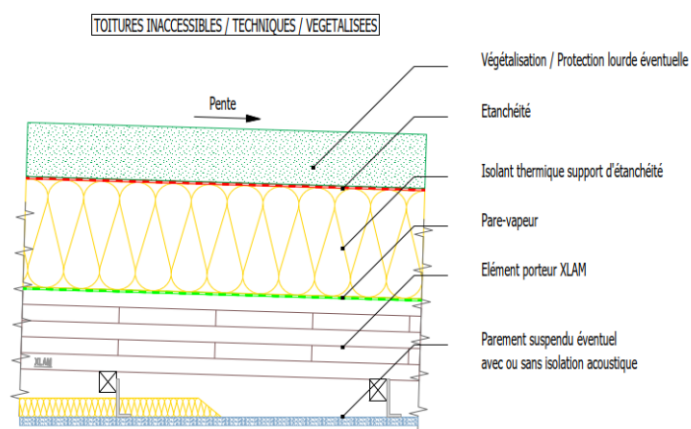


Figure 24 : Composition Toiture isolée Inaccessible

3.6.3. Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Inaccessibles, techniques, végétalisées - Isolation inversée

Les dispositions du § 11 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

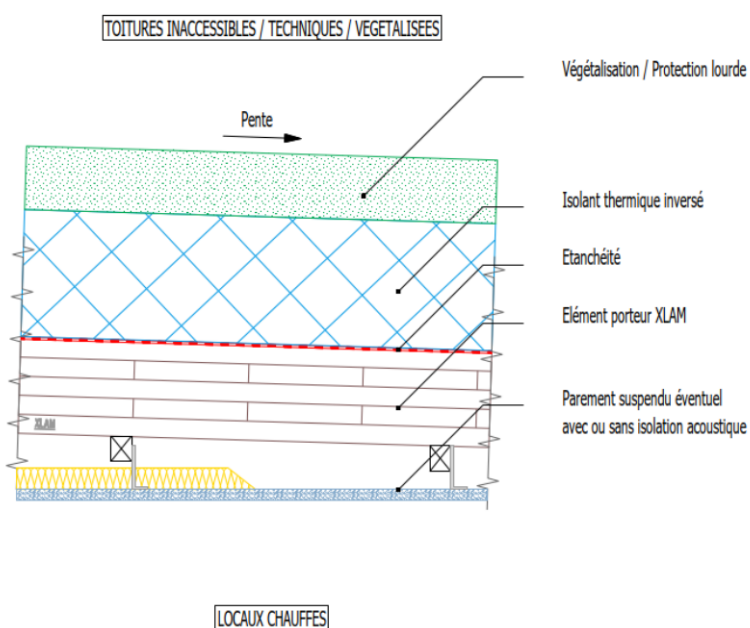


Figure 25 : Composition Toiture Isolée - Isolation inversée – Non accessible

3.6.4. Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Accessibles aux piétons et au séjour – protection par dalles sur plot ou platelage

Les dispositions du § 12 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

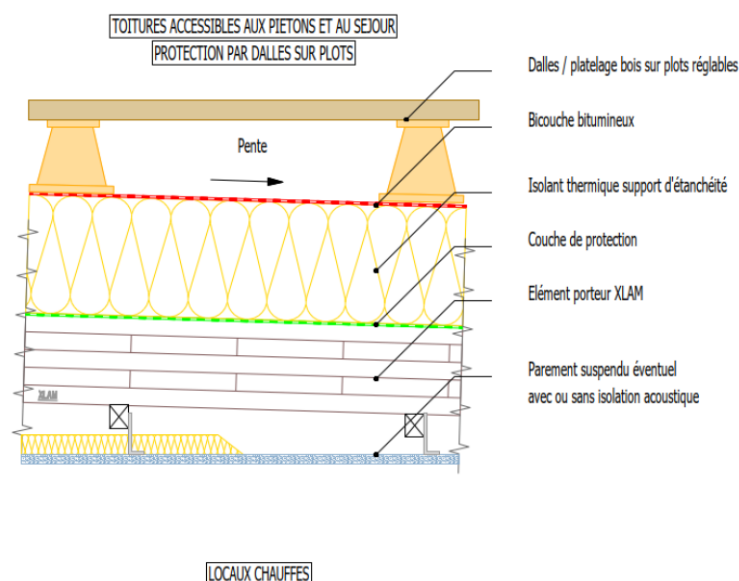


Figure 26 : Composition Toiture isolée - Accessible aux piétons et au séjour

3.6.4.1. Protection par dalles sur plots

La protection par dalles sur plots est réalisée selon le :

- Paragraphe 6.6.3.3 de la norme NF DTU 43.1 P1 ;
- Le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité visant l'élément porteur en maçonnerie,
- Les Règles Professionnelles « Etanchéité sous protection lourde » de janvier 2025.

3.6.4.2. Protection par platelage

La protection peut être :

- un platelage bois, réalisé selon les Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures-terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois (CSFE juin 2017) ;
- une protection platelage visée par un Avis Technique visant la pose sur CLT.

3.7. Points singuliers

3.7.1. Reliefs

Les reliefs sont réalisés conformément au DTU 43.4 ou avec des panneaux XLAM INDUSTRIE.

Les dispositions et conditions de mise en œuvre du § 13 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

Les reliefs sont réalisés soit en continuité du mur du niveau inférieur, soit en élément ajouté au-dessus du panneau de toiture.

La fixation des acrotères permet de reprendre les efforts horizontaux perpendiculaires aux façades et également les efforts de diaphragme du plancher haut. Elle doit se faire sans créer de saillie sous le complexe d'étanchéité.

Pour cela, les acrotères sont fixés à l'aide de vis lardées conformément au §2.5.1.2 du Dossier Technique, ou par le biais d'assembleurs tridimensionnels conformément au §2.5.1.3 du Dossier Technique. Pour que ces éléments ne soient pas en saillie de la toiture, on réalise un défonçage pour inclure l'épaisseur du connecteur dans le panneau. Si les jeux de ce défonçage sont supérieurs à 2mm, ils doivent être pontés.

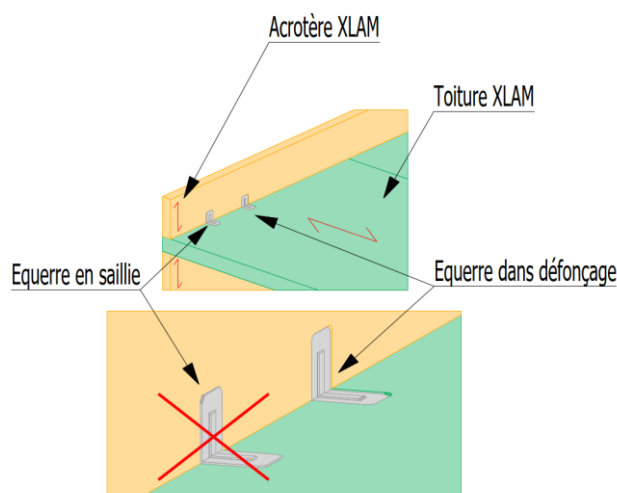


Figure 27 : Fixation des acrotères XLAM INDUSTRIE

3.7.2. Traitement des relevés

Les dispositions du § 14 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

3.7.3. Joints de dilatation

Les dispositions du § 15 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

3.7.4. Noues, faitages et arêtiers

Les dispositions du § 16 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

3.7.5. Evacuation des eaux pluviales

Les dispositions de l'annexe D du cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

3.8. Entretien et réparation

3.8.1. Entretien et réparation des panneaux XLAM INDUSTRIE

Il n'y a pas d'entretien courant à prévoir sur les panneaux XLAM INDUSTRIE.

Les réparations éventuelles d'un panneau XLAM INDUSTRIE sont possibles. Le type de réparation ou le remplacement du panneau devront être défini par un bureau d'étude spécialisé après analyse du dommage.

