3.3/21-1053_V2.1

Prorogation

Valide du **02 juillet 2024**

au **31 juillet 2025**

Sur le procédé

Panneaux XLAM INDUSTRIE

Titulaire(s) : **Société** XLAM INDUSTRIE SAS
4 RUE DE L'USINE
39250 MIGNOVILLARD
France
Email : contact@xlam-industrie.com

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

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

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

AVANT-PROPOS

Les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction des éléments d'appréciation sur la façon de concevoir et de construire des ouvrages au moyen de produits ou procédés de construction dont la constitution ou l'emploi ne relèvent pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.
Au terme d'une évaluation collective, l'avis technique de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés relativement aux exigences réglementaires et d'usage auxquelles l'ouvrage à construire doit normalement satisfaire.

Version du document

Description	Rapporteur	Président
Prorogation à l'Avis Technique ..... 3.3/21-1053_V2	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZRAN

Avis du Groupe Spécialisé

Par décision du Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, en date du 02 juillet 2024, la validité de l'Avis Technique **3.3/21-1053_V2** est prolongée jusqu'au 31 juillet 2025.

3.3/21-1053_V2

Valide du **16 novembre 2022**

au **31 juillet 2024**

Sur le procédé

PANNEAU XLAM INDUSTRIE

Titulaire : **Société XLAM INDUSTRIE SAS**

Internet : www.xlam-industrie.com

Distributeur : **Société XLAM SOLUTIONS**

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 structurel 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.

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

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

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

AVANT-PROPOS

Les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction des éléments d'appréciation sur la façon de concevoir et de construire des ouvrages au moyen de produits ou procédés de construction dont la constitution ou l'emploi ne relèvent pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.
Au terme d'une évaluation collective, l'avis technique de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés relativement aux exigences réglementaires et d'usage auxquelles l'ouvrage à construire doit normalement satisfaire.

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n°3.3/21-1053_V2.	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZRAN

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 6
1.1. Définition succincte 6
1.1.1. Description succincte 6
1.1.2. Identification 6
1.2. AVIS 6
1.2.1. Domaine d'emploi accepté 6
1.2.2. Appréciation sur le procédé 7
1.2.3. Prescriptions Techniques 9
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 3.3 14
1.4. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5.2 14
1.5. Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé 15
1.5.1. Dimensionnement des planchers 15
1.5.2. Dimensionnement des murs 18
2. Dossier Technique 20
2.1. Données commerciales 20
2.1.1. Coordonnées 20
2.2. Description 20
2.3. Domaine d'emploi 20
2.4. Définition des matériaux 21
2.4.1. Planches en bois 21
2.4.2. Colles 21
2.4.3. Produits de préservation 21
2.5. Description des panneaux 21
2.5.1. Géométrie des panneaux 21
2.5.2. Caractéristiques physiques des panneaux 22
2.5.3. Variations dimensionnelles 22
2.5.4. Capacité calorifique massique c_p 22
2.5.5. Coefficient de conductivité thermique 22
2.5.6. Résistance thermique des panneaux XLAM INDUSTRIE 22
2.5.7. Facteur de résistance à la vapeur d'eau 22
2.6. Fabrication et contrôle 23
2.6.1. Fabrication 23
2.6.2. Identification des panneaux 23
2.6.3. Contrôle de la fabrication 23
2.7. Dimensionnement 24
2.7.1. Dimensionnement des planchers 24
2.7.2. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux 25
2.7.3. Dimensionnement des éléments porteurs verticaux 27
2.7.4. Vérifications en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges horizontales 29
2.7.5. Vérification des linteaux 29
2.7.6. Vérifications aux ELS 29
2.7.7. Dispositions relatives au dimensionnement en zone sismique 29
2.8. Jonctions entre panneaux 29
2.8.1. Dispositions relatives aux assemblages 29
2.8.2. Préconisation d'assemblages et d'ancrage spécifiques pour mise en œuvre en zone sismique 29
2.8.3. Dispositions spécifiques relatives à la sécurité en cas d'incendie 30

2.8.4. Dispositions spécifiques aux composants métalliques 30
2.8.5. Liaison avec le gros œuvre 30
2.8.6. Liaison avec une structure métallique 30
2.9. Performances Acoustiques 30
2.10. Mise en œuvre 30
2.10.1. Dispositions relatives à la mise en place d'un pare-vapeur 30
2.10.2. Dispositions relatives au montage 31
2.10.3. Dispositions relatives aux parements extérieurs 32
2.10.4. Dispositions relatives aux revêtements de sol désolidarisés 32
2.11. Assistance technique 32
2.12. Résultats expérimentaux 33
2.13. Références 33
2.13.1. Données Environnementales 33
2.13.2. Autres références 33
2.14. Annexes du Dossier Technique 34
2.14.1. Méthodologie de dimensionnement des panneaux aux éléments finis 48
3. Annexe – Utilisation en support d'étanchéité 51
3.1. Généralités 51
3.2. Définitions 51
3.3. Destination d'emploi 51
3.3.1. Bâtiment /Locaux 51
3.3.2. Destination de toiture 51
3.3.3. Pente de l'élément porteur 51
3.4. Résistance aux effets du vent 51
3.5. Conception 52
3.5.1. Pare-vapeur 52
3.5.2. Isolant support d'étanchéité 52
3.5.3. Revêtement d'étanchéité 52
3.5.4. Isolation inversée 52
3.5.5. Végétalisation de toiture 53
3.5.6. Protection lourde rapportée 53
3.5.7. Equipement technique 53
3.5.8. Habillage ou plafond suspendu 53
3.6. Organisation de la mise en œuvre 53
3.6.1. Conditions de mise en œuvre des panneaux de plancher constituant l'élément porteur 53
3.6.2. Conditions de protection de l'ouvrage 53
3.6.3. Conditions de mise en œuvre de l'étanchéité 54
3.6.4. Conditions de traitement des reliefs 54
3.6.5. Conditions de mise en œuvre du bardage et de l'habillage des têtes 54
3.7. Configurations 54
3.7.1. Toitures froides non isolées sur bâtiments non chauffés ouverts sur l'extérieur – Inaccessibles, techniques et végétalisées 54
3.7.2. Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Inaccessibles, techniques, végétalisées - Isolation support d'étanchéité 54
3.7.3. Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Inaccessibles, techniques, végétalisées - Isolation inversée 55
3.7.4. Toitures isolées sur bâtiments chauffés – Accessibles aux piétons et au séjour – protection par dalles sur plot ou platelage bois 56
3.8. Points singuliers 57
3.8.1. Reliefs 57
3.8.2. Traitement des relevés 57
3.8.3. Joints de dilatation 57

3.8.4. Noues, faîtages et arêtiers....57
3.8.5. Evacuation des eaux pluviales....57
3.9. Entretien et réparation....57
3.9.1. Entretien et réparation des panneaux XLAM INDUSTRIE....57
3.9.2. Entretien des toitures....57
3.10. Dispositions spécifiques au climat de montagne....57
3.10.1. Conception....58
3.11. Organisation de la mise en œuvre et Assistance technique....58
3.12. Assistance technique....58
3.13. Tableaux et figures de l'annexe A....59

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure et le Groupe Spécialisé 5.2 - Produits et procédés d'étanchéité de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 08 juillet 2021 et le 02 juillet 2021, le procédé **PANNEAU XLAM**, présenté par la Société XLAM INDUSTRIE SAS. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

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.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE ont les dimensions suivantes :

- Longueurs 8,00 à 16,50 m ;
- Largeurs comprises entre 2,35 et 2,95 m (sur demande à partir de 3 m jusqu'à 3,4 m) ;
- Epaisseurs de 60 à 320 mm.

1.1.2. Identification

I. Les panneaux sont étiquetés avec les informations suivantes :

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

1.2. AVIS

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (§1.2.3).

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3, à savoir les utilisations dans les bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de la 1ère à la 3ème famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, en extension et en surélévation dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

L'utilisation en tant que mur porteur seul ou en tant que mur porteur et plancher associés est limitée aux bâtiments R+3 ou à 4 niveaux de surélévation dont la hauteur du plancher bas du niveau le plus haut n'excède pas 18 m.

L'utilisation des planchers seuls est admise pour les bâtiments R+7 dont la hauteur du plancher bas du niveau le plus haut n'excède pas 28 m.

La mixité entre différents procédés de murs en panneaux structuraux massifs bois est exclue du domaine d'emploi.

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

Les limitations du domaine d'emploi résultent du respect de la règlementation 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.

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

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

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

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

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 $W/n > 5$ 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.

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, I au sens de la norme NF EN 1991-1-1. Les chariots élévateurs ne sont pas visés par l'Avis Technique.40

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 utilisations des panneaux XLAM INDUSTRIE en support de couverture ne sont pas visées dans le cadre du présent Avis.

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

L'utilisation des panneaux 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.

Domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses

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 ≤ 5 g/m3, où W est la quantité de vapeur produite à l'intérieur du local par heure en g/m3 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 ≤ 50 %), sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique (pente ≤ 50 %) ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation bénéficiant d'un Avis Technique (pente ≤ 20 % et ≥ 3 %) ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (pente ≤ 5 %) ;
- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots (pente ≤ 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 :

- ≥ 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 wnet,fin dû à toutes les charges, limité au 1/250e de la portée;
- ≥ 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 wnet,fin dû à toutes les charges, limité au 1/400e de la portée (hors TTV) ;
- ≥ 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 wnet, fin dû à toutes les charges, limité au 1/500e de la portée (hors TTV) ;
- ≥ 3 % et ≤ 20% pour les terrasses et toitures végétalisées.

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE peuvent recevoir :

- Des systèmes adhérents, semi-indépendants ou indépendants faisant l'objet d'un DTA ou Avis Technique validé en GS 5.2 pour l'emploi sur éléments porteurs bois CLT ;
- Un procédé d'isolation inversée conformes aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 et certifiés Acermi pour les spécifications prévues pas les règles »pour l'emploi sur éléments porteurs CLT (hors terrasses accessibles aux piétons).
- En toiture chaude ou en toiture froide (ventilée non isolée uniquement en bâtiment ouvert).

Climat de montagne

Les panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE peuvent être utilisés pour des toitures en climat de plaine (altitude ≤ 900 m). Ils peuvent également être utilisés pour des toitures en climat de montagne (altitude > 900 m) pour des toitures, en travaux neufs ou rénovation, inaccessibles, protégées par des granulats uniquement.

Emploi dans les régions ultrapériphériques

Ce procédé n'est pas revendiqué pour une utilisation dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM).

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Stabilité

La résistance et la stabilité du procédé sont normalement assurées dans le domaine d'emploi accepté sous réserve des dispositions complémentaires données aux Prescriptions Techniques (§1.2.3 ci-après et Annexe 1.4).

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 AL 21-301

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

Utilisation en toiture

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.

Sécurité en cas d'incendie vis-à-vis du feu 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.

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.

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 Prescriptions Techniques.

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 étaiement 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.

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 $\lambda = 0,13$ W/m.K, pour capacité thermique massique Cp = 1600 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 ≤ 500kg.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).

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 Sd (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.

Utilisation en toiture

Afin de vérifier le respect des règlementations 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.

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

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 règlementaires 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.

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.

Données environnementales

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

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.

1.2.2.2. Durabilité - Entretien

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 § 1.2.3.1.7 des prescriptions techniques.

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 Prescriptions Techniques (§ 1.2.3.1.8 ci-après).

Utilisation en support d'étanchéité

Systèmes d'étanchéité : se reporter à leurs Documents Techniques d'Application, et à l'Avis Technique des terrasses et toitures végétalisées.

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.

1.2.2.3. Fabrication et contrôle

La fabrication des panneaux XLAM INDUSTRIE est assurée exclusivement par la société XLAM INDUSTRIE dans l'usine de XLAM INDUSTRIE SAS à Mignovillard (39) en France. Le suivi de la production est effectué dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle et fait l'objet d'un contrôle externe au moins deux fois par an par l'organisme certificateur FCBA.

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Conditions de conception

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.
- 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 §1.2.1

1.2.3.1.1. Vérifications en phase définitive des éléments porteurs horizontaux

Les vérifications de la résistance sous l'effet du moment fléchissant et de l'effort tranchant peuvent être menées comme dit au §2.7.2.1 du Dossier Technique, en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont alors calculées comme dit au §2.7.2.8. du Dossier Technique. Il est tenu compte du fluage en multipliant la flèche totale (flèche due au moment fléchissant + flèche due à l'effort tranchant) par le coefficient k_{def} pris selon la norme NF EN 1995-1-1.

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.

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.

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 ≤ 7,00 m ;
- 1 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 ≤ 5,00 m ;
- 0,5 cm + L/1000 pour L > 5,00 m.

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.

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.

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.

1.2.3.1.2. Transmission des charges des éléments porteurs horizontaux à leurs appuis

La compression transversale et le cisaillement sur appui doivent faire l'objet d'une vérification selon EN 1995-1-1 §6.1.5.

1.2.3.1.3. 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 est donné dans §2.7.3.2 du Dossier Technique. Le calcul de la contrainte majorée de compression est effectué suivant la norme NF EN 1995-1-1.

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

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.

§2.7.3.2 du dossier technique).

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique. Il convient de se reporter au §2.7.5 du Dossier Technique pour la conception des porteurs verticaux avec linteaux et ouvertures.

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

Les vérifications de la résistance sous l'effet des contraintes de cisaillement peuvent être menées comme dit au §2.7.4 du Dossier Technique, en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont alors calculées comme dit au §2.7.6 du Dossier Technique.

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

Lorsque des panneaux XLAM INDUSTRIE munis d'ouvertures sont utilisés pour assurer le contreventement, il est possible de justifier leur tenue et celle de leurs ancrages en les considérant comme une succession de consoles isolées les unes des autres, libres en tête et encastrées en pied. Ceci n'est applicable que si les panneaux sont fixés mécaniquement en pied et d'une largeur supérieure à 0,60 m.

Lorsque des panneaux 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.

1.2.3.1.5. Conception des assemblages et des liaisons

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), à l'exclusion du bois massif.

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

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 30cm 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 ferraillage 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.

1.2.3.1.6. Utilisation en zone sismique

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 NF EN 1998-1-1. Les effets des actions sont calculés sur la base de la méthode des forces latérales équivalentes ou de la réponse modale du §4.3.3.1 de la norme NF EN 1998-1-1.

Les critères de régularité en plan et en élévation de la norme NF EN 1998-1-1 (cf. §4.2.3) doivent faire l'objet d'une vérification. Pour les bâtiments non-réguliers en élévation, les justifications doivent être menées avec un coefficient de comportement abaissé de 20 % et en déterminant les effets des actions sur la base d'une analyse modale.

Pour les bâtiments non-réguliers en plan, les effets de la torsion sont à prendre en considération selon les dispositions de la norme NF EN 1998-1.

Pour les bâtiments non-réguliers en plan, les effets de la torsion sont à prendre en considération selon les dispositions de la norme NF EN 1998-1.

Les coefficients de modification k_{mod} correspondant à une classe de durée de chargement instantanée sont appliqués.

Le coefficient partiel γM 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 γM = 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 déterminé ;
- La fonction diaphragme horizontal avec justification des jonctions entre panneaux adjacents pour les efforts de cisaillement induits.

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

- Menant les vérifications précisées au §2.7.7 du Dossier Technique ;
- Réalisant la fixation des panneaux au soubassement béton :
    - Soit par des tiges d'ancrage et/ou bêches, le dimensionnement étant réalisé selon les dispositions de la NF EN 1993-1-8 pour les boulons d'ancrage tendus ;
    - Soit par des chevilles bénéficiant d'une ETE visant une utilisation en béton fissuré et sous sollicitation sismique (catégorie de performance C2), le dimensionnement tenant compte des dispositions spécifiques de l'ETE pour cet usage ; on considère en outre un diagramme d'interaction linéaire pour justifier les chevilles sous charges combinées de traction et de cisaillement.

