3.3/17-943_V3

Valide du **16 novembre 2022**

au **31 octobre 2025**

Sur le procédé

DALBOIS CLT M

Titulaire : **Société MATHIS**

Internet : www.mathis.eu

Descripteur :

Les panneaux structuraux contrecollé-croisé, DALBOIS CLT Mathis, sont des panneaux CLT (Cross Laminated Timber) de grandes dimensions constitués de lamelles en bois massif aboutées, empilées en couches croisées à 90° sur 3 à 7 plis et collées entre elles sur toute leur surface, excepté sur leurs chants. Les panneaux sont fabriqués en largeur maximum de 3,60 m et en longueur maximum de 13,00 m.

Les caractéristiques de performances des panneaux DALBOIS CLT Mathis sont en conformité avec la NF EN 16351 (novembre 2015). Le dimensionnement et la mise en œuvre de ces panneaux sont réalisés conformément au :

- Cahier du CSTB 3802_P1 d'octobre 2019 : Panneaux structuraux massifs bois – Partie 1 : Critères généraux de choix des matériaux
- Cahier du CSTB 3802_P2 d'octobre 2019 : Panneaux structuraux massifs bois – Partie 2 : Généralité, conception et dimensionnement
- Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019 : Étanchéité de toitures terrasses sur élément porteur en panneaux structural bois faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application relevant de l'une des deux familles :
  - Panneau bois à usage structurel – mur et plancher,
  - Plancher à caisson en bois.

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
V3	Révision de l'Avis Technique 3.3/17-944_V2.	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZRAN

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Définition succincte 5
1.1.1. Description succincte 5
1.1.2. Identification 5
1.2. AVIS 5
1.2.1. Domaine d'emploi accepté 5
1.2.2. Appréciation sur le procédé 6
1.2.3. Prescriptions Techniques 8
1.2.4. Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures terrasses et toitures inclinées 12
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 13
1.4. Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé 15
1.4.1. Dimensionnement des planchers 15
1.4.2. Dimensionnement des murs 18
2. Dossier Technique 19
2.1. Données commerciales 19
2.1.1. Coordonnées 19
2.1.2. Autres dénominations commerciales 19
2.2. Description 19
2.3. Domaine d'emploi 19
2.4. Eléments et matériaux 19
2.4.1. Planches de bois 19
2.4.2. Colles 20
2.4.3. Géométrie des panneaux 20
2.4.4. Caractéristiques physiques des panneaux 21
2.5. Fabrication 21
2.6. Contrôles de fabrication 22
2.6.1. Contrôle interne de fabrication 22
2.6.2. Contrôle externe 22
2.7. Identification du produit 22
2.8. Dimensionnement 23
2.8.1. Généralités 23
2.8.2. Vérifications mécaniques 23
2.8.3. Dimensionnement des panneaux porteurs horizontaux : planchers 24
2.8.4. Dimensionnement des panneaux porteurs verticaux : murs 26
2.8.5. Dispositions relatives aux ouvrages en panneaux DALBOIS CLT Mathis 29
2.8.6. Dimensionnement vis-à-vis des situations d'incendie 29
2.9. Fourniture et assistance technique 29
2.10. Mise en œuvre 30
2.10.1. Généralités 30
2.10.2. Appuis 30
2.10.3. Assemblage des panneaux entre eux dans un même plan 30
2.10.4. Assemblage de panneaux en angle (entre murs, mur-plancher) 31
2.10.5. Transport, stockage et manutention (phase chantier) 31
2.10.6. Dispositions relatives aux revêtements extérieurs 32

2.10.7. Dispositions relatives aux revêtements intérieurs 32
2.11. Résultats expérimentaux 33
2.12. Références 33
2.12.1. Données Environnementales 33
2.12.2. Autres références 33
2.13. Annexes du Dossier Technique 35
2.13.1. Tableaux et figures et dossier technique 35
2.13.2. Paramètres de modélisation servant au dimensionnement des diaphragmes 51
2.13.3. Fiche d'autocontrôle avant mise en œuvre des revêtements « Bon à fermer » 52
2.14. Utilisation en tant qu'élément porteur support d'étanchéité 55
2.14.1. Généralités 55
2.14.2. Définitions 55
2.14.3. Matériaux 55
2.14.4. Domaine d'emploi 55
2.14.5. Habillage ou plafond suspendu 57
2.14.6. Résistance au vent 57
2.14.7. Conception 57
2.14.8. Conditions de mise en œuvre 58
2.14.9. Configurations visées 59
2.14.10. Points singuliers 61
2.14.11. Figures complémentaires à l'Annexe support d'étanchéité 62

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 12 octobre 2020, le procédé DALBOIS CLT M, présenté par la Société MATHIS. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine (hors DROM).

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Les panneaux structuraux DALBOIS CLT M sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif de classe C30, C24 et C18 séchées et calibrées. Les planches sont empilées en couches principalement croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. Les panneaux structuraux DALBOIS CLT M comportent de 3 à 7 plis et sont destinés à la réalisation de planchers, de murs porteurs à fonction de contreventement et d'élément porteur de toitures-terrasses.

Les panneaux DALBOIS CLT M sont constitués de planches non collées à chants.

Les panneaux DALBOIS CLT M standards ont les dimensions suivantes :

- Longueur jusqu'à 13,0 m ;
- Largeur jusqu'à 3,6 m ;
- Epaisseur de 60 à 280 mm.

1.1.2. Identification

Après fabrication selon le protocole décrit au §2.5 du Dossier Technique les panneaux sont identifiés de la façon suivante :

- Le logo DALBOIS CLT M ;
- La référence de l'Avis de l'Avis Technique ;
- Le numéro de fabrication ;
- Le type de panneau ;
- Le type d'adhésif : PUR ;
- La méthode d'essai de résistance du collage : « Conforme en délamination » ;
- La mention « PT » pour indiquer que le produit est traité contre les attaques biologiques.

La masse du panneau avec ses accessoires est également précisée.

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 4ème famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

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

Les panneaux structuraux DALBOIS CLT M 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 européenne, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

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

Les panneaux structuraux DALBOIS CLT M sont utilisés en toitures-terrasses comme élément porteur et support d'étanchéité. L'utilisation des panneaux DALBOIS CLT M en support de couverture n'est pas visée dans le cadre du présent Avis.

L'utilisation des planchers béton sur des murs DALBOIS CLT M n'est pas visée dans le cadre du présent Avis.

L'aptitude au levage des éléments DALBOIS AZURTEC n'est pas visée par le présent Avis.

La mise en œuvre d'un système d'isolant thermique extérieure par enduit sur isolant sur les panneaux DALBOIS CLT M 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 $W/n > 5g/m^3$, avec :

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

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

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

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

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

L'Avis est formulé en excluant la reprise des cloisons maçonnées ou fragiles. Les revêtements fragiles doivent être mis en place en pose désolidarisée sur un procédé faisant l'objet d'un Avis Technique visant les supports bois.

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 DALBOIS CLT M sont exclus du domaine d'emploi.

L'utilisation en tant que plancher intermédiaire sur volume non-chauffé ou sur vide sanitaire n'est pas visé par le présent Avis Technique.

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

Les panneaux structuraux DALBOIS CLT M sont utilisés selon l'annexe (cf. § 2.14) du dossier technique, en travaux neufs :

- Sur tous types de construction ;
- Au-dessus des locaux classés à faible ou moyenne hygrométrie selon l'Annexe B du NF DTU 43.4 P1-1.
- En France métropolitaine (hors DROM) en climat de plaine.
- En toitures :
  - Inaccessibles, avec chemins de circulation éventuels (pente ≤50%), sans rétention temporaire des eaux pluviales ;
  - Inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïques avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique (pente ≤50%) ;
  - Techniques et à zones techniques, sans chemin de roulement des appareils d'entretien de façades (pente ≤ 7 % en systèmes apparents et ≤ 5 % sous protection lourde) ;
  - Végétalisées (pente ≤ 20 %) ;
  - Accessibles aux piétons et au séjour associées à une protection par dalles sur plots (pente ≤ 5 %) uniquement visées sur les configurations de toitures chaudes isolées (hors isolation inversée).
- Sous des systèmes d'étanchéité :
  - En toitures froides (ventilée non isolée uniquement en bâtiment ouvert) ou en toitures chaudes ;
  - Avec un revêtement d'étanchéité indépendant, semi-indépendant ou adhérent, bénéficiant d'un Document Technique d'Application ;
  - En apparent, sous protection lourde ou sous végétalisation ;
  - En asphalte ou mixte sous asphalte bénéficiant d'un Avis Technique, en feuilles bitumineuses ou en membrane synthétique bénéficiant d'un Document Technique d'Application.

Le procédé DALBOIS CLT M vise également les toitures-terrasses inversées (hors toitures accessibles aux piétons), lorsqu'il est associé à un panneau isolant de polystyrène extrudé bénéficiant d'un Document Technique d'Application.

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

- ≥ 3 %, lorsque les panneaux DALBOIS CLT M sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au 1/250e de la portée ;
- ≥ 1,8 %, lorsque les panneaux DALBOIS CLT M sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au 1/400e de la portée ;
- ≥ 1,6 %, lorsque les panneaux DALBOIS CLT M sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges, limité au 1/500e de la portée ;
- ≥ 3 % et ≤ 20% pour les terrasses et toitures végétalisées.

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).

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 DALBOIS CLT M, 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'appréciation de laboratoire de résistance au feu AL17-217.

Réaction au feu

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

Propagation du feu aux façades

Les dispositions constructives permettant de limiter le risque de propagation du feu par les façades dont la participation à l'indice C+D (écran thermique, jonction façade/plancher) sont déterminées par application de l'Appréciation de Laboratoire au feu n°AL17-217.

Dans le cas d'intégration 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°AL17-217 un Avis de chantier conformément à l'Arrêté du 22 mars 2004 modifié devra être réalisé.

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

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

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

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

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

Vis-à-vis du feu intérieur

Les dispositions réglementaires à considérer sont fonction de la destination des locaux, de la nature et du classement de réaction au feu de l'isolant et de son support.

Les panneaux DALBOIS CLT M ont fait l'objet d'une appréciation de laboratoire n° AL17-217 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).

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

Les panneaux DALBOIS CLT M disposent d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS). L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce procédé sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port d'Équipements de Protection Individuelle (EPI). La FDS est disponible à la Société Mathis.

Pose en zones sismiques

Le procédé DALBOIS CLT M peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées aux Prescriptions Techniques.

Isolation thermique

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

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

Le procédé DALBOIS CLT M 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 λ = 0,13 W/m.K. Cette valeur correspond 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 DALBOIS CLT M, peuvent nécessiter, selon leur emplacement dans l'ouvrage, la mise en œuvre d'une isolation thermique complémentaire. En toiture, le procédé DALBOIS CLT M sans isolation thermique, ne peut être mis en œuvre que sur les bâtiments ouverts et auvents (ouvrages où la réglementation thermique n'est pas applicable).

Les valeurs et dispositions décrites dans les figures du Dossier Technique sont données à titre indicatif et n'ont pas été examinées par le GSn°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 du DALBOIS CLT M exposée au climat intérieur (entre le panneau DALBOIS CLT M 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.

Isolation acoustique

Les panneaux DALBOIS CLT M 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

Les panneaux DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données aux Prescriptions Techniques (§ 1.2.3 ci-après).

Utilisation en support d'étanchéité

Panneaux structuraux DALBOIS CLT M : se reporter au Dossier Technique. Les panneaux doivent être vérifiés avant travaux de réfections du système 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 DALBOIS CLT M est assurée exclusivement par la société MATHIS sur le site de MATHIS à Muttersholtz. 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 le FCBA. De plus, Les panneaux DALBOIS CLT M sont certifiés CTB Composants et Systèmes Bois.

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Conditions de conception

Lorsque des panneaux DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M sont à la charge du bureau d'études de MATHIS qui doit également fournir un plan de pose complet.

Les charges d'exploitation à prendre en considération dans les calculs sont celles précisées par la norme NF EN 1991 moyennant les limitations décrites §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 §2.8.3 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 §2.8.3.6 du Dossier Technique. Il est tenu compte du fluage par le coefficient k_{def} pris selon l'Annexe 1 de la partie Avis.

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 DALBOIS CLT M.

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 DALBOIS CLT M.

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 DALBOIS CLT M.

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 le § 3.3.3 du Cahier du CSTB 3802_P2.

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 §2.8.4.3 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 DALBOIS CLT M 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. §0 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 §0 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 §2.8.4.4 et 2.8.4.2 du Dossier Technique, en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont alors calculées comme dit au §2.8.4.56 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 DALBOIS CLT M munis d'ouvertures 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.

Lorsque des panneaux DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M entre eux ou des panneaux DALBOIS CLT M à d'autres éléments de structure en matériaux bois doivent être choisis selon les prescriptions de la norme NF EN 14592 ou faire l'objet d'une Evaluation Technique Européenne visant l'utilisation sur panneau bois contrecollé. Les liaisons entre panneaux doivent être réalisées avec des éléments permettant la reprise des efforts de traction transversale (LVL, contreplaqué, panneau 3 plis), à l'exclusion du bois massif.

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

Les autres connecteurs mécano-soudés doivent être conforment aux dispositions des NF DTU 31.1, NF DTU 31.2 et sont dimensionnées selon la NF EN 1993 et réalisées selon la NF EN 1090-2.

Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiés au regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de la norme NF EN 1995-1-1 et du paragraphe 2.8 du Dossier Technique.

Le cisaillement entre panneaux adjacents sous effort tranchant doit être justifié.

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

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 la catégorie d'usage D1 :

- La capacité de l'assemblage entre panneaux adjacents vis-à-vis de la charge concentrée de la catégorie d'usage visée devra être justifiée ;
- La distance entre les organes d'assemblage doit être de 30 cm maximum ;
- Le pianotage entre panneaux DALBOIS CLT M 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 doit être menée en suivant le principe de comportement de structure soit dissipatif (Classe de ductilité M) soit faiblement dissipatif (Classe de ductilité L) conformément à la norme NF EN 1998-1-1. Les effets des actions sont calculés sur la base de la méthode des forces latérales équivalentes ou de la réponse modale définies au § 4.3.3.1 de la norme NF EN 1998-1-1. Le spectre de calcul est déterminé en appliquant un coefficient de comportement q=2,0 pour la classe DCM et q=1,5 pour la classe DCL.

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

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

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

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

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

Lorsqu'ils sont prévus en zone sismique, les panneaux utilisés en plancher doivent être organisés afin de vérifier 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 par calcul ;
- 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 aux §2 de l'Annexe 1 ;
- 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 DALBOIS CLT M dans l'ouvrage d'une part, et à l'essence utilisée d'autre part, un traitement de préservation du bois peut être nécessaire. Il convient de respecter à cet égard les prescriptions des normes NF EN 335 et NF EN 350.

Lorsqu'un traitement est nécessaire, il doit être réalisé en usine après façonnage des planches, de même qu'après le traitement des découpes réalisées sur les panneaux DALBOIS CLT M.

Conformément à la réglementation en vigueur, les panneaux DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M sont utilisés pour la réalisation de bâtiments entrant dans le domaine d'application du DTU 31.2, c'est à dire d'une manière générale pour les bâtiments dont la structure principale porteuse est en bois, les dispositions non spécifiquement visées dans le cadre de cet Avis Technique doivent être conformes aux prescriptions du DTU 31.2 pour la conception, aux prescriptions des Eurocodes pour le calcul.

Un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face du panneau DALBOIS CLT M exposée au climat intérieur (entre le panneau DALBOIS CLT M 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 dans le cas contraire.

1.2.3.2. Conditions de fabrication

La fabrication des panneaux DALBOIS CLT M 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 §2.5 du Dossier Technique. Les résultats sont consignés dans des fiches spécifiques pour les planches d'une part et panneaux DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M par le FCBA permettant de vérifier la conformité des performances du panneau et du bon suivi du CPU.

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.

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

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 de panneaux et tout autre détail nécessaire (traitement des ouvertures, etc…).

1.2.4. Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures terrasses et toitures inclinées

Moyennant la réalisation d'un PAQ (Plan d'Assurance Qualité) contradictoire entre le lot charpente et le lot étanchéité conformément au paragraphe 8.3 du CPT « Support d'étanchéité bois » (Cahier du CSTB 3814 – Novembre 2019) qui se termine par une fiche de réception du support, les pentes de 1,6% et 1,8% sont admises (hors toitures végétalisées).

1.2.4.1. Flexibilité des éléments utilisés en support d'étanchéité

Les déformations prises par les toitures avec panneaux DALBOIS CLT M sont :

- Les flèches sont calculées en tenant compte du fluage au travers du facteur de déformation k_{def} (valeur) défini dans la norme NF EN 1995-1-1 :2005 ;
- Les toitures, exceptées dans le cas de la végétalisation, doivent présenter des pentes sur plan :
  - ≥ 3 %, lorsque les panneaux DALBOIS CLT M sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limité au 1/250e de la portée ;
  - ≥ 1,8 %, lorsque les panneaux DALBOIS CLT M sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limité au 1/400e de la portée,
  - ≥ 1,6%, lorsque les panneaux DALBOIS CLT M sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limité au 1/500e de la portée.
- Les terrasses et toitures végétalisées doivent présenter des pentes ≥ 3 %.

1.2.4.2. Résistance au vent des systèmes d'étanchéité

- Systèmes d'étanchéité : se reporter aux DTA et Avis Techniques des procédés de terrasses et toitures végétalisées.

1.2.4.3. 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.

1.2.4.4. Conditions de mise en œuvre

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 DALBOIS CLT M ne présente pas de difficulté particulière. En aucun cas, les réservations et/ou percements ne sont réalisés par le lot Étanchéité. 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).

1.2.4.5. 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 m2.

1.2.4.6. Évacuation des eaux pluviales

L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales et, lorsque prescrit, la vérification nécessaire des panneaux DALBOIS CLT M sous le phénomène d'accumulation d'eau, s'effectuent conformément à l'Annexe D du Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019.

1.2.4.7. 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/m2 pour le dimensionnement des panneaux structuraux DALBOIS CLT M, puisque le fluage est pris en compte dans leur dimensionnement.

1.2.4.8. 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, en respectant les prescriptions du paragraphe 2.14. Le maître d'ouvrage devra prévoir dans les DPM des descentes d'eau 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'eau pluviale spécifique selon la figure 12.2 du cahier du CSTB 3814).

1.2.4.9. Implantations des écrans de cantonnement

Les DPM doivent préciser la position des écrans de cantonnement et/ou des bandes de recoupement de l'isolant combustible support d'étanchéité.

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

a) Panneaux structuraux DALBOIS CLT M: les études préalables prescrite au paragraphe 5 de la norme NF P 84-208 (référence 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.

b) 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 P 84-208 (référence DTU 43.5) vis à vis des risques d'accumulation d'eau.

1.2.4.11. Classement FIT

Se référer au Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité.

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

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 3.3

Le groupe précise que l'appréciation de laboratoire a été actualisée à l'occasion de cette révision.

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

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

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

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

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

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

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5.2

L'isolation intégrale en sous-face des panneaux utilisés en toiture n'est ni prévue ni admise. Dans le cas d'un complément d'isolation par l'intérieur, il y a lieu de vérifier les règles d'isolation définies au § 7.3 du cahier du CSTB 3814, règle dite des 1/3-2/3 en climat de plaine hors zone très froide et règle dite des 1/4-3/4 en zone très froide.

L'implantation des dispositifs des évacuations des eaux pluviales et, lorsque prescrit, la vérification nécessaire des panneaux DALBOIS CLT M sous le phénomène d'accumulation d'eau s'effectuent conformément à l'Annexe D du Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019.

Dans le cas de terrasses accessibles aux piétons, la conception de l'ouvrage devra prévoir des descentes d'eau pluviales visibles par les occupants des locaux des locaux (cf. Figure 12.2 du Cahier du CSTB 3814).

La diminution du critère de fléchissement final $w_{net,fin}$ dû à toutes les charges du 1/250^{e} de la portée pour une pente de 3 % minimale, au 1/400^{e} 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 1/500^{e} 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.

La pente nulle n'est pas visée par le présent document.

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

La protection contre les intempéries en phase travaux est définie dans l'Annexe § 2.10.5 du Dossier Technique.

1.4. Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé

1.4.1. Dimensionnement des planchers

1.4.1.1. Données

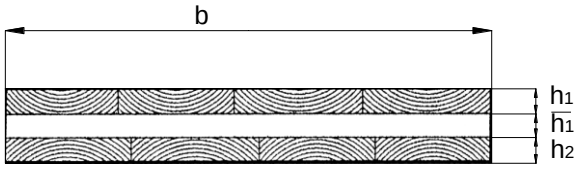


Figure 1 : Coupe transversale d'un panneau 3 plis.

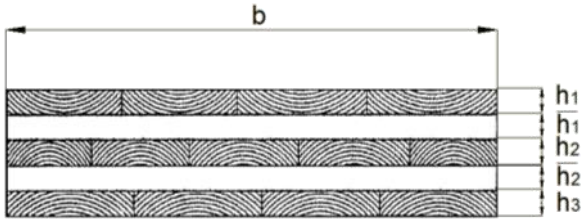


Figure 2 : Coupe transversale d'un panneau 5 plis.

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

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

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

1.4.1.2. Conception

Bien que les panneaux DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M utilisés comme planchers porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant trémie doivent faire l'objet d'une vérification spécifique (cf. §2.8.3.8 du Dossier Technique).

Le dimensionnement est réalisé en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont calculées en tenant compte du fluage par le coefficient k_{def} pris selon les valeurs définies pour le contreplaqué dans la norme NF EN 1995-1-1 et au §2.8.1 du Dossier Technique.

1.4.1.3. Vérifications à l'ELU instantané

Instantané – charges à court terme

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

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

En utilisant les valeurs moyennes de E et où :

$$A_i = b \cdot h_i$$

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

$$\gamma_2 = 1$$

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

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

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

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

Les contraintes normales sont prises selon

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

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

Vérification de la traction et flexion combinée des couches de bois

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

Vérification du cisaillement roulant

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

Avec

Moment statique d'un pli au sein d'un section rectangulaire

$S_i = b.h_i.x_i$

b : largeur du panneau (mm)

hi : épaisseur du pli (mm)

xi : abscisse du barycentre du pli à l'axe de symétrie du panneau (mm)

Avec la valeur caractéristique de résistance au cisaillement roulant de 1,1 N/mm² pour les compositions de panneaux DALBOIS CLT M avec des plis ayant un rapport entre largeur et épaisseur supérieure ou égale à 4 et 0,7 N/mm² pour les compositions de panneaux avec des plis ayant un rapport entre largeur et épaisseur inférieure à 4.

Une attention particulière doit être portée à la conception des planchers et notamment à l'emplacement respectif des joints entre panneaux et des surcharges pour ne pas mobiliser de manière importante les cisaillements entre panneaux adjacents. Les détails de jonctions entre panneaux sont indiqués dans les dispositions constructives 5 annexées au Dossier Technique.

La compression transversale et le cisaillement sur appui doivent faire l'objet d'une vérification selon les principes énoncés dans le §2.8 du Dossier Technique Etabli par le Demandeur.

1.4.1.4. Vérifications à l'ELU final

Les caractéristiques élastiques prises en compte sont réduites pour pouvoir considérer le fluage. La réduction est obtenue par la prise en compte des coefficients de fluage. Pour une combinaison d'actions pour laquelle chaque action appartient à une classe de durée de chargement différente, la contribution de chaque action doit être calculée séparément en utilisant le coefficient ψ2 · kdef approprié, puis être additionnée aux autres pour les vérifications.

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

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

avec GR,mean le module de cisaillement roulant moyen est pris égal à 50 MPa

Avec ψ2 = 1 pour les charges permanentes.

Vérifications ELS

Caractéristiques mécaniques Instantané (charge à court terme - instantanées)

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

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 kdef approprié, puis être additionnée aux autres pour les vérifications.

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

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

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

Avec G_{mean} le module de cisaillement moyen du panneau DALBOIS CLT M pris égal à 690 MPa.

1.4.1.4.1. 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 DALBOIS CLT M et d'autre part la flèche générée par l'effort tranchant en considérant le module de cisaillement du panneau DALBOIS CLT M.

1.4.1.4.2. 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 DALBOIS CLT M.

1.4.1.4.3. 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 DALBOIS CLT M.

1.4.1.4.4. 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 DALBOIS CLT M.

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.

1.4.2. Dimensionnement des murs

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

La résistance des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales dans leur plan doit être justifiée vis-à-vis du risque de flambement hors plan. Le calcul de l'élancement du panneau DALBOIS CLT M 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. 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 DALBOIS CLT M 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. §2.8.4 du Dossier Technique).

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique. Il convient de se reporter au §2.8.4.7 du Dossier Technique pour la conception des porteurs verticaux avec linteaux et ouvertures.

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

Lorsque des panneaux DALBOIS CLT M 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 DALBOIS CLT M 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 :

$$\tau_{xy,gross,d} = \frac{V_d}{B \cdot t_{xlam}} \leq f_{v,xy,gross,d}\ (N/mm^2) \text{ avec } f_{v,xy,gross,d} = 3{,}5 N/mm^2$$

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

$$\tau_{tor,node,d} = \frac{V_d \cdot H}{\sum I_p} \cdot \frac{b_{min}}{2} \leq f_{v,tor,node,d} (N/mm^2) \text{ avec } f_{v,tor,node,d} = 2{,}5 N/mm^2$$

Les symboles et notations ci-dessus sont ceux définis dans le § 4.3.4.2 du Cahier du CSTB 3802_P2.

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 : Société MATHIS SA
3 rue des Vétérans
67600 Muttersholtz
Tél. : 03 88 85 10 14
Internet : www.mathis.eu

2.1.2. Autres dénominations commerciales

Dénomination commerciale	Distributeur
DALBOIS CLT Mathis/ DALBOIS	MATHIS SA

2.2. Description

Les panneaux structuraux contrecollé-croisé, DALBOIS CLT Mathis, sont des panneaux CLT (Cross Laminated Timber) de grandes dimensions constitués de lamelles en bois massif aboutées, empilées en couches croisées à 90° sur 3 à 7 plis et collées entre elles sur toute leur surface, excepté sur leurs chants. Les panneaux sont fabriqués en largeur maximum de 3,60 m et en longueur maximum de 13,00 m.