3.8.2. Entretien des toitures

L'entretien des toitures est celui prescrit par le NF DTU 43.4 P1-1, complété par :

Dans le cas des terrasses et toitures végétalisées : se reporter également à l'Avis Technique de la protection végétalisée.

Dans le cas des toitures terrasses accessibles avec dalles sur plots : se reporter également :

- à l'Annexe A § A-5 de la norme NF DTU 43.1 ;
- Aux Documents Techniques d'Application particuliers des revêtements d'étanchéité.

3.9. Dispositions spécifiques au climat de montagne

Les dispositions de la présente annexe s'appliquent pour le climat de montagne, complétées par les dispositions détaillées dans ce paragraphe.

Sont visées les destinations de toiture suivantes :

- Toitures-terrasses inaccessibles, protégées par des granulats,
- Toitures-terrasses végétalisées,

Toitures-terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec protection par dalles sur plots.

3.9.1. Conception

Les particularités liées au climat de montagne sont décrites dans les Documents d'Application Technique, la fiche système des revêtements d'étanchéité, ou les Règles professionnelles « Étanchéité sous protection lourde » de janvier 2025.

Les prescriptions de pente énoncées au § 3.2.3 du présent document sont appliquées.

On se référera au Document Technique d'Application particulier ou à la fiche système des revêtements d'étanchéité, et à la norme NF DTU 20.12 P1 et NF DTU 43.11 pour la hauteur des reliefs selon la destination des terrasses.

3.9.2. Dimensionnement

Le dimensionnement des panneaux XLAM et de leur structure porteuse est effectué en prenant en compte les charges de neige selon la norme NF EN 1991-1-3 et les charges de vent selon la norme NF EN 1991-1-4.

Les charges d'entretien nécessaires aux exigences d'entretiens et de déneigement doivent être prises en compte conformément aux Documents Particuliers du Marché (DPM).

En cas de mise en œuvre de barres à neige, il est nécessaire de prendre en compte la transmission des efforts par les barres à neige sur la structure lors du dimensionnement.

3.9.3. Pare-vapeur

Le DTA ou la fiche système du revêtement d'étanchéité indique les prescriptions quant au choix du pare-vapeur pour le climat de montage

Dans le cas des toitures-terrasses accessible aux piétons, la couche de protection devra présenter une performance renforcée à la résistance à la diffusion de vapeur d'eau, en intégrant un parement aluminium.

A défaut d'indication dans le DTA ou la fiche système du revêtement d'étanchéité, la couche de protection en revêtement d'étanchéité bicouche comprendra en seconde couche une feuille de bitume élastomérique 35 Alu choisie parmi celles du DTA ou de la fiche système du revêtement d'étanchéité bicouche prévue pour cette utilisation.

3.9.4. Isolation thermique

Il convient en climat de montagne de vérifier la règle des 1/4 – 3/4 avec : 1/4 maximum de résistance thermique avant le pare-vapeur et 3/4 minimum de résistance thermique après le pare-vapeur.

3.10. Organisation de la mise en œuvre

Selon le Cahier du CSTB 3814, l'allotissement des projets comportant l'utilisation de panneaux XLAM INDUSTRIE comme éléments porteurs d'une toiture terrasse doit se faire ainsi :

- Lot Structure (Charpente, Gros œuvre) assure :
 - La mise en œuvre de l'élément porteur en panneaux XLAM INDUSTRIE de partie courante du système d'étanchéité ;
 - L'exécution des points singuliers nécessaires au système d'étanchéité (reliefs, acrotères, joints de dilatation, costières, ...) ;
 - Les réservations dans les panneaux XLAM INDUSTRIE nécessaires au système d'étanchéité. On favorisera le plus possible l'usinage de ces réservations en usine ;
 - La protection de l'ouvrage vis-à-vis des intempéries (§3.5.2 de la présente annexe).
- Le lot Etanchéité :
 - Vérifie les réservations nécessaires au système d'étanchéité ;
 - Met en œuvre le système d'étanchéité, pare-vapeur et isolants éventuels, revêtement d'étanchéité, protection éventuelle au-dessus des panneaux XLAM INDUSTRIE.

Lorsque les deux lots sont attribués à des titulaires différents, il conviendra de procéder à une acceptation du support comme décrit au §3.5.3 de la présente annexe.

3.11. Assistance technique

XLAM SOLUTIONS pourra proposer son assistance technique sur les choix concernant le panneau XLAM INDUSTRIE, se référer au §2.7 du Dossier Technique.

3.12. Tableaux et figures de l'annexe A

Tableau A. 1 : Domaines d'emploi

	Isolation			
	Climat de plaine		Climat de montagne	
	Avec	Sans ⁽¹⁾	Avec	Sans ⁽¹⁾
Toitures et terrasses inaccessibles et toitures à zones techniques				
- Auto-protégée	X			
- Végétalisée	X	X	X	X
- Protection lourde	X	X	X	X
- Membrane avec film souple photovoltaïque	X			
Terrasses accessibles aux piétons et au séjour				
- Protection par dalles sur plots ou platelage bois	X ⁽²⁾		X ⁽³⁾	

Les zones grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

⁽¹⁾ Toiture froide exclusivement sur locaux non chauffés

⁽²⁾ L'isolant est mis en œuvre sur la couche de protection servant de pare-vapeur (cf. § 12.1 du Cahier du CSTB 3814)

⁽³⁾ Protection par platelage exclue

Tableau A. 2 : Emploi en toitures inaccessibles, chemins de circulation et toitures à zones techniques (1) en France métropolitaine

Support direct du revêtement d'étanchéité (2) ≤ pente ≤ (3)	Revêtement d'étanchéité				
	Systèmes apparents		Systèmes sous protection meuble ou dallettes		
	semi-indépendant	adhérent	indépendant	semi-indépendant	adhérent
Panneaux XLAM INDUSTRIE (4)			OUI	OUI	OUI (7)
Panneaux XLAM INDUSTRIE sous isolation inversée (5)			OUI	OUI	OUI (7)
Panneaux XLAM INDUSTRIE + pare-vapeur + support isolant (6)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI (7)

Les zones grisées correspondent à des exclusions du domaine d'emploi.

OUI : signifie une pose possible, selon le Document Technique d'Application ou les Règles Professionnelles pour l'isolant sous protection lourde ou l'isolation inversée et le DTA ou les Règles Professionnelles du revêtement d'étanchéité.

(1) Avec les dispositions du Document Technique d'Application ou des Règles Professionnelles du revêtement d'étanchéité

(2) La pente minimum des parties courantes dépend des critères de dimensionnement des panneaux porteurs (cf. §3.2.3)

(3) En systèmes apparents : ≤ 5 % en zones techniques et ≤ 50 % pour les chemins de circulation ; sous protection meuble : pente ≤ 5 %

(4) Toitures froides exclusivement sur bâtiments ouverts non chauffés

(5) Panneaux isolants conformes aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 et certifiés Acermi pour les spécifications prévues par les règles.

(6) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire et aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet 2024.

(7) Pontage des panneaux XLAM INDUSTRIE selon les dispositions du Cahier du CSTB 3814.

Tableau A. 3 : Emploi en terrasses et toitures végétalisées (1) en France métropolitaine

Support direct du revêtement d'étanchéité pente : (2)	Revêtement d'étanchéité		
	Indépendant (3)	semi-indépendant	adhérent
Panneaux XLAM INDUSTRIE (4)		OUI	OUI (7)
Panneaux XLAM INDUSTRIE sous isolation inversée (5)		OUI	OUI (7)
Panneaux XLAM INDUSTRIE + pare-vapeur + support isolant (6)		OUI	OUI (7)

Les zones grisées correspondent à des exclusions du domaine d'emploi.