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

1.2.3.1.7. 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 le traitement des découpes 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.

1.2.3.1.8. 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 Sd (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.

1.2.3.1.9. Entretien et réparation

Tous les percements réalisés après le chantier, et quelles que soient leurs dimensions, ne pourront l'être qu'après l'obtention de l'accord du bureau d'études de structure et/ou la Société XLAM INDUSTRIE ou XLAM SOLUTIONS.

1.2.3.2. Conditions de fabrication

La fabrication des panneaux XLAM INDUSTRIE faisant appel au collage à usage structural, elle nécessite un contrôle permanent des différents paramètres conditionnant la réalisation d'un collage fiable (température, humidité, temps de pressage, pression de collage, etc.).

Le suivi de la production est effectué :

Dans le cadre d'une procédure interne d'autocontrôle dont les étapes sont indiquées dans le §2.6.1 du Dossier Technique. Les résultats sont consignés dans des fiches spécifiques pour les planches d'une part et panneaux XLAM INDUSTRIE finis d'autre part indiquant notamment :

- La procédure de réception et le stockage des matières premières ;
- La conformité du bois au classement mécanique annoncé selon la norme NF EN 338. Une procédure écrite doit définir les moyens mis en œuvre pour assurer la conformité de la qualité des bois au cahier des charges définis dans le Dossier Technique. Les bois utilisés doivent bénéficier d'un certificat visant à justifier de leur conformité aux normes en vigueur et en particulier concernant la classe de résistance annoncée, l'essence des bois utilisée sera consignée au cahier des charges ;
- Les tolérances géométriques minimum à respecter pour les planches de bois ;
- Le taux d'humidité nominal des planches de bois avant assemblage des plis est fixé à 12% ±2%. Une procédure doit définir les contrôles, leur fréquence et leur enregistrement ;
- Le contrôle réalisé afin de s'assurer du bon encollage et du bon pressage conformément au Contrôle de Production en Usine ;
- Le contrôle visuel sur chaque élément fini.

L'ensemble des résultats ainsi que les dispositions prises en cas de résultat non conforme doivent être consignés sur un cahier ou sur des fiches de contrôle.

Un contrôle externe est réalisé sur les panneaux XLAM INDUSTRIE par l'organisme FCBA.

La synthèse de ce contrôle externe doit être transmise une fois par an au CSTB.

1.2.3.3. Conditions de mise en œuvre

1.2.3.3.1. Sollicitations perpendiculaires au sens porteur du panneau

Compte tenu de l'impossibilité qu'il y a à transmettre des moments entre panneaux adjacents au moyen des assemblages courants, les planchers composés de plusieurs panneaux adjacents doivent être conçus et mis en œuvre de manière à fonctionner en flexion sur deux appuis et non pas sur quatre côtés.

1.2.3.3.2. Manutention et stabilité provisoire

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

1.2.3.3.3. Plans d'exécution

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

1.2.3.3.4. Mise en œuvre en toiture

La mise en œuvre des systèmes d'étanchéité est faite par les entreprises d'étanchéité qualifiées.

Sous cette condition, la mise en œuvre des systèmes d'étanchéité sur les panneaux XLAM INDUSTRIE ne présente pas de difficulté particulière.

Les réservations et/ou percements sont réalisés exclusivement par le lot charpente sous réserve de la validation par le BE structure. En aucun cas, les réservations et/ou percements ne sont réalisés par le lot Étanchéité ou par tout autre lot. Cette interdiction ne concerne pas la pose des attelages de fixation mécanique des systèmes d'étanchéité (supports isolants, kits des systèmes souples d'étanchéités fixés mécaniquement, par exemple).

1.2.3.4. Dispositions spécifiques à l'utilisation en tant que support d'étanchéité de toitures

1.2.3.4.1. Implantation des zones techniques

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) précisent, lorsqu'il y a en toiture des équipements qui justifient le traitement de la toiture en zone(s) technique(s), l'implantation et la surface de ces zones. La surface unitaire de la zone technique ou de chaque partie constituant chaque zone technique ne sera jamais inférieure à 200 m^2.

1.2.3.4.2. Terrasses et toitures végétalisées

Dans le cas de terrasses et toitures végétalisées, les charges de Capacité Maximale en Eau (C.M.E.) du système de végétalisation devront être prises en compte. Ces charges sont indiquées dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

Lorsque la pente est inférieure à 7% sur plan, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m^2 pour le dimensionnement des panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE, puisque le fluage est pris en compte dans leur dimensionnement.

1.2.3.4.3. Terrasses accessibles aux piétons et au séjour

L'emploi en terrasses accessibles aux piétons et au séjour est prévu avec une constitution particulière du système d'étanchéité couche de protection/isolant/bicouche, protégé par des dalles sur plots ou platelage bois, en respectant les prescriptions du paragraphe 3.7 du Dossier Technique.

Le maître d'ouvrage devra prévoir dans les DPM des descentes d'eaux pluviales visibles par l'occupant et permettant ainsi de s'assurer de l'absence de pénétrations d'eau en points bas de la toiture (descente d'eaux pluvialex spécifique selon la figure 31 du DT).

1.2.3.4.4. Attelages de fixation mécanique du système d'étanchéité

Résistance en compression

Lorsque la compression à 10 % de déformation de l'isolant support est inférieure à 100 kPa (norme NF EN 826), il est rappelé que les attelages de fixation mécanique des panneaux isolants supports, et/ou des kits des systèmes souples d'étanchéités fixés mécaniquement, doivent être du type « solide au pas » qui empêche, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au-dessus de la plaquette.

Résistance à l'arrachement

Pour le calcul des densités de fixations des supports isolants ou des revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement, la résistance caractéristique à l'arrachement à prendre en compte est celle de la fixation dans du bois massif conforme à la NF P 30-310 définie dans la fiche technique de la fixation, à épaisseur égale.

1.2.3.4.5. Cas de la réfection ultérieure du système d'étanchéité

- Panneaux structuraux XLAM INDUSTRIE : les études préalables prescrites au paragraphe 5 de la norme NF DTU 43.5 doivent comprendre un contrôle de la teneur en humidité des panneaux en bois massifs contrecollés et la vérification de leur salubrité. Ces études sont à la charge du maître d'ouvrage. Elles ne sont pas de la compétence du lot d'Étanchéité.
- Systèmes d'étanchéité : l'emploi d'attelages de fixation mécanique pour la liaison des panneaux isolants, et/ou celle des kits des systèmes souples d'étanchéités fixés mécaniquement, doit être précédé d'une vérification systématique des valeurs d'ancrage des fixations envisagées, conformément au CPT Commun de l'e-Cahier du CSTB 3564 de juin 2006.
- Il est rappelé qu'il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF DTU 43.5 vis-à-vis des risques d'accumulation d'eau.

1.2.3.4.6. Évacuation des eaux pluviales

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 devra être conçue et réalisée conformément à l'annexe D du Cahier du CSTB 3814.

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 1.2.1) est appréciée favorablement.

1.3. 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 règlementaires 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 » c'est-à-dire les Salles de Bain accessibles aux PMR.

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

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

1.4. 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.

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 Maître 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.

1.5. Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé

La présente annexe fait partie de l'Avis Technique : le respect des prescriptions indiquées est une condition impérative de la validité de l'avis.

1.5.1. Dimensionnement des planchers

1.5.1.1. Données

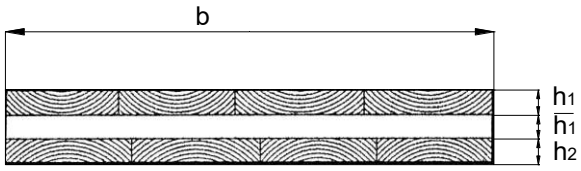


Figure 1 – Coupe transversale d'un panneau 3 plis

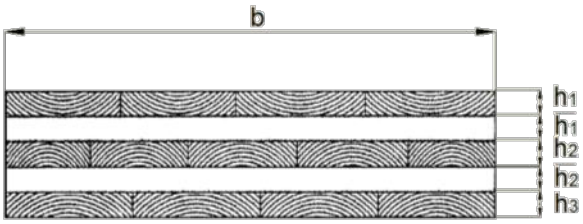


Figure 2 – Coupe transversale d'un panneau 5 plis

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 $f_{m,0,d} = k_{mod} \times f_{m,k} / \gamma_{m,I}$

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

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

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

V_u : effort tranchant maximum de dimensionnement

1.5.1.2. 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.§2.7.3.2. du dossier technique).

Le dimensionnement est réalisé en appliquant les coefficients k_{mod} en 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 § 2.7.2.8. du Dossier Technique.

1.5.1.3. Vérifications à l'ELU instantané

Instantané – charges à court terme

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

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

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

En utilisant les valeurs moyennes de E et où :

$$A_i = b \cdot h_i$$

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

$$\gamma_2 = 1$$

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

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

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

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

Les contraintes normales sont prises selon :

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

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

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

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

Vérification du cisaillement roulant :

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

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

- b : largeur du panneau (mm) ;
- 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.

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

La compression transversale et le cisaillement sur appui doivent faire l'objet d'une vérification selon les principes énoncés dans le §2.7.3 du Dossier Technique.

1.5.1.4. Vérifications à l'ELU final

Les caractéristiques élastiques prises en compte sont réduites pour pouvoir considérer le fluage. La réduction est obtenue par la prise en compte des coefficients de fluage. Pour une combinaison d'actions pour laquelle chaque action appartient à une

classe de durée de chargement différente, la contribution de chaque action doit être calculée séparément en utilisant le coefficient $\psi 2 \cdot k_{def}$ approprié, puis additionnées pour les vérifications.

$$E_{0,mean,fin} = \frac{E_{0,mean}}{1 + \varphi_2 \cdot k_{def}}$$

$$G_{R,mean,fin} = \frac{G_{R,mean}}{1 + \varphi_2 \cdot k_{def}}$$

Avec $G_{R,mean}$ le module de cisaillement roulant moyen est pris égale à 50 MPa

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

1.5.1.5. Vérifications ELS

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

Il convient de considérer la rigidité efficace en flexion déterminée au §1.5.1.3.

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

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

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

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

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

Avec G_{mean} le module de cisaillement moyen des panneaux XLAM INDUSTRIE est pris égal à 50 MPa.

1.5.1.5.3. 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.

1.5.1.5.4. 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.

1.5.1.5.5. 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.

1.5.1.5.6. 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 ≤ 7,00 m ;
- 1 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 ≤ 5,00 m ;
- 0,5 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.

1.5.1.5.7. 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.

1.5.2. Dimensionnement des murs

1.5.2.1. 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 §2.7.3. 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. §2.7.3. du dossier technique).

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique. Il convient de se reporter à §2.7.5. du Dossier Technique pour la conception des porteurs verticaux avec linteaux et ouvertures.

1.5.2.2. 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 :

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

$$\tau_{2,d} = \frac{V_d}{b \cdot t_{min}} \leq f_{v,2,d}\ (N/mm^2) \quad avec \quad f_{v,2,k} = 8{,}0 N/mm^2$$

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

b la largeur du panneau (mm) ;
t l'épaisseur du panneau (mm) ;
V_d effort tranchant agissant sur le panneau (N) ;
t_{min} somme des épaisseurs de plis transversaux ou des plis longitudinaux, la plus petite des deux valeurs étant à retenir (mm) ;
a largeur d'une planche (mm) ;
I_p moment d'inertie polaire des sections croisées (mm^4) ;
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 du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

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

Distributeur : XLAM SOLUTIONS

2.2. Description

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 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.

2.3. Domaine d'emploi

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont destinés à la réalisation de bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de la 1ère à la 3ème famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, en extension et en surélévation dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

L'utilisation en tant que mur porteur seul ou en tant que mur porteur et plancher associés est limitée aux bâtiments R+3 ou à 4 niveaux de surélévation dont la hauteur du plancher bas du niveau le plus haut n'excède pas 18 m.

L'utilisation des planchers seuls est admise pour les bâtiments R+7 dont la hauteur du plancher bas du niveau le plus haut n'excède pas 28 m.

La mixité entre différents procédés de murs en panneaux structuraux massifs bois est exclue du domaine d'emploi.

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

Les limitations du domaine d'emploi résultent du respect de la règlementation 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.

Le domaine d'emploi vise les utilisations en France métropolitaine, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

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

L'utilisation des planchers n'est pas visée pour les utilisations dans les DROM.

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

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 g/m3, avec :W = quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur du local par heure ;
- n = taux horaire de renouvellement d'air.

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, I au sens de la norme NF EN 1991-1-1. Les chariots élévateurs ne sont pas visés par l'Avis Technique.

L'utilisation des planchers exclue 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 utilisations des panneaux XLAM INDUSTRIE en support de couverture ne sont pas visées dans le cadre du présent Avis.

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

L'utilisation des panneaux 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.

2.4. Définition des matériaux

2.4.1. Planches en bois

2.4.1.1. 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

2.4.1.2. 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 ± 0,15 mm sur l'épaisseur (entre deux points d'une même planche et entre deux planches), et de ± 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.

2.4.1.3. 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 relavant des classes C16 ;
- Version sur demande : les planches utilisées relèvent de la classe C18.

2.4.2. Colles

2.4.2.1. Colle pour la réalisation des aboutages

La colle utilisée pour l'aboutage des planches longitudinales et transversales est une colle structurelle Loctite Purbond HBS 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 sous les agréments FCBA n° LBO/GL/MP/403/09/274 - FCBA n° LBO/GL/MP/403/09/275 - FCBA n° LBO/GL/MP/403/09/276.

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

La colle Loctite Purbond HBS 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.

2.4.2.2. 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 HBS 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 sous les agréments FCBA n° LBO/GL/MP/403/09/274 - FCBA n° LBO/GL/MP/403/09/275 - FCBA n° LBO/GL/MP/403/09/276.

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

2.4.3. Produits de préservation

En cas de nécessité d'une durabilité conférée, les panneaux XLAM INDUSTRIE reçoivent un traitement fongicide, insecticide et anti-termites par application d'un produit incolore bénéficiant d'un marquage CTBP+.

2.5. Description des panneaux

2.5.1. Géométrie des panneaux

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont fabriqués en largeurs standards : 2.35 m / 2.4 m / 2.5 m / 2.73 m / 2.95 m et sur demande à partir de 3m et jusqu'à 3.4m. Les longueurs de production sont disponibles jusqu'à 16.5m.

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 orientés 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 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.

2.5.2. Caractéristiques physiques des panneaux

2.5.2.1. 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 :

ρ_k = 385 kg / m³ et ρ_m = 420 kg / m³

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

ρ_k = 352 kg / m³ et ρ_m = 380 kg / m³

Pour le transport et le levage des panneaux sur chantier, on choisira une masse volumique égale à 500 kg/m³.

2.5.3. 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.

2.5.4. 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 J/kg.K soit 1,6 kJ/kg.K

2.5.5. 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 λ = 0,13 W/m.K.

2.5.6. 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 λ = 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

2.5.7. Facteur de résistance à la vapeur d'eau

On se référera au fascicule 2 Th U pour déterminer le facteur de résistance à la vapeur d'eau des panneaux XLAM INDUSTRIE.

2.6. Fabrication et contrôle

2.6.1. 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 planches 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 planches 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 1ere 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 une pression comprise entre 6 et 8 bars ;
- Stabilisation des panneaux pendant 12h 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.

2.6.2. Identification des panneaux

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, volume, poids, type de panneau, nombre de plis, qualité ;
- Essence et résistance mécanique des lamelles ;
- Type de colle ;
- Référence de la commande (client, chantier, destination, n° de commande, n° de panneau).

2.6.3. Contrôle de la 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.

2.6.3.1. 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 ;
- Examen visuel sur ligne de purge par un personnel qualifié 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+.