Les caractéristiques de performances des panneaux DALBOIS CLT Mathis sont en conformité avec la NF EN 16351 (novembre 2015). Le dimensionnement et la mise en œuvre de ces panneaux sont réalisés conformément au :

Cahier du CSTB 3802_P1 d'octobre 2019 : Panneaux structuraux massifs bois – Partie 1 : Critères généraux de choix des matériaux

Cahier du CSTB 3802_P2 d'octobre 2019 : Panneaux structuraux massifs bois – Partie 2 : Généralité, conception et dimensionnement

Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019 : Étanchéité de toitures terrasses sur élément porteur en panneaux structural bois faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application relevant de l'une des deux familles :

- Panneau bois à usage structurel – mur et plancher ;
- Plancher à caisson en bois.

2.3. Domaine d'emploi

Le domaine d'emploi des panneaux structuraux DALBOIS CLT Mathis est celui décrit dans le § 1.6 du cahier du CSTB 3802_P2 et rappelé ci-après.

Les panneaux structuraux DALBOIS CLT Mathis sont destinés à la réalisation de planchers, de murs porteurs à fonction de contreventement. Ils peuvent indifféremment être associés entre eux au sein d'un même bâtiment ou utilisés pour plusieurs des fonctions visées, en association avec des éléments de structure autres (cf. § 2.10.1.1).

Ils sont destinés à la réalisation des ouvrages de structure cités ci-dessus pour des bâtiments à usage d'habitation, Établissements Recevant du Public, bâtiments de bureaux ou industriels. Ils peuvent par ailleurs être utilisés pour la réalisation de travaux de rénovation et de surélévation.

Ils sont destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335. Ils peuvent être utilisés en zone sismique.

Les panneaux structuraux DALBOIS CLT Mathis peuvent en outre être utilisés en tant qu'élément porteur support d'étanchéité conformément au Cahier du CSTB 3814 (cf. paragraphe 2.14).

2.4. Eléments et matériaux

2.4.1. Planches de bois

2.4.1.1. Types d'essences utilisées

Les essences des planches en bois utilisées pour la réalisation des panneaux DALBOIS CLT Mathis sont celles retenues dans la NF EN 16351 (11/2015). Les essences usuelles utilisées par Mathis sont le Sapin et l'Épicéa qui sont certifiées PEFC.

Au sein d'une même couche, seuls des planches de la même essence peuvent être utilisées.

2.4.1.2. Caractéristiques géométriques

Les planches utilisées peuvent avoir une épaisseur allant de 12 à 40 mm. La largeur des planches est comprise entre 95 et 210 mm (habituellement 145 mm). La tolérance sur l'épaisseur des planches après rabotage est de ± 0.15 mm entre deux points d'une même planche. Les caractéristiques géométriques sont données pour un taux d'humidité compris entre 8 et 12%.

2.4.1.3. Caractéristiques mécaniques

Les panneaux fabriqués sont constitués de planches en bois massifs aboutés de classe de résistance homogène à l'intérieur d'un même panneau comprise entre la classe C18 et C30 selon la NF EN 338. La classe de résistance usuelle utilisée pour l'ensemble des panneaux DALBOIS CLT Mathis est C24. Les classes mécaniques des planches utilisées sont déterminées selon la norme NF EN 14081-1.

La résistance en cisaillement roulant ($f_{vR,k}$) et le module de cisaillement roulant sont données dans la NF EN 16351 (11/2015) et rappelées ci-dessous :

	$f_{vR,k}$	$G_{R,mean}$
Rapport entre largeur et épaisseur de la lamelle supérieure ou égale à 4	1,1 MPa	50 MPa
Rapport entre largeur et épaisseur de la lamelle inférieure à 4	0,7 MPa	50 MPa

Si un panneau est constitué de lamelles de sections différentes, la résistance en cisaillement roulant la plus défavorable est prise pour l'ensemble des plis du panneau.

2.4.1.4. Aboutages

Les lamelles de bois sont aboutées avec les exigences de la NF EN 16351 (11/2015).

2.4.2. Colles

Les colles utilisées lors de la fabrication des panneaux DALBOIS CLT Mathis sont conformes au § 1.10 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.4.2.1. Colle pour l'aboutage des planches

La colle utilisée pour réaliser les aboutages est une colle Mélamine Urée Formaldéhyde conformes à la norme NF EN 301.

2.4.2.2. Colle pour l'assemblage des plis entre eux

La colle Purbond de la gamme HB S de la société HENKEL est utilisée pour l'assemblage des plis entre eux. Cette colle est formulée à base de résine polyuréthane et n'émet pas de formaldéhyde.

2.4.3. Géométrie des panneaux

Les panneaux DALBOIS CLT Mathis ont une largeur maximale de 3,60 m et une longueur maximale de 13 m. Les panneaux fabriqués sont ensuite découpés et usinés en fonction des besoins du chantier.

Les panneaux DALBOIS CLT Mathis sont constitués de plis faits avec des planches en bois massif aboutées par entures multiples en longueur. Les plis sont ensuite empilés en couches principalement croisées à 90° et collés entre eux sur toute leur surface. Il n'y a pas de collage à chant des planches entre elles.

Les plis extérieurs des 2 faces opposées des panneaux sont orientés dans la même direction. Le nombre de plis est au minimum de trois et est impair en standard. Dans tous les cas, la configuration des plis est symétrique (géométriquement et mécaniquement) par rapport au pli central. Les espaces entre planches contiguës n'excèdent pas 6 mm.

La géométrie des panneaux DALBOIS CLT Mathis est conforme au § 1.7.2.2 du Cahier du CSTB 3802_P2. L'épaisseur des panneaux DALBOIS CLT Mathis dépend du nombre de plis et des combinaisons possibles entre les différentes épaisseurs de planches. L'épaisseur des panneaux standards varie de 60 mm à 280 mm.

Le nombre de plis des panneaux DALBOIS CLT Mathis varie entre 3 et 7 (inclus). Le nombre de plis consécutifs maximum possédant le même sens de fil c'est-à-dire orientés dans la même direction (noté $n_{//}$) dépend du nombre de plis total du panneau (noté n) :

n	**$n_{//}$ maximum**
3	1
5	≤ 2
> 5	≤ 3

Le tableau 6 donne les compositions standards des panneaux DALBOIS CLT Mathis.

Deux catégories de panneaux DALBOIS CLT Mathis sont distinguées selon l'orientation du fil des planches des plis extérieurs vis-à-vis de la grande longueur du panneau :

- Panneaux de type L « Longitudinal » lorsque l'orientation du fil des planches des plis extérieurs est parallèle vis-à-vis de la grande longueur du panneau ;
- Panneaux de type C « Croisé » lorsque l'orientation du fil des planches des plis extérieurs est perpendiculaire vis-à-vis de la grande longueur du panneau.

Dans les cas où les panneaux DALBOIS CLT Mathis peuvent être apparents (plafonds, murs de refend), différentes finitions sont proposées : non visible, visible ainsi que des finitions spéciales sur demande.

2.4.4. Caractéristiques physiques des panneaux

2.4.4.1. Masse volumique

La masse volumique du panneau DALBOIS CLT Mathis est définie par la NF EN 381 et se calcule comme suit :

- La masse volumique caractéristique du panneau DALBOIS CLT Mathis est calculée en prenant la valeur caractéristique du bois qui le constitue (valeur donnée par la NF EN 381) multipliée par 1,1 ;
- La masse volumique moyenne du panneau DALBOIS CLT Mathis est prise comme étant celle du bois qui le constitue (valeur donnée par la NF EN 381) ;
- Les calculs de levage sont réalisés avec une masse volumique de 500 kg/m^3.

Ainsi, pour un CLT réalisé avec du C24 :

Masse volumique caractéristique ρ_k	385 kg/m^3
Masse volumique moyenne ρ_{mean}	420 kg/m^3
Masse volumique pour le dimensionnement des éléments de levage	500 kg/m^3

2.4.4.2. Variations dimensionnelles

La rétractibilité du panneau dans son plan est de 0,02% pour 1% de variation d'humidité du bois.

La rétractibilité du panneau dans son épaisseur est de 0,24% pour 1% de variation d'humidité du bois.

2.4.4.3. Capacité calorifique massique

C_p = 1600 J/kg.K

2.4.4.4. Coefficient de conductivité thermique

λ = 0,13 W/m.K

2.4.4.5. Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau

Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau humide :
μ_{humide} = 20 g/m.h.mm Hg

Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau sec :
μ_{sec} = 50 g/m.h.mm Hg

2.4.4.6. Réaction au feu

En l'absence de traitements spécifiques, la réaction au feu du panneau DALBOIS CLT Mathis est : D-s2,d0 et D_{FL},s1 suivant l'annexe 3 de l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement

2.5. Fabrication

La société Mathis est certifiée : ACERBOIS GLULAM pour son bois lamellé-collé (y compris la partie aboutage) et CTB Composants et Systèmes Bois pour la fabrication du CLT.

La fabrication des panneaux DALBOIS CLT Mathis est exclusivement effectuée dans l'usine MATHIS au 3 rue des Vétérans – 67600 Muttersholtz (France).

Le processus de fabrication des panneaux comporte les étapes suivantes :

- Stockage des planches destinées à la fabrication des panneaux à une humidité de 10±2% ou 12±2% ;
- Purge de défauts et aboutage à la longueur voulue des planches longues ;
- Purge de défauts et aboutage à la longueur voulue des planches courtes ;
- Rabotage quatre faces de l'ensemble des planches ;
- Transfert des planches ;
- Remplissage de la presse avec le premier pli de planches positionnées bord à bord ;
- Encollage de la face supérieure du premier pli par aspersion automatique ; l'encollage se fait par déplacement le long du pli d'un portique automatique à vitesse constante qui dépose la quantité suffisante de colle ;
- Mise en place bord à bord des planches aboutées du lit suivant sur la face supérieure préalablement encollée des planches du lit inférieur.

Ces opérations de mise en place des planches bord à bord sont réalisées le nombre de fois nécessaire pour constituer le CLT. Plusieurs panneaux sont fabriqués successivement par empilage. Un film plastique de type polyane est interposé entre les panneaux successifs sur toute leur surface.

Les opérations suivantes sont ensuite réalisées :

- Serrage latéral pour réduire le jeu entre les planches ;
- Serrage de la presse à 100 kN/m² ;
- Stabilisation pendant au moins 48 heures à une température de 20°C ;
- Usinage du CLT individuellement en fonction de leur destination finale moyennant leur mise à dimension particulière ou la création d'ouvertures ;
- Traitement de préservation.

2.6. Contrôles de fabrication

La fabrication des panneaux DALBOIS CLT Mathis est soumise d'une part à une procédure de contrôle interne en usine mise en œuvre par le fabricant, d'autre part des contrôles externes qui sont assurés par l'institut technologique FCBA (Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement).

Le type de contrôle ainsi que leurs fréquences sont définis dans la NF EN 16351 (11/2015).

2.6.1. Contrôle interne de fabrication

Le contrôle interne est assuré tout au long du processus de fabrication. Les contrôles prévus par la NF EN 16351 (11/2015) sont présentés ci-dessous :

Module d'élasticité, résistance à la flexion, résistance à la compression, résistance à la traction et résistance au cisaillement

Le bois approvisionné par Mathis est classé selon la NF EN 14081-1 et est marqué CE. Dès l'arrivée des camions de bois, la qualité du bois est contrôlée (dimension et humidité) ainsi que l'essence. Les bois sont rentrés dans des locaux à humidité et à température contrôlées. Une fois que la production est lancée, chaque planche est contrôlée en humidité et les défauts structuraux éventuels sont purgés.

Les données géométriques de planches qui constituent le CLT sont vérifiées en mesurant leur épaisseur, leur largeur et leur longueur à chaque changement de combinaison.

Pour valider la résistance des aboutages, deux éprouvettes par poste (par équipe) et chaîne, prélevées au hasard, pour chaque combinaison de classe de résistance sont testées en flexion selon l'Annexe E de la NF EN 16351 (11/2015). Ce test permet en outre de valider la résistance du collage de l'aboutage.

Résistance du collage du joint de collage entre couches

Parmi les différentes possibilités qu'offre la NF EN 16351 (11/2015), Mathis contrôle par défaut ce point par délamination selon le protocole décrit dans l'annexe C de la NF EN 16351 (11/2015). La fréquence de prélèvement minimale est de deux éprouvettes de section entière provenant de deux CLT par poste. Une des deux éprouvettes doit comprendre des couches de bois contiguës parallèles, si elles sont produites durant le poste.

Résistance et réaction au feu

Les conformités des données géométriques, de l'essence et des propriétés mécaniques des planches constituants le CLT permet d'assurer les propriétés et résistance et de réaction au feu. Les contrôles à réception et les contrôles géométriques réalisés par Mathis permettent de répondre à ces exigences.

Stabilité dimensionnelle

Le contrôle à réception de l'essence des bois permet d'assurer ce paramètre.

Dégagement/teneur en substances dangereuses

Le contrôle à réception du type de colle permet d'assurer ce paramètre.

Durabilité de la résistance du collage

L'essence de bois et le type de colle sont contrôlés à réception.

La teneur en humidité du bois est mesurée pour chaque planche et doit être comprise entre 8% et 16%. La teneur en humidité entre deux planches à assembler au moment de l'aboutage ne doit pas varier de plus de 5%.

Durabilité vis-à-vis d'attaques biologiques

Les panneaux DALBOIS CLT Mathis sont traités selon la réglementation en vigueur. Mathis est certifié ACERBOIS GLULAM T

2.6.2. Contrôle externe

Le contrôle externe est réalisé 2 fois par an par l'organisme notifié français FCBA. Les contrôles présentent les tâches suivantes :

- Vérification le système de contrôle interne (Contrôle de Production en Usine) ;
- Réalisation d'un examen détaillé du processus de production, depuis les matières premières jusqu'aux produits finis (panneaux découpés) y compris le respect de tout le paramétrage de collage.

2.7. Identification du produit

n sortie de chaîne de fabrication et après les contrôles exécutés, les panneaux sont étiquetés avec les informations prévues par la NF EN 16351 (11/2015) :

- Le logo DALBOIS CLT M ;
- La référence de l'Avis Technique ;
- Le numéro de fabrication ;
- Le type de panneau ;
- Le type d'adhésif : PUR ;
- La méthode d'essai de résistance du collage : « Conforme en délamination » ;
- La mention « PT » pour indiquer que le produit est traité contre les attaques biologiques.

La masse du panneau avec ses accessoires est également précisée.

2.8. Dimensionnement

Mathis possède son propre bureau d'études qui dimensionne les panneaux de CLT qui sont mis en œuvre. En outre, la société Mathis est qualifiée QUALIBAT en technicité exceptionnelle en fabrication et pose de charpente traditionnelle et structure bois (code 2314) et en fabrication et pose de charpente en bois lamellé-collé (code 2344).

2.8.1. Généralités

2.8.1.1. Principes

Les principes décrits dans le § 2.5.1 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent aux panneaux structurels DALBOIS CLT Mathis.

2.8.1.2. Coefficients pour le dimensionnement

2.8.1.2.1. Calcul des résistances de calcul et des déformations à long terme

Pour les calculs ELU, conformément à la NF EN 1995-1-1 :

$$R_d = k_{\mathrm{mod}} \frac{R_k}{\gamma_M}$$

Avec :

R_d	La valeur de calcul d'une capacité résistante
R_k	La valeur caractéristique d'une capacité résistante
γ_M	Le coefficient partiel pour une propriété matérielle
k_{mod}	Le facteur de modification qui tient compte de l'effet de la durée de chargement et de l'humidité

Le coefficient de sécurité partiel est pris égal à celui du bois lamellé-collé soit, $\gamma_M = 1,25$. Pour les vérifications accidentelles, $\gamma_M = 1,0$.

Le facteur modificatif k_{mod} à appliquer au panneau DALBOIS CLT Mathis est celui du bois massif.

Pour les calculs ELS, le coefficient de déformation k_{def} à prendre en compte est :

- Pour une classe de service 1 : 0,8
- Pour une classe de service 2 : 1,0

2.8.1.2.2. Réduction des charges contribuant à l'effort tranchant aux appuis

Conformément au § 2.5.4 du Cahier du CSTB 3802_P2, les dispositions du § 6.1.7(3) de la NF EN 1995-1-1/A1 ne s'appliquent pas aux panneaux DALBOIS CLT Mathis.

2.8.1.2.3. Facteur d'effet de système ksys

Conformément au § 2.5.5 du Cahier du CSTB 3802_P2, le facteur d'effet de système k_{sys} de la NF EN 1995-1-1 ne s'applique pas pour les panneaux DALBOIS CLT Mathis, (k_{sys} = 1).

2.8.1.2.4. Facteur de correction de la résistance au cisaillement du bois kcr

Conformément au § 2.5.6 du Cahier du CSTB 3802_P2, pour les panneaux DALBOIS CLT Mathis, le risque de fissures des plis longitudinaux extérieurs (surface du panneau) sont limités par la contribution des plis transversaux adjacents, du fait de l'assemblage collé. Aussi, le facteur k_{cr} de la NF EN 1995-1-1 ne s'applique pas ($k_{cr} = 1,0$).

2.8.1.3. Charges

Les charges appliquées ainsi que leurs combinaisons sont déterminées conformément au § 2.5.3 du Cahier du CSTB 3802_P2 à savoir à partir des conditions du projet et des Eurocodes.

Conformément au § 2.5.3 du Cahier du CSTB 3802_P2, les charges permanentes devront pour certaines vérifications être scindées en deux fractions, à savoir les charges permanentes initiales et les charges permanentes de second œuvre.

La charge uniformément répartie pour les cloisons légères fixes définie dans NF EN 1991-1-1, § 5.2.2(2) et § 6.3.1.2(8) est usuellement considérée comme charge de second-œuvre, sauf lorsque l'on peut être certain que lesdites cloisons seront installées avant les éléments de second-œuvre.

Dans le cas de portées multiples, le principe de mobilité des charges variables (exploitation, neige, vent) est appliqué dans le but de déterminer les configurations les plus défavorables. La configuration de chargement sur portées multiples est décrite dans le § 2.5.7 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.2. Vérifications mécaniques

2.8.2.1. Vérifications ELU

2.8.2.1.1. ELU instantané : rigidité efficace du CLT

La méthodologie de calcul des panneaux DALBOIS CLT Mathis, reprend en les transposant à des liaisons collées, le principe de la méthode dite des Gammas décrite pour des liaisons mécaniques dans l'annexe B de la NF EN 1995-1-1. La méthode prend en compte le module de cisaillement roulant des lamelles constituant des connecteurs fictifs. Les planches longitudinales sont connectées entre elles par ces connecteurs fictifs modélisant le cisaillement roulant des planches transversales. Cette méthode est utilisable pour les CLT formés de 3 et 5 plis et peut être élargie pour 7 plis.

Avec les notations du § 2.6.1.1 du Cahier du CSTB 3802_P2, la rigidité efficace en flexion des panneaux DALBOIS CLT Mathis de 3 et 5 plis est calculée avec la formule suivante :

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^{3} \left(E_{0,mean,i} I_i + \gamma_i E_{0,mean,i} A_i a_i^2 \right)$$

La généralisation de cette méthode pour les panneaux DALBOIS CLT Mathis de plus de 5 plis est décrite dans le § 2.6.1.2 du Cahier du CSTB 3802_P2

2.8.2.1.2. ELU final

Conformément au § 2.5.9 du Cahier du CSTB 3802_P2, 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 $\psi_2 k_{def}$ approprié, puis additionnées pour les vérifications.

2.8.2.2. Vérifications ELS

2.8.2.2.1. ELS instantanée

La rigidité en flexion à considérer dans ce cas est définie au § 2.8.2.1.1 du présent dossier technique.

2.8.2.2.2. ELS finale

Conformément au § 2.5.10.2 du Cahier du CSTB 3802_P2, 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.

2.8.2.2.3. Calcul des déformations

Les vérifications des flèches doivent être menées en considérant d'une part les déformations générées par le moment fléchissant et d'autre part la déformation générée par l'effort tranchant conformément aux § 2.5.11 et 2.5.12 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.3. Dimensionnement des panneaux porteurs horizontaux : planchers

Les planchers sont réalisés essentiellement avec des panneaux dont les plis extérieurs sont orientés longitudinalement dans le sens de la portée même si les panneaux DALBOIS CLT Mathis ont une capacité porteuse dans les deux directions perpendiculaires au plan.

Pour le dimensionnement des dalles en CLT, il est possible de prendre comme modèle des éléments de 1 m de large auxquels la théorie des poutres est appliquée.

Les éléments sont considérés comme appuyés simplement à leurs extrémités et sur les appuis intermédiaires. La largeur d'appui minimale est de 45 mm. La portée libre est définie comme la longueur entre les points de rotation du panneau, à savoir le milieu géométrique pour un appui intermédiaire et à 25 mm du nu intérieur pour un appui final (Figure 1).

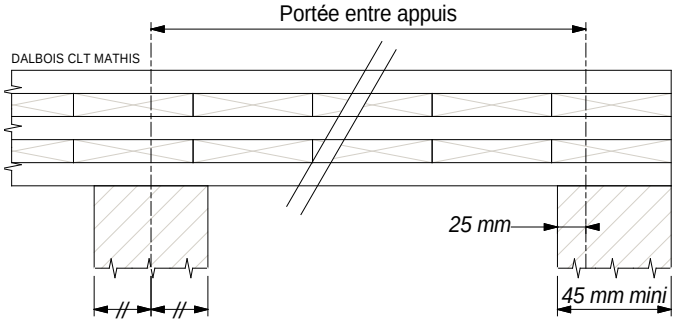


Figure 1 : Définition de la portée libre pour la modélisation des panneaux DALBOIS CLT Mathis

Les prescriptions du § 2 et du § 3 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent pour le dimensionnement des planchers DALBOIS CLT Mathis. Les paragraphes ci-dessous reprennent les points principaux et renvoient vers ce document de référence.

2.8.3.1. Charges

Les charges sont définies au § 2.8.1.3 ci-dessus et l'ensemble des éléments de précisions prescrits dans le § 3.2 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'applique.

2.8.3.2. Vérification aux ELU des contraintes normales et de flexion

Avec les notations du § 2.6.2.1 du Cahier du CSTB 3802_P2, la vérification suivante est réalisée :

$$\sigma^i_{t,x,d} + \sigma^i_{m,x,d} = (\gamma_i a_i + 0{,}5h_i)\frac{M_d}{I_{ef}} \leq f_{m,x,d}$$

Avec $f_{m,x,d}$ donné dans le tableau 5 du présent dossier technique.

2.8.3.3. Vérification aux ELU du cisaillement roulant

Avec les notations du § 2.6.2.2 du Cahier du CSTB 3802_P2, la vérification suivante est réalisée :

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

Avec $f_{r,x,d}$ donné dans le tableau 5 du présent dossier technique.

2.8.3.4. Vérification aux ELU de la compression transversale

Avec les notations du § 3.3.3 du Cahier du CSTB 3802_P2, la vérification suivante est réalisée :

$$\sigma_{c,90,x,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \leq k_{c,90,xlam} f_{c,90,flat,x,d}$$

Avec $f_{c,90,flat,x,d}$ donné dans le tableau 5 du présent dossier technique.

Le calcul du coefficient $k_{c,90,xlam}$ est donné dans le § 3.3.3 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.3.5. Vérification aux ELU du cisaillement roulant sous charge concentrée

En complément de la vérification de la contrainte de compression transversale sous charge concentrée, il convient de vérifier les contraintes de cisaillement roulant sous cette même charge concentrée. Avec les notations du § 3.3.4 du Cahier du CSTB 3802_P2, cette vérification est la suivante :

$$\tau_{r,d} \leq k_{r,pu} f_{r,i,d}$$

Avec $f_{r,i,d}$ donné dans le tableau 5 du présent dossier technique et $k_{r,pu} = 1{,}4$.

2.8.3.6. Vérification aux ELS - Flèche

Comme indiqué au § 2.8.2.2.3 précédent, 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 et d'autre part la flèche générée par l'effort tranchant en considérant le module de cisaillement du panneau.

Les trois types de flèches définies au § 2.5.11 du Cahier du CSTB 3802_P2 sont vérifiés. Les limites minimales de ces flèches sont données dans le § 3.3.5 du Cahier du CSTB 3802_P2 et sont rappelées ci-dessous.

Type de flèche	Notation	Limite
Flèche à long terme	w_{fin} et $w_{net,fin}$	L/250
Flèche instantanée due aux actions variables	$w_{Q,inst}$	L/300
Flèche active	$w_{d2,fin}$	Cf. § ci-dessous

La flèche active pouvant nuire aux revêtements de sol rigide, ne doit pas dépasser :

- Soit la valeur fixée par les DTU correspondants, si disponible ;
- Soit $\begin{cases} L/500 & pour\ une\ portée \leq 5{,}0\ m \\ 0{,}5\ cm + L/1000 & pour\ une\ portée > 5{,}0\ m \end{cases}$

Pour les planchers n'ayant pas à supporter des revêtements de sols rigides, la flèche active est limitée, par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :

$$\begin{cases} L/350 & pour\ une\ portée \leq 7{,}0\ m \\ 1{,}0\ cm + L/700 & pour\ une\ portée > 7{,}0\ m \end{cases}$$

Les prescriptions du § 3.3.5.4 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent pour les éléments de plancher en porte à faux, à savoir que la longueur des porte-à-faux sera limitée à 20% de la longueur de la travée adjacente d'équilibre. La déformation finale w_{fin} limite est de L/500, L étant la longueur de porte-à-faux.