OUI : signifie une pose possible, selon le Document Technique d'Application ou les Règles Professionnelles pour l'isolant sous protection lourde ou l'isolation inversée et le DTA ou les Règles Professionnelles du revêtement d'étanchéité et l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

(1) Avec la protection végétalisée définie dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation.
(2) Les pentes maximales sont celles définies dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation et la pente minimale de 3%.
(3) L'indépendance peut être admise favorablement par l'Avis Technique du système de végétalisation de toiture étanchée
(4) Toiture froide exclusivement sur locaux non chauffés
(5) Les protections admises par l'isolant, en complément de la végétalisation, sont celles indiquées dans l'avis technique de l'isolant ou dans la fiche système du panneau XPS, établie conformément aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture terrasse » de Juin 2021, et du certificat ACERMI de l'isolant qui indique la contrainte admissible.
(6) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire et aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet 2024.
(7) Pontage des panneaux XLAM INDUSTRIE selon les dispositions du Cahier du CSTB 3814.

Tableau A. 4 : Emploi en terrasses accessibles avec dalles sur plots (1) ou platelage (6) en France métropolitaine en climat de plaine et de montagne

Support direct du revêtement d'étanchéité (2) ≤ pente ≤ 5%	Revêtement d'étanchéité		
	indépendant	semi-indépendant	adhérant
Panneaux XLAM INDUSTRIE			
Panneaux XLAM INDUSTRIE sous isolation inversée			
Panneaux XLAM INDUSTRIE + pare-vapeur (4) + support isolant (7)	OUI	OUI	OUI

Les zones grisées correspondent à des exclusions du domaine d'emploi.

OUI : signifie une pose possible, selon le Document Technique d'Application ou les Règles Professionnelles pour l'isolant sous protection lourde ou l'isolation inversée et le DTA ou les Règles Professionnelles du revêtement d'étanchéité.

(1) Avec le système de dalles sur plots du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité, des règles professionnelles « Etanchéité sous protection lourde » de janvier 2025, visant l'emploi sur CLT, cf. §3.6.4
(2) La pente minimum des parties courantes dépend des critères de dimensionnement des panneaux porteurs (cf. §3.2.3).
(3) La couche de protection adhérente est mise en œuvre conformément à son Document Technique d'Application ou aux Règles Professionnelles. (En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche adhérent peut également être utilisé cf. disposition du Cahier du CSTB 3814).
(4) Panneaux isolants conformes aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 et certifiés Acermi pour les spécifications prévues par les règles.
(5) Respectant les règles professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures-terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois (CSFE juin 2017) ou l'avis technique de la protection par platelage, cf. §3.6.4.2 uniquement en climat de plaine.
(6) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire et aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet 2024.

Figure 28 : Exemple de relief en panneau XLAM INDUSTRIE continu en toiture inaccessible

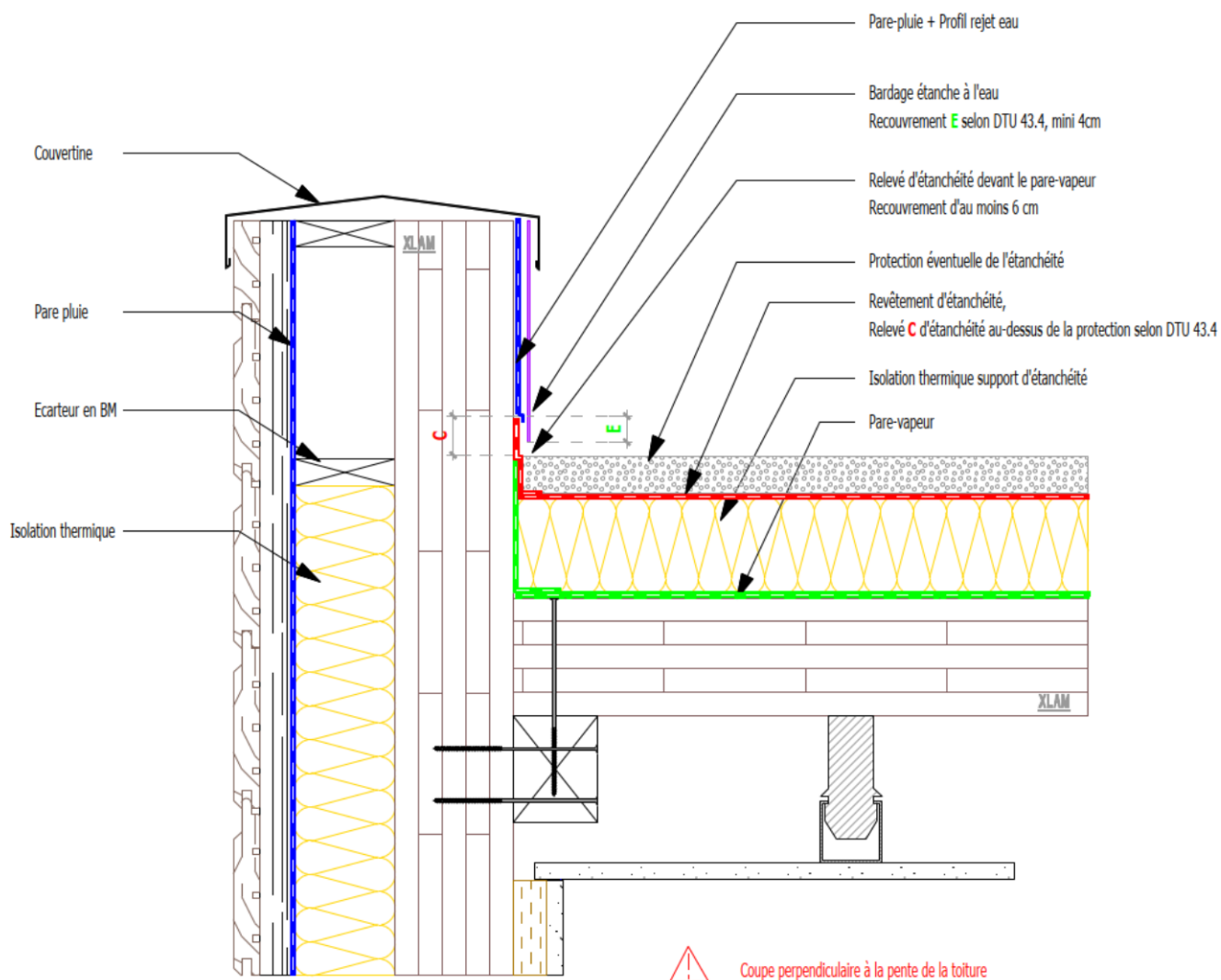
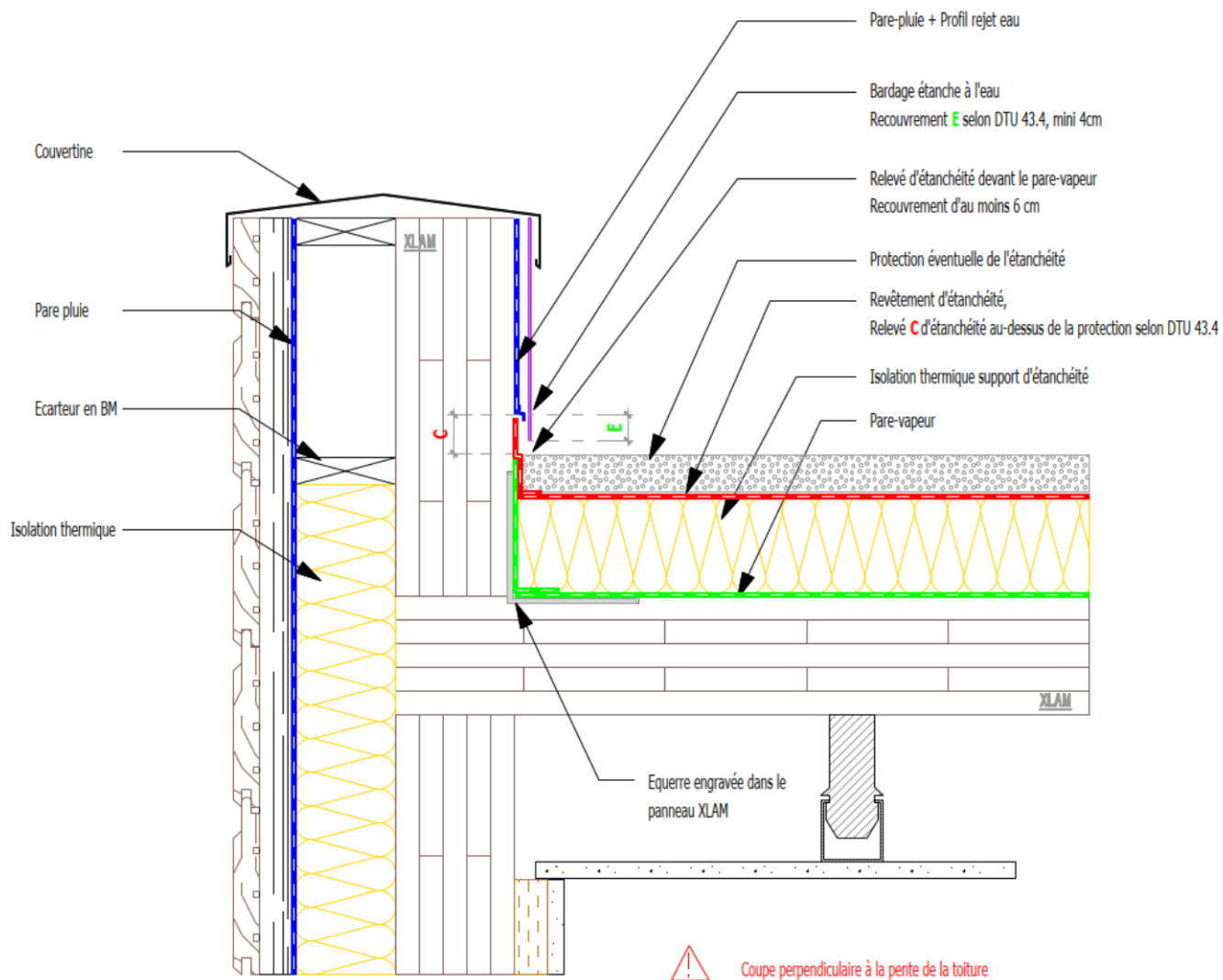