2.6.3.2. Contrôle externe

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 biannuel 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 enregistrement et archivage des contrôles de fabrication ;
- Vérification de la qualification et du maintien de qualification du personnel ;
- Contrôle du process de fabrication ;
- Prélèvement et 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.

2.7. Dimensionnement

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.

2.7.1. Dimensionnement des planchers

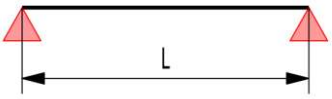
Les planchers sont réalisés principalement avec des panneaux dont les couches extérieures sont orientées longitudinalement. De manière générale, on considère que les panneaux XLAM INDUSTRIE formant les planchers sont des éléments de 1m de largeur sur lesquels on applique la théorie des poutres. Etant 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.

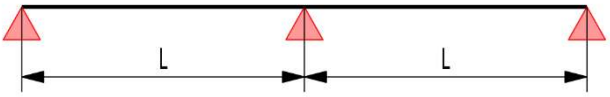
Pour le calcul de l'inertie efficace I_{eff} en fonction de la configuration, on considérera ces longueurs effectives L_{ef} suivantes :

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

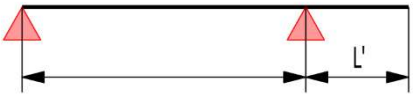
Figure 3 – Longueurs efficaces pour calcul du I_{eff}



Planchers sur 2 appuis : L_{ef} = Longueur libre L



Planchers hyperstatiques : L_{ef} = 0,8 x Longueur libre



Plancher avec porte-à-faux : 2 x L' (L' étant la longueur du porte-à-faux)

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

2.7.2. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux

2.7.2.1. 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_h de la résistance caractéristique en flexion et traction définis dans la NF EN 1995-1-1, ne s'appliquent pas aux panneaux XLAM.

2.7.2.2. 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 N/mm², 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 N/mm² (prenant en compte une valeur k_{cr} = 0,67) pour le bois de classe mécanique C24 ou 2.3 N/mm² pour le C18.

2.7.2.3. Vérification de la compression transversale

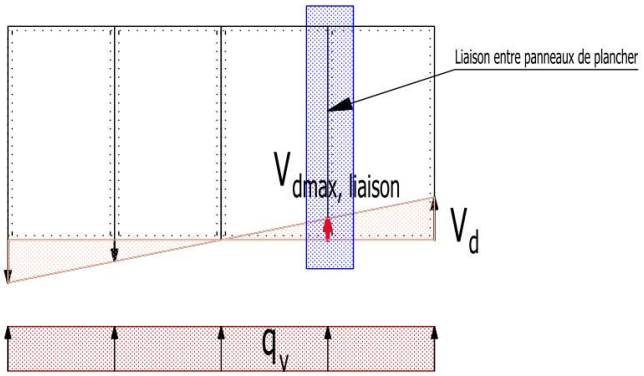
Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.3 « Vérification aux ELU de la compression transversale » s'appliquent.

2.7.2.4. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux sous charges horizontales

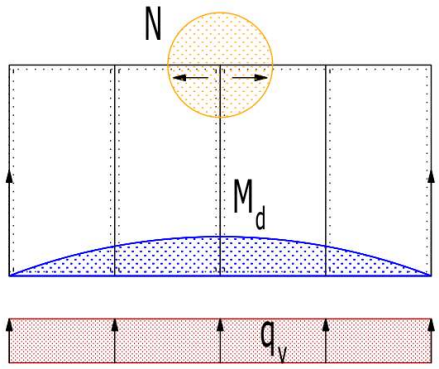
Les panneaux XLAM INDUSTRIE servant de plancher ou de toiture peuvent reprendre des efforts horizontaux sous les effets de vents et d'un séisme. Ils ont pour but de reporter ces efforts en tête de murs, refends ou porteurs, ou autre triangulation, disposés dans le même sens que ces efforts horizontaux. 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.

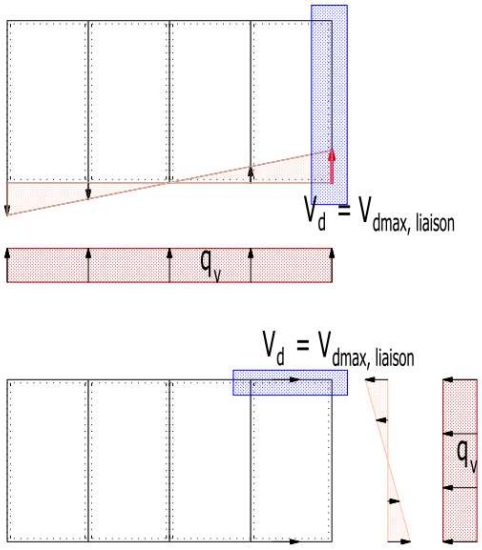
Capacité des vis à transférer les efforts aux panneaux de planchers adjacents



Reprise de la traction en bord de plancher



Capacité des vis à transférer les efforts aux panneaux de murs



2.7.2.5. Vérification des planchers avec ouvertures

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

2.7.2.5.1. Réservations de faibles dimensions

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

2.7.2.5.2. 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.

2.7.2.5.3. 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.

2.7.2.6. 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.

2.7.2.7. 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 :

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

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.

2.7.2.7.1. 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 §1.5.1.5.5 de la partie Avis.

2.7.2.7.2. Calcul de la flèche nette finale

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

2.7.2.7.3. Calcul de la flèche active

Les dispositions du §1.5.1.5.6 s'appliquent.

2.7.2.8. Comportement vibratoire

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

2.7.3. Dimensionnement des éléments porteurs verticaux

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

2.7.3.1. 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 !

2.7.3.2. Reprise des charges verticales

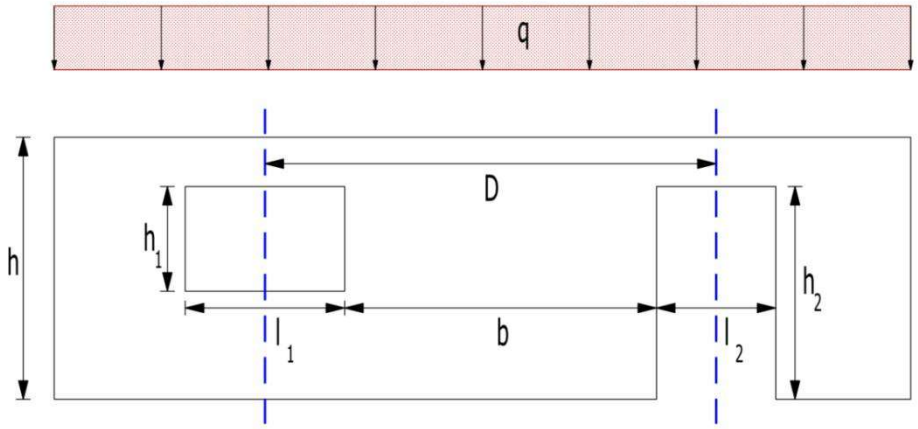
Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.1 « Principes » s'appliquent.

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



2.7.3.3. 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

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

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

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.

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

2.7.3.4. 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 :

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

2.7.3.5. 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) :

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

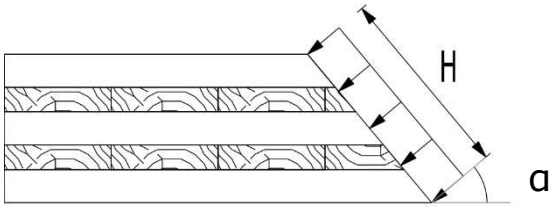
Avec

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



2.7.3.6. 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.

2.7.4. 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

2.7.4.1. Vérification de la résistance au cisaillement des panneaux CLT

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

2.7.4.2. Conception des ancrages en pied

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

2.7.4.3. Vérification des assemblages entre panneaux adjacents

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

2.7.4.4. Efforts de traction-compression dus au renversement

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

2.7.5. Vérification des linteaux

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.6 s'appliquent.

2.7.6. Vérifications aux ELS

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.6.3 s'appliquent.

2.7.7. Dispositions relatives au dimensionnement en zone sismique

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

2.8. Jonctions entre panneaux

2.8.1. 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.

2.8.1.1. 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.

2.8.1.2. Assemblage en angle

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

2.8.1.3. Assemblages par connecteurs tridimensionnels

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

2.8.2. 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.

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

On se conforme aux dispositions de l'Avis de résistance au feu suivant §1.2.2.1 de l'Avis technique attaché au présent dossier technique.

2.8.4. Dispositions spécifiques aux composants métalliques

2.8.4.1.1. Compatibilité des organes métalliques

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

2.8.4.1.2. 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.

2.8.4.1.3. Connecteurs métalliques tridimensionnels

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

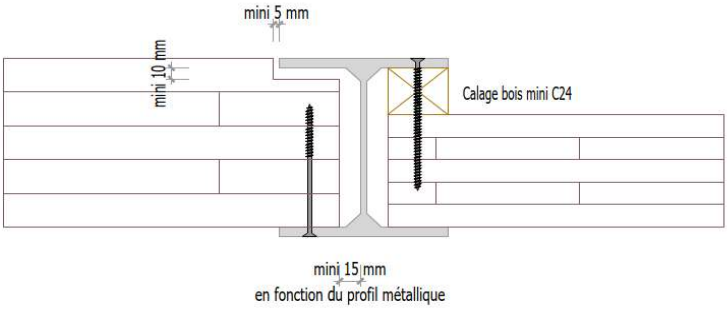
2.8.5. Liaison avec le gros œuvre

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

2.8.6. 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 (cf. figure 14).



Pour liaisonner 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.

2.9. Performances Acoustiques

En fonction du domaine d'emploi, des performances acoustiques peuvent être nécessaire vis-à-vis de l'isolement au bruit aérien.

Les panneaux XLAM INDUSTRIE seuls ne permettent pas, bien souvent d'atteindre ses objectifs seuls. Un plafond suspendu, une chape désolidarisée sur un plancher ou un doublage isolé sur un murs sont des moyens complémentaires permettant d'obtenir les performances acoustiques nécessaires.

Un ensemble de solutions est décrit dans le catalogue Construction Bois édité par le FCBA ou dans le rapport ACOUBOIS « Méthode simplifiée et exemples de solutions acoustiques » V2.0 de Juin 2014.

Une méthode de prédiction des performances est décrite dans le rapport ACOUBOIS.

Des essais peuvent également être menés selon la NF EN ISO 717-1 et NF EN ISO 717-2.

D'autre part, les performances acoustiques d'un projet sont liées à la composition des parois, des planchers mais également aux transmissions latérales entre les deux. Des produits complémentaires peuvent être utilisées tels que des gommes acoustiques pour atténuer ces transmissions.

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.10 s'appliquent.

2.10. Mise en œuvre

2.10.1. 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 Sd (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.

2.10.2. Dispositions relatives au montage

2.10.2.1. 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. On met généralement en place 1 à 2 points de levage pour les murs et 4 pour les planchers.

La charge du panneau est à pondérer des coefficients présentés dans le Tableau 4 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

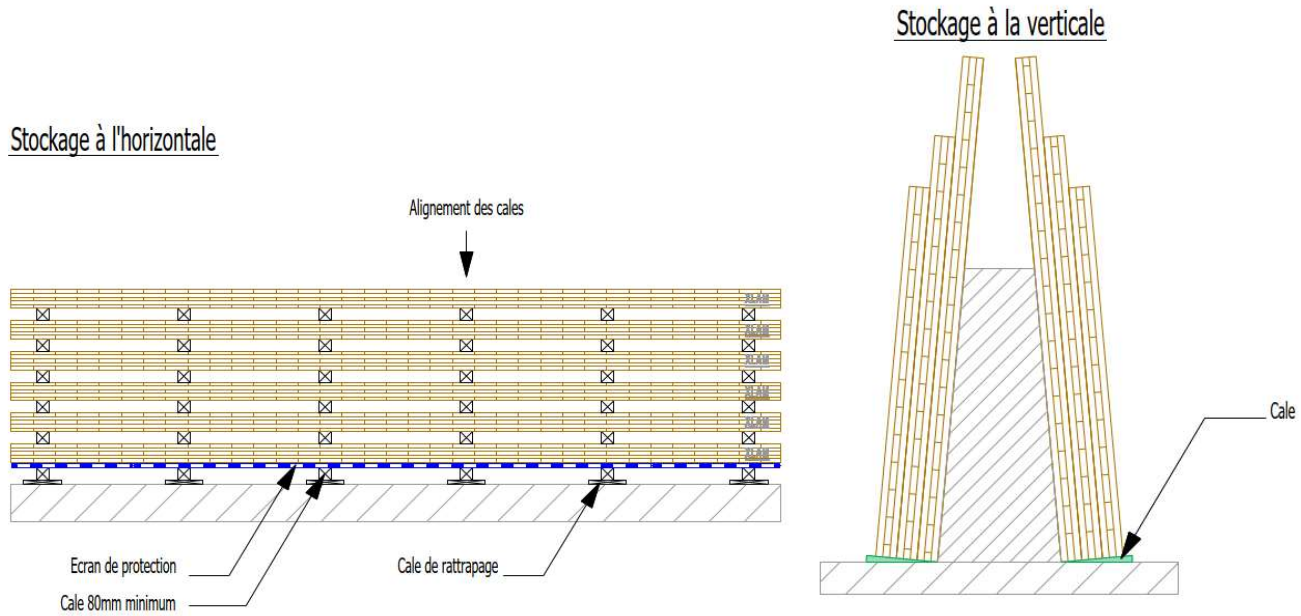
Angle entre élingues (°)	15	30	45	60
Coefficient d'amplification	1	1,04	1,08	1,16

2.10.2.2. 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 5 - Stockage de panneaux



2.10.2.3. Déroulement du montage

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

2.10.2.4. 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.

2.10.2.4.1. 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, mais en aucun cas horizontalement.

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 §2.8.2. devra être menée.

2.10.2.4.2. 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 dépassée 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 §2.8.1.7. devra être menée.

Aucune réservation pour passage de câble ne doit être réalisée sur la partie supérieure des panneaux de toiture recevant une étanchéité.

2.10.3. Dispositions relatives aux parements extérieurs

2.10.3.1. 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.

2.10.3.2. 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 vêture extérieure.

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

2.10.4. Dispositions relatives aux revêtements de sol désolidarisés

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 10) :
  - 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 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 ;
  - Il relève de la conception d'éviter toutes présence de point dur au moment du coulage de la chape (exemple : connecteurs nervurés).

2.11. 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 générale. L'assistance technique de la mise en œuvre pourra être fournie sur demande par la société XLAM SOLUTIONS.

2.12. Résultats expérimentaux

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

Lermab 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

2.13. Références

2.13.1. Données Environnementales

Le procédé XLAM INDUSTRIE ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

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

2.13.2. Autres références

Bâtiments à usage d'habitation

Maison Bourdier (25) 2020 – 135 m²

Maison Mansour à Bouverans (25) 2020 – 110 m²

Maison Joubert au Alpes Maritime (06) 2021 – 135 m²

Bâtiments publics

Groupe scolaire à Rousson (30) 2021 – 110 m² en toiture.

