

Sur le procédé

PMC+

PMC

Titulaires : **Société Schilliger Holz A.G**

Internet : www.schilliger.ch

Société Schilliger Bois S.A.S

Internet : www.schilliger.fr

Descripteur :

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont des panneaux de grandes dimensions, constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface.

La disposition croisée des planches longitudinales et transversales permet de réduire les variations dimensionnelles et de reprendre les efforts dans les deux directions.

La composition du panneau sera impérativement symétrique

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont destinés à la réalisation de planchers et 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.

Les panneaux PMC ou PMC+ d'épaisseur inférieure à 60mm peuvent également être utilisés comme éléments structurels, par exemple dans le cas de panneaux d'avant-toit ou de débord, d'ailes de planchers-caissons, de planchers porteurs sur solivage avec effet de diaphragme, de parois légères de contreventement.

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

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	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n°3.3/17-920_V2.	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZLAN

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	5
1.1.	Définition succincte	5
1.1.1.	Description succincte	5
1.1.2.	Mise sur le marché	5
1.1.3.	Identification	5
1.2.	AVIS.....	5
1.2.1.	Domaine d'emploi accepté.....	5
1.2.2.	Appréciation sur le procédé	7
1.2.3.	Prescriptions Techniques	9
1.2.4.	Dispositions spécifiques à l'utilisation en tant que support d'étanchéité de toitures	12
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 3.3	13
1.4.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5.2	13
1.5.	Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé.....	14
1.5.1.	Dimensionnement des planchers	14
1.5.2.	Dimensionnement des murs	16
1.5.3.	Conception des assemblages	17
2.	Dossier Technique.....	18
2.1.	Données commerciales	18
2.1.1.	Coordonnées	18
2.2.	Description.....	18
2.3.	Domaine d'emploi	18
2.4.	L'utilisation des planchers béton sur paroi CLT est exclue du domaine d'emploi. Identification et marquage.....	19
2.5.	Éléments et matériaux.....	19
2.5.1.	Planches/plis en bois.....	19
2.5.2.	Colles	19
2.6.	Description des panneaux	20
2.6.1.	Géométrie des panneaux.....	20
2.6.2.	Qualité visuelle des panneaux.....	20
2.6.3.	Caractéristiques physiques des panneaux.....	20
2.6.4.	Utilisation des panneaux PMC+ et PMC en vide sanitaire	20
2.7.	Fabrication et Contrôles	20
2.7.1.	Fabrication	20
2.7.2.	Contrôle de la fabrication	21
2.8.	Dimensionnement	21
2.8.1.	Hypothèses de calcul des valeurs de résistance et de rigidité des panneaux PMC+ et PMC.....	22
2.8.2.	Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux.....	22
2.8.3.	Efforts de compression transversales à la surface des éléments de plancher	22
2.8.4.	Planchers comprenant des ouvertures.....	22
2.8.5.	Dimensionnement des éléments porteurs verticaux	22
2.8.6.	Dimensionnement des éléments en zone sismique.....	23
2.9.	Jonction entre panneaux	23
2.9.1.	Dispositions relatives aux assemblages	23
2.9.2.	Préconisation d'assemblages et d'ancrage spécifiques pour mise en œuvre en zone sismique.....	23
2.9.3.	Dispositions spécifiques relatives à la sécurité en cas d'incendie.....	24
2.9.4.	Dispositions spécifiques aux composants métalliques	24
2.9.5.	Liaison avec le gros œuvre	24
2.10.	Mise en œuvre.....	24

2.10.1.	Dispositions relatives au montage.....	24
2.11.	Thermique et étanchéité à la vapeur d'eau et à l'air.....	25
2.11.1.	Propriétés physiques des compositions de parois	25
2.12.	Résultats expérimentaux.....	27
2.13.	Références	27
2.13.1.	Données Environnementales	27
2.13.2.	Autres références	27
2.14.	Annexes du Dossier Technique.....	29
2.14.1.	Méthodologie de dimensionnement des panneaux aux éléments finis	40
3.	Annexe- Utilisation en support d'étanchéité	48
3.1.	Généralités.....	48
3.2.	Destination d'emploi.....	48
3.3.	Dimensionnement	48
3.4.	Organisation de la mise en œuvre	48
3.4.1.	Lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre).....	48
3.4.2.	Lot Étanchéité.....	49
3.5.	Dispositions constructives relatives au support	49
3.5.1.	Percements et réservations	49
3.5.2.	Configurations de pose des panneaux PMC+ et PMC	49
3.5.3.	Assemblage des panneaux PMC+ et PMC entre eux	49
3.6.	Prescriptions relatives aux toitures inaccessibles, techniques et végétalisées	49
3.6.1.	Toiture chaude en climat de plaine	50
3.6.2.	Toiture froide non isolée des bâtiments ouverts non chauffés en climat de plaine et de montagne	51
3.6.3.	Toiture végétalisée en climat de plaine.....	51
3.6.4.	Toitures-terrasses en climat de montagne	51
3.6.5.	Règles de calcul de la dépression due au vent des systèmes d'étanchéité	52
3.7.	Dispositions particulières aux terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec dalles sur plots	52
3.7.1.	Couche de protection de l'élément porteur.....	52
3.7.2.	Support isolant thermique porteur	52
3.7.3.	Revêtement d'étanchéité.....	52
3.7.4.	Traitement des relevés.....	52
3.7.5.	Dispositions d'évacuation des eaux pluviales.....	53
3.7.6.	Protections par dalles sur plots.....	53
3.8.	Montage par le charpentier.....	53
3.9.	Entretien et réparation des toitures	53
3.10.	Assistance technique	53
3.11.	Annexes du Dossier Technique.....	54

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure et le Groupe Spécialisé n.° 5.2 - Produits et procédés d'étanchéité de toitures terrasses, de parois enterrées et cuvelage de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques ont examiné, le 04 décembre 2020 et le 01 décembre 2020, les procédés **PMC et PMC+**, présenté par la Société SCHILLIGER. Il a formulé, sur ce procédé, le Document Technique d'Application ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont des panneaux de grandes dimensions constitués de planches en bois massif de classe C24 (85% minimum) et de classe C16 (15% maximum) séchées et calibrées. Une catégorie de panneaux constitués uniquement de planches en bois massif de classe C16 est également disponible. Les planches sont empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. Les panneaux structuraux PMC+ et PMC comportent de 3 à 11 plis et sont destinés à la réalisation de planchers, de murs porteurs à fonction de contreventement.

Les panneaux PMC+ sont constitués de planches collées à chants à l'inverse des panneaux PMC.

Les panneaux PMC+ et PMC ont les dimensions suivantes :

- Longueur jusqu'à 18,0 m ;
- Largeur jusqu'à 3,4 m ;
- Epaisseur de 27 à 500 mm.

1.1.2. Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n° 305/2011, les panneaux structuraux PMC+ et PMC font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base des Evaluations Techniques Européennes ETA-18/0884 du 20/07/2020 et ETA 19/0675 du 31/03/2020.

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

1.1.3. Identification

Après fabrication selon le protocole décrit au §5 du Dossier Technique les panneaux sont identifiés de la façon suivante :

- Le logo SCHILLIGER ;
- Le numéro du certificat de constance des performances du marquage CE ;
- Le numéro de l'Evaluation Technique Européenne ;
- Les deux derniers chiffres de l'année où le marquage CE a été apposé ;
- Les essences de bois utilisées ;
- La référence du panneau (N° de position, épaisseur, nombre et direction des couches, qualité) ;
- Le lieu de fabrication.

Les panneaux PMC+ et PMC font l'objet d'une déclaration des performances établie par le fabricant sur la base des Evaluations Techniques Européennes ETA-18/0884 du 20/07/2020 et ETA 19/0675 du 31/03/2020.

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, agricoles, bâtiments d'habitation de la 1^{ère} à la 4^{ème} famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

Les panneaux PMC et PMC + constitués uniquement de classe de résistance C16 sont limités à l'utilisation aux murs et cloisons de bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de 1^{ère} et 2^{ème} famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, jusqu'à R+3.

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

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC 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.

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

Les utilisations des panneaux PMC+ et PMC en support de couverture ne sont pas visées dans le cadre du présent Avis.

L'utilisation dans les DROM n'est pas visée par cet Avis Technique. La mise en œuvre d'un système d'isolant thermique extérieure par enduit sur isolant sur les panneaux PMC+ et PMC doit faire l'objet d'un Avis Technique visant les supports bois dans les limitations d'usage de celui-ci.

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

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

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

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

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

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

Les panneaux d'épaisseur inférieure à 60 mm ne peuvent pas être utilisés pour reprendre des efforts de compression.

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 PMC+ et PMC sont exclus du domaine d'emploi.

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

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

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

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

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

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont destinés aux toitures en travaux neufs :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels (pente $\leq 50\%$), sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique (pente $\leq 50\%$) ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation bénéficiant d'un Avis Technique (pente $\geq 3\%$ et $\leq 20\%$) ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (pente $\leq 7\%$ en systèmes apparents et $\leq 5\%$ sous protection lourde) ;
- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots (pente $\leq 5\%$) selon les prescriptions spécifiques du paragraphe 3.7 du DT.