2.8.3.7. Vérification aux ELS – critère vibratoire

Cette vérification est effectuée selon la méthode proposée au § 3.3.6 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.3.8. Conception et dimensionnement des trémies

Il est possible de réaliser des ouvertures (trémies) dans les ouvrages de panneaux DALBOIS CLT Mathis :

- Soit au moyen de renforts structuraux de type poutre (formant un chevêtre porteur), le panneau est alors calculé comme normalement supporté ;
- Soit avec des panneaux CLT seuls. Dans ce cas, les trémies constituent la plupart du temps un point faible d'un point de vue mécanique et doivent donc être modélisées et vérifiées aux états limites ultimes et aux états limites de service.

Les paragraphes suivants donnent des méthodes simplifiées pour modéliser ces ouvertures ; des méthodes par éléments finis peuvent également être envisagées.

2.8.3.8.1. Réservations de faibles dimensions

On entend par « réservations de faibles dimensions » les réservations de forme rectangulaire ou circulaire de dimensions inférieures à 300 x 300 mm.

Pour ces réservations, aucune justification particulière n'est nécessaire lorsque l'ensemble des dispositions définies dans le § 3.3.7.2 du Cahier du CSTB 3802_P2 sont vérifiées.

2.8.3.8.2. Réservations situées en bordure de panneau de plancher - Principe de décomposition

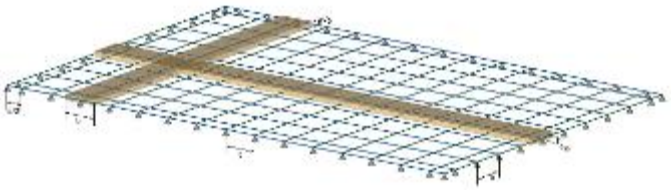
Ce principe de décomposition et les vérifications à mener sont décrits au § 3.3.7.3 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.3.8.3. Réservations intégralement comprises dans un même panneau de plancher - Principe de report de charge

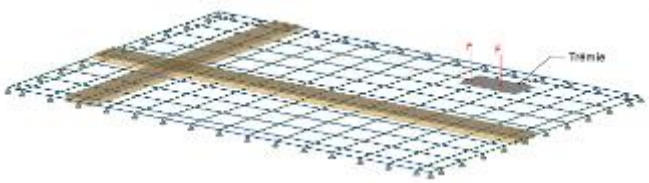
Ce principe de décomposition et les vérifications à mener sont décrits au § 3.3.7.4 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.3.8.4. Réservations modélisées par treillis de poutres

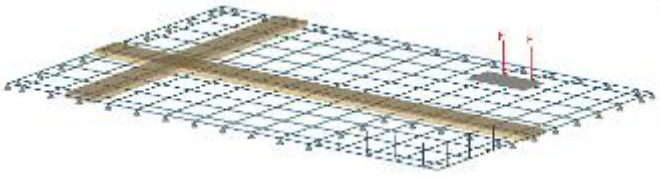
Le plancher est décomposé en un réseau de poutres représenté dans la Figure 2 et ayant les caractéristiques résumées ci-dessous.



(a) Modélisation d'un CLT rectangulaire en treillis de



(b) Modélisation d'un CLT rectangulaire avec ouverture en treillis de poutres



(c) Modélisation d'un CLT rectangulaire avec ouverture et porte à faux en treillis de poutres

Figure 2 : Modélisation de panneaux CLT en treillis avec différentes singularités

Le CLT est modélisé comme un réseau de poutres ayant l'épaisseur du CLT et une largeur maximale de 400 mm. Le maillage est réalisé de manière à ce que les poutres périphériques aient une largeur égale à la moitié de la largeur des poutres en partie courante. La géométrie du plancher modélisé n'est pas nécessairement un rectangle.

Les propriétés mécaniques des poutres constituant le plancher est $E_{0,mean}$ et $G_{0,mean}$ dans la direction parallèle au pli extérieur et $E_{90,mean}$ et $G_{90,mean}$ dans la direction perpendiculaire au pli extérieur. Avec cette modélisation la rigidité de torsion est négligée (hypothèse conservatrice). Chaque intersection de poutres est rigide et les appuis sont modélisés comme rigides en torsion.

Ce type de modélisation permet d'obtenir les efforts de la Résistance des Matériaux et les déformations des planchers isostatiques ou hyperstatiques dans le cas d'une trémie au milieu des panneaux (Figure 2 (b)), d'une trémie en périphérie de panneaux ou de porte à faux (Figure 2 (c)). À partir de ces efforts, les vérifications ELU et ELS peuvent être réalisées.

2.8.4. Dimensionnement des panneaux porteurs verticaux : murs

2.8.4.1. Charges

Les charges sont définies au § 2.8.1.3 ci-dessus.

2.8.4.2. Vérification en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges perpendiculaires à la surface du panneau

Pour la reprise des charges perpendiculaires à la surface du panneau (actions principalement dues au vent de façade), l'étude est similaire à celle d'un élément de plancher soumis à la flexion plane.

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

2.8.4.3.1. Principes

L'ensemble des prescriptions du § 4.3.3.1 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'applique.

À noter que la contrainte de compression (ou de traction) est calculée en utilisant la section nette et en utilisant l'inertie effective des panneaux (A_{net} et I_{eff}) dont les valeurs sont données dans le tableau 7 du présent dossier technique.

La vérification se fait à partir des valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques et/ou moyennes des résineux de la classe de résistance correspondante, conformément à NF EN 338 et en tenant compte du tableau 5 du présent dossier technique.

2.8.4.3.2. Vérification des contraintes de compression et flexion combinées

Le calcul des efforts de compression et de flexion combinés doit être mené selon le § 6.3.2 de NF EN 1995-1-1 en prenant $\beta_c = 0{,}1$.

Lorsqu'il y a un risque de flambement, la vérification suivante est réalisée :

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

Lorsqu'il n'y a pas de risque de flambement, la vérification suivante est réalisée :

$$\left|\frac{\sigma_{c,0,i,d}}{f_{c,0,i,d}}\right|^2 + \left|\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,flat,i,d}}\right| \leq 1$$

Les symboles et notations ci-dessus sont ceux définis dans le § 4.3.3.2 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.4.3.3. Vérification des contraintes de compression ou traction simple

Avec les notations du § 4.3.3.3 du Cahier du CSTB 3802_P2, les vérifications suivantes sont réalisées :

- Pour la compression, lorsqu'il y a risque de flambement :

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

- Pour la compression, lorsqu'il n'y a pas de risque de flambement :

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

- Pour la traction :

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

2.8.4.3.4. Vérification des contraintes de compression oblique

Avec les notations du § 4.3.3.4 du Cahier du CSTB 3802_P2, la vérification suivante est réalisée :

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F \frac{t_{xlam}}{\cos\alpha}}{\sum_i \frac{t_i}{\cos\alpha} L} \leq \frac{f_{c,0,i,d}}{\frac{f_{c,0,i,d}}{k_{c,90,xlam} f_{c,90,i,d}} \sin^2\alpha + \cos^2\alpha}$$

À noter que $\frac{t_{xlam}}{\cos\alpha} = D$ selon la Figure 3.

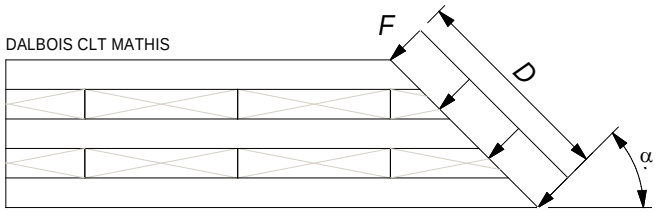


Figure 3 : Compression oblique sur un panneau DALBOIS CLT Mathis

2.8.4.3.5. Vérification des contraintes sous charges verticales ponctuelles

Avec les notations du § 4.3.3.5 du Cahier du CSTB 3802_P2, la vérification suivante est réalisée :

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

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

2.8.4.4.1. Principes

L'ensemble des prescriptions pour les panneaux de CLT du § 4.3.4.1 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'applique.

2.8.4.4.2. Vérification de la résistance au cisaillement des panneaux

Conformément au § 4.3.4.2 du Cahier du CSTB 3802_P2, la capacité résistante au cisaillement des panneaux doit être justifiée lorsque ces derniers sont soumis à des poussées horizontales dans leur plan. La vérification consiste à s'assurer qu'aucun des trois modes de rupture possibles n'est atteint à l'ELU :

- Mode 1 : Cisaillement du panneau entier :

$\tau_{xy,gross,d} = \frac{V_d}{B \cdot t_{xlam}} \leq f_{v,xy,gross,d}$ avec $f_{v,xy,gross,d} = 3{,}5\ N/mm^2$

- Mode 2 : Cisaillement au croisement des planches collées entre plis :

$\tau_{xy,net,d} = \frac{V_d}{B \cdot t_{min}} \leq f_{v,xy,net,d}$ avec $f_{v,xy,net,d} = 5{,}0\ N/mm^2$

- Mode 3 : Cisaillement des joints entre les planches :

$\tau_{tor,node,d} = \frac{V_d \cdot H}{\sum l_p} \cdot \frac{b_{min}}{2} \leq f_{v,tor,node,d}$ avec $f_{v,tor,node,d} = 2{,}5\ N/mm^2$

Les symboles et notations ci-dessus sont ceux définis dans le § 4.3.4.2 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.4.4.3. Conception des ancrages en pied

Comme le précise le § 4.3.4.3 du Cahier du CSTB 3802_P2, il sera privilégié une conception dans laquelle les efforts de soulèvement et l'effort tranchant sont repris par des connecteurs dédiés.

2.8.4.4.4. Vérification des assemblages entre panneaux adjacents

Lorsque les liaisons entre panneaux sont considérées dans les justifications du contreventement, il est nécessaire de porter une attention particulière à la conception des assemblages entre panneaux adjacents afin d'assurer le transfert entre eux des efforts de cisaillement induits par les efforts de contreventement.

Les assemblages entre panneaux dans un même plan sont décrits au § 2.10.3 du présent dossier technique.

2.8.4.4.5. Efforts de traction-compression dus au renversement

L'application en tête de mur de la poussée horizontale dans le plan des panneaux génère un moment de renversement (ou basculement) qui doit être vérifié. Cette vérification est effectuée selon le § 4.3.4.5 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.4.5. Vérification en phase définitive des éléments porteurs verticaux utilisés en poutre-voile

2.8.4.5.1.1. Vérification aux ELU

Les murs structuraux DALBOIS CLT Mathis peuvent travailler en poutre-voile et sont alors sollicités :

- En flexion dans leur plan ; dans ce cas, seuls les plis horizontaux sont considérés travaillant comme une section homogène en bois massif et en faisant abstraction des plis verticaux comme pour le dimensionnement d'un linteau conformément au § 4.3.6.1 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- En flexion hors plan ; dans ce cas le § 2.8.4.2 de ce dossier technique s'applique.
- En compression ou en traction ; dans ce cas le § 2.8.4.3.3 de ce dossier technique s'applique et dans le cas de chargements ponctuels, le §2.8.4.3.5 s'applique (seuls les plis horizontaux sont considérés travaillant) ;
- En cisaillement pour contreventer la structure ; dans ce cas le §2.8.4.2 de ce dossier technique s'applique.

En sollicitation sismique, le §2.8.5.3 s'applique. Une attention particulière devra être apportée à la vérification des connecteurs en sollicitation sismique qui devront avoir une ETE compatible avec ce mode de fonctionnement.

2.8.4.5.1.2. Vérification aux ELS

Les prescriptions du § 4.3.5 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent.

Les différents types de flèches définies au § 4.3.5 du Cahier du CSTB 3802_P2 sont vérifiés. Les limites minimales de ces flèches sont données dans les § 4.3.5.1 au § 4.3.5.3 du Cahier du CSTB 3802_P2 et sont rappelées ci-dessous.

Type de flèche	Limite
Flèche instantanée (w_{inst} *ou* $w_{Q,inst}$)	H/300
Déplacement horizontal maximal dans le plan des murs support de revêtement de façade	H/500
Flèche maximale en travée des murs support de revêtement de façade	H/500
Déplacement horizontal maximal dans le plan des murs contribuant au contreventement de la structure	H/500
Flèche maximale en travée des murs contribuant au contreventement de la structure	H/500

Les prescriptions du § 3.3.5.4 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent pour les éléments porteurs verticaux utilisés en poutre-voile en porte à faux, à savoir que la longueur des porte-à-faux sera limitée à 20% de la longueur de la travée adjacente d'équilibre. La déformation finale w_{fin} limite est de L/500, L étant la longueur de porte-à-faux.

2.8.4.6. Vérification des linteaux

Trois types de linteaux peuvent être mis en œuvre dans les murs structuraux DALBOIS CLT Mathis :

- Les linteaux constitués de poutres rapportées en bois ou dérivés du bois et appuyés sur des entailles dans le panneau de mur. Dans ce cas, leur vérification se fait conformément au § 4.3.6.1 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Les linteaux constitués de pièces rapportées de panneau structurel massif bois et appuyés sur des entailles dans le panneau de mur. Dans ce cas, leur vérification se fait conformément au § 4.3.6.1 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Les linteaux faisant partie intégrante du panneau (linteau résultant de la découpe de l'ouverture dans le panneau). Dans ce cas, leur vérification se fait conformément au § 4.3.6.2 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.4.7. Distribution des charges concentrées dans les éléments de mur

La distribution d'une charge concentrée d'une largeur d'application *w* peut être déterminée en calculant la largeur efficace $w_{ef(H/2)}$ à mi-hauteur et $w_{ef(H)}$ en pied de mur. Ces largeurs efficaces dépendent des configurations des charges concentrées données dans le § 4.3.7 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.8.5. Dispositions relatives aux ouvrages en panneaux DALBOIS CLT Mathis

2.8.5.1. Généralités

Les dispositions données dans le § 5 du Cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent aux ouvrages en panneaux DALBOIS CLT Mathis. Les paragraphes suivants reprennent les points du chapitre de ce document.

2.8.5.2. Dispositions relatives au contreventement global

2.8.5.2.1. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux sous charges horizontales

La structure de plancher en panneaux DALBOIS CLT Mathis participe au contreventement global du bâtiment par sa fonction de diaphragme.

Un plancher diaphragme DALBOIS CLT Mathis se compose de plusieurs panneaux connectés entre eux sur toute leur longueur. Les efforts de cisaillement (Figure 4 (a)) dus aux efforts horizontaux sont transmis par les assemblages entre panneaux décrits au § 2.10.3 du présent dossier technique. Ces assemblages peuvent être dimensionnés en calculant les efforts internes du diaphragme.

Par ailleurs, l'effort horizontal, parallèle au sens de portée des panneaux structuraux massifs bois, induit une flexion du diaphragme qui tend à solliciter en traction les assemblages entre panneaux situés sur la face de la poutre opposée à l'action (Figure 4 (b)).

L'analyse et la vérification de ce diaphragme au niveau des efforts internes et de la continuité des efforts horizontaux (chaînage) sont présentées dans le § 5.2.1 du Cahier du CSTB 3802_P2.

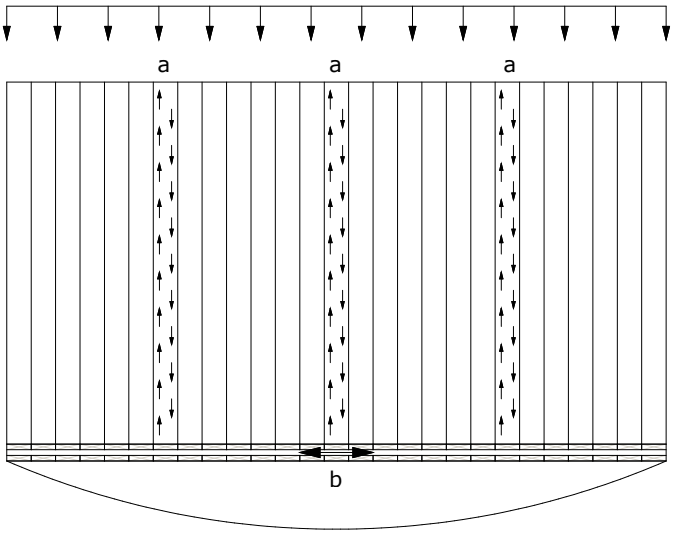


Figure 4 : Schématisation du diaphragme de plancher

2.8.5.2.2. Contribution au contreventement de la structure des éléments porteurs verticaux soumis à des charges horizontales

Les points donnés dans le § 5.2.2 du Cahier du CSTB 3802_P2 relatifs aux panneaux de CLT s'appliquent.

2.8.5.3. Dispositions relatives au dimensionnement en zone sismique

Si les panneaux DALBOIS CLT Mathis se trouvent dans une zone à risque sismique nécessitant une évaluation de la performance sous sollicitations sismiques, il convient alors d'appliquer les règles spécifiques à la NF EN 1998-1 et son annexe nationale.

Conformément au § 5.3.1 du Cahier du CSTB 3802_P2, la justification en zone sismique des panneaux CLT peut être menée en suivant le principe de comportement de structure soit dissipatif soit faiblement dissipatif. Les coefficients de comportements et les vérifications spécifiques à mener sont donnés dans les § 5.3.1.2 et 5.3.1.3 du Cahier du CSTB 3802_P2. Les murs DALBOIS CLT Mathis utilisés en poutre-voile se calculent en situation sismique selon les mêmes principes.

2.8.6. Dimensionnement vis-à-vis des situations d'incendie

La résistance, l'isolation et l'étanchéité au feu des panneaux DALBOIS CLT Mathis sont calculées conformément à l'Appréciation de laboratoire AL17-217 du CSTB.

Pour la propagation du feu en façade, les dispositions constructives permettant à la façade de participer à l'indice C+D (écran thermique, jonction façade/plancher) ainsi que les dispositions visant à limiter le risque de propagation du feu par les façades sont déterminées par application des dispositions de l'Instruction Technique 249, précisées et complétées par le guide « Bois construction et propagation du feu par les façades » rédigé en application de l'Instruction Technique 249.

2.9. Fourniture et assistance technique

Mathis calcule et fabrique les panneaux DALBOIS CLT Mathis. La pose peut être réalisée par les équipes Mathis ou tout professionnel disposant de la maîtrise du matériel nécessaire au levage d'éléments de grandes dimensions. Dans tous les cas, le bureau d'études Mathis produit un plan de pose avec au minimum les éléments figurant dans le § 1.13 du Cahier du CSTB

3802_P2. Mathis fournit en outres une assistance technique sur demande en phase de conception et de préparation d'exécution de la structure.

Mathis possède un bureau d'études intégré et est qualifiée QUALIBAT en technicité exceptionnelle en fabrication et pose de charpente traditionnelle et structure bois (code 2314) et en fabrication et pose de charpente en bois lamellé-collé (code 2344).

2.10. Mise en œuvre

2.10.1. Généralités

Lorsque les panneaux DALBOIS CLT Mathis sont utilisés pour la réalisation de bâtiments entrant dans le domaine d'application du NF 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 du présent document doivent être conformes aux prescriptions de la NF DTU 31.2 pour la conception, et aux prescriptions des Eurocodes pour le calcul.

Lorsque les panneaux structuraux massifs bois sont utilisés pour une ou plusieurs de leurs fonctions, pour la réalisation de bâtiments n'entrant pas dans le domaine d'application de la NF DTU 31.2 (par exemple panneaux utilisés pour réaliser les planchers d'un bâtiment à structure porteuse verticale en béton armé ou en maçonnerie de petits éléments), la réalisation des interfaces doit tenir compte des exigences éventuelles des textes visant les autres éléments porteurs (NF EN 1992, NF DTU 20.1, etc…). Dans ce cas, la structure porteuse formant support des panneaux structuraux massifs bois devra respecter les exigences de tolérance du support précisées au NF DTU 31.2.

De manière générale les exigences de tolérance de la NF DTU 31.2 ne préjugent pas d'exigences plus sévères liées aux autres parties d'ouvrage (par exemple revêtement de façade) ou à l'effet du cumul des tolérances.

2.10.1.1. Règles d'association

Les éléments porteurs horizontaux compatibles avec les murs DALBOIS CLT Mathis sont les suivants :

- Les planchers (ou toitures) en CLT sous Avis Technique (ou Document Technique d'Application) ou sous ATEx.
- Les planchers nervurés en bois (par exemple CLT ou LVL nervurés) sous Avis Technique (ou Document Technique d'Application) ou sous ATEx.
- Les planchers mixtes bois-béton sous Avis Technique (ou Document Technique d'Application) ou sous ATEx.
- Les structures bois conformes aux NF DTU 31.1, NF DTU 31.2, NF DTU 31.3, NF DTU 43.4, NF DTU 51.3.
- Toute structure à éléments porteurs en bois ou à base de bois calculée selon la NF EN 1995-1-1 y compris incluant des porteurs métalliques calculés selon l'Eurocode 3.

Les éléments porteurs verticaux compatibles avec les planchers DALBOIS CLT Mathis sont conformes au § 2.4.1 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.10.1.2. Organes de fixation pour assemblages structuraux

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 répondent aux exigences du § 2.3.2 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.10.1.3. Connecteurs métalliques tridimensionnels

Les connecteurs métalliques tridimensionnels utilisés pour l'assemblage de panneaux structuraux massifs bois entre eux ou avec d'autres éléments de l'ouvrage font l'objet d'un ATE, d'une ETE ou d'un AT visant la fixation dans un support bois.

Alternativement, des ferrures mécano-soudées peuvent également être utilisées. Elles se conforment alors aux dispositions des NF DTU 31.1, NF DTU 31.2 et sont dimensionnées selon la NF EN 1993 et réalisées selon la NF EN 1090-2.

Les dispositions constructives ainsi que des éléments spécifiques à leur dimensionnement sont présentés dans le § 2.3.3 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.10.1.4. Autres panneaux à base de bois à usage structurel

Les exigences et les dispositions constructives des autres panneaux à base de bois utilisés pour la réalisation de liaisons entre panneaux CLT sont présentés dans le § 2.3.4 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.10.2. Appuis

Que ce soit comme élément de plancher ou élément de mur, les panneaux DALBOIS CLT Mathis doivent être supportés aux appuis par le dessous (sauf cas particulier), soit en reposant sur le matériau support (appui simple), soit au moyen d'une pièce d'appui qui, elle, fournira le support adéquat (appui sur muralière, cornière métallique, ferrure mécano-soudée,…).

Le § 2.4.2 du Cahier du CSTB 3802_P2 distingue trois types de matériau support : bois, métal et béton. Les recommandations pour ces trois supports d'appuis décrits dans ce paragraphe du cahier ainsi que les schémas de principe s'appliquent aux panneaux DALBOIS CLT Mathis.

Pour un élément de plancher, la longueur minimale d'appui est de 45 mm. À noter que la résistance à la compression transversale sur appui dépend de la longueur d'appui du panneau sur le support.

Un élément de mur doit reposer entièrement sur son support. Toutes tolérances épuisées, un débord de l'élément de mur dans le sens de son épaisseur est possible, en s'assurant qu'il n'excède pas 10 mm ou la demi-épaisseur du pli extérieur (en retenant la plus petite des deux valeurs), sans préjuger d'exigences de tolérances plus sévères liées aux autres parties de l'ouvrage. Seuls les plis verticaux effectivement supportés peuvent alors être mobilisés pour la reprise de charges verticales.

2.10.3. Assemblage des panneaux entre eux dans un même plan

L'assemblage des panneaux DALBOIS CLT Mathis entre eux dans un même plan est réalisé par organe de fixation de type tige :

- à mi-bois,
- par vissage à 45°
- au moyen d'une ou plusieurs languettes en métal ou en panneaux à base de bois.

Le § 2.4.3 du Cahier du CSTB 3802_P2 décrit l'entraxe des organes de fixation, les caractéristiques des languettes ainsi que le type d'efforts à reprendre par ce type d'assemblage.

Différents types d'assemblages des panneaux DALBOIS CLT Mathis entre eux dans un même plan sont possibles :

- Assemblage par une languette en simple cisaillement décrit dans le § 2.4.3.1 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Assemblage par deux languettes en simple cisaillement décrit dans le § 2.4.3.2 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Assemblage par une languette en double cisaillement décrit dans le § 2.4.3.3 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Assemblage à mi-bois décrit dans le § 2.4.3.4 du Cahier du CSTB 3802_P2.

2.10.4. Assemblage de panneaux en angle (entre murs, mur-plancher)

L'assemblage des panneaux structuraux massifs bois entre eux en angle (assemblage d'angles de murs ou entre mur et plancher) est réalisé :

- Par vissage direct à chant entre les panneaux. Ce type d'assemblage est décrit dans le § 2 4.4.1 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Par vissage direct lardé entre les panneaux. Ce type d'assemblage est décrit dans le § 2.4.4.2 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Au moyen de clés vissées aux panneaux. Ce type d'assemblage est décrit dans le § 2.4.4.3 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Au moyen de connecteurs métalliques tridimensionnels. Ce type d'assemblage est décrit dans le § 2.4.4.4 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Par l'intermédiaire d'une pièce d'appui (muralière ou cornière métallique) elle-même vissée aux panneaux. Ce type d'assemblage est décrit dans le § 2.4.4.5 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Au moyen de connecteurs métalliques plats. Ce type d'assemblage est décrit dans le § 2.4.4.6 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Au moyen de connecteurs métalliques en âme. Ce type d'assemblage est décrit dans le § 2.4.4.7 du Cahier du CSTB 3802_P2.
- Au moyen de plusieurs solutions décrites ci-dessus. Ce type d'assemblage est décrit dans le § 2.4.4.8 du Cahier du CSTB 3802_P2.

Le § 2.4.4 du Cahier du CSTB 3802_P2 décrit les exigences des organes de fixation, ainsi que le type d'efforts à reprendre par ce type d'assemblage.

2.10.5. Transport, stockage et manutention (phase chantier)

2.10.5.1. Transport

Les dispositions liées au transport décrit dans le § 6.1 du cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent aux panneaux DALBOIS CLT Mathis.