Extension des bureaux de l'UDAF Lons Le Saunier à Lons le Saunier (39) 2020 – 106 m²

Travaux de surélévation

Surélévation de 2 niveaux + toit terrasse sur un R+3 existant à Paris (75) 2021 – 560 m²

Bâtiments industriels

Construction de bâtiment industriel à La Rivière Drugeon (25) juin 2020 – 110 m²

2.14. Annexes du Dossier Technique

On distingue deux types de panneaux selon l'orientation des planches 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 6 – Exemple de panneau XLAM INDUSTRIE TT

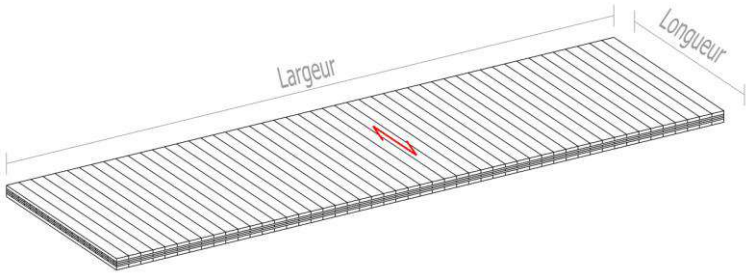


Tableau 3 - Gamme panneau XLAM INDUSTRIE TT

Ep. Totale (mm)	Nb Plis	Type	Epaisseur des plis (mm)				
Type TT			**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 7 – Schéma panneau XLAM INDUSTRIE TL

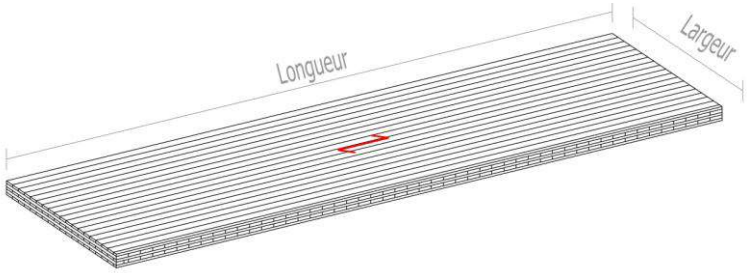


Tableau 4 – Gamme panneau XLAM INDUSTRIE TL

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		
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 5 – 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
60	20	20	20				
70	20	30	20				
80	30	20	30				
80	20	40	20				
90	30	30	30				
100	40	20	40				
100	30	40	30				
110	40	30	40				
120	40	40	40				
100	20	20	20	20	20		
120	30	20	20	20	30		
120	20	30	20	30	20		
130	30	20	30	20	30		
140	40	20	20	20	40		
140	30	30	20	30	30		
150	30	30	30	30	30		
160	40	20	40	20	40		
160	30	30	40	30	30		
170	40	30	30	30	40		
180	40	30	40	30	40		
190	40	40	30	40	40		
200	40	40	40	40	40		
200	20	40	20	40	20	40	20
210	30	30	30	30	30	30	30
220	40	20	40	20	40	20	40
240	30	40	30	40	30	40	30
260	40	30	40	40	40	30	40
280	40	40	40	40	40	40	40
200	30	30	30	20	30	30	30
220	40	40	20	20	20	40	40
220	30	30	30	40	30	30	30
240	40	40	20	40	20	40	40
260	40	40	30	40	30	40	40
280	40	40	40	40	40	40	40
300	40	40	30	40 + 40	30	40	40
320	40	40	40	40 + 40	40	40	40

Tableau 6 – Caractéristiques mécaniques des lamelles

Propriétés	C24 (N/mm²)	C18 (N/mm²)
$f_{m,k,0}$	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 7 – Caractéristiques géométriques des sections de panneaux XLAM INDUSTRIE dans la direction x, sens porteur principal

									Valeurs géométriques section pleine				Valeurs géométriques section nette						Inertie effective (cm^4)					
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	A_{plein} (cm^2)	I_{plein} (cm^4)	W_{plein} (cm^3)	i_{plein} (cm)	A_{net} (cm^2)	I_{net} (cm^4)	W_{net} (cm^3)	S_y (cm^3)	S_R (cm^3)	i_{net} (cm)	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
120	30	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			5s	1200	14400	2400	3,46	600	10200	1700	1050	1000	4,12	4543	7744	8898	9448	9851	10001
130	30	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	3800	2600	2400	5,03	12123	21681	25608	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	169067	12076	8200	8000	9,19	29198	67524	98034	120623	143182	153398
300	40	40	30	40 + 40	30	40	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 8 - 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 Volumiques	
									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					
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	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{t,0,0,k}$	$f_{t,0,90,k}$	$f_{c,0,0,k}$	$f_{c,0,90,k}$	$E_{moyen,0}$	$E_{moyen,90}$	$G_{moyen,0}$	$E_{moyen,0}$	$E_{moyen,90}$	$G_{moyen,0}$	$G_{moyen,90}$	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
120	30	20	20	20	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			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			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			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			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			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	8,40	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	40	20	40	20	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

fk,α,β : avec α l'angle entre le plan du panneau et l'effort considéré; β l'angle entre le sens des fibres de la couche extérieure et l'effort considéré

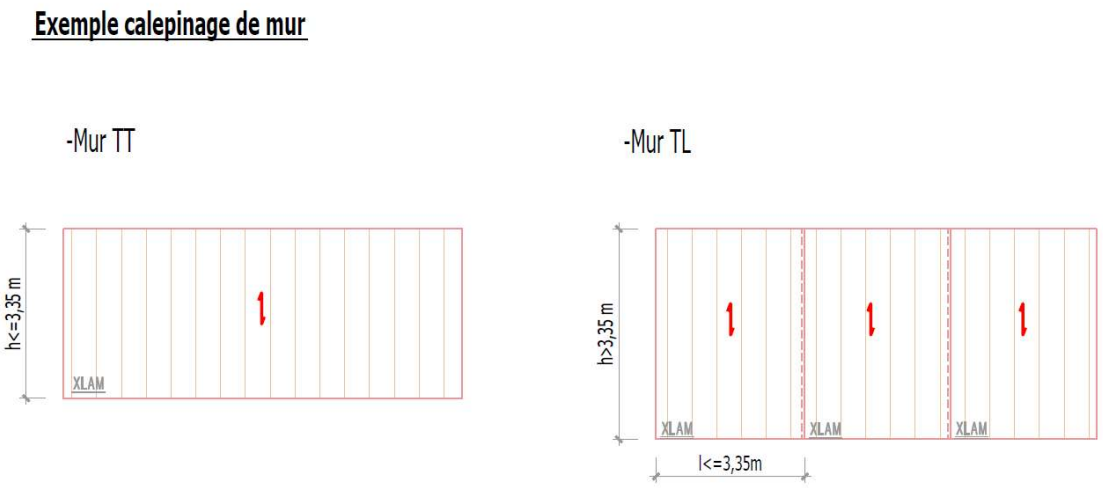
Tableau 9 - Valeurs de résistances mécaniques caractéristiques ramenées à une épaisseur homogène ou équivalente en bois massif classe C18

								Limites de contraintes ELU												Résistance Flexion ELS							Masses Volumiques	
								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					
Epaisseur totale	Pli n°1	Pli n°2	Pli n°3	Pli n°4	Pli n°5	Pli n°6	Pli n°7	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{t,0,0,k}$	$f_{t,0,90,k}$	$f_{c,0,0,k}$	$f_{c,0,90,k}$	$E_{moyen,0}$	$E_{moyen,90}$	$G_{moyen,0}$	$E_{moyen,0}$	$E_{moyen,90}$	$G_{moyen,0}$	$G_{moyen,90}$	ρ_k	ρ_{moyen}
60	20	20	20					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	20					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					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					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					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					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					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					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					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			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
120	30	20	20	20	30			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			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			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			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			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			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			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			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			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			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			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			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	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	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	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	30	40	30	40	30	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	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	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	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	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	30	40	30	30	30	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	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	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	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	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	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

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

Schémas :

Figure 8 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 9 - Schéma de complexe en plancher XLAM

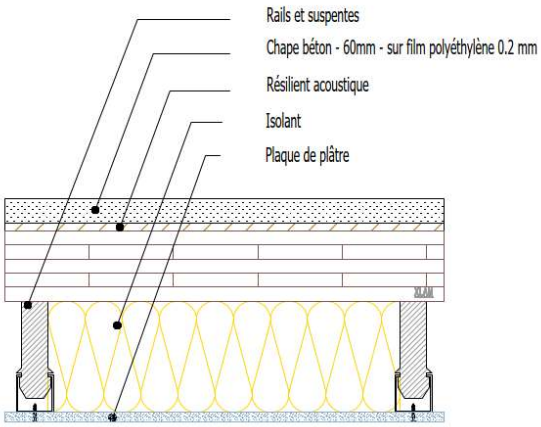


Figure 10 - Schéma de complexe de cloisons XLAM

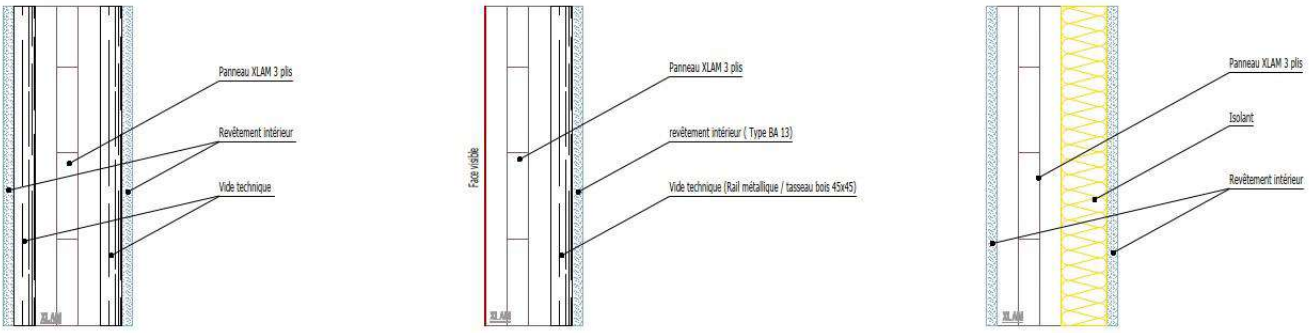


Figure 11 - Schéma de jonction entre une façade et un mur de refend

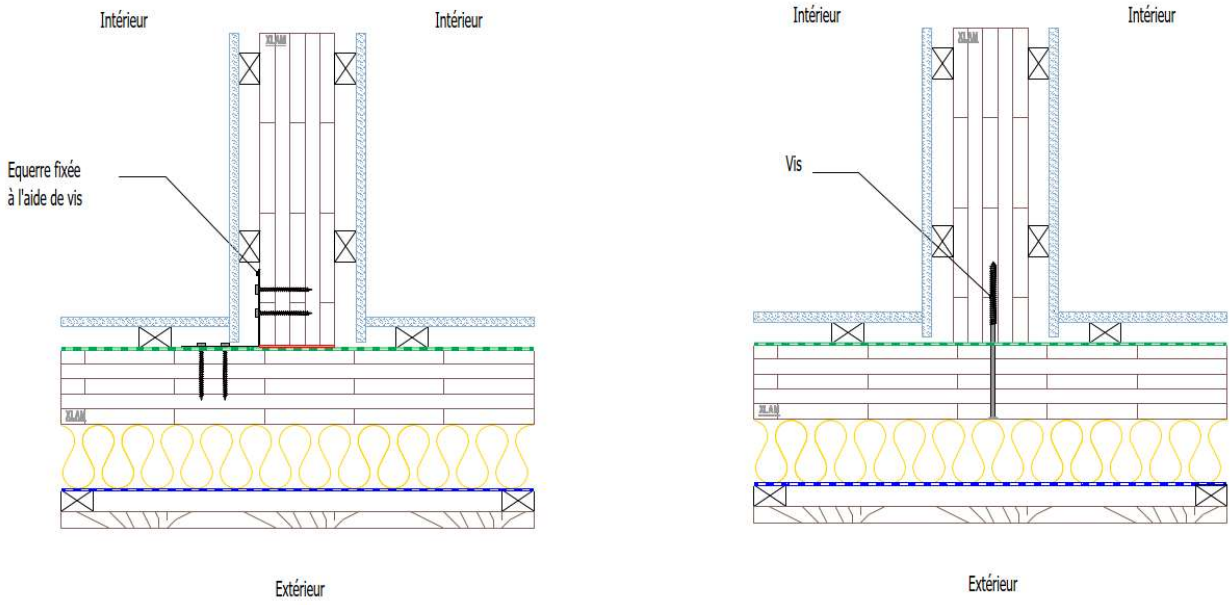


Figure 12 - Détail d'un pied de mur XLAM sur Dalle béton

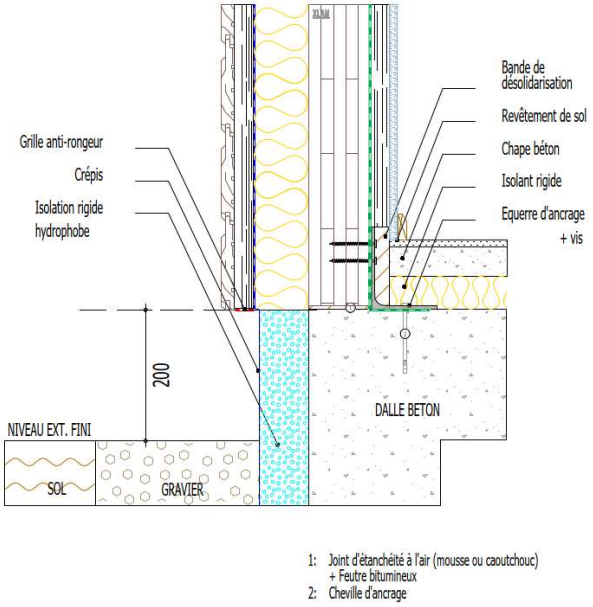


Figure 13 - Détail d'assemblage de plancher XLAM sur mur XLAM

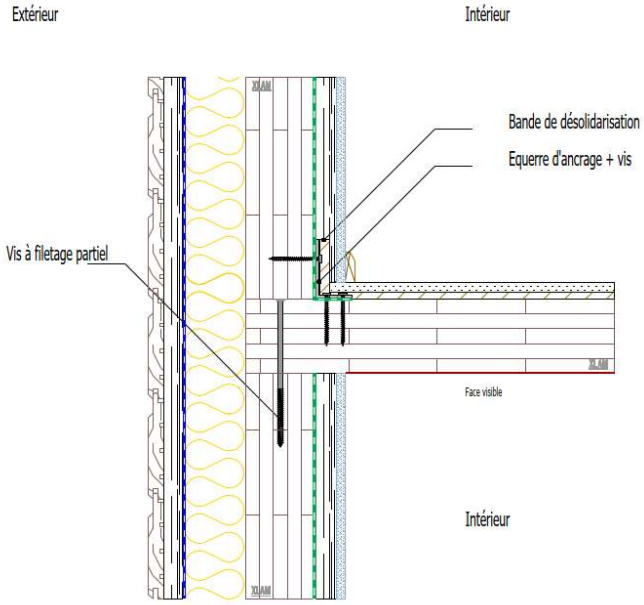
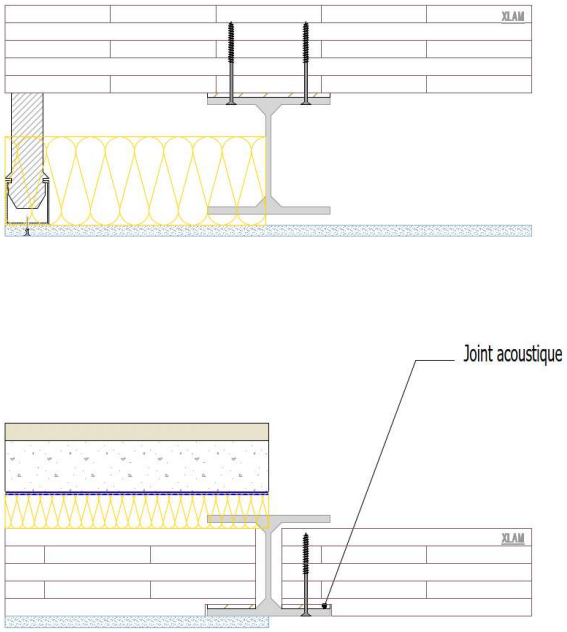


Figure 14 - Jonction d'un plancher XLAM sur poutre métallique



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

Figure 15 - Schéma de principe d'insertion d'une menuiserie (cf. DTU 31.2 et 36.5)