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

- $\geq 3\%$, lorsque les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limitées au $1/250^e$ de la portée ;
- $\geq 1,8\%$, lorsque les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limitées au $1/400^e$ de la portée (hors TTV) ;
- $\geq 1,6\%$, lorsque les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limitées au $1/500^e$ de la portée (hors TTV) ;

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC peuvent recevoir :

- Des systèmes adhérents, semi-indépendants ou indépendants faisant l'objet d'un DTA ou Avis Technique validé en GS 5 pour l'emploi sur éléments porteurs bois CLT ;
- Un procédé d'isolation inversée bénéficiant d'un DTA validé en GS 5 pour l'emploi sur éléments porteurs CLT (hors terrasses accessibles aux piétons).
- En toiture chaude ou en toiture froide (ventilée non isolée uniquement en bâtiment ouvert).

Climat de montagne

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC peuvent être utilisés pour des toitures en climat de plaine (altitude $\leq 900\text{m}$) ou de montagne (altitude $> 900\text{m}$) dans les conditions prévues par le « Guide des toitures terrasses et toitures avec revêtements d'étanchéité en climat de montagne » (*Cahier du CSTB 2267-2* de septembre 1988).

Emploi dans les régions ultrapériphériques

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

1.2.2. Appréciation sur le procédé

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

Stabilité

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

Sécurité en cas d'incendie

Résistance au feu

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les panneaux PMC+ et PMC, qu'ils soient utilisés en tant que porteur vertical ou horizontal, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'Avis de laboratoire de résistance au feu AL 13-119_V3.

Réaction au feu

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

Sécurité au feu dans le cas d'une utilisation en toiture

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 PMC+ et PMC font fait l'objet d'une appréciation de laboratoire n° AL 13-119_V3 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).

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°AL13-119_V3.

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°AL13-119_V3 un Avis de chantier conformément à l'Arrêté du 22 mars 2004 modifié devra être réalisé.

Pose en zones sismiques

Le procédé PMC+ et PMC peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées aux Prescriptions Techniques.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

La sécurité du travail sur chantier peut être normalement assurée, en ce qui concerne le procédé proprement dit, moyennant les précautions habituelles à prendre pour la manutention d'éléments préfabriqués de grandes dimensions. Une attention particulière doit être portée à la manutention des panneaux PMC+ et PMC 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 SCHILLIGER 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 PMC+ et PMC, en position verticale ou horizontale, doit être assurée au moyen d'un étaielement garantissant la stabilité particulière de chaque élément et la stabilité générale du bâtiment en cours de construction. D'une manière générale, et quelle que soit la fonction du panneau PMC+ et PMC dans l'ouvrage, la mise en œuvre des panneaux PMC+ et PMC impose les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

Les panneaux PMC+ et PMC 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 auprès de la Société Schilliger.

Isolation thermique

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

Les panneaux PMC+ et PMC, peuvent nécessiter, selon leur emplacement dans l'ouvrage, la mise en œuvre d'une isolation thermique complémentaire.

Les valeurs et dispositions décrites dans les figures du Dossier Technique Etablie par le Demandeur 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 des PMC et PMC+ exposée au climat intérieur (entre le panneau PMC/PMC+ 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.

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.

Utilisation en toiture

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

Pour les constructions neuves qui entrent dans le champ d'application de la Réglementation Thermique 2005, la toiture devra satisfaire aux exigences du tableau VIII *du fascicule 1/5* « Coefficient $U_{bât}$ » des Règles Th-U, qui définit le coefficient (U_p) surfacique maximum admissible pour la toiture.

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

Isolation acoustique

Les panneaux PMC+ et PMC 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.

Étanchéité à l'eau et à l'air

Les panneaux PMC+ et PMC 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 PMC+ et PMC dispose d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES 2-114 :2020). Il est rappelé que les FDES 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 PMC+ et PMC 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 PMC+ et PMC répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données aux Prescriptions Techniques (§ 1.2.3.1.8 ci-après).

Utilisation en support d'étanchéité

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

1.2.2.3. Fabrication et contrôle

La fabrication des panneaux PMC+ et PMC est assurée exclusivement par la société SCHILLIGER dans les usines de Küsnacht am Rigi (Suisse) et de Volgelsheim (Haut-Rhin, France). Le suivi de la production est effectué dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle et fait l'objet d'un contrôle externe au moins deux fois par an par le « Holzforschung Austria » pour la production suisse et par le FCBA pour la production française.

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Conditions de conception

Lorsque des panneaux PMC+ et PMC 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 PMC+ et PMC sont à la charge du bureau d'études techniques référencé par le service d'assistance technique PMC+ et PMC qui doit également fournir un plan de pose complet.

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

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

Les charges d'exploitation à prendre en considération dans les calculs sont celles précisées par la norme NF EN 1991 moyennant les limitations décrites §1.2.1.

1.2.3.1.1. Vérifications en phase définitive des éléments porteurs horizontaux

Les vérifications de la résistance sous l'effet du moment fléchissant et de l'effort tranchant peuvent être menées comme dit au §2.7.1 du Dossier Technique, en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont alors calculées comme dit au §2.7.1.1.3 du Dossier Technique. Il est tenu compte du fluage en multipliant la flèche totale (flèche due au moment fléchissant + flèche due à l'effort tranchant) par le coefficient k_{def} pris selon la norme NF EN 1995-1-1.

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

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 PMC+ et PMC.

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

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

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

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

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

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

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

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 PMC+ et PMC.

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

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

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

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

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

La résistance des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales dans leur plan doit être justifiée vis-à-vis du risque de flambement hors plan. Le calcul est donné dans §2.8.2.1 du Dossier Technique. Le calcul de la contrainte majorée de compression est effectué suivant la norme NF EN 1995-1-1.

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

Lorsque les panneaux PMC+ et PMC 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. §2.8.2.3 du dossier technique).

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique. Il convient de se reporter au §2.8.2.3 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 cisaillement peuvent être menées comme dit au §2.8.5.2 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 §2.8.2.2 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 PMC+ et PMC munis d'ouvertures sont utilisés pour assurer le contreventement, il est possible de justifier leur tenue et celle de leurs ancrages en les considérant comme une succession de consoles isolées les unes des autres, libres en tête et encastrées en pied. Ceci n'est applicable que si les panneaux sont fixés mécaniquement en pied et d'une largeur supérieure à 0,60 m.

Lorsque des panneaux PMC+ et PMC 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 PMC+ et PMC entre eux ou des panneaux PMC+ et PMC à d'autres éléments de structure en matériaux bois doivent être choisis selon les prescriptions de la norme NF EN 14592 ou faire l'objet d'une Évaluation Technique Européenne. Les liaisons entre panneaux doivent être réalisées avec des éléments permettant la reprise des efforts de traction transversale (LVL, OSB, contreplaqué), à l'exclusion du bois massif.

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

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

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

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

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

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

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

Pour 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 PMC et PMC+ 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 PMC+ et PMC doit être menée en suivant le principe de comportement de structure soit dissipatif (Classe de ductilité M) soit faiblement dissipatif (Classe de ductilité L) conformément à NF EN 1998-1-1. Les effets des actions sont calculés sur la base de la méthode des forces latérales équivalentes ou de la réponse modale du §4.3.3.1 de la norme NF EN 1998-1-1.

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

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

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 PMC+ et PMC utilisés en plancher doivent être organisés afin d'observer les points suivants :

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

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

- Menant les vérifications précisées au §2.8.6 du Dossier Technique ;
- Réalisant la fixation des panneaux au soubassement béton :
 - Soit par des tiges d'ancrage et/ou bèches, le dimensionnement étant réalisé selon les dispositions de la NF EN 1993-1-8 pour les boulons d'ancrage tendus ;
 - Soit par des chevilles bénéficiant d'une ETE visant une utilisation en béton fissuré et sous sollicitation sismique (catégorie 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 des panneaux PMC+ et PMC dans l'ouvrage d'une part, et à l'essence utilisée d'autre part, un traitement de préservation du bois peut être nécessaire. Il convient de respecter à cet égard les prescriptions des normes NF EN 335 et NF EN 350.

Lorsqu'un traitement est nécessaire, il doit être réalisé après façonnage des panneaux, de même qu'après le traitement des découpes réalisées sur les panneaux PMC+ et PMC.

Conformément à la réglementation en vigueur, les panneaux PMC+ et PMC 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 résistants aux insectes ou des bois ou matériaux dérivés dont la durabilité a été renforcée, soit des dispositifs permettant le traitement ou le remplacement des éléments en bois ou matériaux dérivés.

1.2.3.1.8. Dispositions constructives générales

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

Au niveau des parois verticales, un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face des PMC et PMC+ exposée au climat intérieur (entre le panneau PMC/PMC+ et l'ouvrage en plaque de plâtre). La valeur de S_d (épaisseur de lame d'air équivalente) du pare-vapeur sera au minimum de 18m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90m le cas contraire.

1.2.3.1.9. Entretien et réparation

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

1.2.3.2. Conditions de fabrication

La fabrication des panneaux PMC+ et PMC 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 §2.7.2 du Dossier Technique. Les résultats sont consignés dans des fiches spécifiques pour les planches d'une part et panneaux PMC+ et PMC 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% \pm 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 PMC et PMC+ par l'organisme autrichien « Holzforschung Austria » à Küssnacht am Rigi et par le FCBA à Volgelsheim permettant de vérifier la conformité des performances du panneau (valeur de résistance en cisaillement roulant notamment).