2.10.5.2. Stockage sur chantier

Les dispositions liées au stockage sur chantier décrit dans le § 6.2 du cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent aux panneaux DALBOIS CLT Mathis.

2.10.5.3. Phase de mise en œuvre

Mathis met à disposition un Plan d'Assurance Qualité pour la mise en œuvre des panneaux DALBOIS CLT Mathis.

En outre, les dispositions liées à la mise en œuvre décrit dans le § 6.3 du cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent aux panneaux DALBOIS CLT Mathis. Ce paragraphe contient notamment des précisions sur :

- la prévention des accidents et la maîtrise des risques lors de la mise en œuvre et de l'entretien des panneaux ;
- la stabilité provisoire des éléments ;
- la manutention des panneaux utilisés en mur ou en plancher.

Au niveau de la manutention, le protocole de montage est établi par Mathis.

Le calcul de la charge à lever doit prendre en compte :

- Le poids du panneau en prenant une masse volumique de *500 kg/m^3* ainsi que les éléments accessoires levés avec le panneau.
- Le coefficient de charge dynamique qui prend en compte les charges dynamiques qui apparaissent lors du levage et qui dépend du type d'appareil de levage et de sa vitesse. Les valeurs de ce coefficient sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Coefficient dynamique

Engin de levage	Vitesse de levage	Coefficient dynamique
Grue fixe ou sur rail Grue mobile arrêtée	< 1 m/s > 1 m/s	1,15 1,30
Pont roulant	< 1 m/s > 1 m/s	1,15 1,60
Levage et transport sur terrain plat		2
Levage et transport sur terrain accidenté		≥4

- Le coefficient d'amplification qui dépend de l'angle d'élingage est donné dans le tableau 2.

Tableau 2 : Coefficient d'amplification

Angle entre élingues (°)	15	30	30	45	60
Coefficient	1	1,01	1,04	1,08	1,16

- Le nombre théorique de point de levage est limité à 2 en règle générale. Seule l'utilisation d'outils spécifiques comme des palonniers équilibrés ou à poulies permet de prendre en compte l'ensemble des points de fixation (Tableau 3).

Tableau 3 : Nombre théorique de points de levage

Nombre réel de points de fixation	Nombre théorique de points de fixation	
	Normal	Avec palonnier équilibré
4	2	4
3	2	3
2	2	2

2.10.5.4. Dispositions complémentaires relatives au montage

2.10.5.4.1. Dispositions relatives aux supports / tolérances

La planéité des fondations du bâtiment doit être vérifiée avant la date du montage et, le cas échéant corrigé par calage conformément aux prescriptions définis dans le § 6.3.4.1 du cahier du CSTB 3802_P2.

2.10.5.4.2. Protection en phase chantier

Des dispositions de protection en phase chantier des panneaux DALBOIS CLT Mathis doivent être prises par l'entreprise en charge des travaux. Les dispositions données dans le § 6.3.4.2 du cahier du CSTB 3802_P2 sont complétées par un PAQ disponible au sein de la société Mathis. En outres, les recommandations du guide *Construction bois et gestion de l'humidite en phase chantier* réalisé par Ingénéco Technologies à l'initiative de la FFB, de l'UIBC et de la Capeb et avec le soutien du CODIFAB Sont applicables aux panneaux DALBOIS CLT Mathis.

2.10.6. Dispositions relatives aux revêtements extérieurs

Les panneaux DALBOIS CLT Mathis ne peuvent pas être utilisés en extérieur sans revêtement extérieur. Le référentiel de ces derniers devra viser la pose sur construction à ossature bois conforme au NF DTU 31.2 ou sur support CLT. Ils pourront être de type vêture, bardage rapporté, ETICS, etc. Les recommandations données dans les § 2.12.2 à 2.12.4 du cahier du CSTB 3802_P2 s'appliquent.

Les figures en annexe montrent des exemples non exhaustifs de compositions types de mur.

2.10.7. Dispositions relatives aux revêtements intérieurs

Il est entendu dans le présent avis technique comme revêtement intérieur, tout revêtement visible à l'intérieur du bâtiment une fois la construction terminée.

2.10.7.1. Murs

Pour les murs, les revêtements intérieurs peuvent être :

- directement mis en œuvre sur le CLT ; dans ce cas le référentiel dudit revêtement doit soit viser la pose sur construction à ossature bois conforme au NF DTU 31.2 (par exemple les lambris en lames de bois conformes au NF DTU 36.2), soit viser la pose sur support CLT ;
- mis en œuvre sur un ouvrage intermédiaire (par exemple une contre-cloison en plaque de plâtre conforme au NF DTU 25.41) ; dans ce cas, le référentiel dudit ouvrage intermédiaire doit soit viser la pose sur construction à ossature bois conforme au NF DTU 31.2, soit viser la pose sur support CLT. Le référentiel du revêtement doit bien entendu viser la pose sur ledit ouvrage intermédiaire.

2.10.7.2. Plafonds

Pour les plafonds, les revêtements intérieurs peuvent être :

- directement mis en œuvre sur le CLT (par exemple les lambris en lames de bois conformes au NF DTU 36.2) ; dans ce cas le référentiel dudit revêtement doit soit viser la pose sur plancher bois conforme au NF DTU 51.3, soit viser la pose sur support CLT ;
- mis en œuvre sur un ouvrage intermédiaire (par exemple plafond en plaque de plâtre conforme au NF DTU 25.41) ; dans ce cas, le référentiel dudit ouvrage intermédiaire doit soit viser la pose sur plancher bois conforme au NF DTU 51.3, soit viser la pose sur support CLT. Le référentiel du revêtement doit bien entendu viser la pose sur ledit ouvrage intermédiaire.

2.10.7.3. Sols

Pour les sols, les revêtements intérieurs peuvent être :

- directement mis en œuvre sur le CLT ; dans ce cas le référentiel dudit revêtement doit soit viser la pose sur plancher bois conforme au NF DTU 51.3, soit viser la pose sur support CLT ;

- mis en œuvre sur un ouvrage intermédiaire (par exemple une chape) ; dans ce cas, le référentiel dudit ouvrage intermédiaire doit soit viser la pose sur plancher bois conforme au NF DTU 51.3, soit viser la pose sur support CLT. Le référentiel du revêtement doit bien entendu viser la pose sur ledit ouvrage intermédiaire.

Les figures en annexe montrent des exemples de compositions types non exhaustives de plancher.

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. §2.13.3) :
  - 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. Résultats expérimentaux

- Courrier FCBA - Objet : Conformité de votre production de bois lamellé croisé vis-à-vis des exigences de l'EN16351:2015 – 26/09/2017
- Rapport FCBA - 403/13/994 pour l'essai de flexion relatif aux aboutages
- Rapport FCBA - 403/17/7367 pour l'essai de délamination relatif au CLT 3 plis
- Rapport FCBA - 403/17/7367/1 pour l'essai de délamination relatif au CLT 7 plis
- Appréciation de laboratoire AL17-217

2.12. Références

2.12.1. Données Environnementales

Le procédé DALBOIS CLT Mathis ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Ils ne peuvent 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.

2.12.2. Autres références

- ERP de plein pied à Vouzon (41600).
  Livraison octobre 2017.
  Entreprise de construction : Mathis
  Bureau d'étude : Mathis
  Maître d'ouvrage : Commune de Vouzon
  Maitre d'œuvre : Carré d'Arche
  Contrôleur technique : Bureau Veritas Construction
  Surface de mur CLT : 146 m²
- 36 logements Eco Quartier Bas Carbone – Programme GINKO en R+3 à Méricourt (62680)
  Livraison décembre 2017
  Entreprise de construction : Mathis

Bureau d'étude : Mathis
Maître d'ouvrage : Ikéria
Maitre d'œuvre : Agence Houyez
Contrôleur technique : Qualiconsult
Surface de mur CLT : 334 m²
Surface de plancher CLT : 153 m²

- 36 logements Eco Quartier Bas Carbone – Programme KAMPARI en R+2 à Méricourt (62680)
  Livraison décembre 2017
  Entreprise de construction : Mathis
  Bureau d'étude : Mathis
  Maître d'ouvrage : Ikéria
  Maitre d'œuvre : Agence Houyez
  Contrôleur technique : Qualiconsult
  Surface de plancher CLT : 790 m²
- MIA 2 à Strasbourg (67100)
  Livraison mai 2019
  Entreprise de construction : Mathis
  Bureau d'étude : Mathis
  Maître d'ouvrage : Association Arts et Industries
  Maitre d'œuvre : AEA Architectes
  Contrôleur technique : Socotec
  Surface de plancher CLT : 390 m²
  Surface de toiture terrasse CLT : 390 m²
- Centre Technique Municipal à Le Mesnil Amelot (77990)
  Livraison octobre 2019
  Entreprise de construction : Mathis
  Bureau d'étude : Mathis
  Maître d'ouvrage : Commune du Mesnil Amelot
  Maitre d'œuvre : Alexis Dansette Architecte
  Contrôleur technique : BTP Consultants
  Surface de bandeau CLT : 200 m²
- Collège Utrillo à Paris
  Livraison janvier 2021
  Entreprise de construction : Mathis
  Bureau d'étude : Mathis
  Maître d'ouvrage : Direction du patrimoine et de l'architecture secteur scolaire
  Maitre d'œuvre : Tannk Architectes
  Surface de plancher CLT : 125 m²
  Surface de murs CLT : 95 m²
- Centre technique intercommunal à Dammartin en Goële (77230)
  Livraison juin 2021
  Entreprise de construction : Mathis
  Bureau d'étude : Mathis
  Maître d'ouvrage : Communauté de Communes Dammartin en Goele
  Maitre d'œuvre : JN Carrere
  Contrôleur technique : Qualiconsult
  Surface de plancher CLT : 21 m²

2.13. Annexes du Dossier Technique

2.13.1. Tableaux et figures et dossier technique

Tableau 4 : Dimensions et structure constitutive des panneaux DALBOIS CLT Mathis

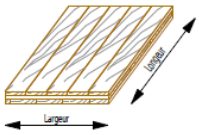
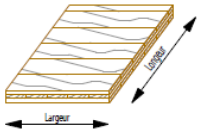
Caractéristique	Valeur
Planches	
Épaisseur	De 12 à 40 mm
Largeur	De 95 à 210 mm
Longueur	Plis longitudinaux : ≤ 13 m Plis transversaux : ≤ 3,6 m
Matériau	Résineux
Classe de résistance	≥ C18 conformément à la NF EN 338
Humidité du bois	8 à 12%
Panneaux DALBOIS CLT Mathis	
Épaisseur	De 55 à 500 mm
Largeur	≤ 3,6 m
Longueur	≤ 13 m
Nombres de plis à couches croisées	3 à 7 inclus

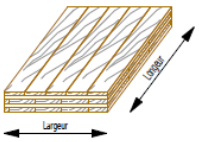
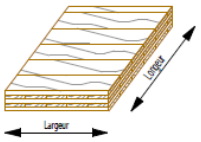
Tableau 5 : Données de résistance, propriétés mécaniques et performances des panneaux CLT DALBOIS CLT Mathis – Classe de résistance C24

	Méthode d'identification	Valeur caractéristique
Module d'élasticité		
▪ Parallèlement au sens du fil des plis extérieurs $E_{0,mean}$	NF EN 338	11 000 MPa
▪ Perpendiculairement au sens du fil des plis extérieurs $E_{90,mean}$	NF EN 338	370 MPa
Module de cisaillement		
▪ Parallèle au sens du fil des plis $G_{0,mean}$	NF EN 338	690 MPa
▪ Roulant $G_{R,mean}$	NF EN 14080	65 MPa
Résistance à la flexion		
▪ Parallèle au sens du fil des plis $f_{m,k}$	NF EN 338	24 MPa
Résistance à la traction		
▪ Parallèle au sens du fil des plis $f_{t,0,k}$	NF EN 338	14,5 MPa
▪ Perpendiculaire au sens du fil des plis $f_{t,90,k}$	NF EN 338	0,4 MPa
Résistance à la compression		
▪ Parallèle au sens du fil des plis $f_{c,0,k}$	NF EN 338	21 MPa
▪ Perpendiculaire au sens du fil des plis $f_{c,90,k}$	NF EN 16351 (11/2015)	3 MPa
Résistance au cisaillement		
▪ Parallèle au sens du fil des plis $f_{v,k}$	NF EN 338	4,0 MPa
▪ Roulant $f_{vR,k}$ –rapport entre largeur et épaisseur de la lamelle ≥ 4	NF EN 16351 (11/2015)	1,1 MPa
▪ Roulant $f_{vR,k}$ –rapport entre largeur et épaisseur de la lamelle < 4	NF EN 16351 (11/2015)	0,7 MPa

Tableau 6 : Composition standard des panneaux DALBOIS CLT Mathis

Nombre de plis	**Orientation des plis**	**Epaisseur totale (mm)**	**Epaisseur des plis (mm)**						
			P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**
3	L-C-L ou C-L-C	36*	12	12	12				
		60	20	20	20				
		80	20	40	20				
		100	40	20	40				
		120	40	40	40				
5	L-C-L-C-L ou C-L-C-L-C	60*	12	12	12	12	12		
		100	20	20	20	20	20		
		120	20	20	40	20	20		
		140	20	40	20	40	20		
		140(2)	40	20	20	20	40		
		160	40	20	40	20	40		
		180	40	40	20	40	40		
		200	40	40	40	40	40		
7	L-C-L-C-L-C-L ou C-L-C-L-C-L-C ou L-L-C-L-C-L-L ou C-C-L-C-L-C-C	84*	12	12	12	12	12	12	12
		220	40	40	20	20	20	40	40
		240	40	40	20	40	20	40	40
		260	40	40	40	20	40	40	40
		280	40	40	40	40	40	40	40
* *Section non standard*									

	Composition	
	L-C-L	C-L-C
3 plis		

	Composition	
	L-C-L-C-L	C-L-C L-C
5 plis		

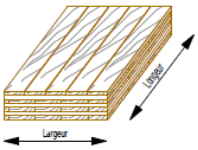
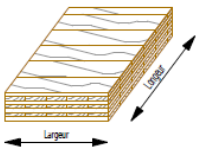
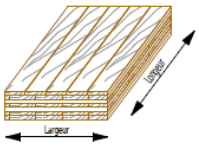
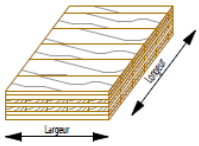
	Composition			
	L-C-L-C-L-C-L	C-L-C-L-C-L-C	L-L-C-L-C-L-L	C-C-L-C-L-C-C
7 plis				

Tableau 7 : Caractéristiques géométriques des panneaux DALBOIS CLT Mathis standards – Classe de résistance C24

PANNEAUX DE TYPE L : plis extérieurs orientés longitudinaux																				
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	I_{eff} [cm4] en fonction de la portée L				I_{eff} / I_{plein} [%] en fonction de la portée L			
		L	C	L	C	L	C	L					L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m	L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m
3	**60**	20	20	20					400	600	1 733	1 800	1 576,6	1 691,1	1 714,3	1 722,5	87,6%	93,9%	95,2%	95,7%
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	3 091,1	3 548,0	3 648,5	3 685,1	72,4%	83,2%	85,5%	86,4%
	100	40	20	40					800	1 000	8 267	8 333	6 982,2	7 896,0	8 097,1	8 170,3	83,8%	94,8%	97,2%	98,0%
	120	40	40	40					800	1 200	13 867	14 400	9 991,1	12 613,1	13 277,5	13 528,4	69,4%	87,6%	92,2%	93,9%
5	**60**	12	12	12	12	12			360	600	1 426	1 800	1 325,4	1 399,1	1 413,7	1 418,9	73,6%	77,7%	78,5%	78,8%
	100	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	5 458,3	6 270,5	6 449,2	6 514,3	65,5%	75,2%	77,4%	78,2%
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	8 882,7	10 151,8	10 431,1	10 532,8	61,7%	70,5%	72,4%	73,1%
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	10 240,0	13 189,8	13 937,2	14 219,5	44,8%	57,7%	60,9%	62,2%
	140	40	20	20	20	40			1 000	1 400	21 133	22 867	15 077,8	19 174,7	20 212,7	20 604,8	65,9%	83,9%	88,4%	90,1%
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	21 680,0	27 579,5	29 074,3	29 639,0	63,5%	80,8%	85,2%	86,8%
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	29 001,3	43 666,1	48 293,9	50 163,8	43,5%	65,5%	72,4%	75,2%
7L	**84**	24	12	12	12	24			600	840	4 565	4 939	3 980,7	4 402,3	4 491,0	4 523,0	80,6%	89,1%	90,9%	91,6%
	220	80	20	20	20	80			1 800	2 200	87 000	88 733	50 558,2	73 013,8	80 100,0	82 963,3	57,0%	82,3%	90,3%	93,5%
	240	80	20	40	20	80			2 000	2 400	111 467	115 200	63 869,2	93 198,9	102 454,5	106 194,3	55,4%	80,9%	88,9%	92,2%
	260	80	40	20	40	80			1 800	2 600	138 200	146 467	55 950,2	98 960,0	117 233,2	125 507,8	38,2%	67,6%	80,0%	85,7%
	280	80	40	40	40	80			2 000	2 800	169 067	182 933	67 523,8	120 622,2	143 181,7	153 397,3	36,9%	65,9%	78,3%	83,9%
7	**84**	12	12	12	12	12	12	12	480	840	3 514	4 939	4 397,0	3 450,6	3 485,3	3 497,6	89,0%	69,9%	70,6%	70,8%
	140	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	18 142,1	15 483,0	15 908,4	16 063,1	79,3%	67,7%	69,6%	70,2%
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	61 743,3	64 098,8	77 674,4	73 424,1	53,6%	55,6%	67,4%	63,7%
	260	40	40	40	20	40	40	40	1 600	2 600	106 133	146 467	75 909,9	75 348,2	97 444,4	85 876,7	51,8%	51,4%	66,5%	58,6%
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	96 686,8	108 328,6	119 405,4	123 863,7	52,9%	59,2%	65,3%	67,7%

PANNEAUX DE TYPE C : plis extérieurs orientés transversalement																				
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	I_{eff} [cm4] en fonction de la portée L				I_{eff} / I_{plein} [%] en fonction de la portée L			
		C	L	C	L	C	L	C					L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m	L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m
3	**60**	20	20	20					200	600	67	1 800	66,7	66,7	66,7	66,7	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%
	80	20	40	20					400	800	533	4 267	533,3	533,3	533,3	533,3	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	100	40	20	40					200	1 000	67	8 333	66,7	66,7	66,7	66,7	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
	120	40	40	40					400	1 200	533	14 400	533,3	533,3	533,3	533,3	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%
5	**100**	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	1576,6	1691,1	1714,3	1722,5	18,9%	20,3%	20,6%	20,7%
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	3091,1	3548,0	3648,5	3685,1	21,5%	24,6%	25,3%	25,6%
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	6982,2	7896,0	8097,1	8170,3	30,5%	34,5%	35,4%	35,7%
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	3091,1	3548,0	3648,5	3685,1	9,1%	10,4%	10,7%	10,8%
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	9991,1	12613,1	13277,5	13528,4	15,0%	18,9%	19,9%	20,3%
7	**140**	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	5458,3	6270,5	6449,2	6514,3	23,9%	27,4%	28,2%	28,5%
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	21680,0	27579,5	29074,3	29639,0	18,8%	23,9%	25,2%	25,7%
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	29001,3	43666,1	48293,9	50163,8	15,9%	23,9%	26,4%	27,4%

Tableau 8 : Valeurs des résistances caractéristiques des panneaux DALBOIS CLT Mathis – classe de résistance C24

PANNEAUX DE TYPE L : plis extérieurs orientés longitudinaux																		
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{m,mean}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	$f_{m,k}$ dans plan [MPa]
		L	C	L	C	L	C	L													
3	36	12	12	12					240	360	374	389	23,11	9,33	14,00	1,06	10 593	7 333	62,16	16,00
	60	20	20	20					400	600	1 733	1 800	23,11	9,33	14,00	1,06	10 593	7 333	62,16	16,00
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	21,00	7,00	10,50	0,96	9 625	5 500	54,28	12,00
	100	40	20	40					800	1 000	8 267	8 333	23,81	11,20	16,80	1,09	10 912	8 800	78,61	19,20
	120	40	40	40					800	1 200	13 867	14 400	23,11	9,33	14,00	0,67	10 593	7 333	62,16	16,00
5	60	12	12	12	12	12			360	600	1 426	1 800	19,01	8,40	12,60	0,87	8 712	6 600	74,59	14,40
	100	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	19,01	8,40	12,60	0,87	8 712	6 600	74,59	14,40
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	17,78	9,33	14,00	0,81	8 148	7 333	93,95	16,00
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	15,32	6,00	9,00	0,70	7 023	4 714	62,04	10,29
	140	40	20	20	20	40			1 000	1 400	21 133	22 867	22,18	10,00	15,00	1,02	10 166	7 857	80,53	17,14
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	21,38	10,50	15,75	0,98	9 797	8 250	98,26	18,00
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	19,01	8,40	12,60	0,55	8 712	6 600	74,59	14,40
7L	84	24	12	12	12	24			600	840	4 565	4 939	22,18	10,00	15,00	1,02	10 166	7 857	80,53	17,14
	220	80	20	20	20	80			1 800	2 200	87 000	88 733	23,53	11,45	17,18	1,08	10 785	9 000	94,28	19,64
	240	80	20	40	20	80			2 000	2 400	111 467	115 200	23,22	11,67	17,50	1,06	10 644	9 167	109,52	20,00
	260	80	40	20	40	80			1 800	2 600	138 200	146 467	22,65	9,69	14,54	1,04	10 379	7 615	71,42	16,62
	280	80	40	40	40	80			2 000	2 800	169 067	182 933	22,18	10,00	15,00	0,65	10 166	7 857	80,53	17,14
7	84	12	12	12	12	12	12	12	480	840	3 514	4 939	17,07	8,00	12,00	0,78	7 825	6 286	79,92	13,71
	140	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	17,07	8,00	12,00	0,78	7 825	6 286	79,92	13,71
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	17,67	7,00	10,50	0,81	8 097	5 500	66,24	12,00
	260	40	40	40	20	40	40	40	1 600	2 600	106 133	146 467	17,39	8,62	12,92	0,51	7 971	6 769	85,63	14,77
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	17,07	8,00	12,00	0,50	7 825	6 286	79,92	13,71

PANNEAUX DE TYPE C : plis extérieurs orientés transversalement																				
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{m,mean}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	$f_{m,k}$ dans plan [MPa]
		C	L	C	L	C	L	C												
3	**60**	20	20	20					200	600	67	1 800	0,89	4,67	7,00	1,06	407	3 667	62,16	8,00
	80	20	40	20					400	800	533	4 267	3,00	7,00	10,50	0,96	1 375	5 500	98,26	12,00
	100	40	20	40					200	1 000	67	8 333	0,19	2,80	4,20	1,09	88	2 200	43,43	4,80
	120	40	40	40					400	1 200	533	14 400	0,89	4,67	7,00	0,67	407	3 667	62,16	8,00
5	**100**	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	19,01	8,40	12,60	0,87	8 712	6 600	74,59	9,60
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	17,78	9,33	14,00	0,81	8 148	7 333	66,24	8,00
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	15,32	6,00	9,00	0,70	7 023	4 714	112,30	13,71
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	21,38	10,50	15,75	0,98	9 797	8 250	54,28	6,00
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	19,01	8,40	12,60	0,55	8 712	6 600	74,59	9,60
7	**140**	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	17,07	8,00	12,00	0,78	7 825	6 286	79,92	10,29
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	17,67	7,00	10,50	0,81	8 097	5 500	93,95	12,00
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	17,07	8,00	12,00	0,50	7 825	6 286	79,92	10,29

Tableau 9 : Caractéristiques géométriques des panneaux DALBOIS CLT Mathis standards – Classe de résistance C30

PANNEAUX DE TYPE L : plis extérieurs orientés longitudinaux																			
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	I_{eff} [cm4] en fonction de la portée L				I_{eff} / I_{plein} [%] en fonction de la portée L			
		L	C	L	C	L	C	L					L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m	L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m
3	**60**	20	20	20					400	600	1 733	1 800	1 563,9	1 687,3	1 712,6	1 721,6	86,9%	93,7%	95,1%	95,6%
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	3 043,9	3 532,1	3 641,0	3 680,8	71,3%	82,8%	85,3%	86,3%
	100	40	20	40					800	1 000	8 267	8 333	6 887,8	7 864,1	8 082,0	8 161,6	82,7%	94,4%	97,0%	97,9%
	120	40	40	40					800	1 200	13 867	14 400	9 752,0	12 511,2	13 226,6	13 498,6	67,7%	86,9%	91,9%	93,7%
5	**60**	12	12	12	12	12			360	600	1 426	1 800	1 317,0	1 396,7	1 412,6	1 418,3	73,2%	77,6%	78,5%	78,8%
	100	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	5 374,3	6 242,2	6 435,9	6 506,6	64,5%	74,9%	77,2%	78,1%
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	8 751,6	10 107,6	10 410,2	10 520,8	60,8%	70,2%	72,3%	73,1%
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	9 971,1	13 075,1	13 879,9	14 185,9	43,6%	57,2%	60,7%	62,0%
	140	40	20	20	20	40			1 000	1 400	21 133	22 867	14 704,2	19 015,5	20 133,2	20 558,2	64,3%	83,2%	88,0%	89,9%
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	21 142,1	27 350,3	28 959,8	29 571,8	61,9%	80,1%	84,8%	86,6%
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	27 890,4	42 994,8	47 923,3	49 937,6	41,8%	64,5%	71,9%	74,9%
7L	**84**	24	12	12	12	24			600	840	4 565	4 939	3 935,4	4 388,1	4 484,5	4 519,2	79,7%	88,8%	90,8%	91,5%
	220	80	20	20	20	80			1 800	2 200	87 000	88 733	48 857,1	71 985,8	79 532,5	82 616,9	55,1%	81,1%	89,6%	93,1%
	240	80	20	40	20	80			2 000	2 400	111 467	115 200	61 647,4	91 856,3	101 713,2	105 741,8	53,5%	79,7%	88,3%	91,8%
	260	80	40	20	40	80			1 800	2 600	138 200	146 467	53 367,4	96 539,5	115 658,6	124 476,2	36,4%	65,9%	79,0%	85,0%
	280	80	40	40	40	80			2 000	2 800	169 067	182 933	64 335,1	117 633,9	141 237,8	152 123,7	35,2%	64,3%	77,2%	83,2%
7	**84**	12	12	12	12	12	12	12	480	840	3 514	4 939	3 255,1	3 445,0	3 482,8	3 496,2	65,9%	69,7%	70,5%	70,8%
	140	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	13 339,5	15 415,6	15 876,6	16 044,8	58,3%	67,4%	69,4%	70,2%
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	41 286,8	63 133,6	70 211,7	73 099,8	35,8%	54,8%	60,9%	63,5%
	260	40	40	40	20	40	40	40	1 600	2 600	106 133	146 467	49 443,9	74 257,0	82 252,6	85 511,0	33,8%	50,7%	56,2%	58,4%
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	69 972,0	106 716,2	118 520,6	123 324,8	38,3%	58,3%	64,8%	67,4%