Figure 29 : Exemple de relief en panneau XLAM INDUSTRIE non continu en toiture inaccessible



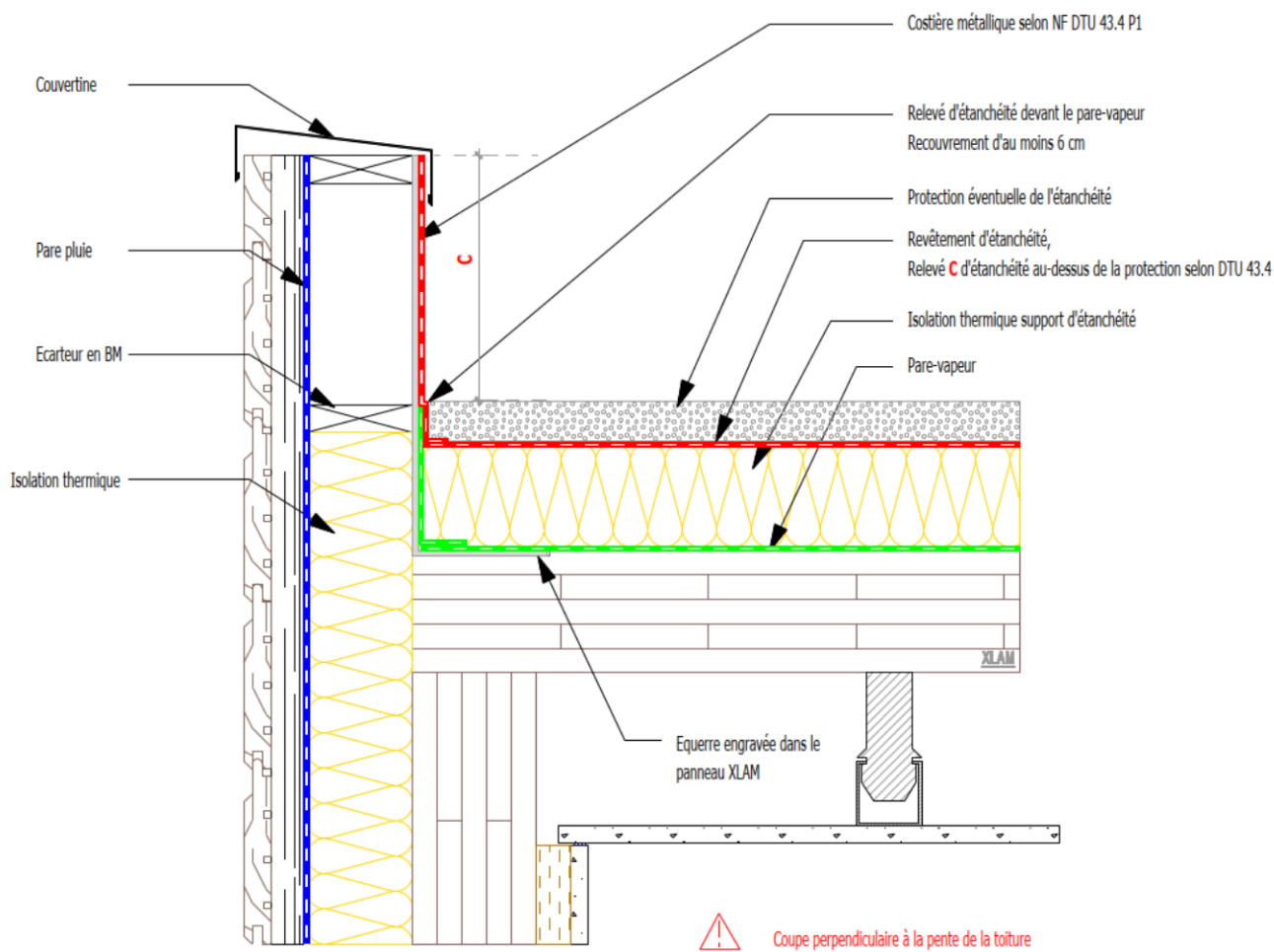


Figure 30 : Exemple de relevé avec costière métallique en toiture inaccessible

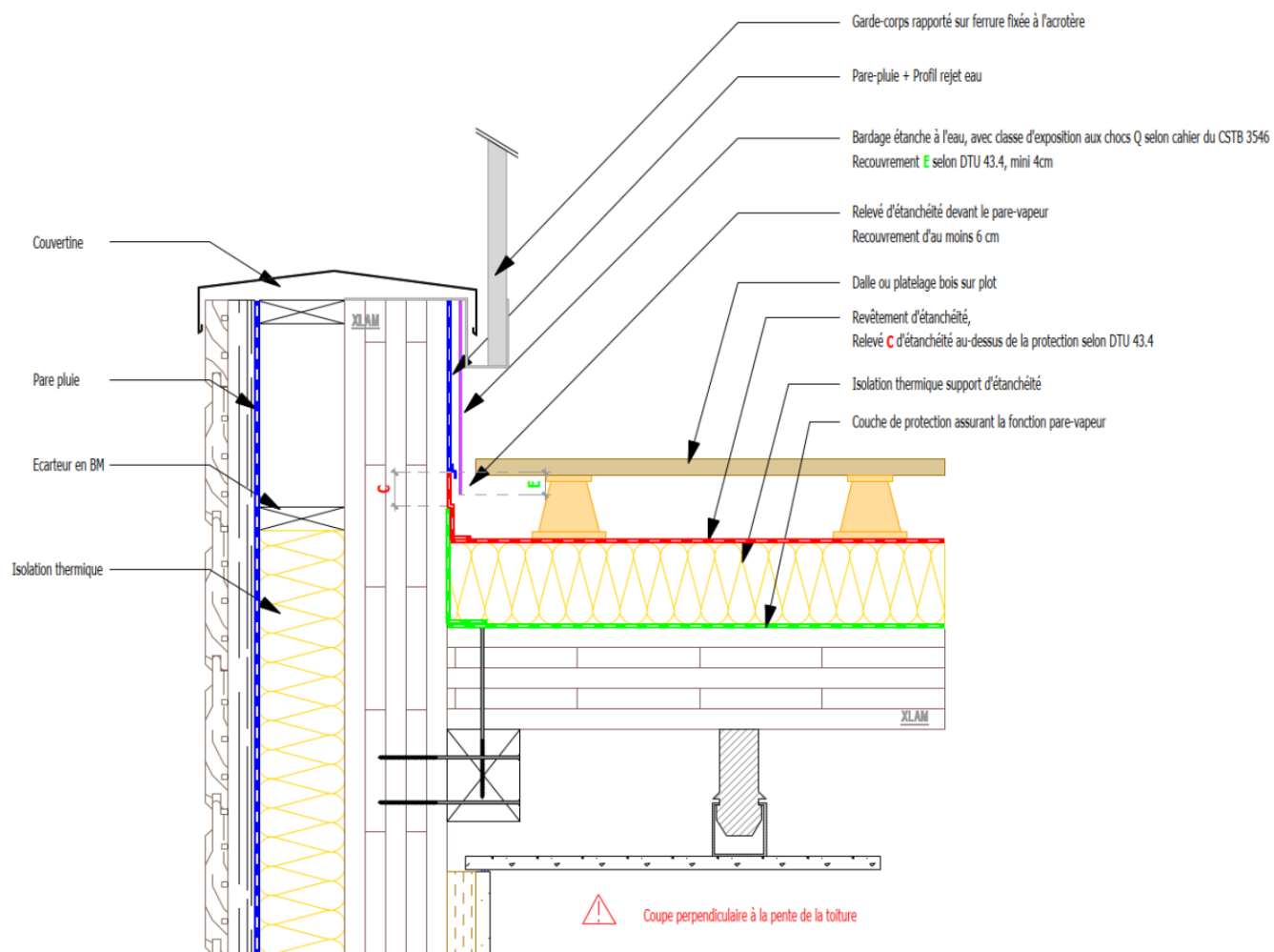