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

1.2.3.3. Conditions de mise en œuvre

1.2.3.3.1. Sollicitations perpendiculaires au sens porteur du panneau

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

1.2.3.3.2. Manutention et stabilité provisoire

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

1.2.3.3.3. Plans d'exécution

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

1.2.3.3.4. Mise en œuvre en toiture

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

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

Les réservations et/ou percements sont réalisés exclusivement par le Lot charpente sous réserve de la validation par le BE structure. En aucun cas, les réservations et/ou percements ne sont réalisés par le lot Étanchéité. 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. Dispositions spécifiques à l'utilisation en tant que support d'étanchéité de toitures

1.2.4.1. Implantation des zones techniques

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) précisent, lorsqu'il y a en toiture des équipements qui justifient le traitement de la toiture en zone(s) technique(s), l'implantation et la surface de ces zones. La surface unitaire de la zone technique ou de chaque partie constituant chaque zone technique ne sera jamais inférieure à 200 m².

1.2.4.2. Terrasses et toitures végétalisées

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

Lorsque la pente est inférieure à 7% sur plan, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² pour le dimensionnement des panneaux structuraux PMC+ et PMC, puisque le fluage est pris en compte dans leur dimensionnement.

1.2.4.3. Terrasses accessibles aux piétons et au séjour

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

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 A10 du DT).

1.2.4.4. Attelages de fixation mécanique du système d'étanchéité

Résistance en compression

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

Résistance à l'arrachement

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

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

- a) Panneaux structuraux PMC+ et PMC : les études préalables prescrites au paragraphe 5 de la norme NF DTU 43.5 doivent comprendre un contrôle de la teneur en humidité des panneaux en bois massifs contrecollés et la vérification de leur salubrité.
Ces études sont à la charge du maître d'ouvrage. Elles ne sont pas de la compétence du lot d'Étanchéité.
- 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.

1.2.4.5.1. Évacuation des eaux pluviales

L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales et lorsque prescrit la vérification nécessaire des panneaux PMC+ PMC sous le phénomène d'accumulation d'eau s'effectuent conformément à l'annexe D du Cahier du CSTB 3814.

Appréciation globale

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 3.3

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

Le présent DTA est formulé sur la base de l'ETA-18/0884 daté du 20/07/2020 et l'ETA 19/0675 du 31/03/2020, dont il est rappelé qu'il n'a pas de limite de validité.

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

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

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

1.4. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5.2

Le DT ne proposant pas de solution satisfaisante de protection en phase chantier, la seule protection possible des panneaux PMC+ PMC en toiture est celle du parapluie telle que décrite au § 8.2 du Cahier du CSTB 3814.

Le principe d'isolation thermique intégralement sous-face des panneaux PMC et PMC+ n'est ni prévu, ni admis, dans le présent Avis pour les toitures chaudes.

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

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

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

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

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

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.

1.5. Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé

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

1.5.1. Dimensionnement des planchers

1.5.1.1. Données

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

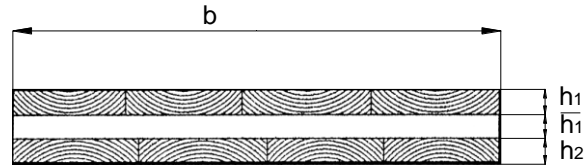
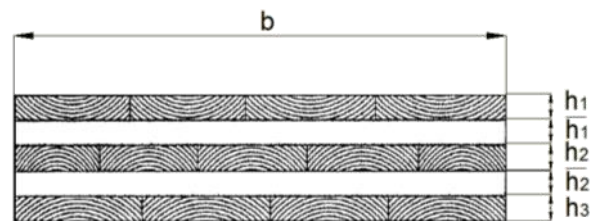


Figure 2 - Coupe transversale d'un panneau 5 plis.



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

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

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

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

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

V_u : effort tranchant maximum de dimensionnement

1.5.1.2. Conception

Bien que les panneaux PMC+ et PMC 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 PMC+ et PMC utilisés comme planchers porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant trémie doivent faire l'objet d'une vérification spécifique (cf. §2.7.1.2 du dossier technique).

Le dimensionnement est réalisé en appliquant les coefficients k_{mod} fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges. Les flèches sont calculées en tenant compte du fluage par le coefficient k_{def} pris selon les valeurs définies pour le contreplaqué dans la norme NF EN 1995-1-1 et au §2.7.1.2 du Dossier Technique.

1.5.1.3. Vérifications à l'ELU instantané

Instantané – charges à court terme

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

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

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

En utilisant les valeurs moyennes de E et où :

$$A_i = b \cdot h_i$$

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

$$\gamma_2 = 1$$

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

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

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

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

Les contraintes normales sont prises selon

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

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

Vérification de la traction et flexion combinée des couches de bois

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

Vérification du cisaillement roulant

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

Avec

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

$$S_i = b \cdot h_i \cdot x_i$$

b : largeur du panneau (mm)

hi : épaisseur du pli (mm)

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

Avec la valeur caractéristique de résistance au cisaillement roulant de 1,2 N/mm² définie dans l'ETA 19/0675 pour le PMC+, et de 1,1 N/mm² définie dans l'ETA 18/0884 pour le PMC.

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 au §2.9 au Dossier Technique.

La compression transversale et le cisaillement sur appui doivent faire l'objet d'une vérification selon les principes énoncés dans le §2.8.3 du Dossier Technique.

1.5.1.4. Vérifications à l'ELU final

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

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

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

- Avec GR,mean le module de cisaillement roulant moyen défini dans l'ETA 18/0884 du 20/07/2020 et l'ETA 19/0675 du 31/03/2020 et pris égale à 50 MPa pour la classe C24 et 20 MPa pour la classe C16 défini dans l'ETA 18/0884 du 20/07/2020.
- Avec $\psi_2 = 1$ pour les charges permanentes.

1.5.1.5. Vérifications ELS

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

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

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

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

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

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

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

avec G_{mean} le module de cisaillement moyen du panneau PMC+ ET PMC pris égal à 650 MPa comme défini dans l'ETA 18/0884 du 20/07/2020 et l'ETA 19/0675 du 31/03/2020.

1.5.1.5.3. Vérifications de flèche

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

1.5.1.5.4. Vérifications flèche totale – absolue

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

1.5.1.5.5. Vérifications flèche instantanée

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

1.5.1.5.6. Vérifications flèche active

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

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

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

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

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

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

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

Les critères de flèche active doivent être vérifiés en considérant les caractéristiques mécaniques à long terme des panneaux PMC+ et PMC.

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.

1.5.2. Dimensionnement des murs

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

La résistance des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales dans leur plan doit être justifiée vis-à-vis du risque de flambement hors plan. Le calcul de l'élanement du panneau PMC+ et PMC est effectué en considérant d'une part la longueur de flambement calculée de manière usuelle en fonction des conditions d'appuis (considérées comme des articulations), d'autre part le rayon de giration dont le calcul est donné dans §2.7.2 du Dossier Technique. Le calcul de la contrainte majorée de compression est effectué suivant la norme NF EN 1995-1-1.

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

Lorsque les panneaux PMC+ et PMC utilisés comme murs porteurs sont pourvus d'ouvertures, les éléments formant poteaux entre ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique en tenant compte, si besoin, du risque de flambement dans les deux directions (cf. §2.7.2.3 du dossier technique).

De la même façon, les éléments formant linteaux au-dessus des ouvertures doivent faire l'objet d'une vérification spécifique. Il convient de se reporter au §2.7.2.3 du Dossier Technique pour la conception des porteurs verticaux avec linteaux et ouvertures.

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

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

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

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

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

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

b la largeur du panneau (mm)

t l'épaisseur du panneau (mm)

Vd effort tranchant agissant sur le panneau (N)

tmin somme des épaisseurs de plis transversaux ou des plis longitudinaux, la plus petite des deux valeurs étant à retenir (mm)

a largeur d'une planche (mm)

Ip moment d'inertie polaire des sections croisées (mm⁴)

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

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

1.5.3. Conception des assemblages

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des panneaux PMC+ et PMC entre eux ou des panneaux PMC+ et PMC à d'autres éléments de structure en matériaux bois doivent être choisis selon les prescriptions de la norme NF EN 14592.

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

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

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaires : Société Schilliger Holz A.G
 Haltikon 33
 CH-6403 Küssnacht Am rigi
 Tél. : +41.41.854.08.00
 Email : info@schilliger.ch
 Internet : <http://www.schilliger.ch>

Société Schilliger Bois S.A.S
 ZIP – Rue du Port Réhan
 68600 VOLGELSHEIM
 Tél. : +33 (0)3 89 72 16 00
 Email : info@schilliger.fr
 Internet : www.schilliger.fr

2.2. Description

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont des panneaux de grandes dimensions, constitués de planches en bois massif, empilées en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface.

La disposition croisée des planches longitudinales et transversales permet de réduire les variations dimensionnelles et de reprendre les efforts dans les deux directions.

La composition du panneau sera impérativement symétrique

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont destinés à la réalisation de planchers et 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.

Les panneaux PMC ou PMC+ d'épaisseur inférieure à 60mm peuvent également être utilisés comme éléments structurels, par exemple dans le cas de panneaux d'avant-toit ou de débord, d'ailes de planchers-caissons, de planchers porteurs sur solivage avec effet de diaphragme, de parois légères de contreventement.