PANNEAUX DE TYPE C : plis extérieurs orientés transversalement																				
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	I_{eff} [cm4] en fonction de la portée L				I_{eff} / I_{plein} [%] en fonction de la portée L			
		C	L	C	L	C	L	C					L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m	L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m
3	**60**	20	20	20					200	600	1 733	1 800	66,7	66,7	66,7	66,7	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	533,3	533,3	533,3	533,3	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	100	40	20	40					200	1 000	8 267	8 333	66,7	66,7	66,7	66,7	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
	120	40	40	40					400	1 200	13 867	14 400	533,3	533,3	533,3	533,3	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%
5	**100**	20	20	20	20	20			200	1 000	6 600	8 333	1563,9	1687,3	1712,6	1721,6	18,8%	20,2%	20,6%	20,7%
	120	20	20	40	20	20			200	1 200	10 667	14 400	3043,9	3532,1	3641,0	3680,8	21,1%	24,5%	25,3%	25,6%
	140	20	40	20	40	20			400	1 400	14 600	22 867	6887,8	7864,1	8082,0	8161,6	30,1%	34,4%	35,3%	35,7%
	160	40	20	40	20	40			200	1 600	30 400	34 133	3043,9	3532,1	3641,0	3680,8	8,9%	10,3%	10,7%	10,8%
	200	40	40	40	40	40			400	2 000	52 800	66 667	9752,0	12511,2	13226,6	13498,6	14,6%	18,8%	19,8%	20,2%
7	**140**	20	20	20	20	20	20	20	200	1 400	16 267	22 867	5374,3	6242,2	6435,9	6506,6	23,5%	27,3%	28,1%	28,5%
	240	40	40	20	40	20	40	40	400	2 400	84 800	115 200	21142,1	27350,3	28959,8	29571,8	18,4%	23,7%	25,1%	25,7%
	280	40	40	40	40	40	40	40	400	2 800	130 133	182 933	27890,4	42994,8	47923,3	49937,6	15,2%	23,5%	26,2%	27,3%

Tableau 10 : Valeurs des résistances caractéristiques des panneaux DALBOIS CLT Mathis – classe de résistance C30

PANNEAUX DE TYPE L : plis extérieurs orientés longitudinaux																			
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm³]	A_{plein} [cm²]	I_{net} [cm⁴]	I_{plein} [cm⁴]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{m,mean}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	$f_{m,k}$ dans plan [MPa]
		L	C	L	C	L	C	L												
3	36	12	12	12					240	360	374	389	28,89	12,00	15,33	1,06	11 556	8 000	62,50	20,00
	60	20	20	20					400	600	1 733	1 800	28,89	12,00	15,33	1,06	11 556	8 000	62,50	20,00
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	26,25	9,00	11,50	0,96	10 500	6 000	54,44	15,00
	100	40	20	40					800	1 000	8 267	8 333	29,76	14,40	18,40	1,09	11 904	9 600	79,41	24,00
	120	40	40	40					800	1 200	13 867	14 400	28,89	12,00	15,33	0,67	11 556	8 000	62,50	20,00
5	60	12	12	12	12	12			360	600	1 426	1 800	23,76	10,80	13,80	0,87	9 504	7 200	62,50	18,00
	100	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	23,76	10,80	13,80	0,87	9 504	7 200	62,50	18,00
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	22,22	12,00	15,33	0,81	8 889	8 000	71,02	20,00
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	19,15	7,71	9,86	0,70	7 662	5 143	54,44	12,86
	140	40	20	20	20	40			1 000	1 400	21 133	22 867	27,73	12,86	16,43	1,02	11 090	8 571	71,02	21,43
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	26,72	13,50	17,25	0,98	10 688	9 000	79,41	22,50
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	23,76	10,80	13,80	0,55	9 504	7 200	62,50	18,00
7L	84	24	12	12	12	24			600	840	4 565	4 939	27,73	12,86	16,43	1,02	11 090	8 571	71,02	21,43
	220	80	20	20	20	80			1 800	2 200	87 000	88 733	29,41	14,73	18,82	1,08	11 766	9 818	87,50	24,55
	240	80	20	40	20	80			2 000	2 400	111 467	115 200	29,03	15,00	19,17	1,06	11 611	10 000	95,24	25,00
	260	80	40	20	40	80			1 800	2 600	138 200	146 467	28,31	12,46	15,92	1,04	11 323	8 308	66,76	20,77
	280	80	40	40	40	80			2 000	2 800	169 067	182 933	27,73	12,86	16,43	0,65	11 090	8 571	71,02	21,43
7	84	12	12	12	12	12	12	12	480	840	3 514	4 939	21,34	10,29	13,14	0,78	8 536	6 857	62,50	17,14
	140	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	21,34	10,29	13,14	0,78	8 536	6 857	62,50	17,14
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	22,08	9,00	11,50	0,81	8 833	6 000	58,33	15,00
	260	40	40	40	20	40	40	40	1 600	2 600	106 133	146 467	21,74	11,08	14,15	0,51	8 695	7 385	62,50	18,46
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	21,34	10,29	13,14	0,50	8 536	6 857	62,50	17,14

PANNEAUX DE TYPE C : plis extérieurs orientés transversalement																			
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm³]	A_{plein} [cm²]	I_{net} [cm⁴]	I_{plein} [cm⁴]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{m,mean}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	$f_{m,k}$ dans plan [MPa]
		C	L	C	L	C	L	C												
3	**60**	20	20	20					400	600	1 733	1 800	28,89	6,00	7,67	1,06	11 556	4 000	62,50	10,00
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	26,25	9,00	11,50	0,96	10 500	6 000	54,44	15,00
	100	40	20	40					800	1 000	8 267	8 333	29,76	3,60	4,60	1,09	11 904	2 400	79,41	6,00
	120	40	40	40					800	1 200	13 867	14 400	28,89	6,00	7,67	0,67	11 556	4 000	62,50	10,00
5	**100**	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	23,76	3,60	4,60	0,87	9 504	2 400	62,50	12,00
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	22,22	3,00	3,83	0,81	8 889	2 000	71,02	10,00
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	19,15	5,14	6,57	0,70	7 662	3 429	54,44	17,14
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	26,72	2,25	2,88	0,98	10 688	1 500	79,41	7,50
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	23,76	3,60	4,60	0,55	9 504	2 400	62,50	12,00
7	**140**	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	21,34	2,57	3,29	0,78	8 536	1 714	62,50	12,86
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	22,08	3,00	3,83	0,81	8 833	2 000	58,33	15,00
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	21,34	2,57	3,29	0,50	8 536	1 714	62,50	12,86

Tableau 11 : Caractéristiques géométriques des panneaux DALBOIS CLT Mathis standards – Classe de résistance C18

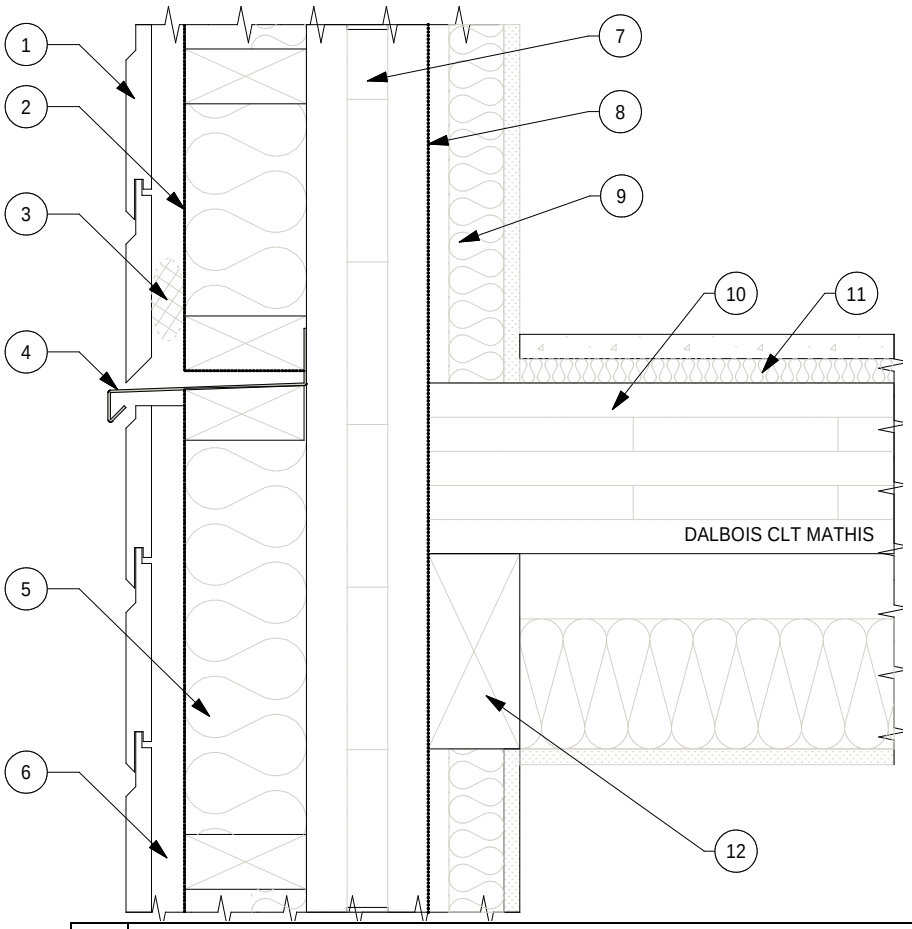
PANNEAUX DE TYPE L : plis extérieurs orientés longitudinaux																				
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	I_{eff} [cm4] en fonction de la portée L				I_{eff} / I_{plein} [%] en fonction de la portée L			
		L	C	L	C	L	C	L					L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m	L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m
3	**60**	20	20	20					400	600	1 733	1 800	1 602,8	1 698,6	1 717,7	1 724,5	89,0%	94,4%	95,4%	95,8%
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	3 190,3	3 580,2	3 663,6	3 693,8	74,8%	83,9%	85,9%	86,6%
	100	40	20	40					800	1 000	8 267	8 333	7 180,5	7 960,5	8 127,3	8 187,6	86,2%	95,5%	97,5%	98,3%
	120	40	40	40					800	1 200	13 867	14 400	10 511,0	12 822,4	13 380,5	13 588,6	73,0%	89,0%	92,9%	94,4%
5	**60**	12	12	12	12	12			360	600	1 426	1 800	1 342,5	1 403,8	1 415,8	1 420,1	74,6%	78,0%	78,7%	78,9%
	100	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	5 634,5	6 327,8	6 476,1	6 529,7	67,6%	75,9%	77,7%	78,4%
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	9 158,1	10 241,4	10 473,1	10 556,9	63,6%	71,1%	72,7%	73,3%
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	10 824,9	13 425,2	14 053,1	14 287,2	47,3%	58,7%	61,5%	62,5%
	140	40	20	20	20	40			1 000	1 400	21 133	22 867	15 890,2	19 501,7	20 373,8	20 698,8	69,5%	85,3%	89,1%	90,5%
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	22 849,8	28 050,5	29 306,2	29 774,3	66,9%	82,2%	85,9%	87,2%
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	31 530,8	45 076,3	49 053,2	50 622,7	47,3%	67,6%	73,6%	75,9%
7L	**84**	24	12	12	12	24			600	840	4 565	4 939	4 074,9	4 430,9	4 504,3	4 530,5	82,5%	89,7%	91,2%	91,7%
	220	80	20	20	20	80			1 800	2 200	87 000	88 733	54 431,6	75 173,1	81 262,8	83 666,1	61,3%	84,7%	91,6%	94,3%
	240	80	20	40	20	80			2 000	2 400	111 467	115 200	68 928,3	96 019,3	103 973,2	107 112,2	59,8%	83,4%	90,3%	93,0%
	260	80	40	20	40	80			1 800	2 600	138 200	146 467	62 126,7	104 224,2	120 525,4	127 627,2	42,4%	71,2%	82,3%	87,1%
	280	80	40	40	40	80			2 000	2 800	169 067	182 933	75 149,0	127 121,2	147 246,2	156 013,9	41,1%	69,5%	80,5%	85,3%
7	**84**	12	12	12	12	12	12	12	480	840	3 514	4 939	3 315,9	3 461,9	3 490,4	3 500,5	67,1%	70,1%	70,7%	70,9%
	140	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	13 963,9	15 619,6	15 972,3	16 099,7	61,1%	68,3%	69,8%	70,4%
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	46 581,0	66 125,1	71 832,2	74 081,7	40,4%	57,4%	62,4%	64,3%
	260	40	40	40	20	40	40	40	1 600	2 600	106 133	146 467	55 481,8	77 638,2	84 081,1	86 618,3	37,9%	53,0%	57,4%	59,1%
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	78 922,0	111 710,8	121 217,0	124 956,4	43,1%	61,1%	66,3%	68,3%
PANNEAUX DE TYPE C : plis extérieurs orientés transversalement																				
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	I_{eff} [cm4] en fonction de la portée L				I_{eff} / I_{plein} [%] en fonction de la portée L			
		C	L	C	L	C	L	C					L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m	L = 2 m	L = 4 m	L = 6 m	L = 8 m
3	**60**	20	20	20					200	600	67	1 800	66,7	66,7	66,7	66,7	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%
	80	20	40	20					400	800	533	4 267	533,3	533,3	533,3	533,3	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	100	40	20	40					200	1 000	67	8 333	66,7	66,7	66,7	66,7	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
	120	40	40	40					400	1 200	533	14 400	533,3	533,3	533,3	533,3	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%
5	**100**	20	20	20	20	20			200	1 000	6 600	8 333	1602,8	1698,6	1717,7	1724,5	19,2%	20,4%	20,6%	20,7%
	120	20	20	40	20	20			200	1 200	10 667	14 400	3190,3	3580,2	3663,6	3693,8	22,2%	24,9%	25,4%	25,7%
	140	20	40	20	40	20			400	1 400	14 600	22 867	7180,5	7960,5	8127,3	8187,6	31,4%	34,8%	35,5%	35,8%
	160	40	20	40	20	40			200	1 600	30 400	34 133	3190,3	3580,2	3663,6	3693,8	9,3%	10,5%	10,7%	10,8%
	200	40	40	40	40	40			400	2 000	52 800	66 667	10511,0	12822,4	13380,5	13588,6	15,8%	19,2%	20,1%	20,4%
7	**140**	20	20	20	20	20	20	20	200	1 400	16 267	22 867	5634,5	6327,8	6476,1	6529,7	24,6%	27,7%	28,3%	28,6%
	240	40	40	20	40	20	40	40	400	2 400	84 800	115 200	22849,8	28050,5	29306,2	29774,3	19,8%	24,3%	25,4%	25,8%
	280	40	40	40	40	40	40	40	400	2 800	130 133	182 933	31530,8	45076,3	49053,2	50622,7	17,2%	24,6%	26,8%	27,7%

Tableau 12 : Valeurs des résistances caractéristiques des panneaux DALBOIS CLT Mathis – classe de résistance C18

PANNEAUX DE TYPE L : plis extérieurs orientés longitudinaux																			
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{m,mean}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	$f_{m,k}$ dans plan [MPa]
		L	C	L	C	L	C	L												
3	36	12	12	12					240	360	374	389	17,33	9,33	14,00	1,06	8 667	6 000	61,20	12,00
	60	20	20	20					400	600	1 733	1 800	17,33	9,33	14,00	1,06	8 667	6 000	61,20	12,00
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	15,75	7,00	10,50	0,96	7 875	4 500	53,85	9,00
	100	40	20	40					800	1 000	8 267	8 333	17,86	11,20	16,80	1,09	8 928	7 200	76,36	14,40
	120	40	40	40					800	1 200	13 867	14 400	17,33	9,33	14,00	0,67	8 667	6 000	61,20	12,00
5	60	12	12	12	12	12			360	600	1 426	1 800	14,26	8,40	12,60	0,87	7 128	5 400	61,20	10,80
	100	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	14,26	8,40	12,60	0,87	7 128	5 400	61,20	10,80
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	13,33	9,33	14,00	0,81	6 667	6 000	68,90	12,00
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	11,49	6,00	9,00	0,70	5 746	3 857	53,85	7,71
	140	40	20	20	20	40			1 000	1 400	21 133	22 867	16,64	10,00	15,00	1,02	8 318	6 429	68,90	12,86
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	16,03	10,50	15,75	0,98	8 016	6 750	76,36	13,50
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	14,26	8,40	12,60	0,55	7 128	5 400	61,20	10,80
7L	84	24	12	12	12	24			600	840	4 565	4 939	16,64	10,00	15,00	1,02	8 318	6 429	68,90	12,86
	220	80	20	20	20	80			1 800	2 200	87 000	88 733	17,65	11,45	17,18	1,08	8 824	7 364	83,45	14,73
	240	80	20	40	20	80			2 000	2 400	111 467	115 200	17,42	11,67	17,50	1,06	8 708	7 500	90,14	15,00
	260	80	40	20	40	80			1 800	2 600	138 200	146 467	16,98	9,69	14,54	1,04	8 492	6 231	65,06	12,46
	280	80	40	40	40	80			2 000	2 800	169 067	182 933	16,64	10,00	15,00	0,65	8 318	6 429	68,90	12,86
7	84	12	12	12	12	12	12	12	480	840	3 514	4 939	12,80	8,00	12,00	0,78	6 402	5 143	61,20	10,29
	140	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	12,80	8,00	12,00	0,78	6 402	5 143	61,20	10,29
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	13,25	7,00	10,50	0,81	6 625	4 500	57,41	9,00
	260	40	40	40	20	40	40	40	1 600	2 600	106 133	146 467	13,04	8,62	12,92	0,51	6 522	5 538	61,20	11,08
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	12,80	8,00	12,00	0,50	6 402	5 143	61,20	10,29

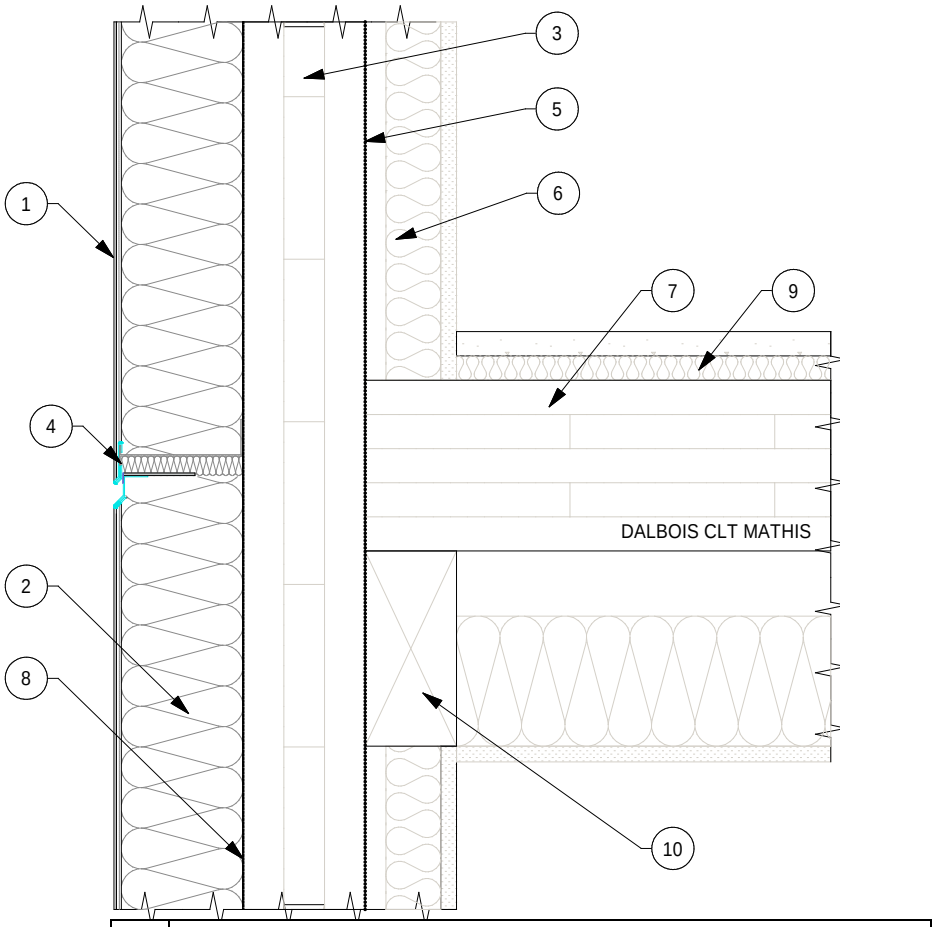
PANNEAUX DE TYPE C : plis extérieurs orientés transversalement																			
Nombre de plis	Epaisseur [mm]	Composition							A_{net} [cm^3]	A_{plein} [cm^2]	I_{net} [cm^4]	I_{plein} [cm^4]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{m,mean}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	$f_{m,k}$ dans plan [MPa]
		C	L	C	L	C	L	C												
3	**60**	20	20	20					400	600	1 733	1 800	0,67	4,67	7,00	1,06	333	3 000	61,20	6,00
	80	20	40	20					400	800	3 733	4 267	2,25	7,00	10,50	0,96	1 125	4 500	53,85	9,00
	100	40	20	40					800	1 000	8 267	8 333	0,14	2,80	4,20	1,09	72	1 800	76,36	3,60
	120	40	40	40					800	1 200	13 867	14 400	0,67	4,67	7,00	0,67	333	3 000	61,20	6,00
5	**100**	20	20	20	20	20			600	1 000	6 600	8 333	14,26	2,80	4,20	0,87	7 128	1 800	61,20	7,20
	120	20	20	40	20	20			800	1 200	10 667	14 400	13,33	2,33	3,50	0,81	6 667	1 500	68,90	6,00
	140	20	40	20	40	20			600	1 400	14 600	22 867	11,49	4,00	6,00	0,70	5 746	2 571	53,85	10,29
	160	40	20	40	20	40			1 200	1 600	30 400	34 133	16,03	1,75	2,63	0,98	8 016	1 125	76,36	4,50
	200	40	40	40	40	40			1 200	2 000	52 800	66 667	14,26	2,80	4,20	0,55	7 128	1 800	61,20	7,20
7	**140**	20	20	20	20	20	20	20	800	1 400	16 267	22 867	12,80	2,00	3,00	0,78	6 402	1 286	61,20	7,71
	240	40	40	20	40	20	40	40	1 200	2 400	84 800	115 200	13,25	2,33	3,50	0,81	6 625	1 500	57,41	9,00
	280	40	40	40	40	40	40	40	1 600	2 800	130 133	182 933	12,80	2,00	3,00	0,50	6 402	1 286	61,20	7,71

Les figures de cette annexe sont informatives et représentent de façon non exhaustive des compositions possibles sous DTU ou DTA, auxquelles les parois DALBOIS CLT M peuvent participer, dans la limite des domaines d'emploi visés par les référentiels techniques dont le procédé envisagé relève, et notamment, pour les revêtements extérieurs, la hauteur admissible des ouvrages.