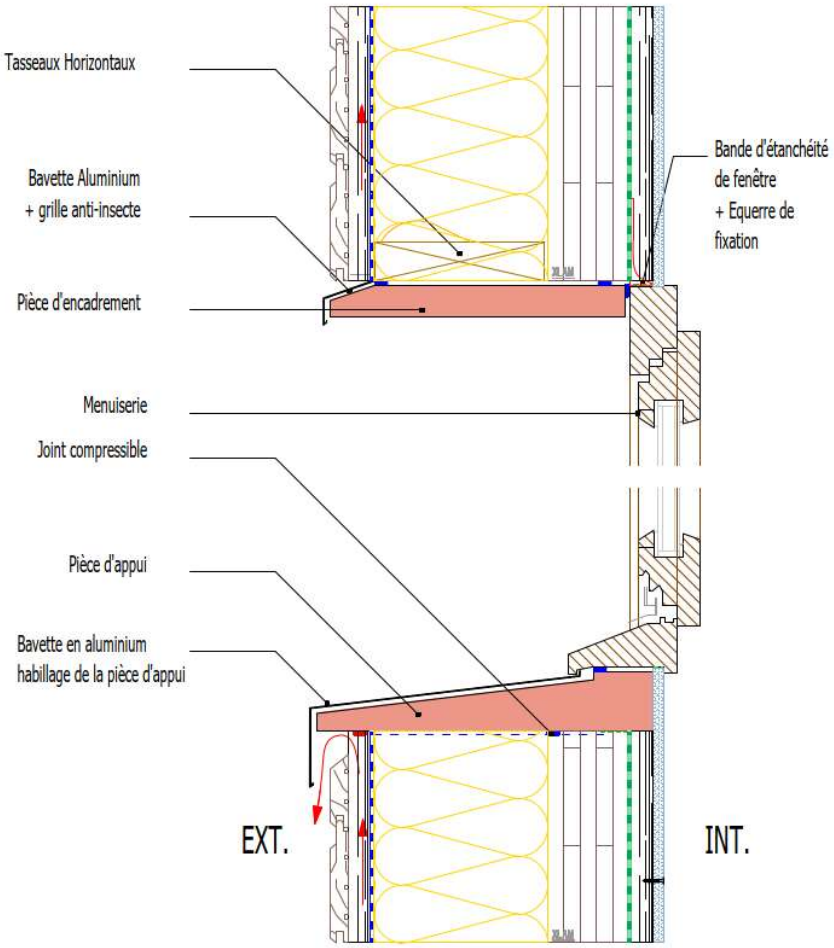


Figure 16 - Assemblage d'un mur XLAM avec une charpente de couverture traditionnelle

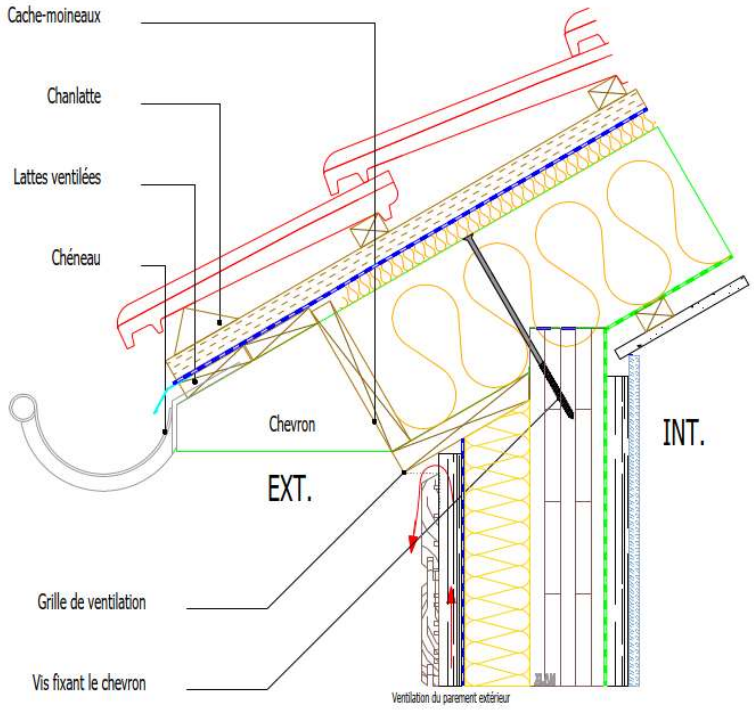


Tableau 10 - Fiche d'autocontrôle avant mise en œuvre des revêtements « Bon à fermer »

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 débuter les travaux de second œuvre sans qu'il n'y ait un risque de confinement d'une humidité excessive et l'état de surface des éléments formant support satisfait aux tolérances attendues.

Informations Générales du Chantier

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

Zone(s) concernée(s)

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

Contrôle dimensionnel

Date et heure du contrôle :	…… …… …… ……
Contrôle effectué par : (Nom, Prénom, Société)	…… …… …… …… …… …… …… ……
Planéité et désaffleurement :	…… …… …… ……
Largeur des joints entre panneaux :	…… ……

	…… ……
Continuité au droit des appuis :	…… …… …… ……

Rappel de l'intervalle acceptable :

- **Planéité et désaffleurement : imposés par le référentiel de la chape ou du revêtement de sol ou, à défaut, ceux du DTU 51.3. En cas de reprise de désaffleurement, un ponçage 5 mm au plus pourra être réalisé à l'aide d'une ponceuse par le charpentier.**
  (Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné)
- **Largeur des joints entre panneaux : la vérification de la largeur de joint devra être réalisée et consignée par le charpentier avant la mise en place des bandes adhésives. Si l'ouverture du joint entre panneaux est inférieure à 2 mm, il n'est pas nécessaire de traiter les joints. Lorsque l'ouverture des joints est supérieure à 2 mm sans dépasser 10 mm, ceux-ci doivent être remplis de mastics souples compatibles avec les éléments bois et doivent être affleurés. La mise en œuvre de ce mastic sera réalisée par le charpentier ;**
- **Continuité au droit des appuis : la rotation sur appui induit une ouverture entre deux panneaux inférieure à 2 mm. Lorsqu'elle est nécessaire pour le revêtement de sol, la continuité peut être réalisée par la mise en place d'une jonction par languette si le panneau CLT support n'est pas continu sur appuis.**

Conformité :	…… …… …… …… …… …… …… ……

Rappel de l'intervalle acceptable : Les résultats obtenus devront être de 15±3% si la structure a été dimensionnée en classe de service 2 et de 12±2% si la structure a été dimensionnée en classe de service 1.

(Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné)

Contrôle de l'Humidité

Date et heure du contrôle :	…… …… …… ……
Contrôle effectué par : (Nom, Prénom, Société)	…… …… …… …… …… …… …… ……
Nombre de points de contrôle :	…… …… …… ……
Emplacement des points de contrôle : (joindre plan annoté)	…… …… …… …… …… …… …… ……

	…… ……
Valeurs obtenues (en %) :	…… …… …… ……
Conformité :	…… …… …… …… …… …… …… ……
Fait à Le Nom prénom responsable Signature du responsable + cachet entreprise (précédés de la mention « Bon pour fermeture »)	

2.14.1. 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.

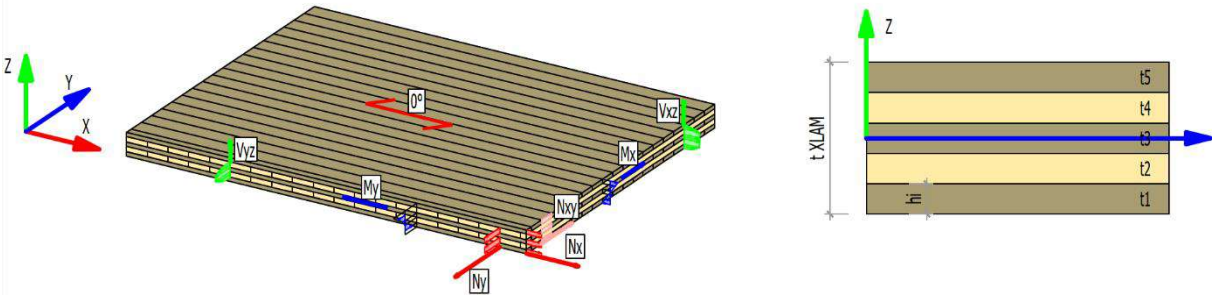
Elles sont également le résultat d'échanges avec la société Itech développant le logiciel Acord Bat.

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

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

La matrice de rigidité présente 3 parties :

II. D11 à D33 : Flexion

III. D44 à D55 : Cisaillement transversal

IV. 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 :

V.Les plis sont symétriques géométriquement et mécaniquement

VI. Le modules d'élasticité $E_{90,mean}$ est nettement inférieur au module d'élasticité $E_{0,mean}$

VII. Les coefficients de Poisson vlt = vtl 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	$D_{11} = E_{0,mean} \cdot I_{0,net}$	kNm²/m	$D_{11} = 11000 \cdot 2{,}113 \cdot 10^8 \cdot 10^{-9} = 2325$
	$D_{22} = E_{0,mean} \cdot I_{90,net}$	kNm²/m	$D_{22} = 11000 \cdot 10^4 \cdot 17.33 \cdot 10^6 \cdot 10^{-9} = 191$
	$D_{33} = K_{twist} \cdot G_{mean} \cdot \frac{b \cdot {t_{xlam}}^3}{12}$	kNm²/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.m²/m)	D22 (kN.m²/m)	D33 (kN.m²/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
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. Définitions

L'ensemble des définitions du Cahier du CSTB 3814, § 2 s'appliquent.

3.3. Destination d'emploi

3.3.1. Bâtiment /Locaux

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont utilisables :

- Selon le même domaine d'emploi décrit au § 2.3 du Dossier Technique ;
- En France métropolitaine, hors DROM, en climat de plaine (altitude ≤ 900m) ou de montagne (altitude > 900m) ;
- 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 ≤ 5 g/m³, où W est la quantité de vapeur produite à l'intérieur du local par heure en g/m³ et n le taux de renouvellement de l'air), en association avec une toiture chaude (isolant support d'étanchéité ou isolation inversée).

3.3.2. Destination de toiture

En climat de plaine, sont visées les toitures :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels (pente ≤ 50 %), sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique (pente ≤ 50 %) ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (pente ≤ 5 %) ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation (3% ≤ pente ≤ 20 %) bénéficiant d'un Avis Technique ;
- Accessibles aux piétons et au séjour, associées à une protection par dalles sur plots ou platelage bois (pente ≤ 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 m), seules les toitures inaccessibles, protégées par des granulats sont visées.

3.3.3. 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 :

- ≥ 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 wnet,fin dû à toutes les charges, limité au 1/250e de la portée ;
- ≥ 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 wnet,fin dû à toutes les charges, limité au 1/400e de la portée (hors TTV) ;
- ≥ 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 wnet, 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 kdef 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 § 3.3.2 en fonction de la destination.

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

3.4. Résistance aux effets du vent

Les panneaux XLAM INDUSTRIE sont dimensionnés conformément au paragraphe § 2.7.1 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 .

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.

3.5. Conception

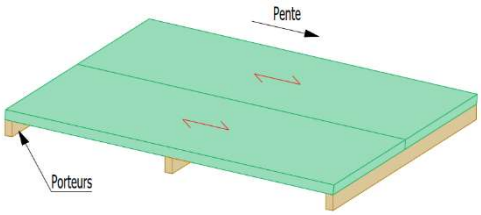
Les matériaux composant le complexe de toiture sont décrits dans le Cahier du CSTB 3814 § 3. De manière générale, les produits admis doivent bénéficier d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application favorable pour l'emploi sur éléments porteurs bois et panneaux à base de bois ou être décrits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

Les différentes configurations des toitures donnent des précisions sur le choix des matériaux. Ces éléments sont décrits au § 3.7 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 Panne : le sens de portée des panneaux est perpendiculaire à la pente.

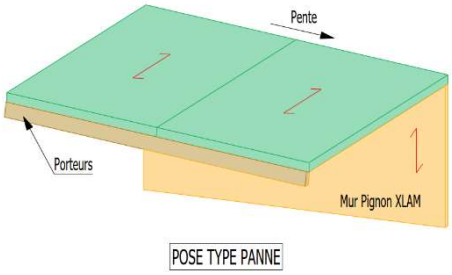


Figure 17 : Sens de pose des panneaux XLAM INDUSTRIE en toiture

3.5.1. Pare-vapeur

Les dispositions des paragraphes § 3.2 et § 7.2 du Cahier du CTSB 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.

3.5.2. Isolant support d'étanchéité

Les dispositions des paragraphes § 3.3 et § 7.3 du Cahier du CTSB 3814 s'appliquent.

Pour rappel, 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 doivent être respectées.

3.5.3. Revêtement d'étanchéité

Les dispositions des paragraphes § 3.4 et § 7.4 du Cahier du CTSB 3814 s'appliquent.

3.5.4. 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 pas les règles.

3.5.5. 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 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.

3.5.6. Protection lourde rapportée

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

Pourront notamment être utilisés : granulats, dallettes posées à sec, massifs béton démontables, dalles sur plots…, en conformité avec le DTU 43.1 et visé par le domaine d'emploi de l'Avis Technique ou du Document Technique d'Application du produit de revêtement d'étanchéité.

3.5.7. 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.

3.5.8. 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).

3.6. Organisation de la mise en œuvre

3.6.1. 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 ravoirages, 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 $W/n \leq 5$ g/m³).

Les jonctions entre panneaux seront réalisées selon le § 2.8.1 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.

3.6.2. 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.

Les points suivants sont à vérifier :

- Planéité du plan de pose avec limitation du désaffleurement entre deux panneaux < 2mm et ouverture entre deux panneaux < 10 mm ;
- Rebouchage des trous laissés par les fixations des ancrages ayant permis la manipulation des panneaux, si leur diamètre dépasse les 10 mm ;
- Désaffleur non admis pour les têtes de fixations des panneaux ;
- Respect des pentes prescrites au § 3.3.3 de cette annexe ;
- Contrôle de la siccité des panneaux ;
- Les irrégularités de surfaces sur le panneau devront être corrigés.

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.

3.6.3. Conditions de mise en œuvre de l'étanchéité

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

3.6.4. Conditions de traitement des reliefs

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

3.6.5. 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.

3.7. Configurations

3.7.1. 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.

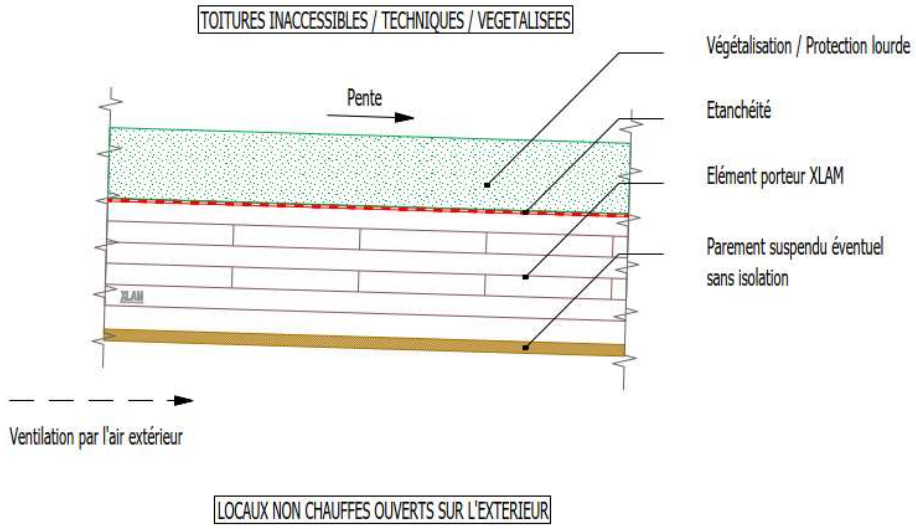


Figure 18 : Composition Toiture froide non isolée

En toitures inaccessibles, techniques et végétalisées, le procédé d'étanchéité doit être composé d'un :

- Revêtement d'étanchéité de toitures à base d'asphalte ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures à base d'asphalte et feuille en bitume modifié ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures en monocouche ou en bicouche à base de bitume modifié ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures en monocouche à base de membrane synthétique.