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont destinés à la réalisation de bâtiments à usage d'habitation, établissements recevant du public (ERP), bâtiments de bureaux ou industriels. A titre d'exemples :

- Bâtiments d'habitation : maisons individuelles ou bâtiments collectifs à comble aménageable ou habitable à plafond rampant
- Etablissements Recevant du Public
- Équipements éducatifs, sportifs, sociaux et culturels : locaux sportifs ou scolaires, foyers sociaux, centres culturels ou salles polyvalentes, bibliothèques, centres de documentation, structures d'accueil des personnes âgées et des PMR, salles d'auditions et de spectacles, salles d'exposition, musées ;
- Centres commerciaux ;
- Constructions hôtelières ou de loisirs, restaurants
- Bâtiments relevant du code du travail : locaux industriels, commerciaux (ateliers, bureaux, magasins, etc.) et d'activités tertiaires (administrations, banques, bureaux, etc.)

Les panneaux PMC+ et PMC sont utilisés comme support ou élément porteur de toitures étanchées (cf. § 3 du dossier technique).

2.3. Domaine d'emploi

Les panneaux PMC et PMC + sont destinés à la réalisation de bâtiments industriels, agricoles, bâtiments d'habitation de la 1ère à la 4ème famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, dans les conditions énoncées aux paragraphes ci-après.

Les panneaux PMC et PMC + constitués uniquement de classe de résistance C16 sont limités à l'utilisation aux murs et cloisons de bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de 1ère et 2ème famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, jusqu'à R+3.

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

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC sont destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

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

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

L'utilisation dans les DROM n'est pas visée par cet Avis Technique. La mise en œuvre d'un système d'isolant thermique extérieure par enduit sur isolant sur les panneaux PMC+ et PMC 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.

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

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

L'utilisation des planchers exclue la reprise des cloisons maçonnées ou fragiles. Les revêtements fragiles doivent être mis en place en pose désolidarisée.

Les panneaux d'épaisseur inférieure à 60 mm ne peuvent pas être utilisés pour reprendre des efforts de compression.

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 PMC+ et PMC sont exclus du domaine d'emploi.

Les utilisations des panneaux PMC+ et PMC en support de couverture ne sont pas visées dans le cadre du présent Avis.

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

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

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

Le marquage CE doit être apposé sur une étiquette jointe sur les documents commerciaux. Le marquage CE est constitué des initiales "CE" suivies du numéro d'identification de l'organisme de certification, accompagné en outre des renseignements suivants :

- Le nom et adresse du fabricant (entité légale responsable de la production) ;
- Le numéro du certificat de conformité CE suivies du numéro d'identification de l'organisme de certification ;
- Les deux derniers chiffres de l'année d'apposition de la marque CE ;
- Le numéro de l'Evaluation Technique Européenne ;
- La désignation du produit PMC+ ou PMC/panneau contrecollé comme indication des performances du produit.

Une fois que les panneaux ont satisfait les exigences décrites au §5.2, l'étiquette est complétée par les informations suivantes :

- Le numéro de fabrication ;
- Les dimensions et la masse du panneau ;
- Une référence permettant un montage rapide.

2.5. Eléments et matériaux

2.5.1. Planches/plis en bois

2.5.1.1. Types d'essences utilisées

Les panneaux PMC+ et PMC sont constitués de plis en bois massif de résineux conforme à la norme EN 14081-1. Les essences utilisées sont de l'épicéa (*Picea abies*), du sapin (*Abies alba*), du douglas ou des résineux équivalents. Les bois sont certifiés FSC ou PEFC suivant l'origine.

2.5.1.2. Caractéristiques géométriques des planches

Les planches utilisées sont rabotées quatre-faces parallèles et ont une épaisseur comprise entre 9 et 50 mm. La largeur des planches est comprise entre 80 et 230 mm. La tolérance sur l'épaisseur des planches après rabotage est de $\pm 0,15$ mm entre deux points d'une même planche et entre planches. Les caractéristiques géométriques sont données pour un taux d'humidité de 10 à 12%.

2.5.1.3. Caractéristiques mécaniques des planches

Les planches utilisées sont classées visuellement en accord avec les normes EN 1912 et EN 338. 85% au minimum des planches utilisées relèvent de la classe C24, les 15% maximum restants relevant de la classe C16. Une catégorie de panneaux constitués uniquement de planches en bois massif de classe C16 est également disponible.

2.5.2. Colles

Les colles utilisées dans un but structural sont en accord avec les exigences des normes NF EN 301 et NF EN 302 1 à 4.

La colle PUR est utilisée pour le collage des plis entre eux et pour les aboutages des planches. La colle est de Type 1 au sens de la norme EN 15425 (2008), comme en attestent les essais menés par le FCBA sur la base des documents suivants :

- FCBA no. LBO/GL/MP/03/09/274

- FCBA no. LBO/GL/MP/03/09/275
- FCBA no. LBO/GL/MP/03/09/276

Le taux d'émission de formaldéhyde pour le produit collé avec la PUR a été déterminé par le bureau de chimie environnementale, Bau- und Umweltchemie, de Zürich comme étant de classe E1.

2.6. Description des panneaux

2.6.1. Géométrie des panneaux

Les panneaux PMC+ et PMC ont une largeur de 3m40 maximum et une longueur de 18m maximum. Les panneaux sont ensuite découpés et usinés numériquement selon les exigences du client. Les usinages comprennent les ouvertures de fenêtres et portes, ainsi que les passages pour câbles électriques et gaines techniques, les biais et inclusions variées.

Les panneaux PMC+ et PMC sont constitués de planches en bois massif ou plis en bois, empilés en couches croisées à 90° et collées entre elles sur toute leur surface. La constitution des plis est symétrique dans l'épaisseur. De ce fait, les plis extérieurs sont orientés dans la même direction. Les panneaux sont constitués de 3 à 11 plis. Deux ou trois plis à sens du fil parallèle peuvent être superposés pour former une couche d'épaisseur maximale 90mm.

L'épaisseur des panneaux PMC+ et PMC dépend du nombre de plis et des combinaisons possibles entre les différentes épaisseurs de planches et plis. L'épaisseur des panneaux standards peut varier de 27 à 360 mm.

2.6.2. Qualité visuelle des panneaux

La qualité visuelle du panneau est un critère défini à la commande. Deux configurations sont possibles.

- Les deux faces sont de qualité visuelle identique (exemple : B/B, C/C ou D/D) ;
- Chaque face a une qualité visuelle définie (exemple : B/C, B/D ou C/D).

Différentes finitions sont proposées :

- Qualité industrielle D : qualité non destinée à être apparente, trace de colle et absence de correction esthétique ;
- Qualité intermédiaire C : qualité poncée et correction au mastic des imperfections ;
- Qualité supérieure B : qualité poncée et correction par bouchonnage de tous les défauts visuels, selon des critères propres à l'entreprise.

Par convention de fabrication, la face visible sur la vue en plan (au « dessus ») est la première désignée. L'autre face est de la qualité désignée en second. Par exemple, un panneau noté C/D verra la face du dessus de qualité C, celle du dessous de qualité D. Inversement un panneau noté D/B aura la face du dessus de qualité D et la face du dessous de qualité B.

Pour les critères de qualité visuelle, se reporter au tableau en annexe F.

2.6.3. Caractéristiques physiques des panneaux

La masse volumique caractéristique à considérer pour les panneaux est $\rho_k=350 \text{ kg/m}^3$ et la masse volumique moyenne $\rho_m=420 \text{ kg/m}^3$ selon NF EN 338.

Variation dimensionnelle dans le plan du panneau : 0,015% pour 1% de variation d'humidité du bois.

Variation dimensionnelle dans l'épaisseur : 0,2% pour 1% de variation d'humidité du bois.

- Coefficient de conductibilité thermique $\lambda=0,13 \text{ W/m.K}$;
- Capacité calorifique massique $c=1,60 \text{ KJ/kg.K}$;
- Résistance à la migration de vapeur d'eau $\mu=20\text{-}50 \text{ g/m.h.mm Hg}$.

2.6.4. Utilisation des panneaux PMC+ et PMC en vide sanitaire

Hors zones infestées par les termites, il est nécessaire de se référer au DTU 51.3 pour l'utilisation des panneaux PMC+ et PMC en plancher sur vide sanitaire.

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

2.7. Fabrication et Contrôles

2.7.1. Fabrication

La fabrication des panneaux PMC+ est effectuée dans l'usine de Schilliger Holz à Kussnacht am Rigi en Suisse. La fabrication des panneaux PMC est effectuée dans l'usine de Schilliger Bois à Volgelsheim en France. Pour la production de panneaux PMC de classe C16, sont utilisées d'office des planches classées visuellement en C18, bénéficiant d'un marquage CE selon l'EN 14081-1+A1 :2011 et classées selon la norme NF B52-001-1.

Le processus de fabrication des panneaux PMC+ et PMC comporte les étapes suivantes :

2.7.1.1. Séchage

Séchage des planches destinées à la fabrication des panneaux à une humidité de $12 \pm 2 \%$, dans un séchoir à air chaud climatisé. Le bois est stocké dans une enceinte climatisée.

2.7.1.2. Aboutage et mise à longueur

- Détection des défauts selon les critères du classement visuel du C24,
- Mesure de l'humidité de chaque planche,

- Purge des défauts repérés précédemment,
- Aboutage des planches,
- Rabotage des planches à l'épaisseur souhaitée,
- Tronçonnage des planches aboutées à la longueur souhaitée,
- Détection des défauts selon les critères du classement visuel du C24 pour les panneaux PMC et PMC+, et selon les critères du classement visuel du C18 pour les panneaux PMC dits de classe C16.