①	Système de bardage rapporté sous DTU, AT ou DTA visant la pose sur COB
②	Pare-pluie
③	Système d'obturation de lame d'air en cas d'incendie
④	Déflecteur conforme à l'Appréciation de Laboratoire au feu
⑤	ITE jouant le rôle d'écran thermique (laine de roche)
⑥	Tasseaux
⑦	Mur DALBOIS CLT MATHIS
⑧	Pare-vapeur positionné côté intérieur du mur
⑨	Système de doublage intérieur (avec ou sans isolant)
⑩	Plancher DALBOIS CLT MATHIS
⑪	Complexe de sol
⑫	Muralière

Figure 5 : Exemple de paroi DALBOIS CLT-Mathis avec bardage ventilé et liaison avec plancher DALBOIS CLT-Mathis



①	Enduit sous DTA ou AT visant la pose sur COB
②	Isolation thermique sous DTA ou AT ou ATEx visant la pose sur COB
③	Mur DALBOIS CLT MATHIS
④	Joint de fractionnement horizontal
⑤	Pare-vapeur positionné côté intérieur du mur
⑥	Système de doublage intérieur (avec ou sans isolant)
⑦	Plancher DALBOIS CLT MATHIS
⑧	Pare-pluie
⑨	Complexe de sol
⑩	Muralière

Figure 6 : Exemple de paroi DALBOIS CLT-M avec ITE et liaison avec plancher DALBOIS CLT-M (se reporter à l'Appréciation de laboratoire lorsqu'il y a une exigence de non-propagation du feu par les façades)

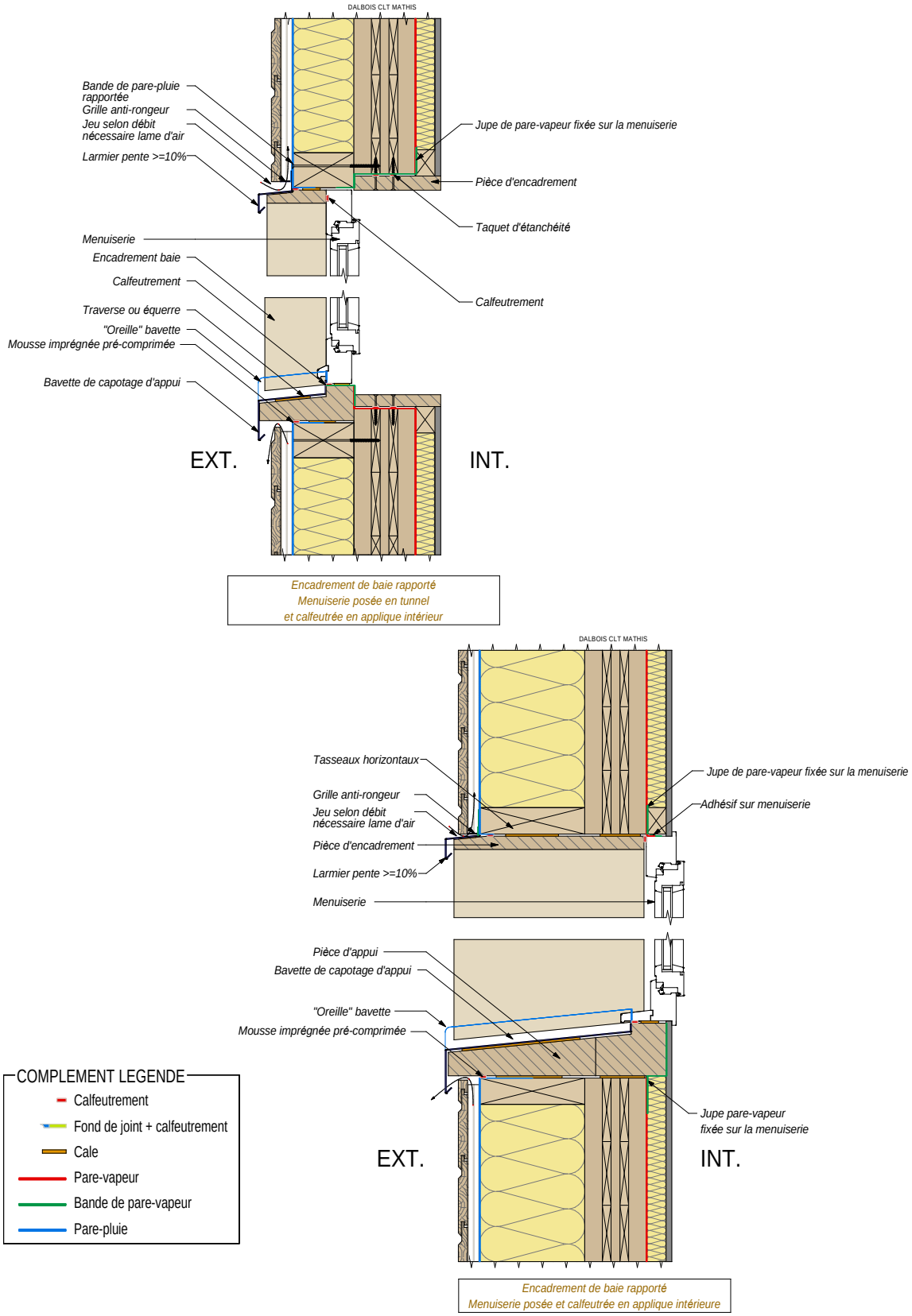
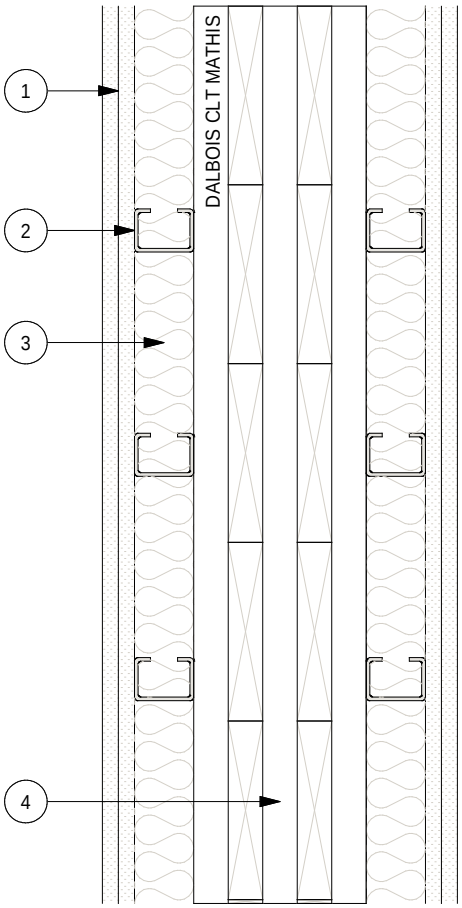
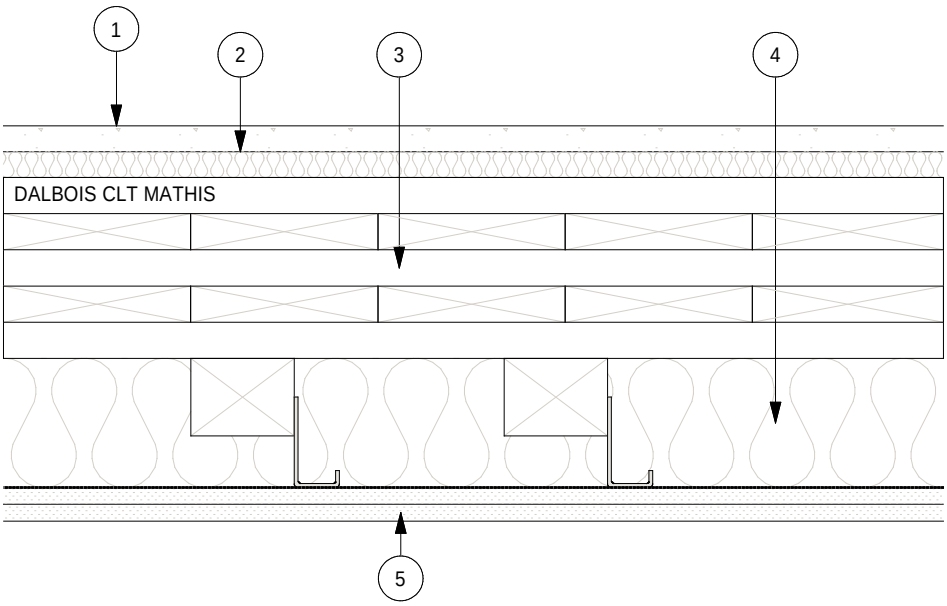


Figure 7 : Exemple de liaison DALBOIS CLT-M avec menuiserie extérieure (se reporter à l'Appréciation de laboratoire lorsqu'il y a une exigence de non propagation du feu par les façades)



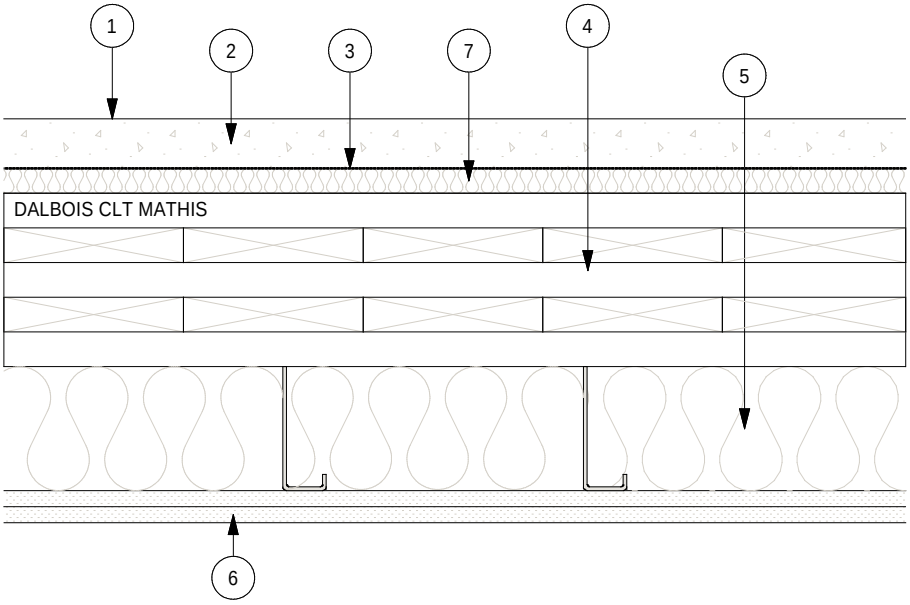
①	Parement
②	Montant métallique indépendant de la structure CLT
③	Laine minérale
④	Mur de refend DALBOIS CLT MATHIS

Figure 8 : Exemple de paroi DALBOIS CLT-M utilisée en mur de refend



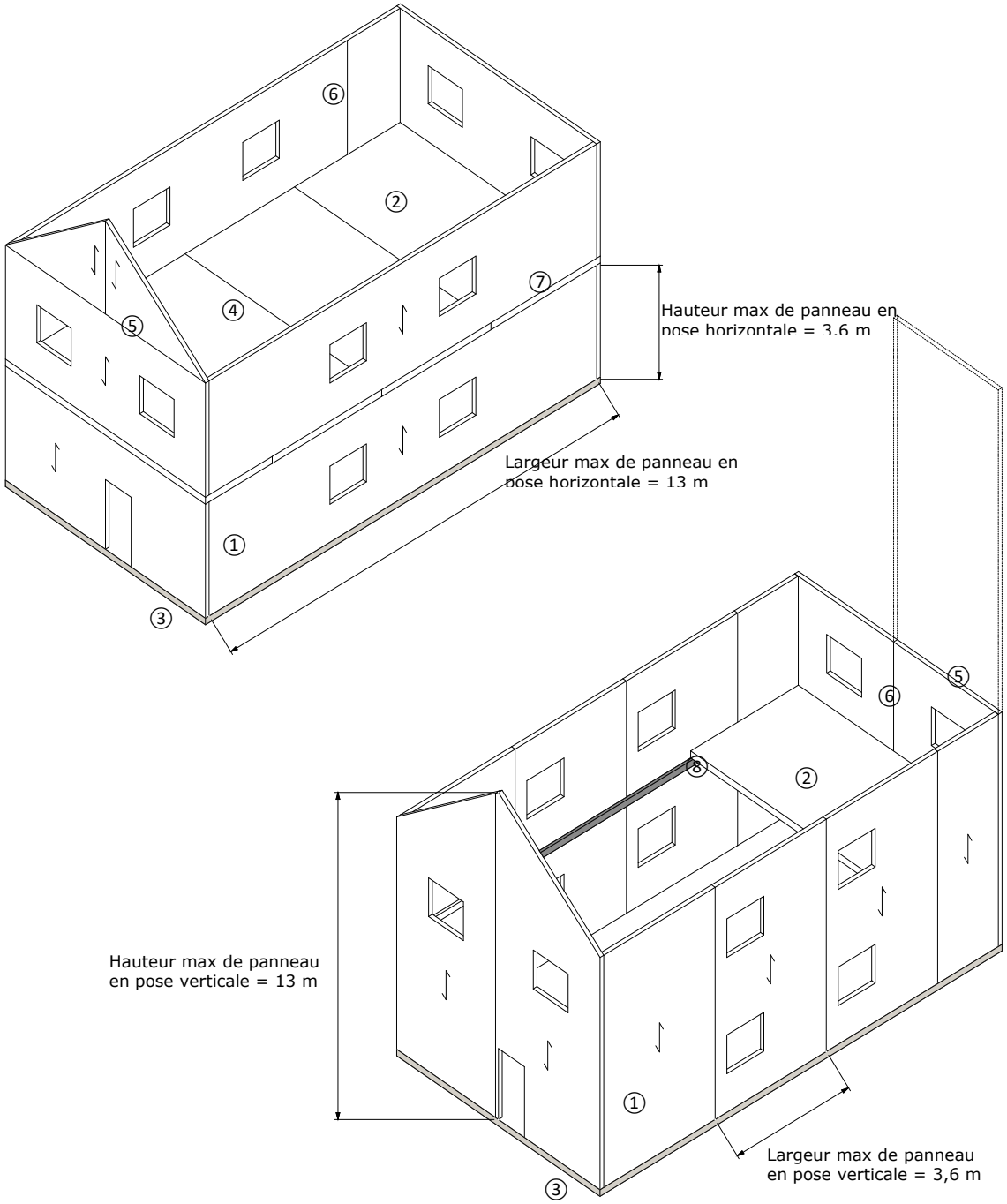
①	Revêtement de sol
②	Complexe de chape sèche sous AT ou DTA visant la pose sur support bois
③	Plancher DALBOIS CLT MATHIS
④	Isolant de plenum éventuel
⑤	Plafond suspendu

Figure 9 : Exemple de composition d'un plancher DALBOIS CLT-M



①	Revêtement de sol
②	Chape conforme aux recommandations professionnelles RAGE ou sous ATEx, AT ou DTA
③	Film d'interposition
④	Plancher DALBOIS CLT MATHIS
⑤	Isolant de plenum éventuel
⑥	Plafond suspendu
⑦	Isolant dense

Figure 10 : Exemple de composition d'un plancher DALBOIS CLT-M (hors plancher séparatif de logement)



①	Mur DALBOIS CLT M
②	Plancher DALBOIS CLT M
③	Fondations – Jonction Mur DALBOIS CLT M / Support béton
④	Jonction horizontale Plancher / Plancher DALBOIS CLT M
⑤	Jonction horizontale mur / mur DALBOIS CLT M
⑥	Jonction verticale mur / mur DALBOIS CLT M
⑦	Jonction mur / Plancher DALBOIS CLT M en plate-forme
⑧	Jonction mur / Plancher DALBOIS CLT M par muralière

Figure 11 : Principe général de conception en construction avec des panneaux DALBOIS CLT M

2.13.2. Paramètres de modélisation servant au dimensionnement des diaphragmes

La loi de comportement d'un panneau de CLT (multicouche symétrique – modélisation de type coque) est définie selon la matrice suivante :

$$\begin{Bmatrix} N_l \\ N_t \\ N_{lt} \\ M_l \\ M_t \\ M_{lt} \\ V_{lz} \\ V_{tz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & & & & & & & & \\ Sym & D_{22} & & & & & & & \\ & & D_{33} & & & & & & \\ & & & D_{44} & & & & & \\ & & & & D_{55} & & & & \\ & & & & & D_{66} & & & \\ & & & & & & D_{77} & & \\ & & & & & & & D_{88} & \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_{ml} \\ \epsilon_{mt} \\ \gamma_{mlt} \\ \epsilon_{fl} \\ \epsilon_{ft} \\ \gamma_{flt} \\ \gamma_{lz} \\ \gamma_{tz} \end{Bmatrix}$$

Avec les valeurs suivantes :

- $D_{11} = E_{0,mean} I_{0,net}$
- $D_{22} = E_{0,mean} I_{90,net}$
- $D_{33} = k_{33} \sum_{i=1}^{N} h_i G_{edge,net,mean,i}$ $\quad avec\, k_{33} = 1$
- $D_{44} = \sum_{i=1}^{N} G_{lt} t_i$
- $D_{55} = \sum_{i=1}^{N} G_R t_i$
- $D_{66} = k_{66} \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{3} (Z_i^3 - z_{i-1}^3) G_{edge,mean,i}$ $\quad avec\, k_{66} = 0{,}65$
- $D_{77} = k_{77} \sum_{i=1}^{N} h_i G_{edge,mean,i}$ $\quad avec\, k_{77} = 1$
- $D_{88} = k_{88} \sum_{i=1}^{N} h_i G_{edge,mean,i}$ $\quad avec\, k_{88} = 1$

Nb Plis	Epaisseur (mm)	Composition (mm)							D11 (kN/m)	D22 (kN/m)	D33 (kN/m)	D44 (kN.m)	D55 (kN.m)	D66 (kN.m)	D77 (kN/m)	D88 (kN/m)
3	60	20	20	20					440000	220000	13800	190,67	7,33	8,07	4422,07	11500
	80	20	40	20					440000	440000	18400	410,67	58,67	19,14	4705,64	23000
	100	40	20	40					880000	220000	23000	909,33	7,33	37,38	10470,39	11500
5	120	40	40	40					880000	440000	27600	1525,33	58,67	64,58	8844,14	23000
	100	20	20	20	20	20			660000	440000	23000	726	190,67	37,38	7976,19	4422,07
	120	20	20	40	20	20			880000	440000	27600	1173,33	410,67	64,58	12698,41	4705,64
	140	40	20	20	20	40			1100000	440000	32200	2324,67	190,67	102,56	12732,04	4422,07
	160	40	20	40	20	40			1320000	440000	36800	3344	410,67	153,09	17628,45	4705,64
	200	40	40	40	40	40			1320000	880000	46000	5808	1525,33	299	15952,37	8844,14
7L	220	80	20	20	20	80			1980000	440000	50600	9570	190,67	397,97	25918,11	4422,07
	240	80	20	40	20	80			2200000	440000	55200	12261,33	410,67	516,67	31631,97	4705,64
	260	80	40	20	40	80			1980000	880000	59800	15202	909,33	656,9	21354,94	10470,39
	280	80	40	40	40	80			2200000	880000	64400	18597,33	1525,33	820,46	25464,08	8844,14
7	140	20	20	20	20	20	20	20	880000	660000	32200	1789,33	726	102,56	11375,42	7976,19
	240	40	40	20	40	20	40	40	1320000	1320000	55200	9328	3344	516,67	16232,23	17628,45
	260	40	40	40	20	40	40	40	1760000	1100000	59800	11674,67	4436,67	656,9	23760,19	12394,07
	280	40	40	40	40	40	40	40	1760000	1320000	64400	14314,67	5808	820,46	22750,85	15952,37

Les assemblages entre les panneaux sont modélisés :

- Soit par des raideurs linéaires, dans ce cas la raideur des assemblages (couturages) est calculée pour un mètre en ne considérant que la raideur des connecteurs ;
- Soit par des raideurs ponctuelles.

Les raideurs linéaires sont adaptées pour le calcul de couturages linéaires le long des panneaux. Les raideurs ponctuelles sont adaptées dans le cas de connecteurs de type platines métalliques qui ramènent le cisaillement en un point (milieu de panneau) et pour les ancrages des murs. Les raideurs d'assemblage à l'ELU (Ku) et à l'ELS (Kser) sont définies dans la NF EN 1995-1-1 ou dans l'ETA du connecteur.

2.13.3. 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. Utilisation en tant qu'élément porteur support d'étanchéité

2.14.1. Généralités

L'étanchéité de toitures terrasses sur des éléments porteurs en panneaux DALBOIS CLT Mathis se fait conformément au Cahier du CSTB 3814 de novembre 2019 : *Étanchéité de toitures terrasses sur élément porteur en panneaux structural bois faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application relevant de l'une des deux familles : – Panneau bois à usage structurel – mur et plancher, – Plancher à caisson en bois.*

2.14.2. Définitions

Les définitions données dans le § 2 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.3. Matériaux

Les exigences sur les produits composants les procédés d'étanchéité de toitures étanchées présentées au § 3 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent. Ils sont rappelés ci-dessous :

- Pare-vapeur (§ 3.2 du Cahier du CSTB 3814).
- Isolant support d'étanchéité (§ 3.3 du Cahier du CSTB 3814).
- Revêtement d'étanchéité (§ 3.4 du Cahier du CSTB 3814).
- Isolation inversée (§ 3.5 du Cahier du CSTB 3814) utilisable uniquement en toitures inaccessibles, techniques et végétalisées.
- Végétalisation de toiture (§ 3.6 du Cahier du CSTB 3814).
- Protection (§ 3.7 du Cahier du CSTB 3814).

2.14.4. Domaine d'emploi

Comme le précise le préambule du Cahier du CSTB 3814, l'ensemble des assemblages entre panneaux décrit au § 2.10.3 du Dossier Technique de cet Avis Technique sont utilisables.

Le présent document vise donc le même domaine d'emploi que celui décrit dans le § 4 du Cahier du CSTB 3814. À noter que l'emploi en climat de montagne n'est pas visé par cet Avis technique.

Les préconisations sur les pentes minimales et maximales données dans les § 4.2 et 4.3 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

Les tableaux suivants résument les domaines d'emploi acceptés pour l'utilisation des panneaux DALBOIS CLT Mathis dans les complexes de toitures terrasses.

Tableau 13 : Domaine d'emploi

	Isolation	
	Avec	**Sans (1)**
Toitures et terrasses inaccessibles, TTV, techniques ou à zones techniques		
- 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 plot	X (2)	

Les zones grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

(1) Toiture froide exclusivement au-dessus de bâtiments ouverts.
(2) Prévoir sur l'élément porteur une couche de protection servant de pare-vapeur (cf. § 2.14.3)

Tableau 14 : Emploi en toitures et terrasses inaccessibles, chemins de circulation et toitures à zones techniques (1) en France européenne (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 DALBOIS CLT M			OUI	OUI	OUI
Panneaux DALBOIS CLT M sous isolation inversée (5)			OUI	OUI	OUI
Panneaux DALBOIS CLT M + pare-vapeur + support isolant (6)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

Les zones grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

OUI : signifie pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité.

(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. *§ 2.14.4*).
(3) En systèmes apparents : ≤ 7% 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) Les protections admises par l'isolant sont celles du Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé.
(6) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.

Tableau 15 : Emploi en terrasses et toitures végétalisées (1) en France européenne (Hors DROM)

Support direct du revêtement d'étanchéité Pente : (2)	**Revêtement d'étanchéité** (3)		
	indépendant (6)	**semi-indépendant**	**adhérent**
Panneaux DALBOIS CLT M		OUI	OUI
Panneaux DALBOIS CLT M sous isolation inversée (4)		OUI	OUI
Panneaux DALBOIS CLT M + pare-vapeur + support isolant (5)		OUI	OUI

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

OUI : signifie 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.

(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 est de 3%.
(3) Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application.
(4) Les protections admises par l'isolant sont celles du Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé, complété par l'Avis Technique du procédé de végétalisation.
(5) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.
(6) L'indépendance peut être admise favorablement par l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

Tableau 16 : Emploi en terrasses accessibles avec dalles sur plots (1) ou platelage en bois (6) en France européenne (Hors DROM)

Support direct du revêtement d'étanchéité 1,6 ≤ pente ≤ 5 % (5)	**Revêtement d'étanchéité** (2)		
	indépendant	**semi-indépendant**	**adhérent**
Panneaux DALBOIS CLT M			
Panneaux DALBOIS CLT M sous isolation inversée (3)			
Panneaux DALBOIS CLT M et couche de protection (4) + support isolant	OUI	OUI	OUI

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

OUI : signifie pose possible, selon le Document Technique d'Application du support isolant et de celui du revêtement d'étanchéité.

(1) Avec le système de dalles sur plots du Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.
(2) Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre conformément à son Document Technique d'Application.
(3) Les protections admises par l'isolant sont celles du DTA des panneaux de polystyrène extrudé.
(4) La couche de protection adhérente (cf. paragraphe 12.1 du Cahier du CSTB 3814) est mise en œuvre conformément à son Document Technique d'Application. En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche adhérent peut également être utilisé.
(5) Cf. § 2.14.4.
(6) Platelage en bois 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)

2.14.5. Habillage ou plafond suspendu

La sous-face des panneaux DALBOIS CLT Mathis peut rester visible ou recevoir un parement intérieur en sous-face des panneaux. Lorsque les panneaux sont utilisés en toiture-terrasse, les parements intérieurs en sous-face visés par ce document et leurs exigences minimales sont définis dans le § 5 du Cahier du CSTB 3814.

Quel que soit le cas il y a lieu de vérifier les règles d'isolation définies au § 7.3 du cahier du CSTB 3814, règle dite des 1/3-2/3 en climat de climat de plaine hors zone très froide et règle dite des 1/4-3/4 en zone très froide.

2.14.6. Résistance au vent

Les panneaux DALBOIS CLT Mathis sont dimensionnés conformément au § 2.8.3 du Dossier Technique ci-dessus 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) et son annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA (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 Document Technique d'Application.

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 du revêtement d'étanchéité reste égale à celle obtenue selon la norme NF P 30-313 (P_K) dans du bois massif à épaisseur égale, annoncée dans les fiches techniques des fixations.

2.14.7. Conception

2.14.7.1. Élément porteur

Les dispositions de conception des éléments porteurs donnés dans le § 7.1 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent pour les panneaux DALBOIS CLT Mathis constituant le complexe de toiture-terrasse.

La continuité des éléments porteurs, y compris aux faîtages et noues, est assurée par fixations mécaniques décrites dans le § 2.10.3 du Dossier Technique ci-dessus. Les percements et réservations ne sont réalisés que par le charpentier et sont calculées conformément au § 2.8.3.8 du Dossier Technique.

Sans justification spécifique, la vérification des panneaux DALBOIS CLT Mathis sous accumulation d'eau se fera comme suit :

- Les éléments de structure ainsi que la conception de la toiture devront être réalisées pour éviter les flaques formées en raison des flèches des éléments de structure.
- L'accumulation d'eau par la neige est prise en compte dans le dimensionnement selon le § 5.2(6) de l'Eurocode 1 partie 1-3 (NF EN 1991-1-3) et son annexe nationale NF EN 1991-1-3/NA.

2.14.7.2. Pare-vapeur

Les dispositions de conception de l'écran pare-vapeur bitumineux donnés dans le § 7.2 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.7.3. Isolation

Les dispositions de conception des panneaux d'isolants supports d'étanchéité donnés dans le § 7.3 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent. La résistance thermique des panneaux DALBOIS CLT Mathis est calculée selon son épaisseur avec un coefficient de conductivité thermique donné dans le § 2.4.4.4 du Dossier Technique ci-dessus.