Il doit bénéficier d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application visant son emploi sur support bois pour la destination de toiture (apparente, sous protection lourde ou sous végétalisation).

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

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

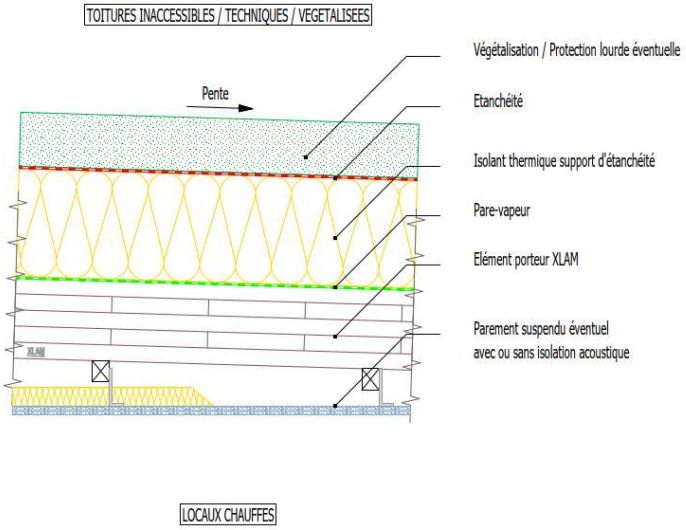


Figure 19 : Composition Toiture isolée Inaccessible

Note : Selon la composition de la toiture, il y a lieu de vérifier le respect de la règle du 1/3-2/3 ou 1/4-3/4 selon le § 7.3 du Cahier du CSTB 3814.

En toitures inaccessibles, techniques et végétalisées, le procédé d'étanchéité est composé d'un :

- Revêtement d'étanchéité de toitures à base d'asphalte ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures à base d'asphalte et feuille en bitume modifié ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures en monocouche ou en bicouche à base de bitume modifié ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures en monocouche à base de membrane synthétique.

Il doit bénéficier d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application visant son emploi sur élément porteur en bois pour la destination de toiture (apparente, sous protection lourde ou végétalisée).

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

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

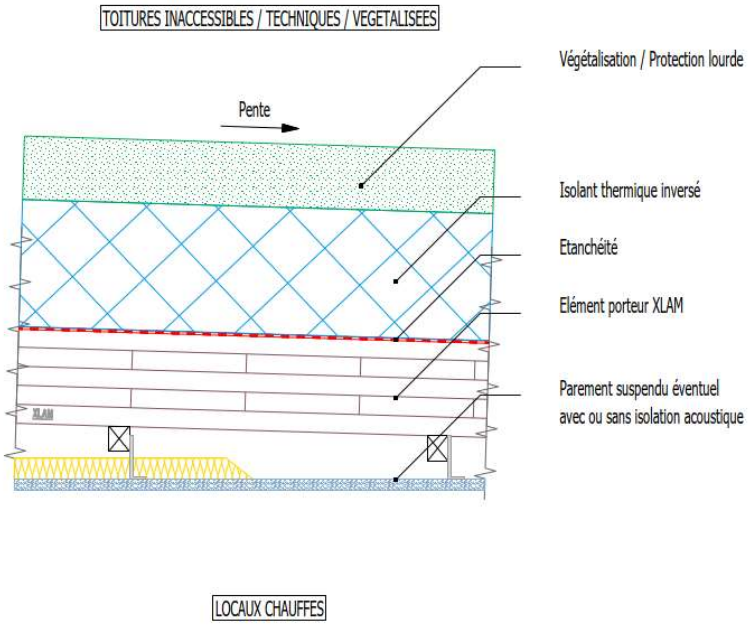


Figure 20 : Composition Toiture Isolée - Isolation inversée – Non accessible

Note : Selon la composition de la toiture, il y a lieu de vérifier le respect de la règle du 1/3-2/3 ou 1/4-3/4 selon le § 7.3 du Cahier du CSTB 3814.

En toitures inaccessibles, techniques et végétalisées, le procédé d'étanchéité est composé d'un revêtement en :

- Revêtement d'étanchéité de toitures à base d'asphalte ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures à base d'asphalte et feuille en bitume modifié ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures en monocouche ou en bicouche à base de bitume modifié ;
- Revêtement d'étanchéité de toitures en monocouche à base de membrane synthétique.

Il doit bénéficier d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application visant son emploi sur élément porteur en bois, sous isolation inversée.

L'isolation inversée est impérativement mise en œuvre à l'avancement de l'étanchéité pour la protéger en phase travaux.

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

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

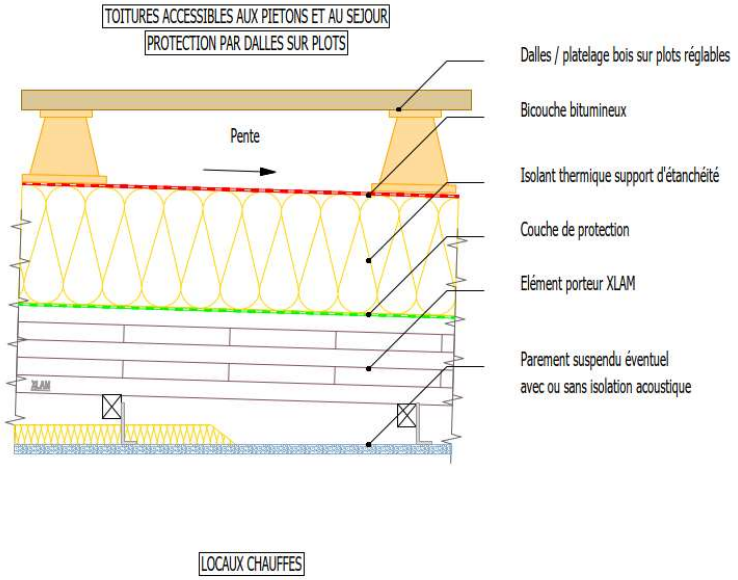


Figure 21 : Composition Toiture isolée - Accessible aux piétons et au séjour

Note : Selon la composition de la toiture, il y a lieu de vérifier le respect de la règle du 1/3-2/3 ou 1/4-3/4 selon le § 7.3 du Cahier du CSTB 3814.

En terrasses accessibles aux piétons et au séjour, l'ouvrage de toiture est constitué de la manière suivante :

- Panneau XLAM INDUSTRIE support d'étanchéité (élément porteur) ;
- Couche de protection du panneau servant de pare-vapeur ;
- Isolation thermique non porteur ;
- Revêtement d'étanchéité bicouche en bitume modifié, monocouche en bitume modifié ou en PVC-P, faisant l'objet d'un Document Technique d'Application pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie sur support isolant en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots.

Les types de matériaux utilisables en toiture terrasse accessibles sont décrits dans les paragraphes § 12.1 – 12.2 – 12.3 – 12.5 du Cahier du CSTB 3814.

Le § 12.4 du Cahier du CSTB 3814 indique les préconisations concernant les évacuations d'eaux pluviales, notamment l'utilisation d'un manchon permettant de détecter les fuites éventuelles à ce niveau.

3.7.4.1. 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 ;
- Paragraphe 5.5 du CPT Commun du Fascicule du CSTB 3502 d'avril 2004 ;
- Le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité visant l'élément porteur en maçonnerie

3.7.4.2. Protection par platelage bois

La protection par platelage bois est réalisée 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) ;
- Le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité visant l'élément porteur en maçonnerie.

3.8. Points singuliers

3.8.1. 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 § 2.8.1.2 du Dossier Technique, ou par le biais d'assembleurs tridimensionnels conformément au § 2.8.1.3 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.

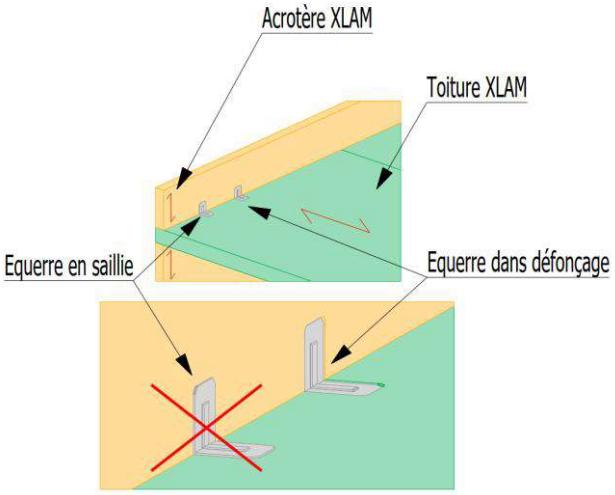


Figure 22 : Fixation des acrotères XLAM INDUSTRIE

3.8.2. Traitement des relevés

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

3.8.3. Joints de dilatation

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

3.8.4. Noues, faîtages et arêtiers

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

3.8.5. Evacuation des eaux pluviales

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

3.9. Entretien et réparation

3.9.1. 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.

3.9.2. 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.

3.10. 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.

Seules les toitures inaccessibles, protégées par des granulats sont visées.

3.10.1. Conception

Les particularités liées au climat de montagne sont décrites dans les Document d'Application Technique des revêtements d'étanchéité.

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.

Les dispositions et conditions de mise en œuvre des reliefs du § 13 du e-Cahier du CSTB n°3814 s'appliquent.

Les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales sont implantés selon l'annexe D du e-Cahier du CSTB n°3814.

3.11. Organisation de la mise en œuvre et Assistance technique

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 (§ 3.6.2 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 § 3.6.3 de la présente annexe.

3.12. Assistance technique

XLAM SOLUTIONS pourra proposer son assistance technique sur les choix concernant le panneau XLAM INDUSTRIE, se référer au § 2.11 du Dossier Technique.

3.13. Tableaux et figures de l'annexe A

Tableau A.1 – Domaines d'emploi

	Isolation	
	Avec	**Sans (1)**
Toitures et terrasses inaccessibles		
- Auto-protégée	X	
- Végétalisée	X	X
- Protection lourde	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)	

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)

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

Support direct du revêtement d'étanchéité (2) ≤ pente ≤ (3)	**Revêtement d'étanchéité (4)**				
	Systèmes apparents		**Systèmes sous protection meuble**		
	semi-indépendant	**adhérent**	**indépendant**	**semi-indépendant**	**adhérent**
Panneaux XLAM INDUSTRIE (5)			OUI	OUI	OUI (8)
Panneaux XLAM INDUSTRIE sous isolation inversée (6)			OUI	OUI	OUI (8)
Panneaux XLAM INDUSTRIE + pare-vapeur + support isolant (7)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI (8)

OUI *: signifie une pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité.*
Les zones grisées correspondent à des exclusions du domaine d'emploi.

(1) Avec les dispositions du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité
(2) La pente minimum des parties courantes dépend des critères de dimensionnement des panneaux porteurs (cf. § 3.3.3)
(3) En systèmes apparents : ≤ 5 % en zones techniques et ≤ 50 % pour les chemins de circulation ; sous protection meuble : pente ≤ 5 %
(4) Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application
(5) Toitures froides exclusivement sur bâtiments ouverts non chauffés
(6) Panneaux isolants conformes aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 et certifiés Acermi pour les spécifications prévues pas les règles..
(7) 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- 2021.
(8) 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 (hors DROM)

Support direct du revêtement d'étanchéité pente : (2)	**Revêtement d'étanchéité (3)**		
	Indépendant (4)	**semi-indépendant**	**adhérent**
Panneaux XLAM INDUSTRIE (5)		OUI	OUI (8)
Panneaux XLAM INDUSTRIE sous isolation inversée (6)		OUI	OUI (8)
Panneaux XLAM INDUSTRIE + pare-vapeur + support isolant (7)		OUI	OUI (8)

OUI : signifie une pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité et de l'Avis Technique du procédé de végétalisation.
Les zones grisées correspondent à des exclusions du domaine d'emploi.

(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) Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application
(4) L'indépendance peut être admise favorablement par l'Avis Technique du système de végétalisation de toiture étanchée
(5) Toiture froide exclusivement sur locaux non chauffés
(6) Le Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé visant l'emploi en terrasse indique les protections admises, complété par l'Avis Technique du procédé de végétalisation
(7) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.
(8) 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 bois (8) en France métropolitaine en climat de plaine (hors DROM)

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

OUI *: signifie une pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité*
Les zones grisées correspondent à des exclusions du domaine d'emploi

(1) Avec le système de dalles sur plots du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité, cf. § 3.7.4.1.
(2) La pente minimum des parties courantes dépend des critères de dimensionnement des panneaux porteurs (cf. § 3.3.3).
(3) Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre conformément à son Document Technique d'Application.
(4) Toiture froide exclusivement sur bâtiments ouverts non chauffés.
(5) La couche de protection adhérente est mise en œuvre conformément à son Document Technique d'Application. (En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche adhérent peut également être utilisé cf. disposition du Cahier du CSTB 3814).

(6) Panneaux isolants conformes aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 et certifiés Acermi pour les spécifications prévues pas les règles ».
(7) 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), cf. § 3.7.4.2.

Figure 23 : Exemple de relevés en panneau XLAM INDUSTRIE continu en toiture inaccessible

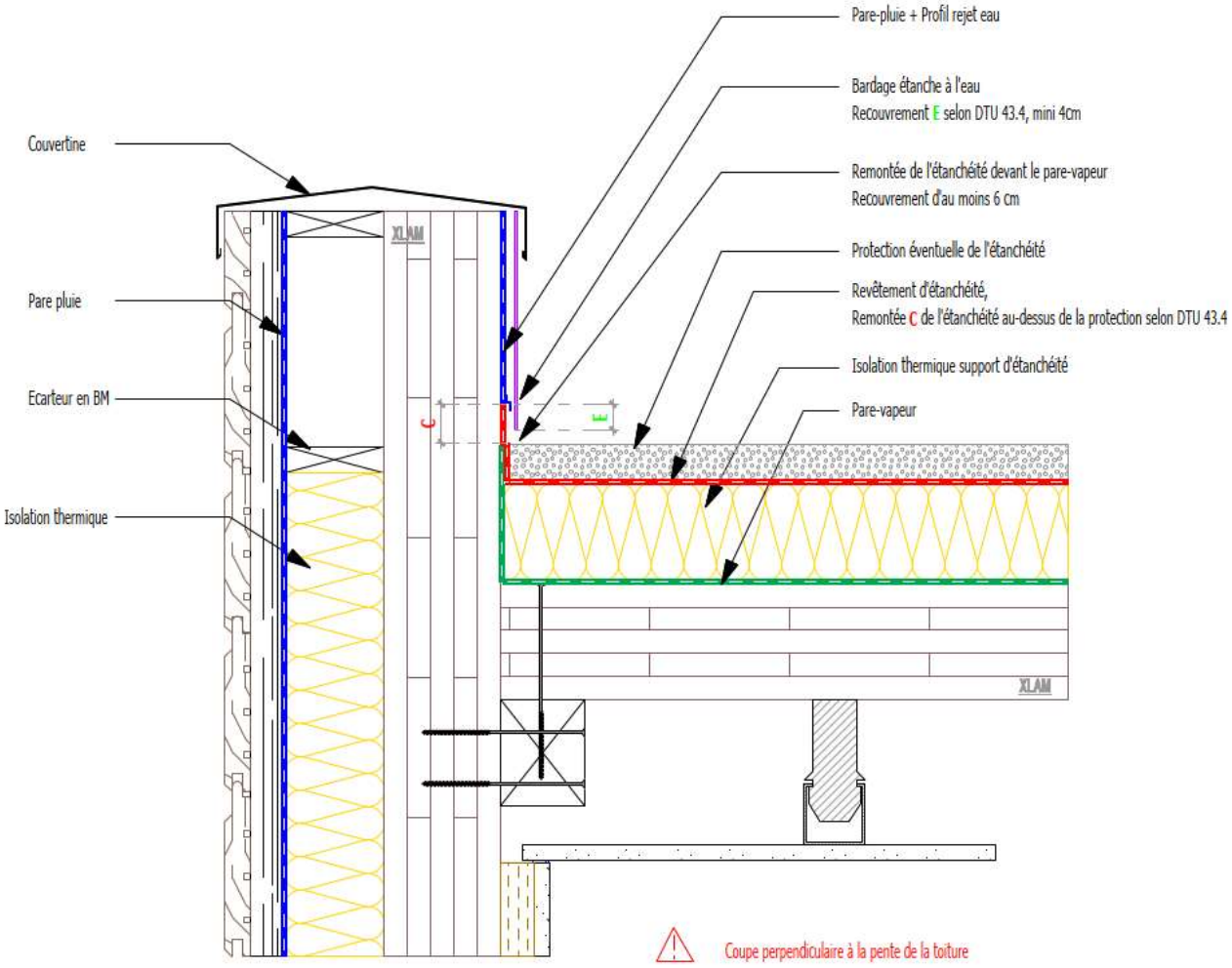


Figure 24 : Exemple de relevés en panneau XLAM INDUSTRIE non continu en toiture inaccessible