2.7.1.3. Composition et collage

- Disposition des planches et/ou panneau mono-ply selon la configuration souhaitée ;
- Encollage sur toute la surface par un portique roulant. Lors de la production de panneaux PMC, les chants des planches ne sont pas encollés. Lors de la production de panneaux PMC+, les chants des planches sont encollés.

2.7.1.4. Pressage

- Chaque panneau PMC est recouvert d'un film plastique étanche afin d'effectuer le vide à 90% (soit une pression de 9 t/m²) et sont pressés à température constante. La durée de presse correspond aux données du fabricant de colle (un minimum 2,5 fois le temps d'ouverture de la colle utilisée).
- Chaque panneau PMC+ est fabriqué sous presse hydraulique à une pression de 70 t/m² et à température constante. La durée de presse correspond aux données du fabricant de colle (un minimum 2,5 fois le temps d'ouverture de la colle utilisée).
- Les panneaux incurvés sont disposés sur un gabarit adapté, continu, de manière à favoriser leur cintrage sans risque de rupture superficielle des lamelles et de permettre un pressage uniforme et constant pendant la stabilisation.

2.7.1.5. Mise à dimensions et usinages

La mise à dimensions, la découpe des ouvertures et les usinages divers sont assurés par un centre d'usinage à commande numérique.

2.7.2. Contrôle de la fabrication

La fabrication des panneaux PMC+ et PMC est soumise d'une part à une procédure de contrôle interne en usine mise en œuvre par le fabricant, d'autre part à un contrôle externe assuré par l'organisme autrichien « Holz Forschung Austria » (HFA) à Küssnacht am Rigi ou par le FCBA à Volgelsheim. Ceux-ci respectent les conditions qui suivent.

2.7.2.1. Contrôle interne de fabrication

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

- Description et examen visuel de la matière première par un personnel qualifié
- Contrôle et vérification pendant la production
- Vérification et essais sur les produits finis :
 - Détermination de la résistance à la flexion des aboutages selon la norme EN 385. La résistance doit répondre aux exigences de la norme EN 1194.
 - Essais de la résistance du collage par délamination selon la norme EN 16351, à raison de un essai / jour. Les résultats osent présenter au maximum 10% de délamination sur l'ensemble des joints de colle et 40% au niveau d'un seul joint de colle.

Les résultats du contrôle interne sont consignés sur un registre spécifique qui précise les éléments suivants :

- Description des matières premières ou des composants
- Méthode de contrôle de l'essai ;
- Date de fabrication et d'essai ;
- Résultats des contrôles et essais ;
- Signature du responsable du contrôle interne.

Les protocoles sont conservés pendant 10 ans et sont contrôlés régulièrement par l'organisme autrichien « Holz Forschung Austria » (HFA) à Küssnacht am Rigi ou par le FCBA à Volgelsheim dans le cadre de l'audit CE semestriel.

Les produits non conformes sont aussitôt retirés de la production et les essais sont alors réalisés à nouveau.

2.7.2.2. Contrôle externe de fabrication

Un contrôle externe est effectué par l'organisme autrichien « Holz Forschung Austria » (HFA) à Küssnacht am Rigi ou par le FCBA à Volgelsheim dans le cadre de l'audit CE semestriel.

Les résultats du contrôle externes doivent être conservés pendant au moins 10 ans.

2.8. Dimensionnement

Un logiciel de pré-dimensionnement, BEMESSEN, ainsi que des notices sont mis à la disposition des bureaux d'étude par Schilliger Holz afin de faciliter les calculs de pré-dimensionnement. Ces derniers, utiles en phase d'avant-projet, ne se substituent pas au dimensionnement qui doit faire l'objet d'une note de calcul spécifique par un bureau d'études, au cas par cas, en tenant compte des particularités du projet.

Si seuls les panneaux sur appuis surfaciques sont modélisables sur le logiciel BEMESSEN, leur mise en œuvre avec appuis ponctuels et solutions d'appuis mixtes est envisageable. Dans ce cadre spécifique, l'utilisation d'un logiciel de dimensionnement par éléments finis (MEF) est rendue nécessaire. Une liste de bureaux d'étude compétents est tenue à disposition des utilisateurs

par Schilliger Holz pour les dimensionnements complexes nécessitant un logiciel de modélisation. On retiendra en particulier que cette modélisation est rendue nécessaire par la nature orthotropique des produits nécessitant la possibilité de définir des propriétés mécaniques dans plusieurs directions. La plupart des logiciels de calcul n'offrent pas cette possibilité, bien qu'ils permettent la modélisation d'appuis ponctuels élastiques avec une surface de contact et une raideur adaptée. La modélisation puis vérification des panneaux permet de s'assurer que les conditions de mise en œuvre projetées n'engendreront pas de concentrations de contraintes allant au-delà des résistances caractéristiques des panneaux et de proposer des solutions palliatives le cas échéant (épaisseur de panneau adaptée ou solutions constructives visant à répartir les contraintes).

Le coefficient partiel de sécurité pris en compte pour le calcul des résistances de dimensionnement est celui du bois massif, soit $\gamma_M = 1,3$. De même, la valeur du k_{mod} associée aux panneaux PMC+/PMC est celle du bois massif.

2.8.1. Hypothèses de calcul des valeurs de résistance et de rigidité des panneaux PMC+ et PMC

La continuité des déplacements au niveau des interfaces entre les plis est assurée par le collage structural dont la qualité est contrôlée par essais mécaniques. Le glissement entre ces plis collaborants n'est donc pas à prendre en compte lors de l'application du théorème d'Huyghens (cf. paragraphes qui suivent).

Les espaces existants entre les planches d'un même pli constituent des singularités qui génèrent des concentrations de contraintes au même titre que les nœuds, fentes pour le bois massif : le coefficient de sécurité partiel $\gamma_M = 1,3$ prend en charge les incertitudes liées à cette hétérogénéité.

En flexion à plat, la flèche due à la déformation des plis transversaux sous l'action du cisaillement transversal, ou cisaillement roulant, est prise en compte dans le calcul de flèche par l'intermédiaire du module de cisaillement roulant.

2.8.2. Dimensionnement des éléments porteurs horizontaux

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.1 « Généralités » s'appliquent.

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

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.2 « Vérifications aux ELU des contraintes normales, de flexion et de cisaillement » s'appliquent.

2.8.2.2. Vérification des déformations

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

2.8.3. Efforts de compression transversales à la surface des éléments de plancher

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

2.8.4. Planchers comprenant des ouvertures

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.1 « Principe » s'appliquent.

2.8.4.1. Réservations de faibles dimensions

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.2 « Réservations de faibles dimensions » s'appliquent.

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

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.3 « Réservations situées en bordure de panneau de plancher – Principe de décomposition » s'appliquent.

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

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §3.3.7.4 « Réservations intégralement comprises dans un même panneau de plancher – Principe de report de charge » s'appliquent.

2.8.5. Dimensionnement des éléments porteurs verticaux

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

2.8.5.1. Reprise des charges verticales

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3 « Vérifications en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales » s'appliquent.

2.8.5.2. Reprise des charges horizontales

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.4 « Vérifications en phase définitive des éléments porteurs verticaux soumis à des charges horizontales » s'appliquent.

2.8.5.3. Linteaux et ouvertures

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

2.8.5.4. Reprise des charges perpendiculaires à la surface du panneau

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

2.8.5.5. Reprise de charges verticales ponctuelles

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

2.8.5.6. Compression oblique

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §4.3.3.4 « Vérifications des contraintes de compression obliques » s'appliquent.

2.8.6. Dimensionnement des éléments en zone sismique

2.8.6.1. Principes généraux

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §5.3.1.1 « Principes généraux » s'appliquent.

2.8.6.2. Comportement de structure faiblement dissipatif (DCL)

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §5.3.1.2 « Principe de dimensionnement en comportement de structure faiblement dissipatif (DCL) » s'appliquent.

2.8.6.3. Comportement de structure dissipatif (DCM)

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §5.3.1.3 « Principe de dimensionnement en comportement de structure dissipatif (DCM) » s'appliquent.

2.9. Jonction entre panneaux

2.9.1. Dispositions relatives aux assemblages

Les organes de fixations utilisés pour l'assemblage des panneaux PMC+ ou PMC entre eux ou à d'autres éléments de structure doivent être choisis selon les prescriptions du chapitre 2.5 matériaux de fixation ou d'assemblage du DTU 31.2.

Les organes de fixation ou l'assemblage doivent être justifiés en regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de l'Eurocode 5 en tenant compte des dispositions supplémentaires citées ci-après. La valeur de masse volumique caractéristique du PMC+ et du PMC à prendre en compte pour le dimensionnement des assemblages est $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ (valeur du C24).

Il convient de différencier les chants des faces, qui présentent des comportements différents face aux assemblages. En effet, les organes de liaisons suivants ne peuvent reprendre des charges lorsqu'ils sont mis en place dans les chants des panneaux :

- Crampons,
- Broches lisses,
- Boulons,
- Pointes.

Seules les vis à bois, les tirefonds et les anneaux reprennent des efforts dans cette partie du panneau.

Notons que les crampons, anneaux et broches lisses ne sont qu'exceptionnellement utilisés, les moyens d'assemblage les plus courants pour les panneaux PMC+ et PMC sont les vis à bois et les pointes annelées ou torsadées.