Figure 31 : Exemple de relevé en terrasse accessible aux piétons et au séjour

Figure 32 : Exemple de relevé en terrasse inaccessible végétalisée

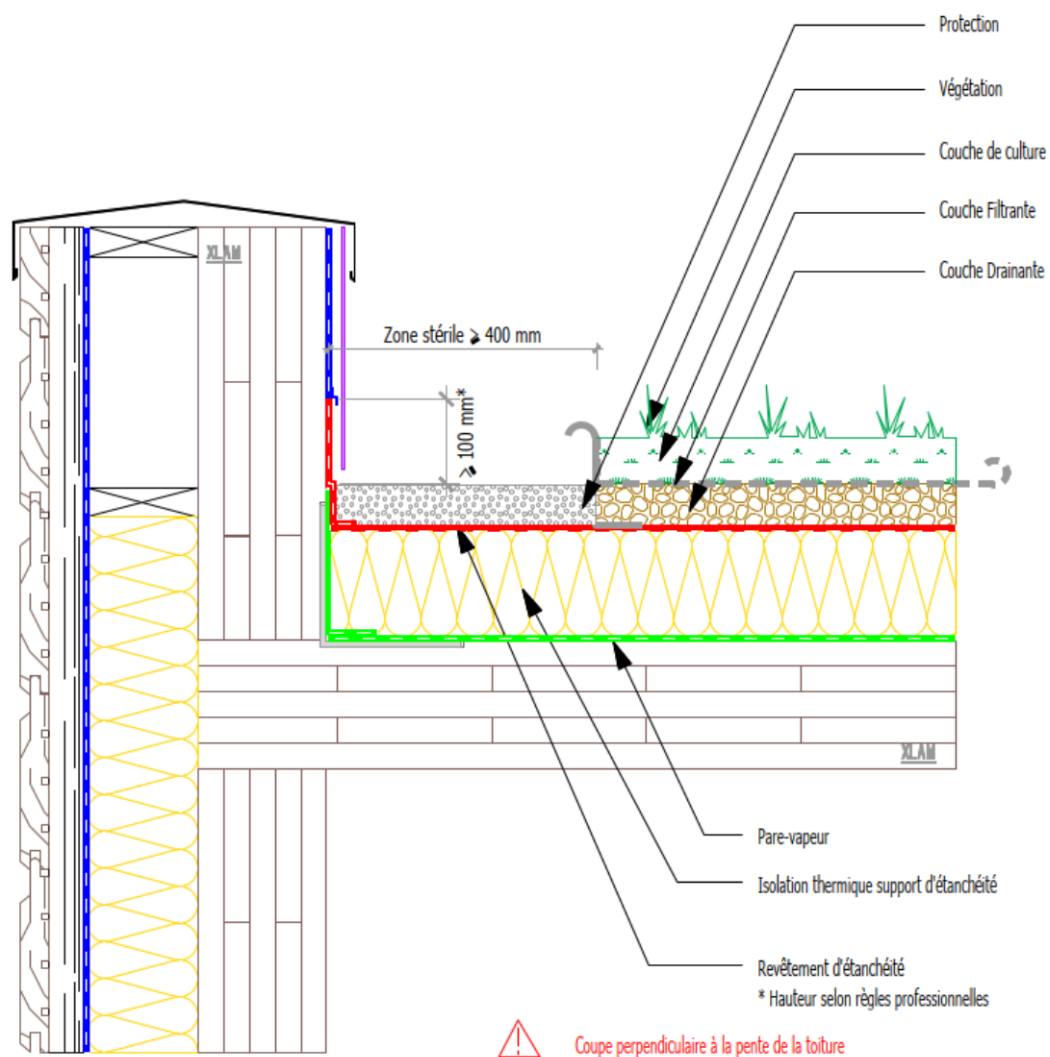


Figure 33 : Exemple de relevé en toiture froide inaccessible