2.14.7.4. Revêtement d'étanchéité

La réalisation du revêtement d'étanchéité doit se faire conformément à son Document Technique d'Application.

2.14.7.5. Végétalisation

Les dispositions de conception de toiture-terrasse végétalisée donnés dans le § 7.5 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.7.6. Protection lourde rapportée

Les complexes d'étanchéité peuvent recevoir les protections lourdes par granulats, dallettes posées à sec, massifs béton démontables pour zones techniques ou dalles sur plots conformément à la norme NF DTU 43.1 ou visé par le domaine d'emploi de l'AT ou le DTA du revêtement d'étanchéité.

2.14.7.7. Équipement Technique

Les dispositions de conception des équipements techniques donnés dans le § 7.7 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.8. Conditions de mise en œuvre

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

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

En phase provisoire, une attention particulière doit être apportée pour éviter l'humidification de la sous-face des panneaux DALBOIS CLT Mathis entrant dans le complexe de toiture-terrasse. Ce risque d'humidification est d'autant plus important lors de la mise en œuvre du second œuvre où il y a une évaporation de l'eau incluse dans un certain nombre de matériaux de la filière humide tels que les ravoirages, les chapes, les enduits, etc. Pour pallier ce problème, il est nécessaire de prévoir une aération des locaux, ou, si elle n'est pas suffisante, mettre en place un système de ventilation mécanique, ce qui permettra de ramener le rapport *W/n* à une valeur inférieure à *5 g/m³* et ainsi obtenir une ambiance de chantier satisfaisante.

Les prescriptions de l'ouverture du joint au niveau des assemblages des panneaux s'appliquent pour l'ensemble des jonctions entre panneaux décrits dans le § 2.10.3 du Dossier Technique ci-dessus.

2.14.8.2. Conditions de protection d'ouvrage

Les panneaux DALBOIS CLT Mathis entrant dans la composition du complexe de toiture-terrasse ainsi que les acrotères doivent être protégés vis-à-vis des intempéries, afin de limiter le risque d'humidification des panneaux structuraux par les eaux de pluie, d'éviter toute stagnation d'eau liquide sur les planchers ainsi que tout confinement d'humidité.

Il est donc nécessaire de protéger tous les éléments par un ouvrage de protection provisoire imperméable en phase chantier. Le mode de protection doit faire l'objet d'un Plan Assurance Qualité (PAQ) spécifique au chantier.

Deux solutions sont envisagées pour assurer cette protection temporaire.

La première solution consiste en la mise en place d'une protection temporaire sous la forme d'un parapluie qui fonctionne sur le principe d'un coffrage, conçu, dimensionné et mis en œuvre par le charpentier. Ce mode de protection est décrit dans le § 8.2 du Cahier du CSTB 3814.

La deuxième solution consiste à la mise en place par le charpentier sur toute la surface des panneaux DALBOIS CLT Mathis entrant dans la composition du complexe de toiture-terrasse une protection spécifique. Les pare-pluies conformes à la partie 1-2 du NF DTU 31.2, présentent des propriétés suffisantes pour assurer cette protection. L'utilisation des pare-pluies à plat impose de diminuer leur durée d'exposition aux intempéries en phase chantier. Ainsi, les durées du § 9.3.3.1 du NF DTU 31.2 deviennent :

- 10 jours pour un pare-pluie de type 336 h UV.
- 2 mois pour un pare-pluie de type 1000 h UV certifié QB.
- 4 mois pour un pare-pluie de type 5000 h UV.

La fixation de l'écran de protection se fait :

- En partie courante avec des clous ou agrafes à pastille plastique. Ces fixations auront un entraxe de façon à ce que l'écran de protection soit solidement fixé et puisse résister aux effets du vent. Les pastilles auront un diamètre minimum de 25 mm.
- Sur les bords avec des bandes adhésives capables de résister aux intempéries, cela permet d'ailleurs d'assurer l'étanchéité au niveau de la liaison entre les bords des écrans de protection et les éléments bois.

Les bandes adhésives devront :

- être résistantes aux intempéries et aux UV ;
- être compatibles avec les différentes surfaces sur lesquelles elles seront appliquées (cela peut être vérifié avec des tests de pelage) ;
- présenter une largeur suffisante afin d'assurer une surface d'adhésion d'au moins 20 mm sur chacune des 2 surfaces sur lesquelles elles seront appliquées.

Les produits conformes au § 11.4 de la partie 1-2 du DTU 31.2 (version de mai 2019) présentent des caractéristiques suffisantes pour cet emploi.

L'écran de protection devra :

- protéger le nez de dalle en retombant en façade d'au moins d'épaisseur de la dalle ;
- remonter contre éléments verticaux (murs, acrotères…) d'au moins 200 mm avec la mise en œuvre d'une bande adhésive assurant l'étanchéité de la jonction écran/mur.

L'eau doit être convenablement évacuée, pour ce faire il sera possible d'utiliser les réservations prévues pour les différents réseaux ou de prévoir des trous complémentaires dédiés à cette évacuation.

Cette protection spécifique sera retirée par le lot étanchéité au fur et à mesure de la pose du pare-vapeur bitumineux.

Dans tous les cas, un contrôle de la siccité des panneaux DALBOIS CLT Mathis devra être réalisé conformément au § 2.14.8.3 de la présente Annexe.

2.14.8.3. Conditions d'acceptation du support

Les conditions présentées dans le § 8.3 du Cahier du CSTB 3814 devront être respectées pour les panneaux DALBOIS CLT Mathis entrant dans le complexe de toiture-terrasse.

2.14.8.4. Conditions de mise en œuvre de l'étanchéité

Les conditions de mise en œuvre de l'étanchéité données dans le § 8.4 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.8.5. Conditions de traitement des reliefs

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

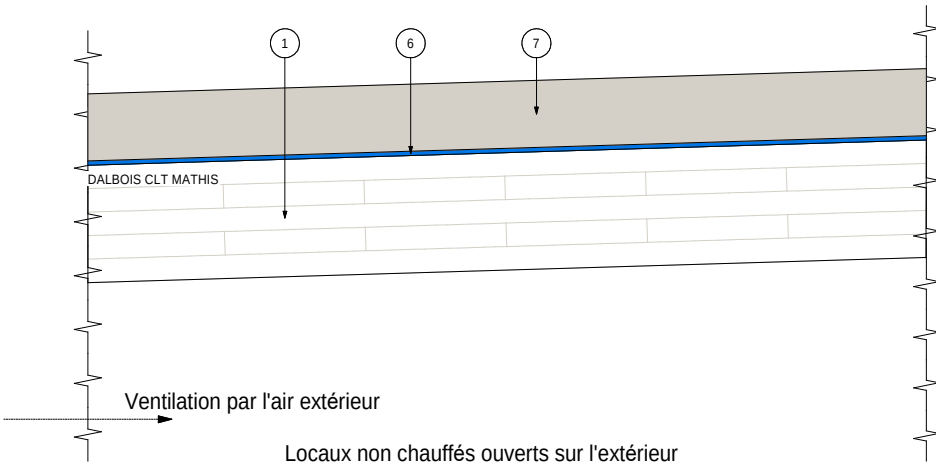
2.14.8.6. Conditions de mise en œuvre du bardage et de l'habillage des têtes de murs

Les conditions de mise en œuvre de ces éléments, données dans le § 8.6 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.9. Configurations visées

Les configurations de toiture-terrasse constituées de panneaux DALBOIS CLT Mathis revendiquées dans ce dossier sont les suivantes :

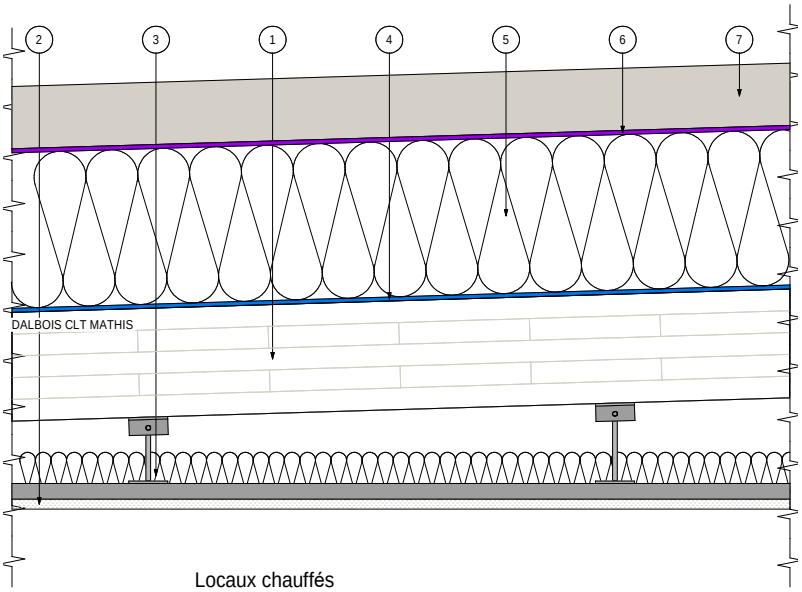
- Configurations de toitures froides non isolées sur bâtiments non chauffés ouverts sur l'extérieur – Toitures inaccessibles, techniques et végétalisées décrites dans le § 9 du Cahier du CSTB 3814 et illustrées dans la Figure 12.



①	DALBOIS CLT MATHIS
⑥	Étanchéité
⑦	Végétalisation ou protection lourde

Figure 12 : Utilisation d'un CLT DALBOIS CLT-M en configuration de toiture froide non isolée sur bâtiment non chauffé ouvert sur l'extérieur – Toiture inaccessible, technique et végétalisée

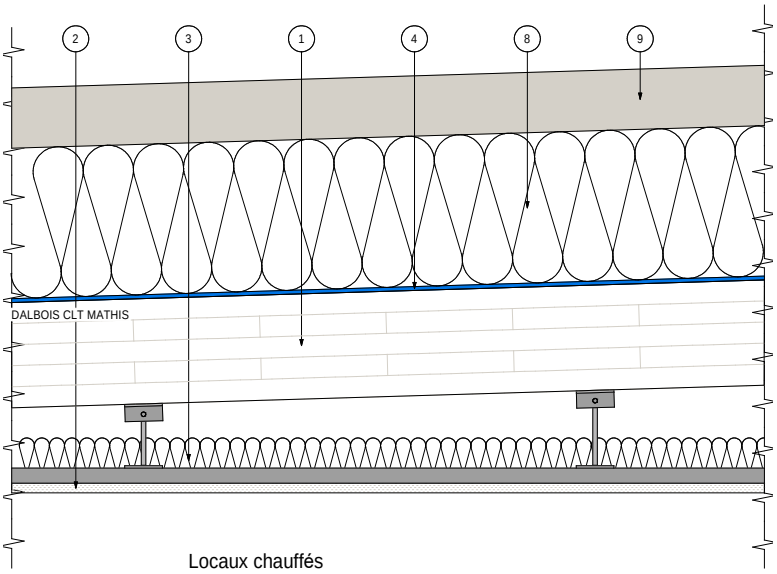
- Configurations de toitures isolées sur bâtiments chauffés – Toitures inaccessibles, techniques et végétalisées - Isolation support d'étanchéité décrites dans le § 10 du Cahier du CSTB 3814 et illustrée dans la Figure 13.



①	DALBOIS CLT MATHIS
②	Plafond suspendu éventuel
③	Isolant acoustique éventuel
④	Pare-vapeur
⑤	Isolant thermique support d'étanchéité
⑥	Étanchéité
⑦	Végétalisation ou protection lourde éventuelle

Figure 13 : Utilisation d'un CLT DALBOIS CLT-M en configuration de toiture isolée sur bâtiment chauffé– Toiture inaccessible, technique et végétalisée – Isolation support d'étanchéité

- Configurations de toitures isolées sur bâtiments chauffés – Toitures inaccessibles, techniques et végétalisées - Isolation inversée décrites dans le § 11 du Cahier du CSTB 3814 et illustrée dans la Figure 14.

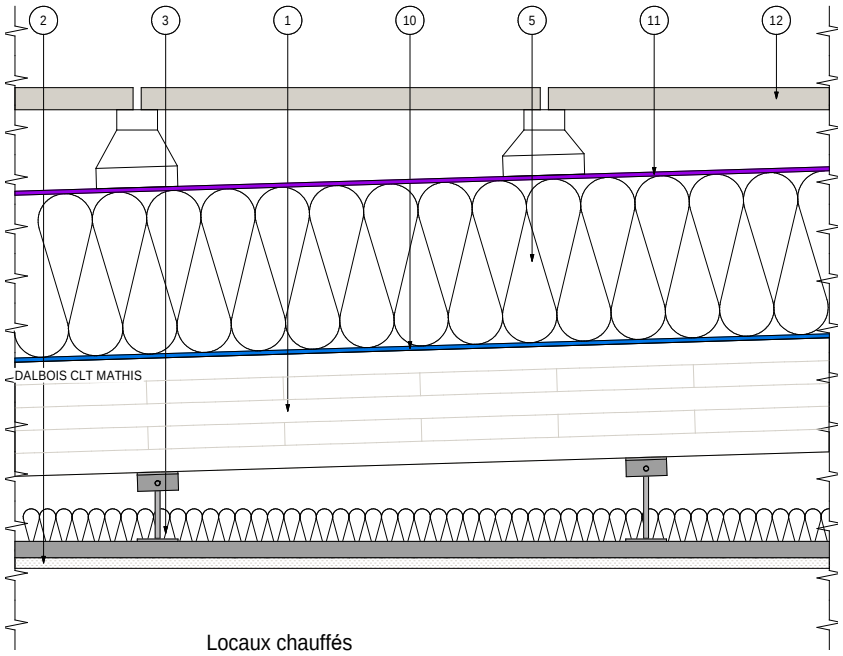


①	DALBOIS CLT MATHIS
②	Plafond suspendu éventuel
③	Isolant acoustique éventuel
④	Etanchéité
⑧	Isolant thermique inversé
⑨	Protection lourde ou végétalisation

Figure 14 : Utilisation d'un CLT DALBOIS CLT-M en configuration de toiture isolée sur bâtiment chauffé– Toiture inaccessible, technique et végétalisée – Isolation inversée

- Configurations de toitures isolées sur bâtiments chauffés – Toitures accessibles aux piétons et au séjour – Protection par dalles sur plots décrites dans le § 12 du Cahier du CSTB 3814 et illustrée dans la Figure 15.

-



①	DALBOIS CLT MATHIS
②	Plafond suspendu éventuel
③	Isolant acoustique éventuel
⑤	Isolant thermique support d'étanchéité
⑩	Couche de protection
⑪	Bicouche bitumineux
⑫	Dalles du plot

Figure 15 : Utilisation d'un CLT DALBOIS CLT-M en configuration de toiture isolée sur bâtiment chauffé– Toiture accessible aux piétons et au séjour – Protection par dalles sur plot

2.14.10. Points singuliers

2.14.10.1. Reliefs

Les reliefs sont réalisés avec des matériaux conformes aux NF DTU 43.4 ou en panneaux DALBOIS CLT Mathis.

Les conditions de mise en œuvre des reliefs sont données dans le § 13 du Cahier du CSTB 3814.

2.14.10.2. Acrotères

Les acrotères peuvent être conçus :

- comme étant la continuité du mur porteur ;
- comme un élément ajouté.

Les assemblages des acrotères avec les panneaux DALBOIS CLT Mathis compris dans le complexe d'étanchéité doivent reprendre :

- les efforts horizontaux perpendiculaires aux façades (flexion du mur et basculement de l'acrotère)
- les efforts de diaphragme du plancher haut.

Pour liaisonner l'acrotère avec les panneaux DALBOIS CLT Mathis compris dans le complexe d'étanchéité, plusieurs solutions peuvent être utilisées :

- Des vis diagonales conformes au § 2.10.1.1 du Dossier Technique ci-dessus. Un exemple de ce type de liaison est présenté dans la Figure 16.
- Des connecteurs tridimensionnels conformes au § 2.10.1.12 du Dossier Technique à condition qu'ils ne soient pas en saillie du plancher sous le complexe d'étanchéité. Ils peuvent alors être positionnés au niveau de la face inférieure des panneaux DALBOIS CLT Mathis ou au niveau de leur face supérieur dans un défoncé en prenant garde de respecter les préconisations du § 2.10.3 du Dossier Technique et du § 8.1 du Cahier du CSTB 3814 notamment au niveau de la mise en œuvre de bandes de pontage au niveau des joints.

2.14.10.3. Traitement des relevés

Les conditions de traitement des relevés données dans le § 14 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent. Un exemple de détail d'un complexe de toiture terrasse incluant un panneau DALBOIS CLT Mathis au niveau d'un acrotère est donné dans la Figure 16.

2.14.10.4. Joints de dilatation

Les conditions de mise en œuvre des joints de dilatation données dans le § 15 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.10.5. Noues, faîtage et arêtiers

Les conditions de mise en œuvre des noues, des faîtages et des arêtiers données dans le § 16 du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.10.6. Seuils

Les conditions de mise en œuvre des seuils données dans l'Annexe C du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

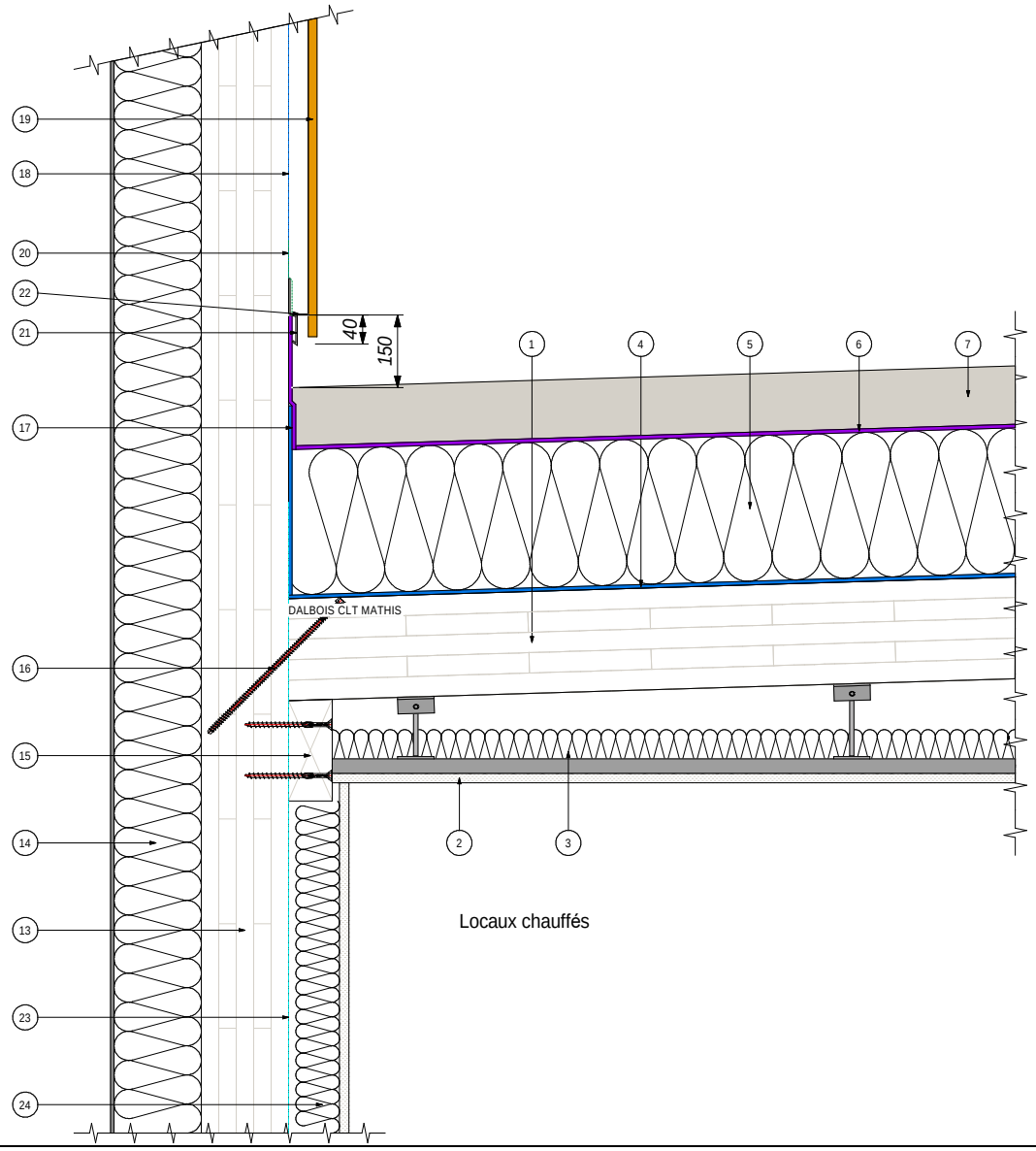
2.14.10.7. Évacuation des eaux pluviales

Les conditions d'évacuation des eaux pluviales données dans le § 18 et l'Annexe D du Cahier du CSTB 3814 s'appliquent.

2.14.10.8. Entretien

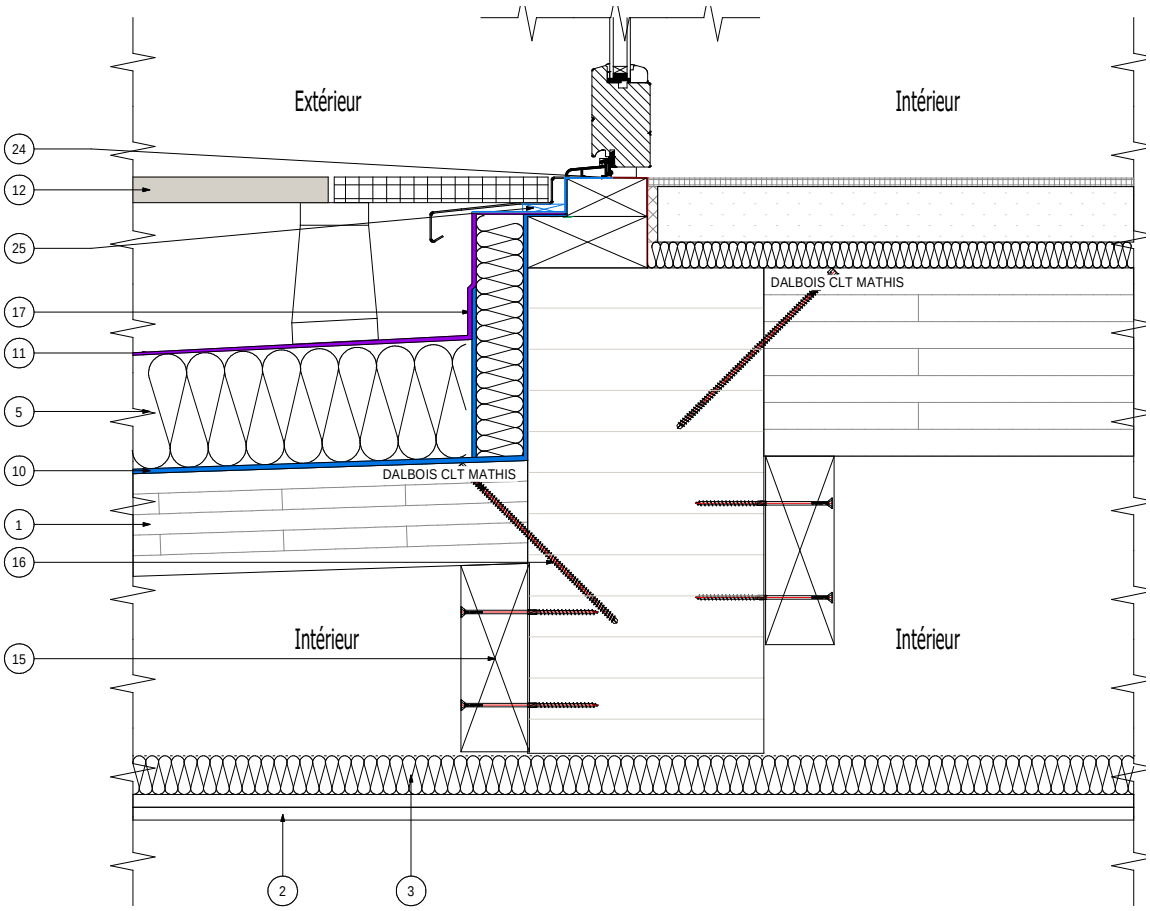
L'entretien des toitures-terrasses constituées de panneaux DALBOIS CLT Mathis se fait conformément au § 19 du Cahier du CSTB 3814.