2.9.1.1. Assemblages dans un même plan

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

2.9.1.2. Assemblage en angle

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.3 « Assemblage des panneaux en angle » s'appliquent.

2.9.1.3. Assemblages par connecteurs tridimensionnels

Les dispositions du Cahier 3802_P2 du CSTB §2.4.4 « Assemblages par connecteurs tridimensionnels » s'appliquent.

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

Seules les connections ayant un comportement approprié à la fatigue oligo-cyclique peuvent être envisagées dans les assemblages entre panneaux PMC+ ou PMC.

Les assemblages avec connecteurs mécaniques doivent être dimensionnés conformément aux dispositions de l'Eurocode 5, complétées des dispositions données au §7.1 du présent dossier technique. Il s'agit de s'attacher particulièrement à réaliser des assemblages dont le mode de rupture est ductile, à la fois pour les liaisons entre panneaux et pour les ancrages aux fondations, capable de reprendre les sollicitations sismiques.

Les connecteurs usuels sont de type équerre, permettant de lier les murs aux planchers intermédiaires et aux fondations. Ils sont de préférences rapportés sur les panneaux à l'aide de pointes annelées $\varnothing 4 \times 60 \text{ mm}$, et diffèrent de géométrie en fonction de leur position :

- Les équerres et ancrages (panneaux PMC+/PMC sur fondations) devant reprendre les sollicitations verticales issues du cisaillement sismique horizontal sont du type Simpson HTT22 pour des structures de faible hauteur (R+1) ; pour des structures comportant plus de 2 étages, des équerres spécifiques, conçues pour des niveaux de sollicitations supérieurs devront faire l'objet d'une étude spécifique ; on pourra par exemple prendre les combinaisons d'équerre/ancrage Simpson AH29050+UH40/50/10G ;
- Les équerres (panneaux PMC+/PMC sur dalle PMC+/PMC) devant reprendre les sollicitations verticales issues du cisaillement sismique horizontal sont du type Simpson HTT22 pour des structures de faible hauteur (R+1) ; pour des structures comportant

plus de 2 étages, des équerres spécifiques, conçues pour des niveaux de sollicitations supérieurs devront faire l'objet d'une étude spécifique ; on pourra par exemple prendre l'équerre ABR105-R.

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

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

2.9.4. Dispositions spécifiques aux composants métalliques

2.9.4.1.1. Compatibilité des organes métalliques

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

2.9.4.1.2. Organes de fixation de type tige

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

2.9.4.1.3. Connecteurs métalliques tridimensionnels

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

2.9.5. Liaison avec le gros œuvre

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

2.10. Mise en œuvre

2.10.1. Dispositions relatives au montage

2.10.1.1. Grue et levage des panneaux

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

2.10.1.2. Stockage sur chantier

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

Le taux d'humidité des panneaux sortant d'usine est de $12 \pm 2\%$. Il convient de prendre les dispositions nécessaires sur chantier afin de prévenir des reprises d'humidité trop importantes. Le stockage vertical des éléments est conseillé. Lors d'un stockage de longue durée, les protections mises en place doivent permettre une ventilation suffisante de manière à empêcher les phénomènes de condensation.

Les éléments ne doivent pas être posés directement sur le sol, afin d'éviter les salissures et les reprises d'humidité, ni sur une surface non plane qui peut provoquer des déformations. Prévoir un espace de stockage suffisant permet de trier les éléments plus facilement et ainsi gagner du temps de chantier. Il peut être nécessaire de protéger les panneaux des U.V. lorsque ceux-ci sont destinés à une utilisation avec une face visible. Il est indispensable alors de prévoir une protection sur les panneaux, contre les rayons directs du soleil (bâche opaque, etc.) immédiatement après le déchargement (moins de 5 minutes en général).

2.10.1.3. Déroulement du montage

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

2.10.1.3.1. Éléments verticaux

La planéité des fondations du bâtiment doit être vérifiée et, le cas échéant, corrigée par des calles. Sur demande, Schilliger munit les panneaux de points d'accrochage qui permettent un levage sécurisé.

- Sur les éléments destinés à être posés verticalement (mur), un (ou plusieurs si besoin) percement de 40 mm de diamètre est réalisé en partie supérieure, ce qui permet le passage d'une élingue pour le levage. Ces percements, réalisés exclusivement en usine, sont définis et vérifiés par le bureau d'étude de Schilliger. Un bouchonnage est alors proposé pour reboucher l'ouverture ainsi générée.
- Sur les éléments destinés à être posés horizontalement ou en biais (dalle) quatre douilles sont incluses dans l'épaisseur du panneau pour y ajouter une vis à anneau lors du levage. Les douilles restent dans le panneau une fois le PMC+ ou le PMC posé.

Sur chaque élément est inscrite sa masse. Il convient de vérifier que la grue et les sangles de levage sont suffisamment dimensionnées en conséquence. Les éléments doivent être levés un par un.

Des éléments de contreventements provisoires doivent être mis en place tant que la structure n'a pas acquis sa stabilité propre. Ces étalements sont constitués de béquilles placées à 45° à raison de deux, au minimum, par élément.

2.10.1.3.2. Éléments horizontaux

Pour la construction par étages successifs, les chants supérieurs des éléments verticaux doivent constituer un support parfaitement plan et horizontal (irrégularité maximum de 2 mm mesurée sous une règle de 2 m déplacée le long du mur) sur lequel sont vissés les éléments de plancher, et ce afin d'assurer un fonctionnement optimal de l'assemblage.

Pour la construction par « hauteur totale » les éléments de planchers sont fixés aux murs extérieurs par des équerres.

2.10.1.4. Dispositions relatives aux réservations

Sur demande, des réservations pour câbles techniques peuvent être aménagées dans les panneaux PMC+ ou PMC par fraisage.

2.10.1.4.1. Réservations dans les panneaux de mur

Les réservations dans les murs porteurs ne peuvent être pratiquées que dans le sens vertical, dans les plis à fil vertical, afin de ne pas réduire les qualités mécaniques du panneau. Les réservations dans les plis à fil horizontal, sont possibles sans restriction de direction. Pour les cas courants, elles ne sont pas prises en compte dans les calculs.

Pour les murs sans fonction structurelle, il n'y a pas de restrictions. Il conviendra de s'assurer néanmoins qu'il reste suffisamment de matière pour que le panneau résiste à son poids propre.

2.10.1.4.2. Réservations dans les panneaux de plancher

Il est possible de réaliser ce genre d'usinage si celui-ci est dans le sens de la portée dans le cas où il est effectué dans une couche dont le fil est dans le sens de la portée ; et sans restriction d'orientation dans les autres cas.

Il est cependant possible d'effectuer le passage des câbles dans l'épaisseur de l'isolant phonique.

2.10.1.5. Mise en œuvre des revêtements de sol désolidarisés

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

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

Concernant la vérification du support :

- La vérification de l'humidité devra être réalisée conformément au guide Construction bois et gestion de l'humidité en phase chantier (CODIFAB – Avril 2020) en considérant les compléments suivants et devra faire l'objet d'une fiche d'autocontrôle qui prendra la forme d'un « Bon à Fermer » (cf. Tableau 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 toute présence de point dur au moment du coulage de la chape (exemple : connecteurs nervurés).

2.11. Thermique et étanchéité à la vapeur d'eau et à l'air

2.11.1. Propriétés physiques des compositions de parois

2.11.1.1. Thermique

Le coefficient de conductibilité thermique λ_d est égal à 0,13 W/(mK).

Les coefficients de transmission thermique de parois U_c [W/m².K] sont calculés en prenant en compte l'action isolante du PMC+/PMC :

$$U_c = \frac{1}{(R_{si} + R_{se} + R_i + R_p)} \text{ avec :}$$

- R_{si} et R_{se} : résistance superficielle de la paroi [m².K/W]
- R_i : somme des résistances thermiques des couches autres que le PMC+ ou le PMC [m².K/W]
- R_p : résistance du produit [m².K/W]