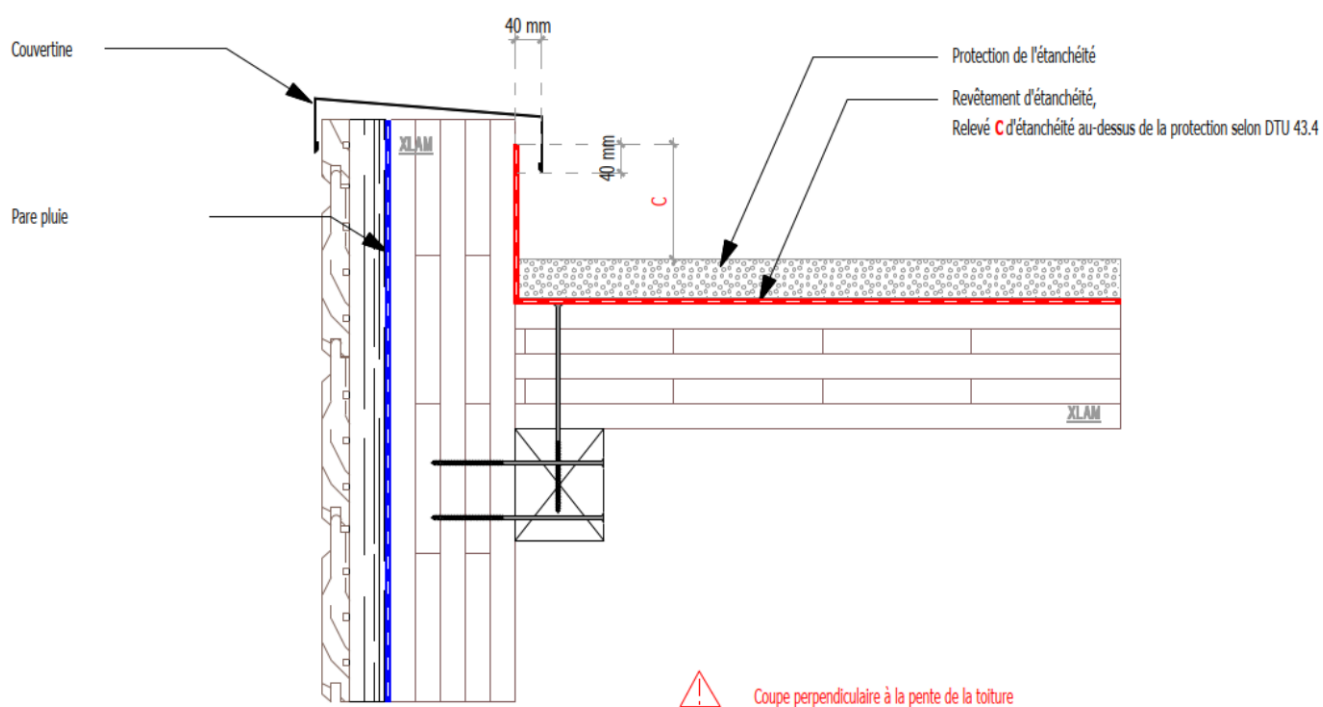


Figure 34 : Exemple de noues – toiture chaude inaccessible

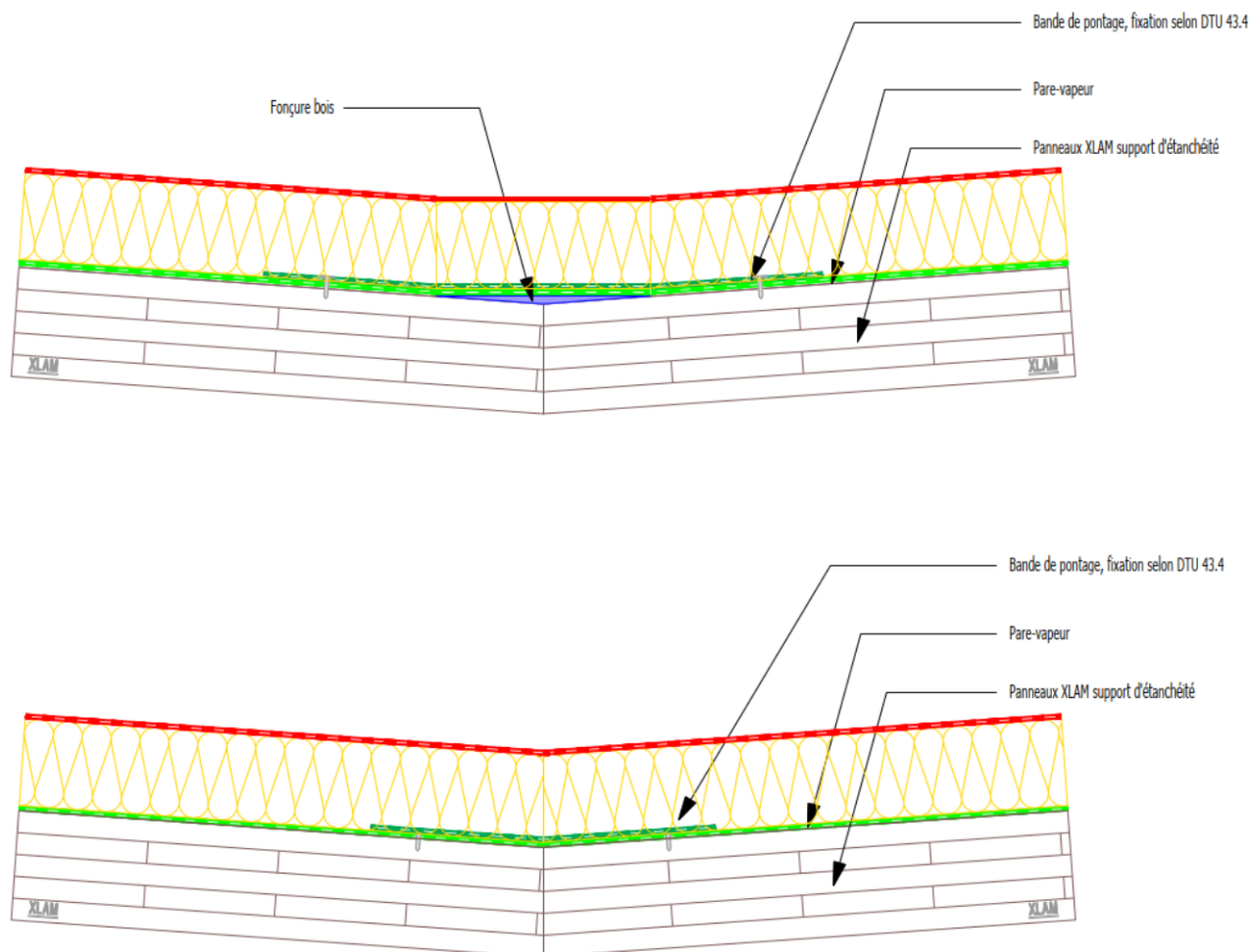


Figure 35 : Exemple de traitement d'un joint de dilatation en toiture chaude accessible aux piétons et au séjour