2.14.11. Figures complémentaires à l'Annexe support d'étanchéité



1	DALBOIS CLT MATHIS
2	Plafond suspendu éventuel
3	Isolant acoustique éventuel
4	Pare-vapeur
5	Isolant thermique support d'étanchéité
6	Étanchéité
7	Protection meuble
13	Mur DALBOIS CLT MATHIS
14	Revêtement extérieur (par exemple ETICS) selon le référentiel technique dont il relève (DTU ou DTA)
15	Muralière
16	Vis diagonale permettant la reprise des efforts horizontaux de l'acrotère pour éviter la mise en place d'une équerre métallique en tête de fixation en saillie du plancher sous le complexe d'étanchéité
17	Recouvrement du pare-pluie et du revêtement d'étanchéité sur au moins 60 mm
18	Pare-pluie
19	Bardage étanche à l'eau
20	Film pare-pluie recouvrant la bande solin sur 50 mm
21	Profil rejet d'eau
22	Profil perforé permettant la ventilation du bardage
23	Pare-vapeur
24	Revêtement intérieur

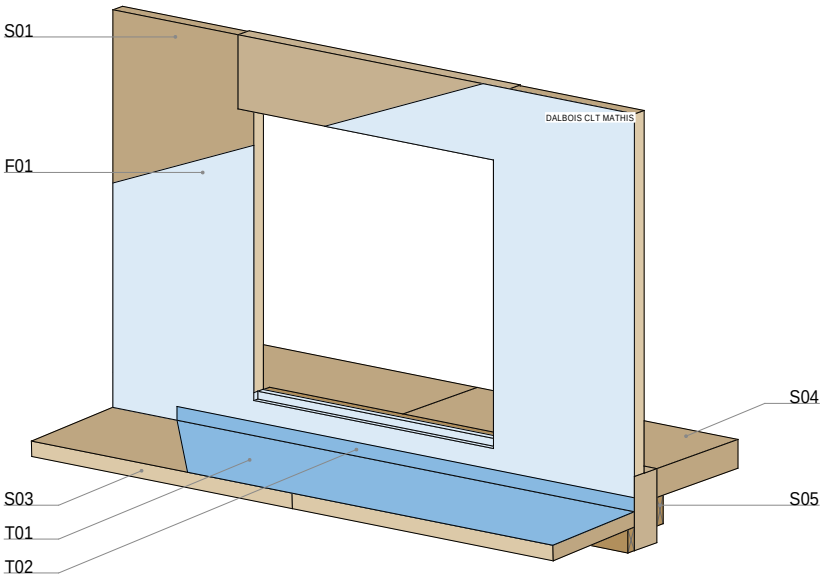
Figure 16 : Exemple de traitement d'un relevé avec des CLT DALBOIS CLT-M en configuration de toiture inaccessible isolée sur bâtiment chauffé avec isolation support d'étanchéité (les cotes indiquées sont des cotes minimales)



1	DALBOIS CLT MATHIS
2	Plafond suspendu éventuel
3	Isolant acoustique éventuel
5	Isolant thermique support d'étanchéité (les règles d'isolation définies au § 7.3 du cahier du CSTB 3814 doivent être respectées)
10	Couche de protection
11	Bicouche bitumineux
12	Dalles du plot
14	Revêtement extérieur (par exemple ETICS)
15	Muralière
16	Vis diagonale permettant la reprise des efforts horizontaux de l'acrotère pour éviter la mise en place d'une équerre métallique en tête de fixation en saillie du plancher sous le complexe d'étanchéité
17	Recouvrement de la couche de protection et du bicouche bitumineux sur au moins 60 mm
24	Calfeutrement
25	Tasseau support de bavette discontinu posé pour caler le précadre ; chaque cale doit avoir une largeur de 100 mm et permettre un appui d'au moins 50 mm ; l'entraxe des cales est tel que le caillebotis repose sur 3 appuis tout en étant inférieur ou égal à 500 mm

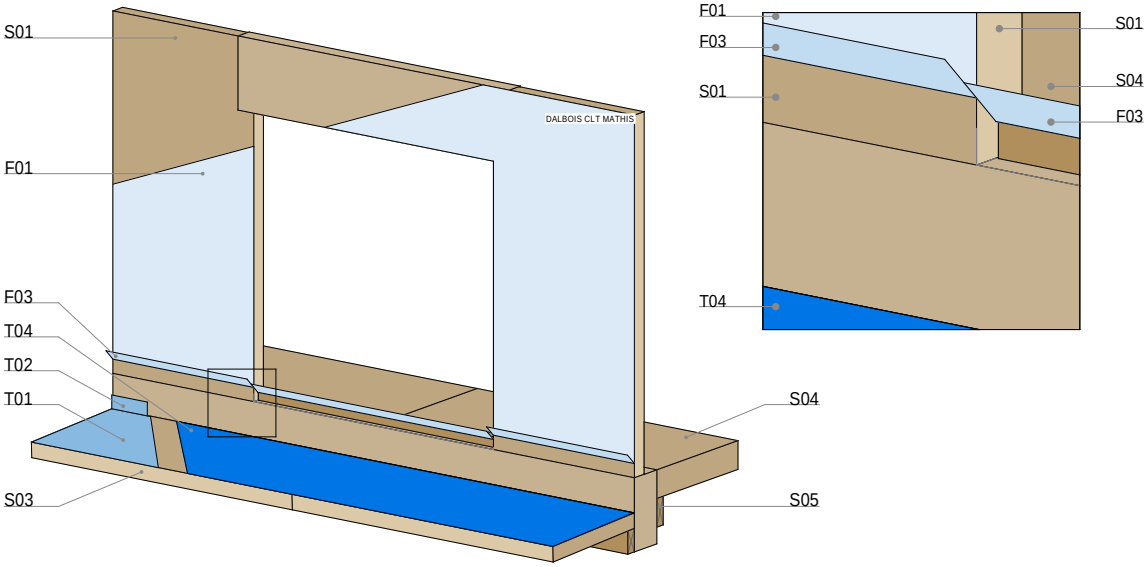
Figure 17 : Exemple de traitement d'un relevé avec des CLT DALBOIS CLT-M en configuration de toiture accessible aux piétons et au séjour avec protection par dalles sur plots

1. Protection des panneaux DALBOIS CLT Mathis aux intempéries

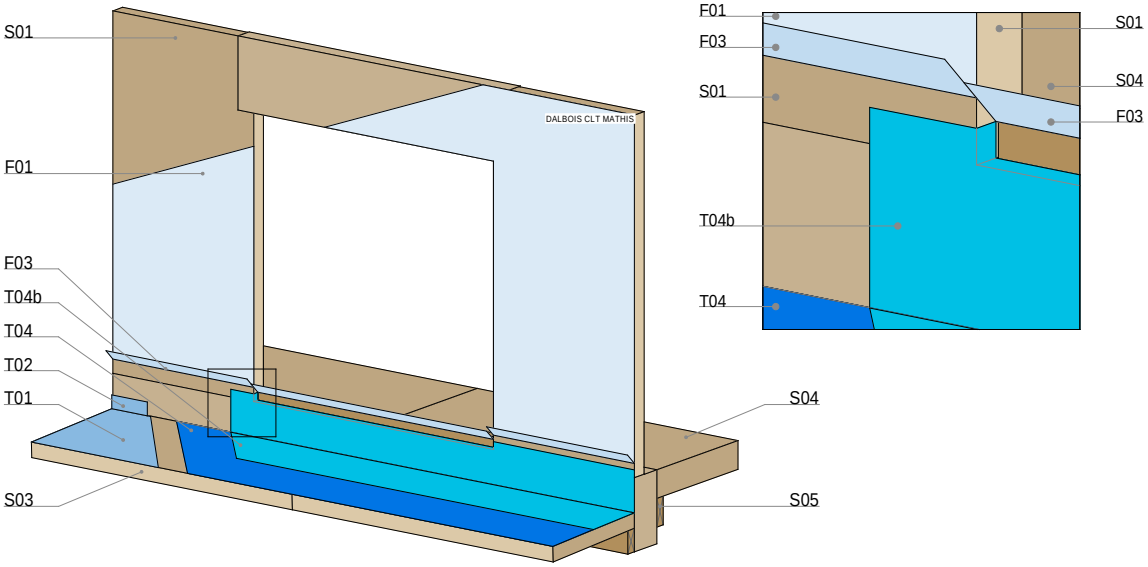


2. Mise en place de la couche de protection (pare-vapeur bitumineux) – la protection temporaire est retirée au fur et à mesure

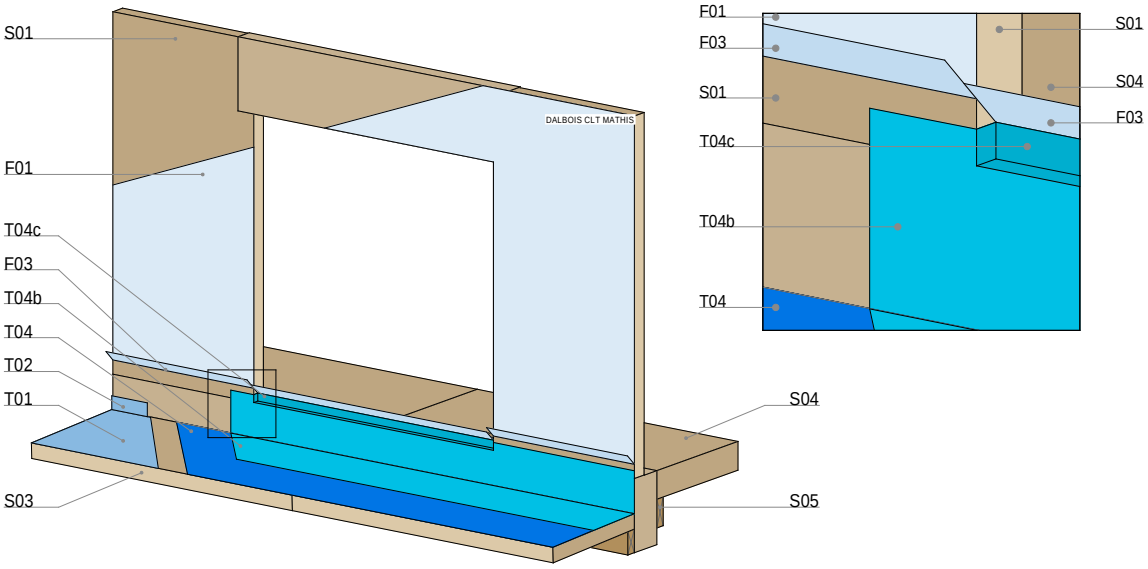
2.a. Mise en place de la couche de protection sur le CLT support d'étanchéité



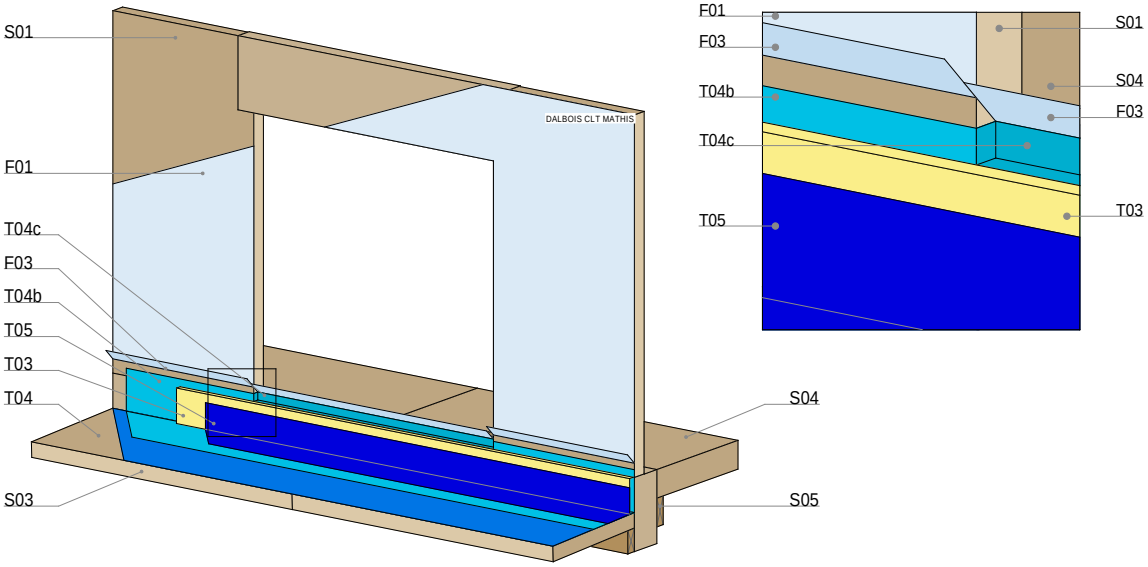
2.b. Mise en place d'une équerre de pare-vapeur entre le CLT support d'étanchéité et le mur (T04b)



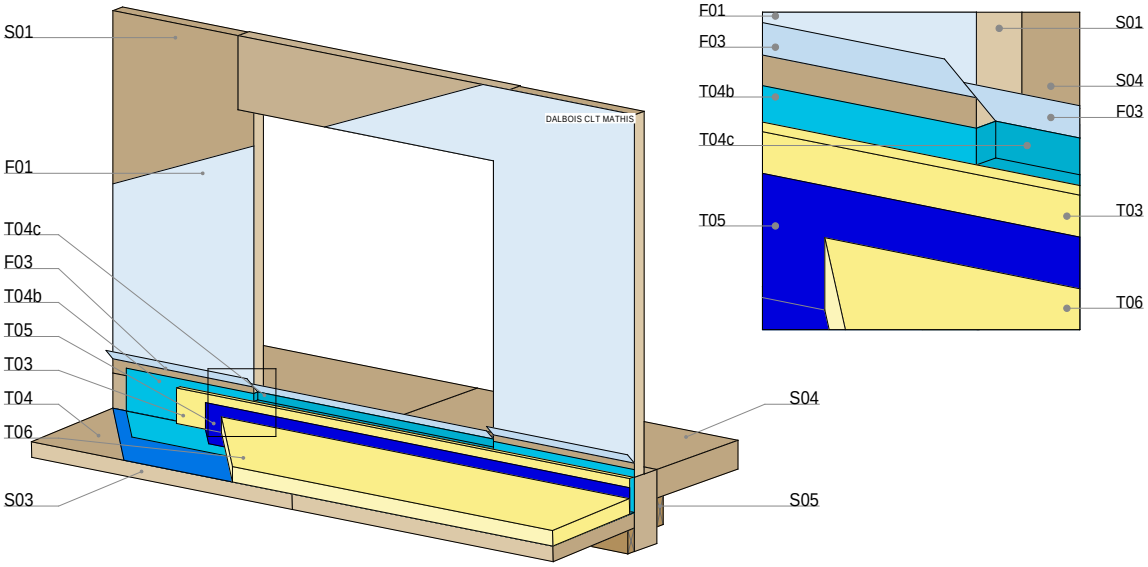
2.c. Mise en place d'une équerre de pare-vapeur au niveau du support de la bavette d'appui de la baie (T04c)



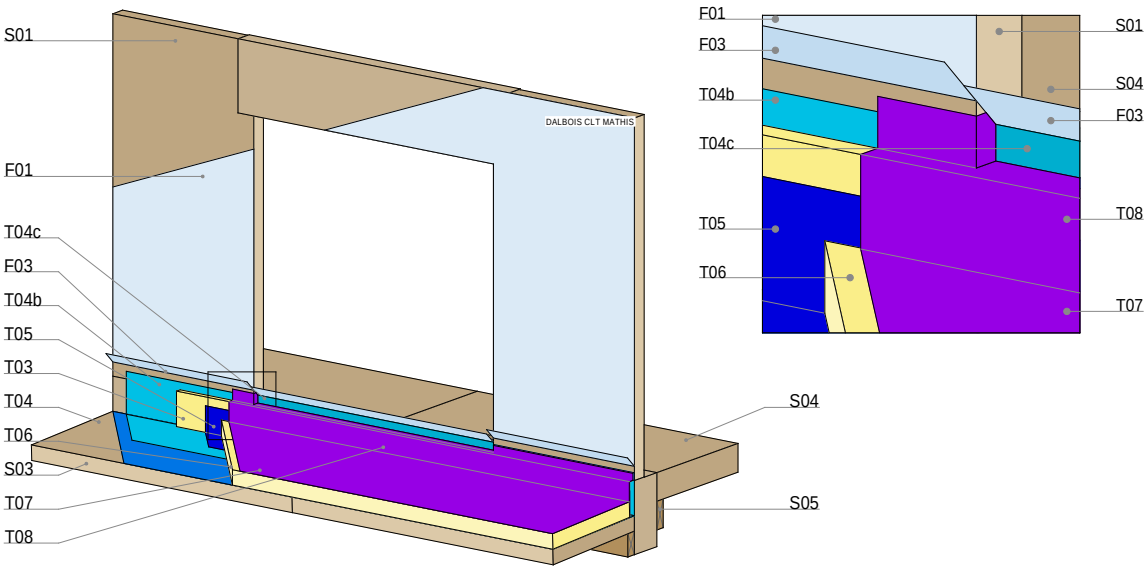
3. Mise en place du panneau d'isolant support d'étanchéité vertical et de l'équerre de pare-vapeur bitumineux



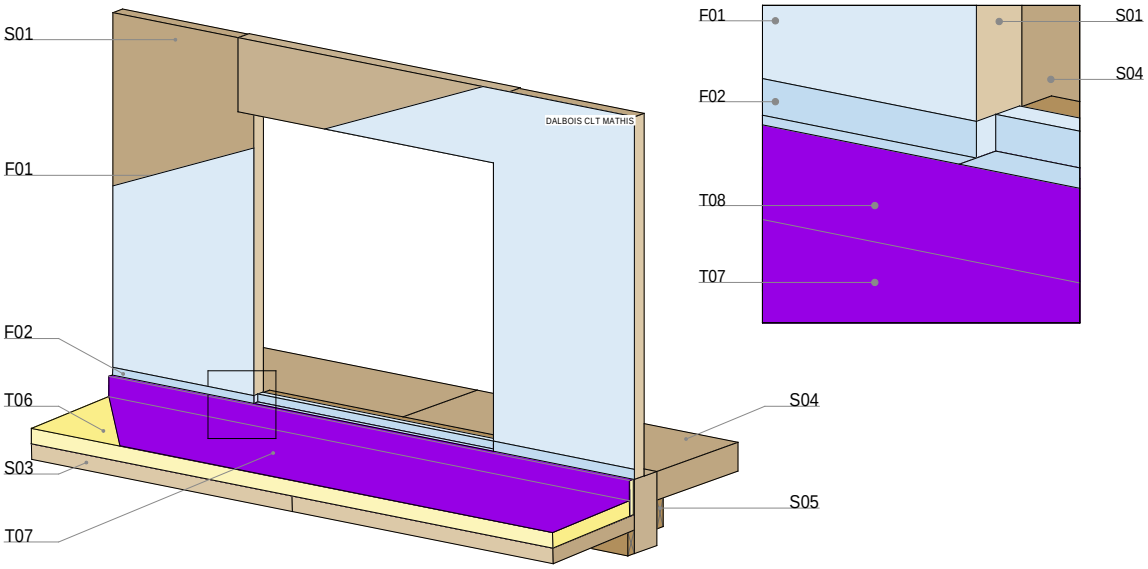
4. Mise en place du panneau d'isolant support d'étanchéité horizontal



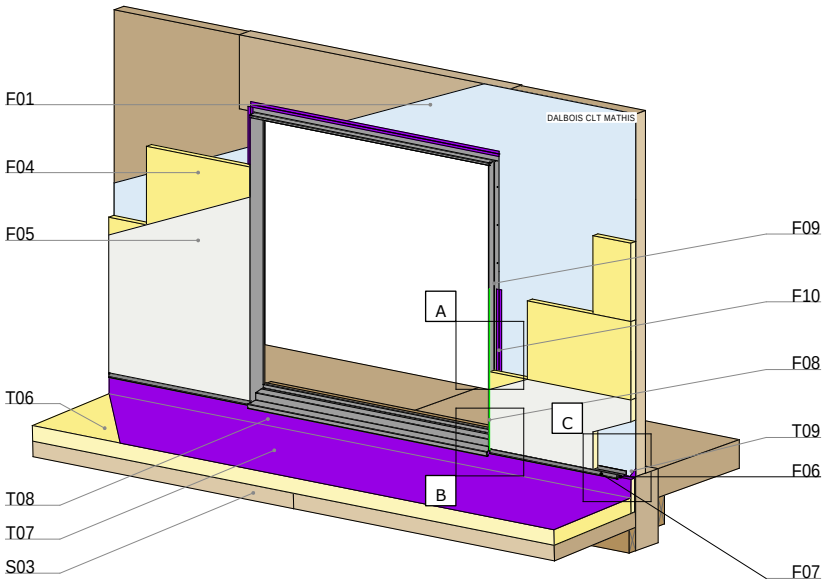
5. Mise en place du revêtement d'étanchéité

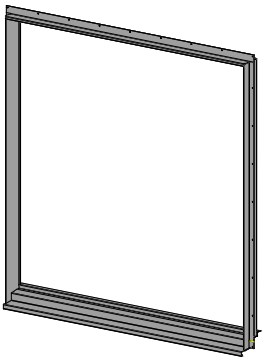


6. Mise en place du pare-pluie par-dessus le revêtement d'étanchéité

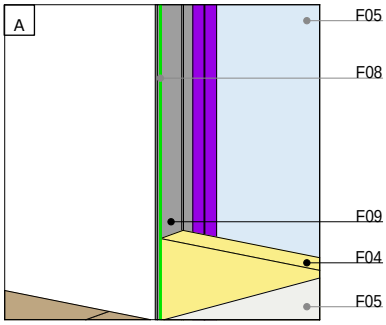


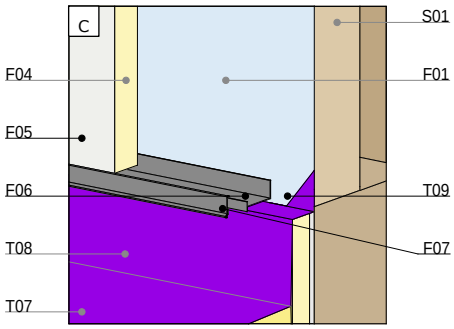
7. Mise en place du précadre et de l'ETICS

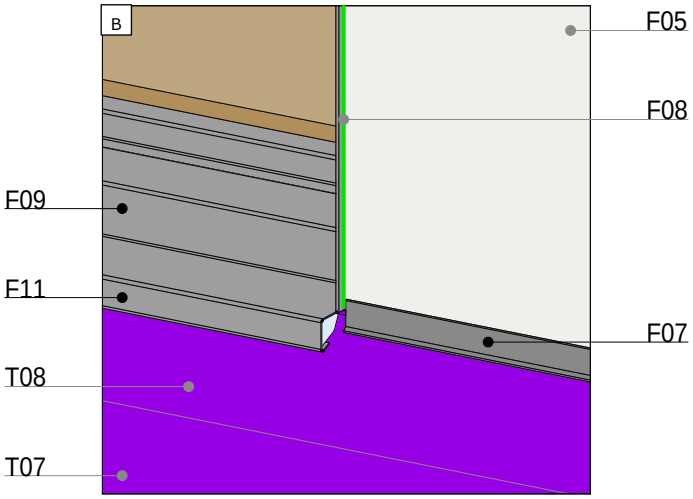




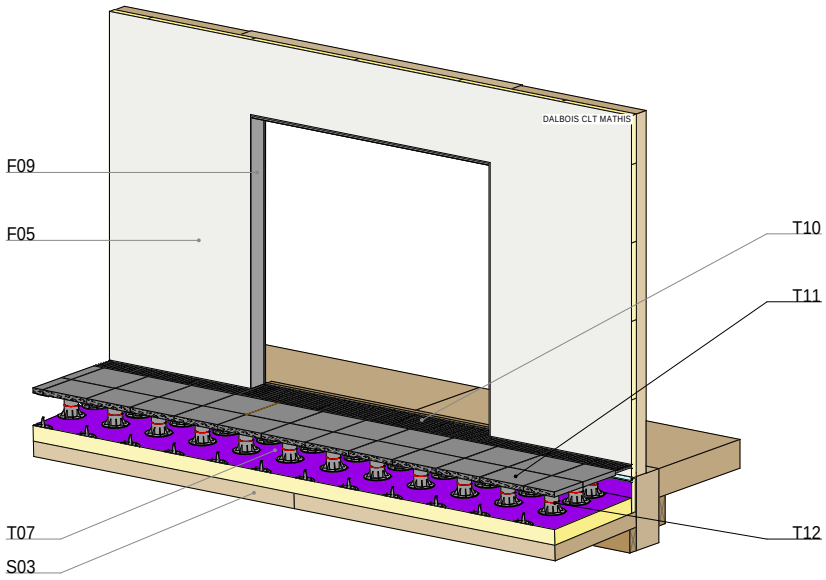
Précadre métallique







8. Mise en œuvre des plots



S01 Mur en CLT DALBOIS MATHIS
S02 Linteau en BLC ou en CLT DALBOIS MATHIS
S03 Élément porteur de la toiture terrasse en CLT DALBOIS MATHIS
S04 Plancher en CLT DALBOIS MATHIS
S05 Muralière en Bois massif fixé mécaniquement (vissage) sur S04
S06 Linteau en BLC ou en CLT DALBOIS MATHIS support du plancher S04
F01 Écran Pare-pluie
F02 Écran Pare-pluie recouvrant le revêtement d'étanchéité T07
F03 Écran pare-pluie retroussé en attente pour recouvrir le revêtement d'étanchéité T07
F04 Panneaux d'isolants composant l'ETICS (fixation mécanique)
F05 Couche de base + Armature en treillis + Couche de fond + Enduit de finition
F06 Profil de départ du système d'ETICS
F07 Profil de recouvrement
F08 Profil de raccord aux menuiseries du système d'ETICS
F09 Précadre métallique
F10 Membrane d'étanchéité entre le précadre et le pare-pluie
F11 Rejet d'eau du précadre conforme à l'Annexe F de DTU 36.5 P1.1
T01 Protection temporaire de type pare-pluie (lot charpentier)
T02 Relevé de la protection temporaire sur 60 mm
T03 Panneaux d'isolants supports d'étanchéité conformes au § 7.3 du Cahier du CSTB 3814
T04 Couche de protection faisant office de pare-vapeur conforme au § 7.2 du Cahier du CSTB 3814
T04b Équerre de pare-vapeur entre T04 et le mur
T04c Équerre de pare-vapeur au niveau du support de la bavette d'appui de la baie
T05 Équerre de pare-vapeur relevé sur au moins 60 mm au-dessus de l'isolant T06
T06 Panneaux d'isolants supports d'étanchéité conformes au § 7.3 du Cahier du CSTB 3814
T07 Revêtement d'étanchéité conforme au § 7.4 du Cahier du CSTB 3814
T08 Relevé d'étanchéité recouvrement le pare-vapeur sur au moins 60 mm
T09 Film pare-pluie recouvrant le relevé d'étanchéité sur au moins 50 mm
T10 Caillebotis sur plots
T11 Dalle sur plots
T12 Plots

Figure 18 : Mise en œuvre d'un relevé avec des CLT DALBOIS CLT-M en configuration de toiture accessible aux piétons et au séjour avec protection par dalles sur plots avec une façade en ETICS