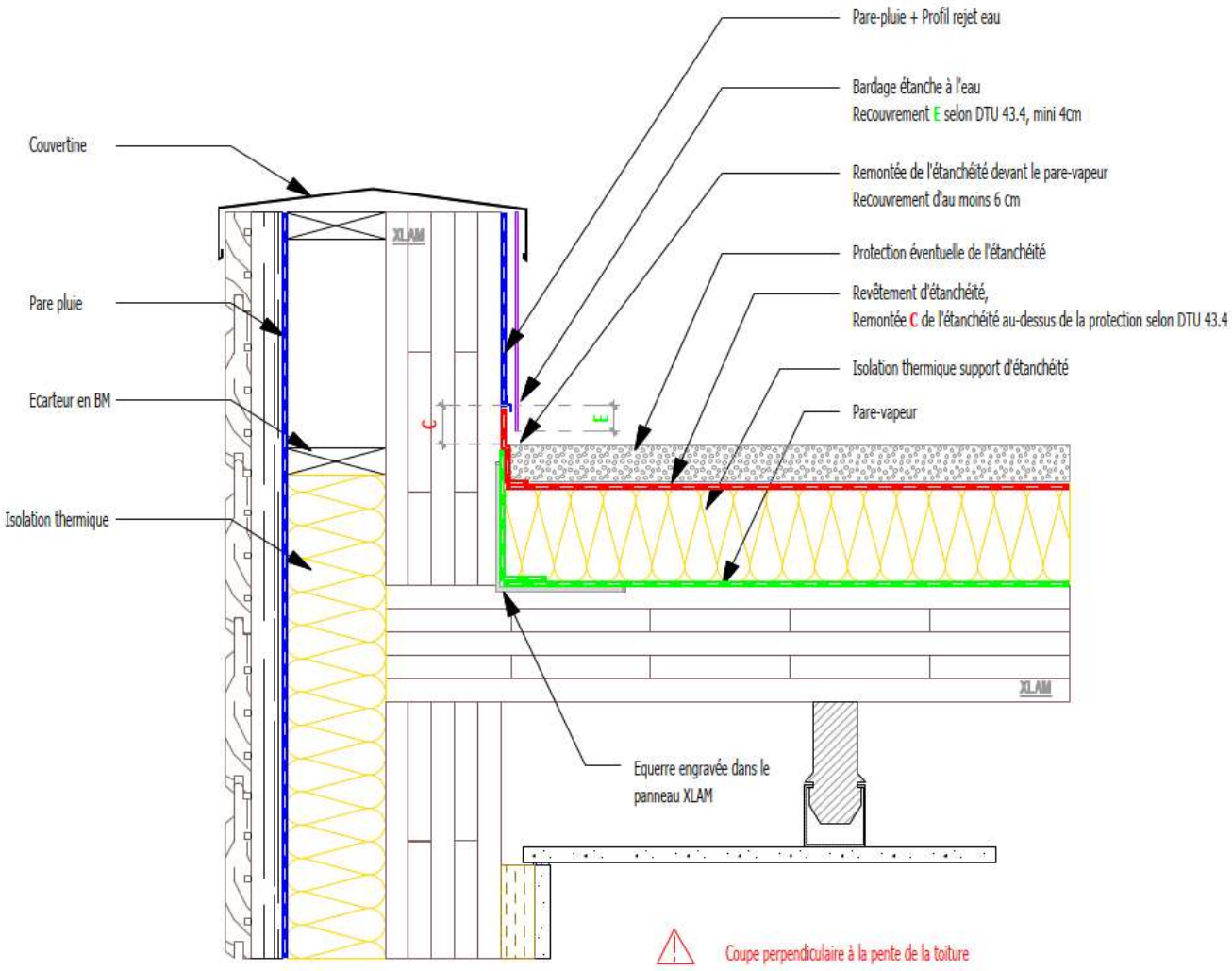


Figure 25 : Exemple de relevé avec costière métallique en toiture inaccessible

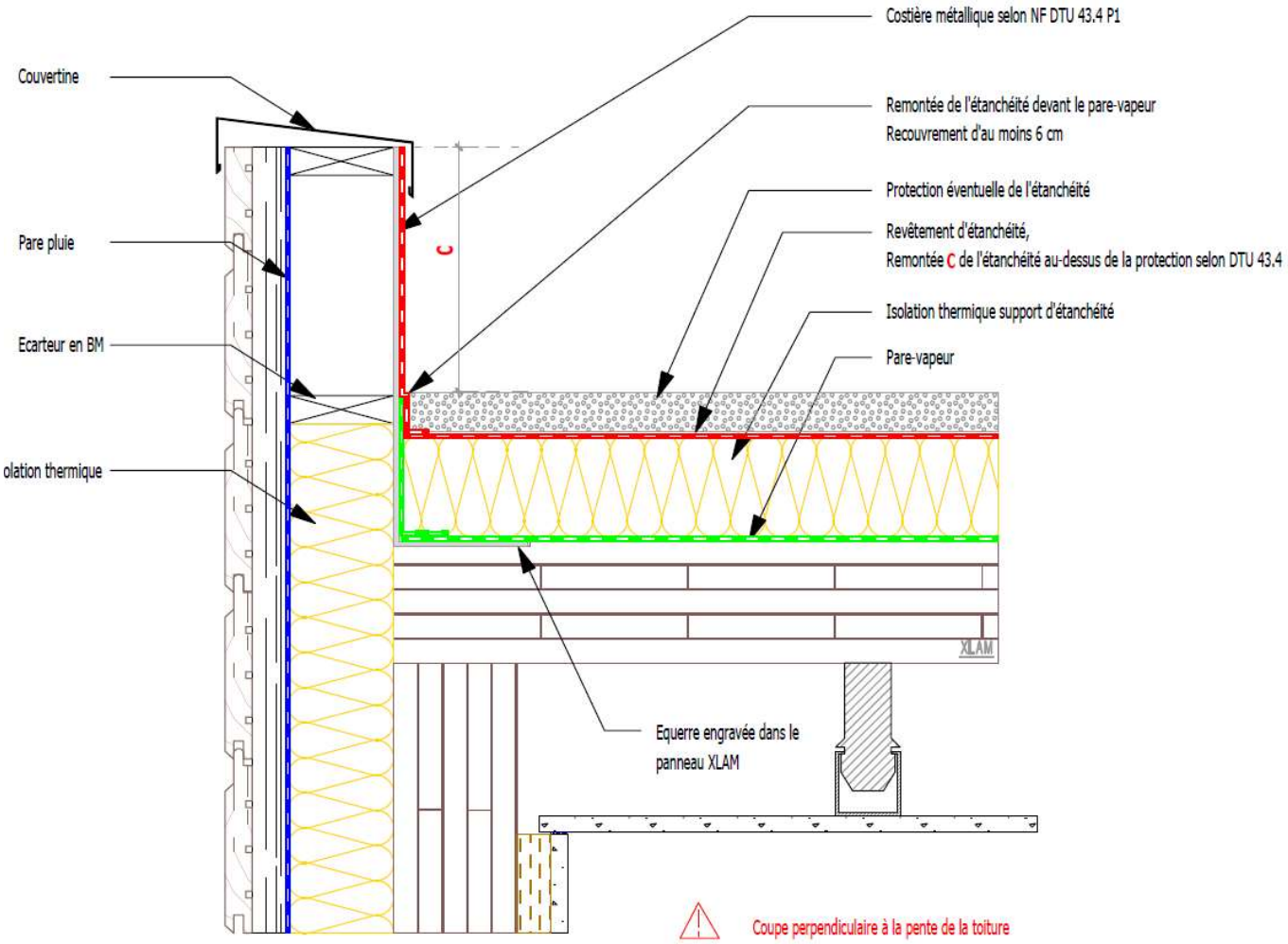


Figure 26 : Exemple de relevé en terrasse accessible aux piétons et au séjour

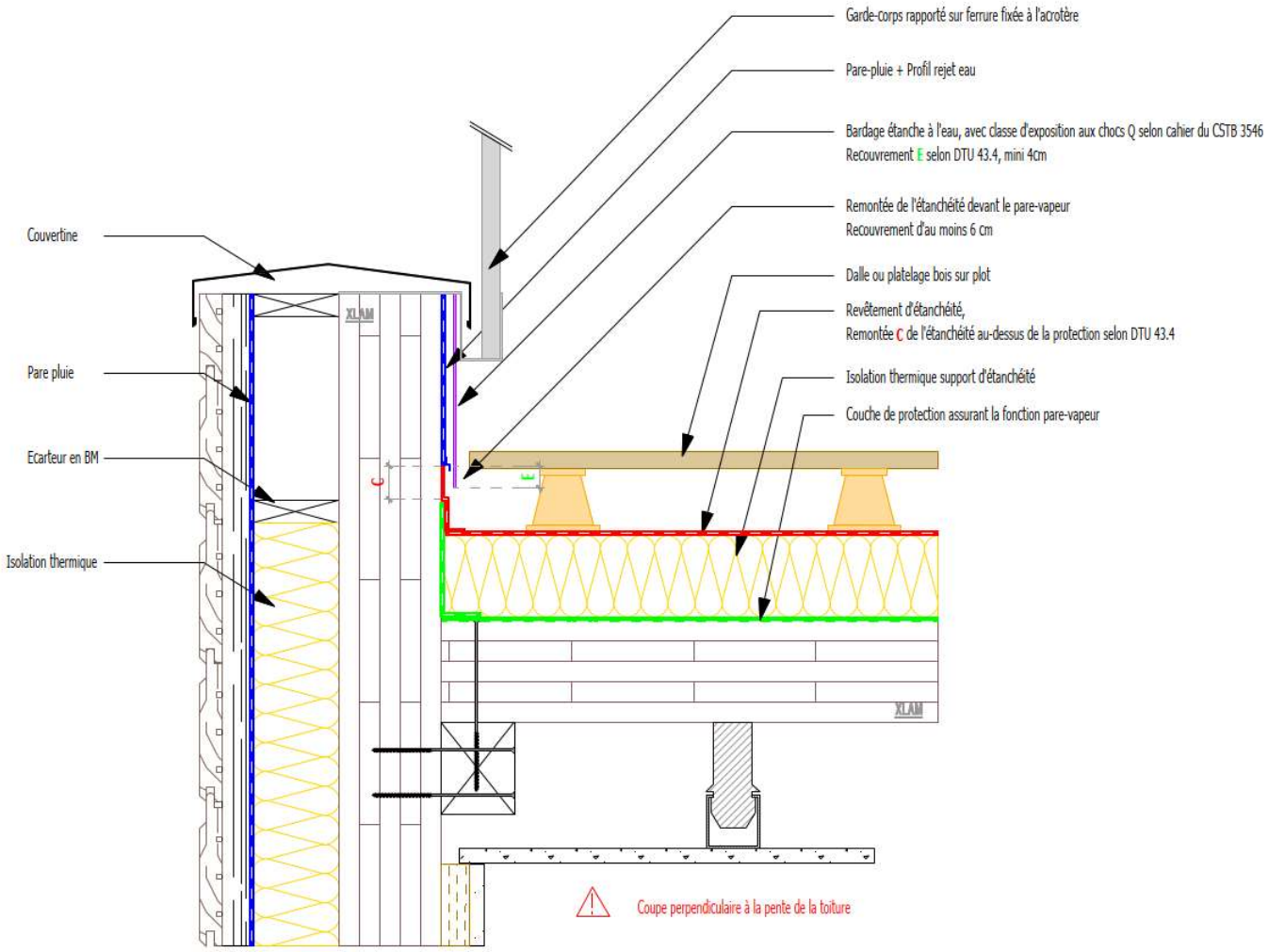


Figure 27 : Exemple de relevé en terrasse inaccessible végétalisée

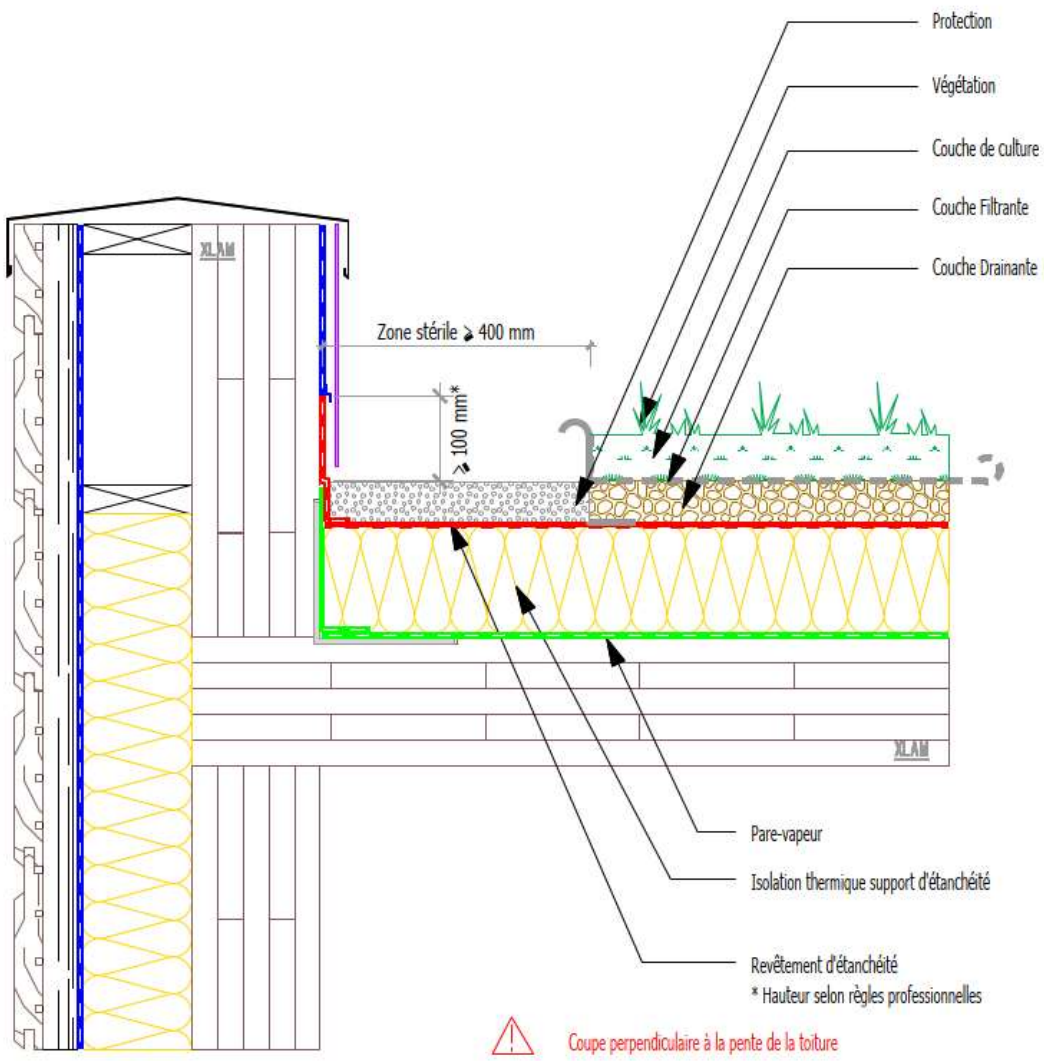


Figure 28 : Exemple de relevé en toiture froide inaccessible