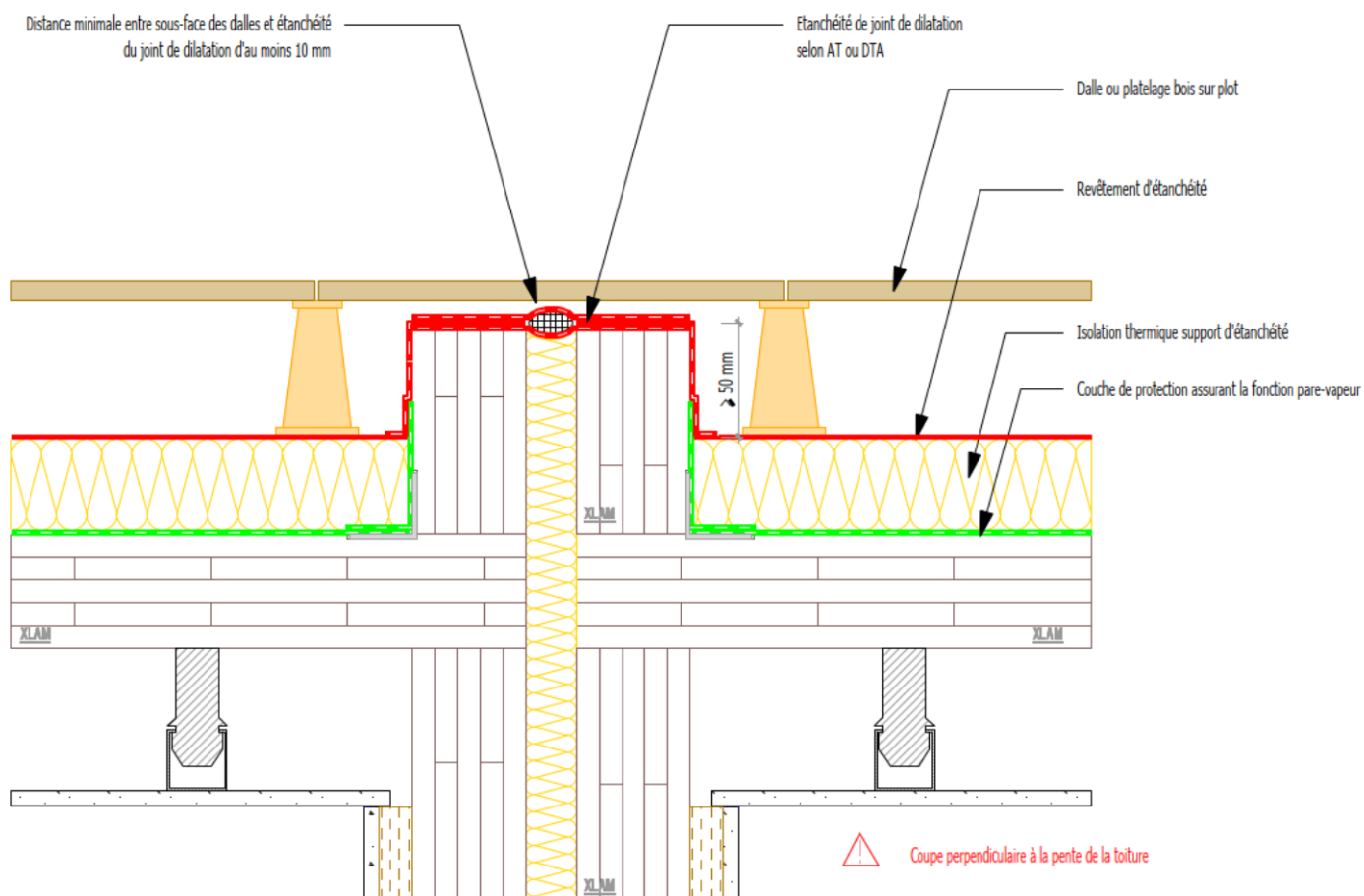
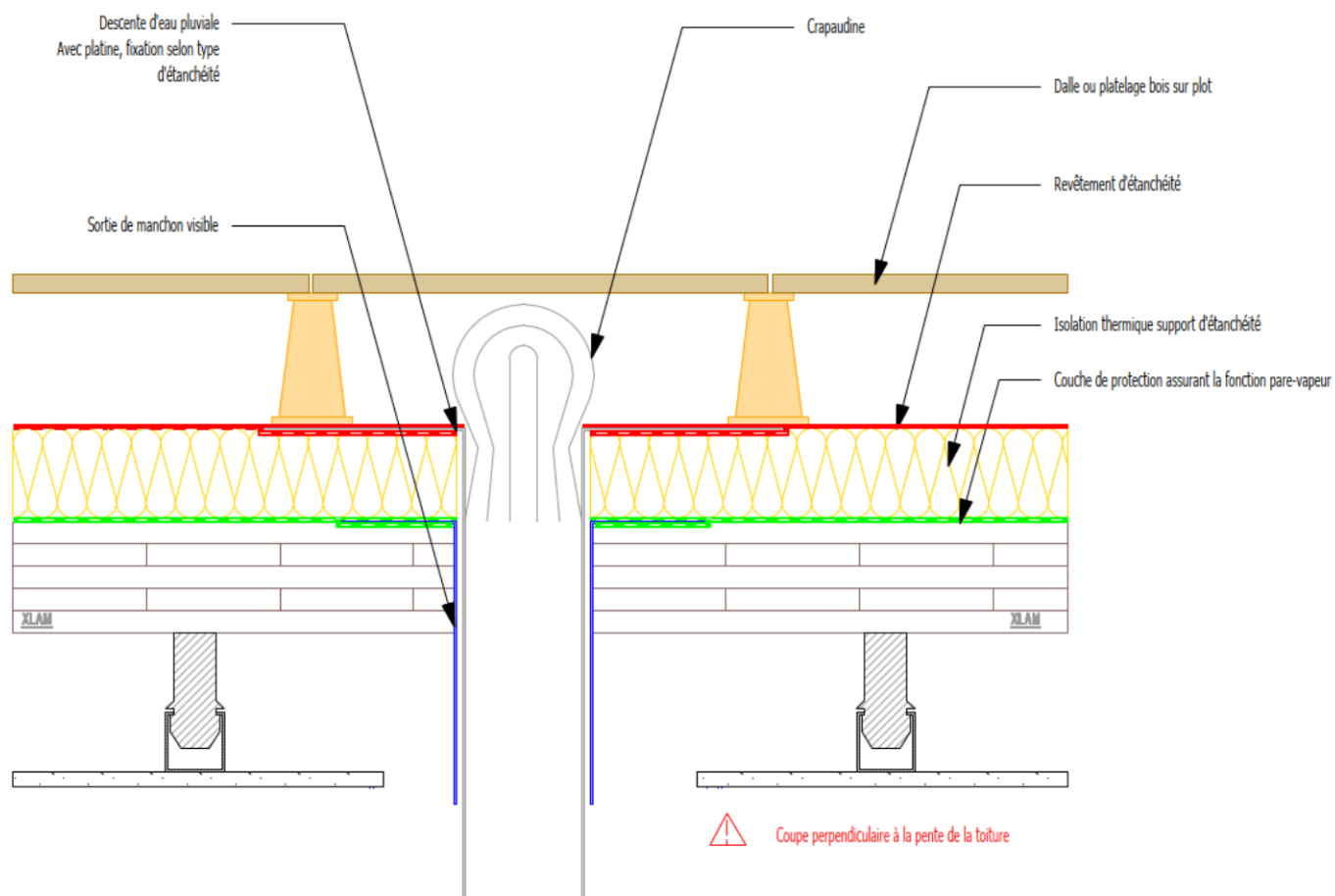


Figure 36 : Exemple de traitement d'une descente d'eaux pluviales – toiture chaude accessible aux piétons et au séjour



4. Annexe utilisation en support de couverture

4.1. Principes et domaine d'emploi

4.1.1. Généralités

La couverture sur des éléments porteurs en panneaux XLAM INDUSTRIE se fait conformément au e-Cahier du CSTB 3821 « Panneaux structuraux en bois contrecollé-croisé sous Avis Technique ou Document Technique d'Application utilisés en support de couverture » et aux dispositions complémentaires de ce présent § 4.

4.1.2. Principe

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 1.1 s'appliquent.

4.1.3. Domaine d'emploi

Le présent document vise le même domaine d'emploi que celui décrit dans le § 1.2 du e-Cahier du CSTB 3821, mis à part dans le cas particulier de la pose directe de couverture en feuille métallique avec écran de séparation ou d'interposition sous Avis Technique / Document Technique d'Application en bâtiment ouvert (cf. § 4.4.9.6).

4.1.4. Types de couvertures associées

Les spécificités définies dans le § 1.3.1 du e-Cahier du CSTB 3821 s'appliquent pour les panneaux XLAM INDUSTRIE constituant le support de couverture.

Les types de couvertures associées en climat de plaine sont conformes au § 1.3.2 du e-Cahier du CSTB 3821.

Les types de couvertures associées en climat de montagne sont conformes au § 1.3.3 du e-Cahier du CSTB 3821.

4.2. Description des éléments

4.2.1. Panneaux structuraux

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont définis au § 2.3.2 du présent document.

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.1 s'appliquent.

4.2.2. Pièces de bois structurelles

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.2 s'appliquent.

4.2.3. Ouvrage pare-vapeur

4.2.3.1. Avec isolation entre chevrons

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.3.1 s'appliquent.

4.2.3.2. Avec isolation par technique Sarking

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.3.2 s'appliquent.

4.2.4. Ecrans souples de sous-toiture (climat de plaine uniquement)

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.4 s'appliquent.

4.2.5. Etanchéité complémentaire (climat de montagne)

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.5 s'appliquent.

4.2.6. Isolation

4.2.6.1. Isolation entre chevrons

~~Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.6.1 s'appliquent.~~

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.6.1.1 relatif à l'isolation extérieure entre chevrons s'appliquent.