Type de panneau	Epaisseur [mm]	Nombre de plis	Composition [mm]											Résistance thermique [m².K/W]	Conductivité thermique [W/(m².K)]			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
PMC-3L	27	3	9	9	9												0,21	4,81
PMC-3L	30	3	10	10	10												0,23	4,33
PMC-3L	35	3	10	15	10												0,27	3,71
PMC-3L	40	3	10	20	10												0,31	3,25
PMC-3L	45	3	15	15	15												0,35	2,89
PMC-3L	50	3	15	20	15												0,38	2,60
PMC-3L	60	3	20	20	20												0,46	2,17
PMC-3L	70	3	20	30	20												0,54	1,86
PMC-3L	80	3	30	20	30												0,62	1,63
PMC-3L	90	3	30	30	30												0,69	1,44
PMC-3L	100	3	30	40	30												0,77	1,30
PMC-3L	110	3	40	30	40												0,85	1,18
PMC-3L	120	3	40	40	40												0,92	1,08
PMC-5L	100	5	20	20	20	20	20										0,77	1,30
PMC-5L	110	5	20	20	30	20	20										0,85	1,18
PMC-5L	120	5	20	30	20	30	20										0,92	1,08
PMC-5L	130	5	30	20	30	20	30										1,00	1,00
PMC-5L	140	5	20	40	20	40	20										1,08	0,93
PMC-5L	150	5	30	30	30	30	30										1,15	0,87
PMC-5L	160	5	40	20	40	20	40										1,23	0,81
PMC-5L	170	5	30	40	30	40	30										1,31	0,76
PMC-5L	180	5	40	30	40	30	40										1,38	0,72
PMC-5L	200	5	40	40	40	40	40										1,54	0,65
PMC-7L	210	7	30	30	30	30	30	30	30								1,62	0,62
PMC-7L	220	7	40	20	40	20	40	20	40								1,69	0,59
PMC-7L	240	7	30	40	30	40	30	40	30								1,85	0,54
PMC-7L	250	7	40	30	40	30	40	30	40								1,92	0,52
PMC-7L	280	7	40	40	40	40	40	40	40								2,15	0,46
PMC-3DL	160	3DL	60	40	60												1,23	0,81
PMC-3DL	170	3DL	70	30	70												1,31	0,76
PMC-3DL	180	3DL	70	40	70												1,38	0,72
PMC-3DL	200	3DL	80	40	80												1,54	0,65
PMC-5DL	200	5DL	60	20	40	20	60										1,54	0,65
PMC-5DL	220	5DL	80	20	20	20	80										1,69	0,59
PMC-5DL	240	5DL	80	20	40	20	80										1,85	0,54
PMC-5DL	260	5DL	80	30	40	30	80										2,00	0,50
PMC-5DL	280	5DL	80	40	40	40	80										2,15	0,46
PMC-5DL	320	5DL	80	40	80	40	80										2,46	0,41
PMC-7DL	330	7DL	60	30	60	30	60	30	60	30	60						2,54	0,39
PMC-7DL	360	7DL	80	40	40	40	40	40	40	80							2,77	0,36

Tableau 2 : Table des valeurs de résistance thermique pour les compositions les plus fréquentes

2.11.1.2. Résistance à la migration de la vapeur d'eau

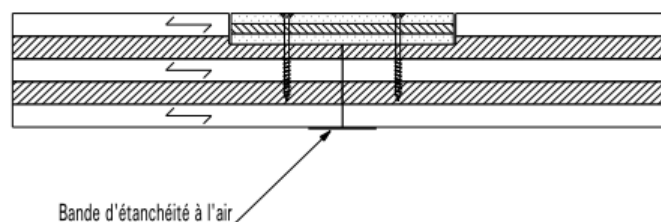
Au niveau des parois verticales, un pare-vapeur sera systématiquement mis en œuvre sur la face des PMC et PMC+ exposée au climat intérieur (entre le panneau PMC/PMC+ et l'ouvrage en plaque de plâtre). La valeur de Sd (épaisseur de lame d'air équivalente) du pare-vapeur sera au minimum de 18m lorsque le revêtement extérieur est ventilé et de 90m le cas contraire.

2.11.1.3. Etanchéité à l'air

De façon générale dans une construction bois incluant des panneaux PMC+ et PMC, l'étanchéité à l'air se fait via un système de film étanche conforme au DTU 31,2. Les règles de construction bois courantes s'appliquent alors.

L'étanchéité de la construction bois doit être complétée par la mise en œuvre d'une bande adhésive ou autre dispositif adapté au niveau de la liaison entre deux panneaux.

Cette bande devra être choisie pour ses performances à long terme (non-décollement notamment) en particulier pour application sur des produits bois ; à titre indicatif les bandes Sicrall / Rissan de SIGA, ainsi que les bandes Vana Tescon de Proclima et les produits de TremcoI-Ilbruck présentent de bonnes performances. De manière générale, on favorisera les produits ne comportant pas de solvants afin que les performances en adhérence soient assurées durablement.



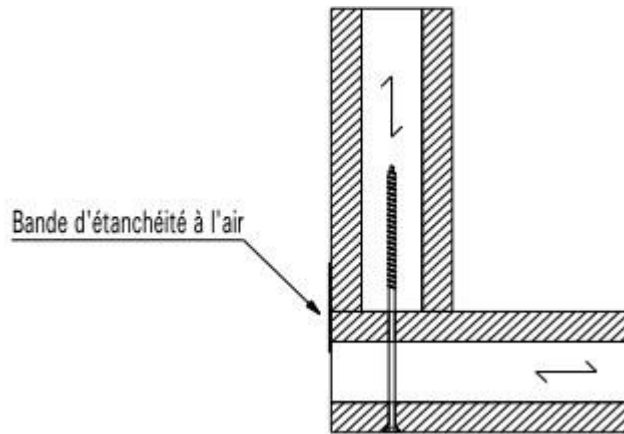


Figure 12 : Exemple d'étanchéité à l'air

Le film d'étanchéité recommandé est du type Compriband fabriqué par l'entreprise Tramico.

Une étude sera nécessaire pour déterminer convenablement la mise en œuvre des éléments d'étanchéité en jonction avec le PMC+ ou le PMC (charpente, gros œuvre béton ou métal, etc...).

2.12. Résultats expérimentaux

- Certificat de conformité CE 1359-CPD-0192 / Holzcert Austria / A-Vienne
 - Purbond HB-S409 fiche technique / Purbond / CH-6203 Sempach
 - Plan de contrôle (ETA 18-0884 du 20/07/2020) / ETA Danmark
 - ETA 19/0675 du 31/03/2020
 - Allgemeine Zulassung Z-9.1-492 / DIBT / DE-10829 Berlin
 - Fact Sheet Grossformatplatte Fichte / Bau- und Umweltchemie / CH-8037 Zurich
 - Fact Sheet Grossformatplatte Tanne / Bau- und Umweltchemie / CH-8037 Zurich
 - Untersuchungen zum Einfluss des Plattenaufbaus / EPFZ / CH-8000 Zurich
 - Diffusionswiderstand von Holzwerkstoffen / EPFZ / CH-8000 Zurich
 - Gestion des processus ISO-9000 / LGA / DE-90431 Nuremberg
 - Appréciation de laboratoire AL 13-119 émise par le CSTB destinée à un Avis Technique au sens de l'article 18 de l'arrêté du 22 mars 2004 modifié le 14 mars 2011 du Ministère de l'intérieur.
- Rapport d'essais acoustiques n° AC18-26075542-1 (CSTB)

2.13. Références

2.13.1. Données Environnementales

Les procédés PMC et PMC+ font l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES 2-114 :2020).

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

2.13.2. Autres références

Schilliger Bois et Schilliger Holz totalisent plusieurs centaines de références en CLT, dont les principales depuis la dernière mise à jour de l'Avis technique sont :

Bâtiments à usage d'habitation

- Maison d'habitation R+1, Steinbrunn (68). 2017.
- 5 maisons d'habitation R+2, Colombes (92). 2020.
- Maison d'habitation R+1, Chapelle d'Huin (25) 2020.
- Habitat collectif, R+2, (89) Joigny 2020.

Bâtiments publics

- Maison des Pèlerins, Paray-le-Monial, RDC (71). 2017.
- Centre technique municipal, R+ 1 Barberaz (73). 2018.
- Palazzo Méridia R+9, Nice (68). 2019.
- Extension clinique de l'III, R+2, 67300 Schiltigheim. 2017.
- Bureaux Pillon Frères, R+1, 68890 Reguisheim. 2017.
- Centre technique de Barberaz, R+1, 73000 Barberaz. 2018.
- Salle polyvalente La Savoyarde, R+2, 73700 Seez. 2018.
- Lycée Nevers, R+1, 58000 Nevers. 2019.
- Cave viticole, R+1, 68150 Ostheim. 2019.

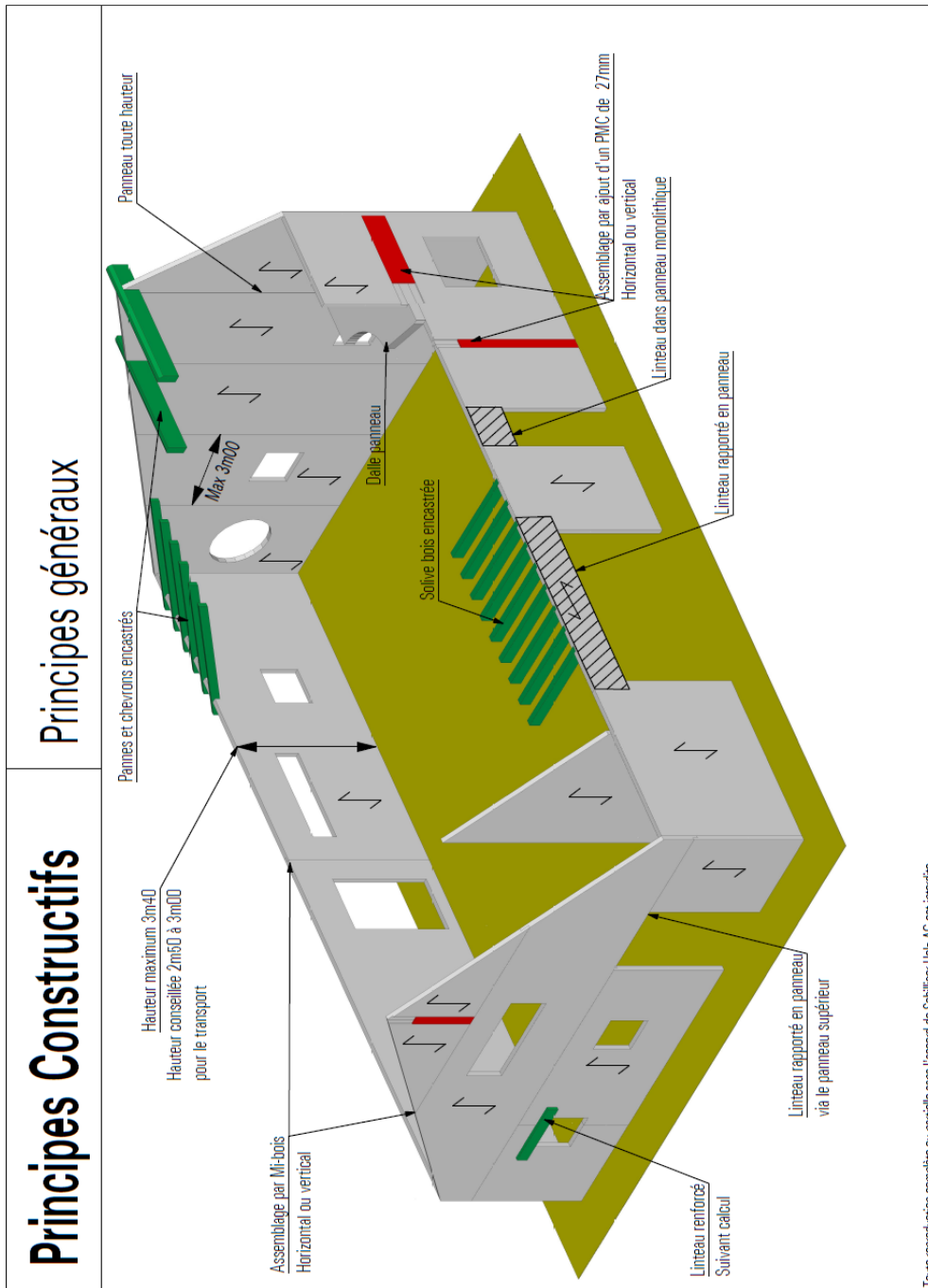
- Centre multi-usage, R+1, 67370 Truchtersheim. 2020.
- Ecole les Hublins, R+1, 78510 Triel sur Seine. 2020.