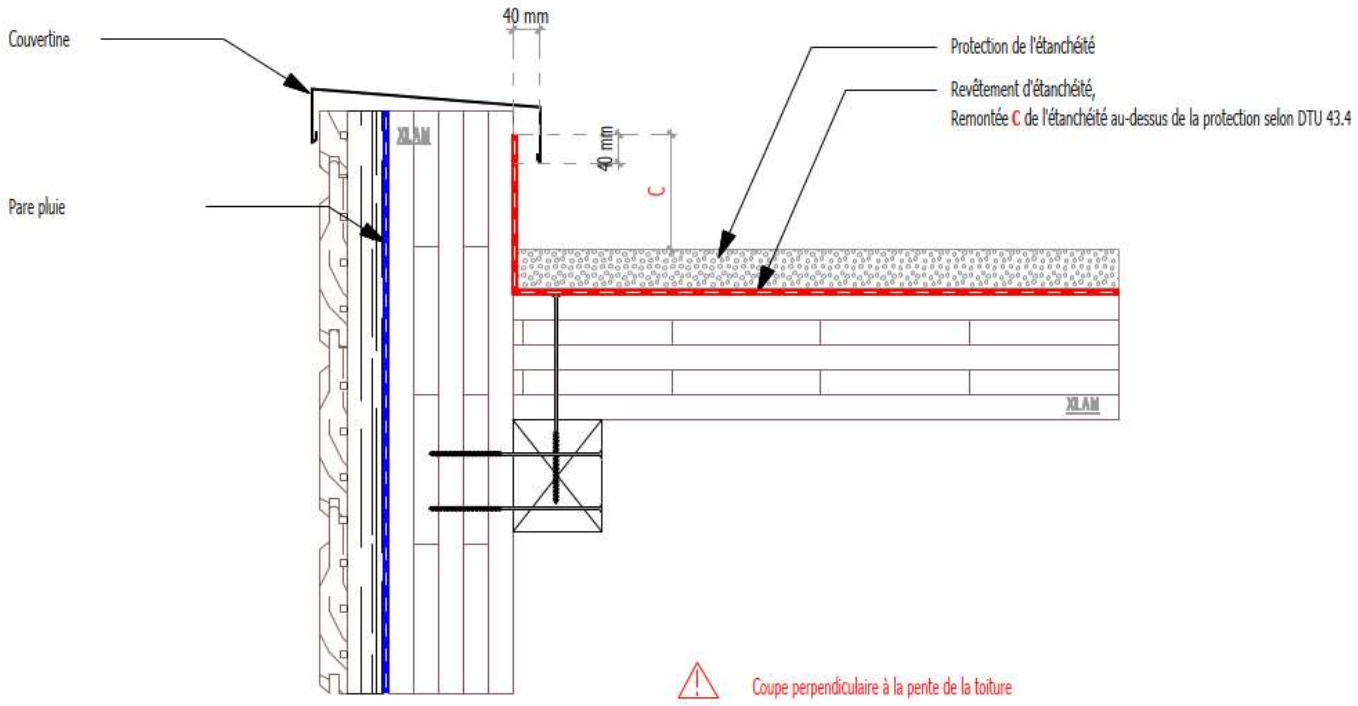


Figure 29 : Exemple de noues – toiture chaude inaccessible

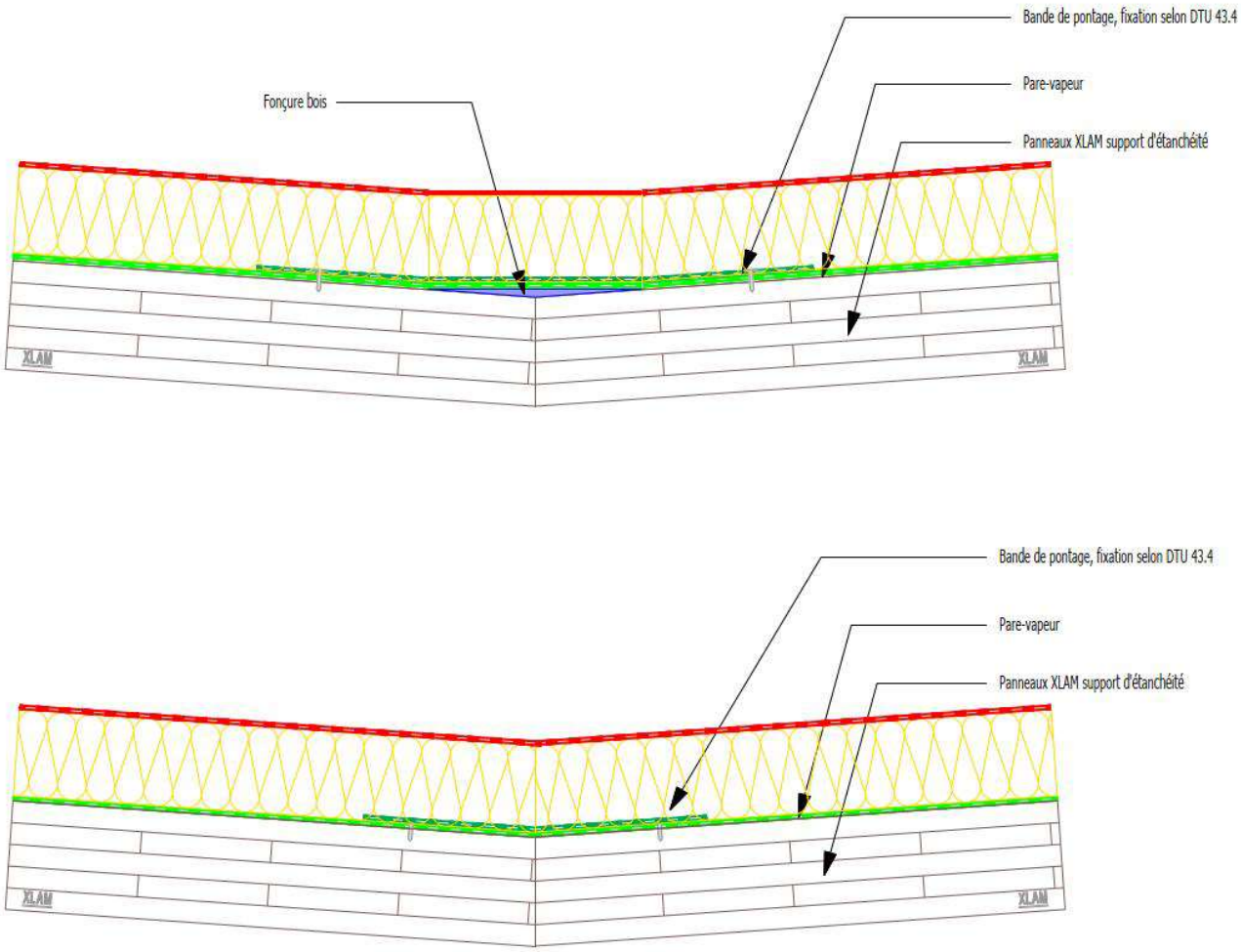


Figure 30 : Exemple de traitement d'un joint de dilatation en toiture chaude accessible aux piétons et au séjour

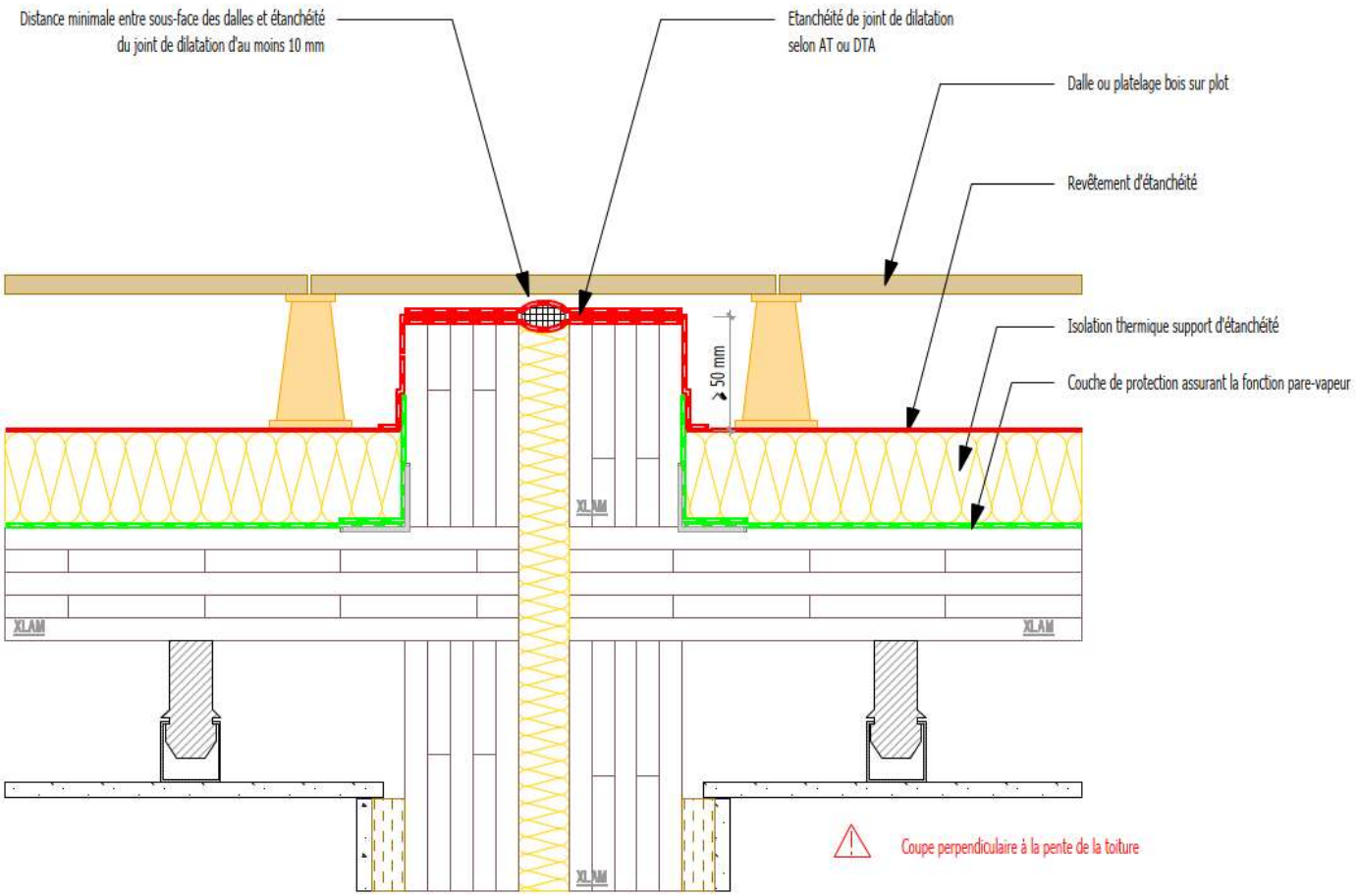
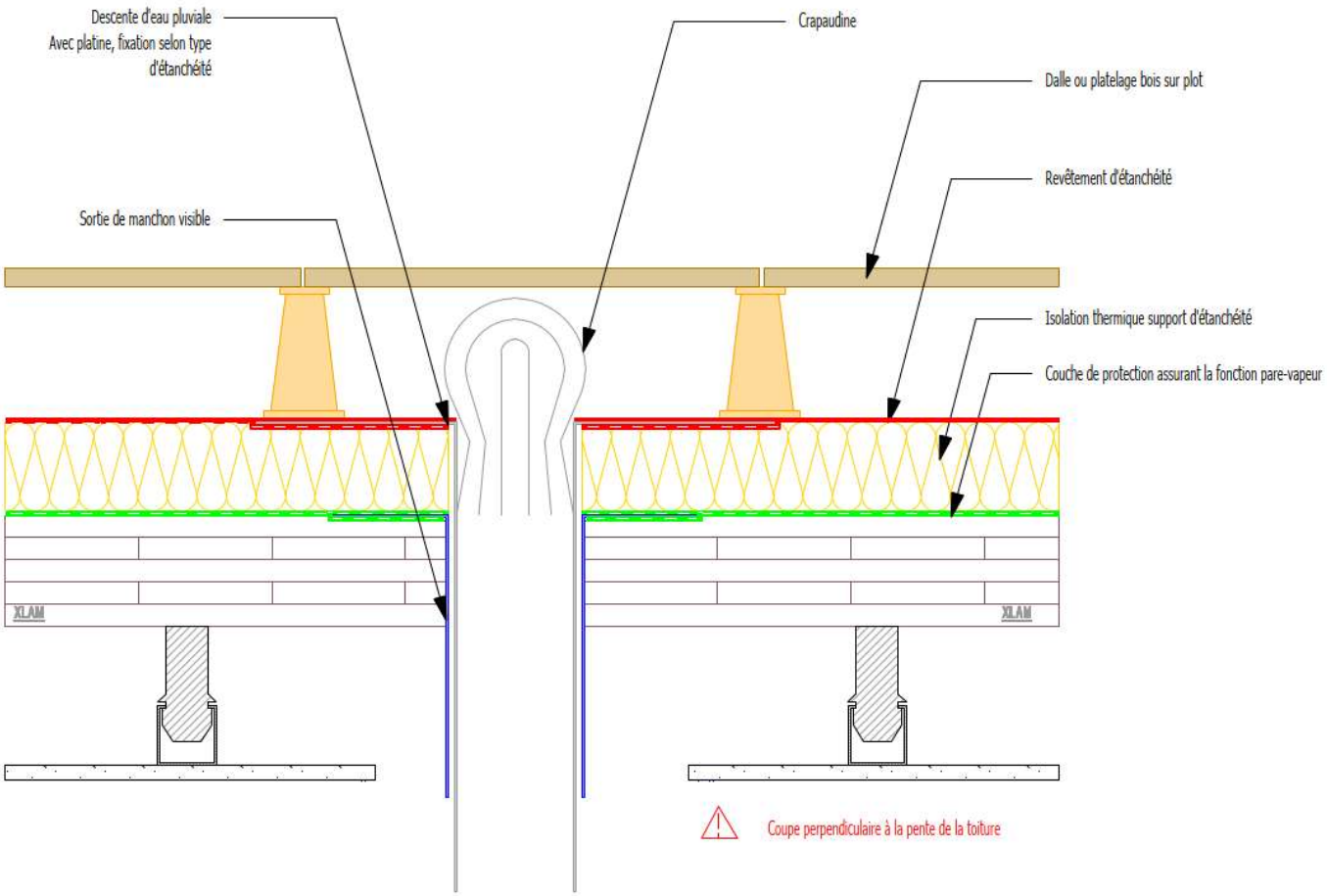



Figure 31 : Exemple de traitement d'une descente d'eaux pluviales – toiture chaude accessible aux piétons et au séjour