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 2.6.1.2 relatif à l'isolation intérieure complémentaire éventuelle s'appliquent.

4.2.6.2. Isolation par technique « sarking »

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB §2.6.2 s'appliquent.

4.3. Dispositions de conception

4.3.1. Conditions de mise en œuvre

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.1 s'appliquent.

4.3.2. Conditions concernant la structure porteuse

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.2 s'appliquent.

4.3.3. Sens de pose des panneaux

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.3 s'appliquent.

En présence d'un porte-à-faux, il est dimensionné conformément aux dispositions détaillées au § 1.4.1.

4.3.4. Dimensionnement des panneaux

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.4 s'appliquent.

4.3.5. Ouvertures, pénétrations dans les panneaux

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.5 s'appliquent.

4.3.6. Dimensionnement de la couverture

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.6 s'appliquent.

4.3.7. Protection en phase provisoire

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.7 s'appliquent.

4.3.8. Ventilation des couvertures froides ventilées

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.8 s'appliquent.

4.3.9. Butée en bas de pente pour retenir l'isolant

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.9 s'appliquent.

4.3.10. Ouvrage pare-vapeur

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.10 s'appliquent.

4.3.11. Étanchéité à la neige poudreuse (climat de plaine uniquement)

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 3.11 s'appliquent.

4.4. Mise en œuvre en climat de plaine (altitude ≤ 900m)

4.4.1. Organisation de la mise en œuvre

4.4.1.1. Répartition entre les lots « structure » et « couverture »

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.1.1 s'appliquent.

4.4.1.2. Acceptation du support de couverture

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.1.2 s'appliquent.

4.4.2. Mise en œuvre des panneaux structuraux

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.2 s'appliquent.

Pour l'assemblage des panneaux entre eux, se reporter au § 2.5 du Dossier Technique.

4.4.3. Protection provisoire des panneaux en phase chantier

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.3 s'appliquent.

4.4.4. Contrôle de la siccité des panneaux structuraux

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.4 relatif aux mesures du taux d'humidité des panneaux s'appliquent.

4.4.5. Mise en œuvre de l'ouvrage pare-vapeur en climat de plaine

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.5 s'appliquent.

4.4.6. Mise en œuvre de l'isolation

4.4.6.1. Isolation entre chevrons

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.6.1.1 relatif à l'isolation extérieure entre chevrons s'appliquent.

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.6.1.2 relatif à l'isolation intérieure complémentaire éventuelle s'appliquent.

4.4.6.2. Isolation « sarking »

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.6.2 s'appliquent.

4.4.7. Mise en œuvre des pièces de bois structurales et leurs fixations

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.7 s'appliquent.

4.4.8. Mise en œuvre des écrans souples de sous-toiture (climat de plaine uniquement)

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.8 s'appliquent.

4.4.9. Mise en œuvre des couvertures en climat de plaine

4.4.9.1. Spécifications générales

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.1 s'appliquent.

4.4.9.2. Couverture en ardoises

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.2 s'appliquent.

4.4.9.3. Couverture en bardeaux bitumés

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.3 s'appliquent.

4.4.9.4. Couverture en tuiles de terre cuite ou béton

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.4 s'appliquent.

4.4.9.5. Couvertures en plaques métalliques nervurées

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.5 s'appliquent.

4.4.9.6. Couverture en feuilles et longues feuilles métalliques

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.6 s'appliquent.

En dérogation des dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.6 la pose directe de revêtement de couverture en feuilles et longues feuilles métalliques sur panneaux XLAM INDUSTRIE est admise en bâtiment ouvert et climat de plaine uniquement, dans les conditions décrites ci-dessous.

Cas particulier de la pose directe de couverture en feuilles et longues feuilles métalliques avec écran de séparation ou d'interposition sous ATEC/DTA en bâtiment ouvert

Dans le cas d'un bâtiment ouvert sur l'extérieur où les conditions climatiques en sous face des panneaux XLAM INDUSTRIE sont comparables aux conditions climatiques extérieures (par exemple auvent, tribunes, hangars ouverts non chauffés, etc.), la pose directe de couverture en feuilles et longues feuilles métalliques sur panneaux XLAM INDUSTRIE est admise sous réserve d'utiliser un procédé d'écran de séparation ou d'interposition sous Avis Technique / Document Technique d'Application tel que « Delta VMZINC® », « MULTIVAP METAL + ® » ou encore « VAPOZINC® PERF », et d'appliquer les dispositions prévues par ces documents pour la mise en œuvre sur supports en bois ou panneaux à base de bois. Le recours à un parement en sous-face des panneaux XLAM INDUSTRIE est pros crit dans cette configuration pour assurer la bonne ventilation de la sous face des panneaux (cf. figure 34).

Dans ce cas, le domaine d'emploi est limité au climat de plaine (hors climat de montagne – altitude ≤ 900m).

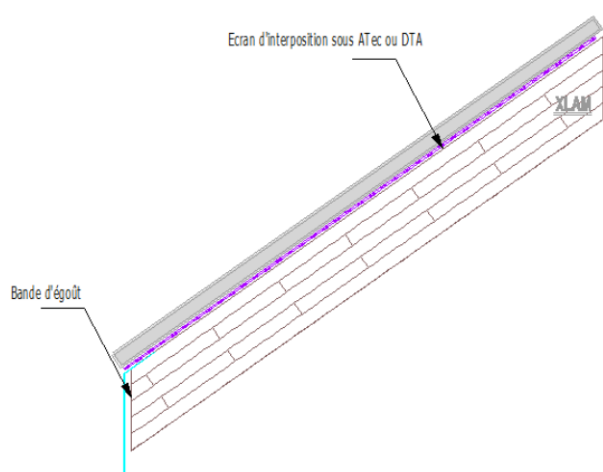


Figure 37 Cas particulier de la pose directe de couverture en feuilles et longues feuilles métalliques avec écran de séparation ou d'interposition sous ATEC/DTA - bâtiment ouvert et climat de plaine uniquement.

4.4.9.7. Couvertures en plaques ondulées fibres-ciment

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.7 s'appliquent.

4.4.9.8. Couvertures non traditionnelles, selon Avis Techniques ou Document Technique d'Application

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.9.8 s'appliquent.

4.4.10. Traitement des points singuliers

4.4.10.1. Généralités

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.10.1 s'appliquent.

4.4.10.2. Égouts

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.10.2 s'appliquent.

4.4.10.3. Rives latérales

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.10.3 s'appliquent.

4.4.10.4. Faîtages et arêtières

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.10.4 s'appliquent.

4.4.10.5. Noues

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.10.5 s'appliquent.

4.4.10.6. Pénétrations

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 4.10.6 s'appliquent.

4.5. Dispositions particulières de mise en œuvre en climat de montagne

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 5 s'appliquent.

4.6. Entretien de la couverture

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 6 s'appliquent.

4.7. Organisation de la distribution et assistance technique

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 7 s'appliquent.

L'assistance technique est assurée par XLAM SOLUTIONS, se référer au § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** du Dossier Technique.

4.8. Prescriptions particulières relatives au risque d'incendie venant de l'intérieur

Les prescriptions particulières du e-Cahier 3821 du CSTB § 8 s'appliquent.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE font l'objet d'une Appréciation de laboratoire n° AL 21-301. Ils peuvent donc être utilisés en tant qu'écran protecteur pour tous les isolants – y compris ceux dont le classement est moins bon que A2 s2 d0, sous réserve de respect des prescriptions énoncées dans l'appréciation de laboratoire n° AL21-301 (cf. § 2.9.1), notamment en matière de jointoiement des panneaux.

4.9. Sécurité en cas de séisme pour une utilisation en support de couverture

Les dispositions du e-Cahier 3821 du CSTB § 9 s'appliquent.