Références en support d'étanchéité

En France, les références portent sur 8000 m² de panneaux PMC en tant que support de toiture avec un revêtement d'étanchéité et plus de 20 000 m² en Europe depuis 2010.

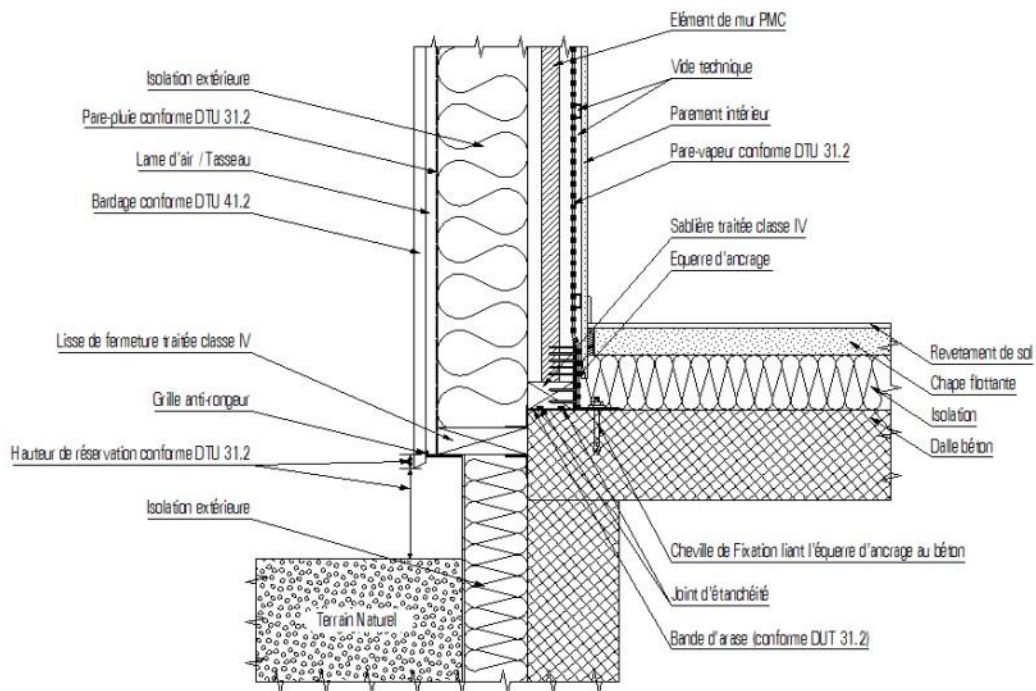
2.14. Annexes du Dossier Technique

Figure 3 – Panneau constructifs



Détail courant n°01

Mur PMC sur dalle béton

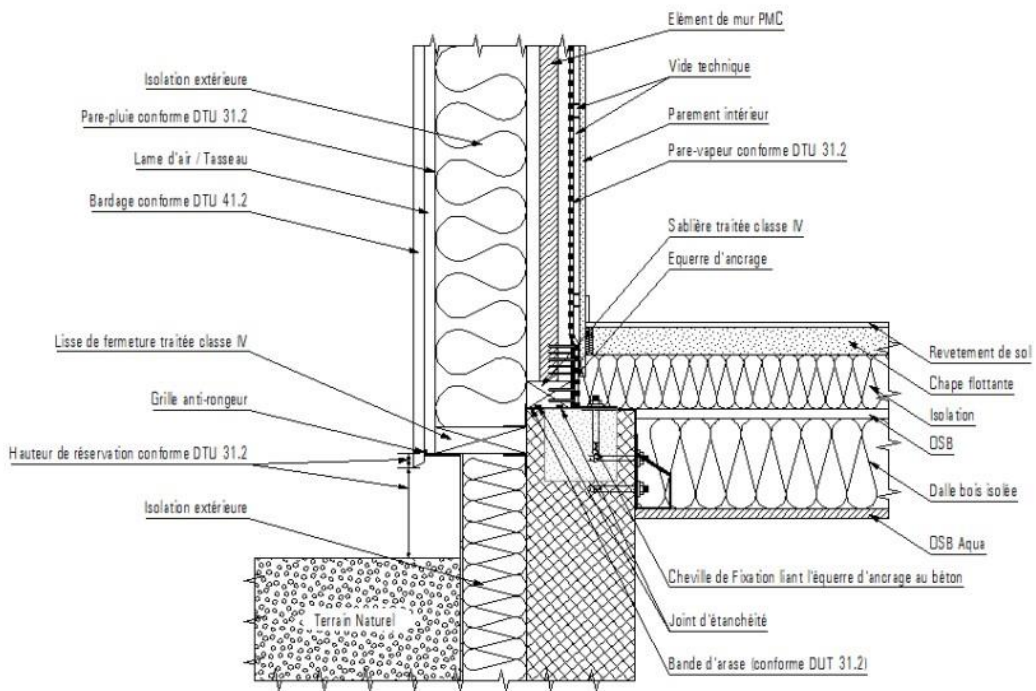


Toute reproduction complète ou partielle sans l'accord de Schilliger Holz AG est interdite.

Echelle : 1/10

Détail courant n°02

Mur PMC sur plancher bois et longrine

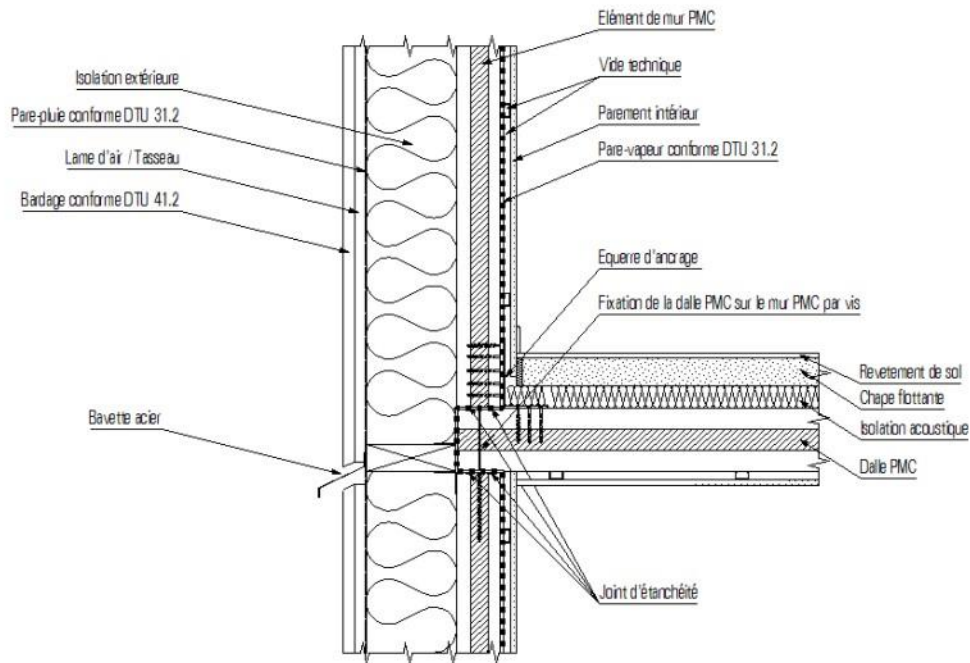


Toute reproduction complète ou partielle sans l'accord de Schilliger Holz AG est interdite.

Echelle : 1/10

Détail courant n°03

Mur PMC+/PMC et sous dalle PMC+/PMC

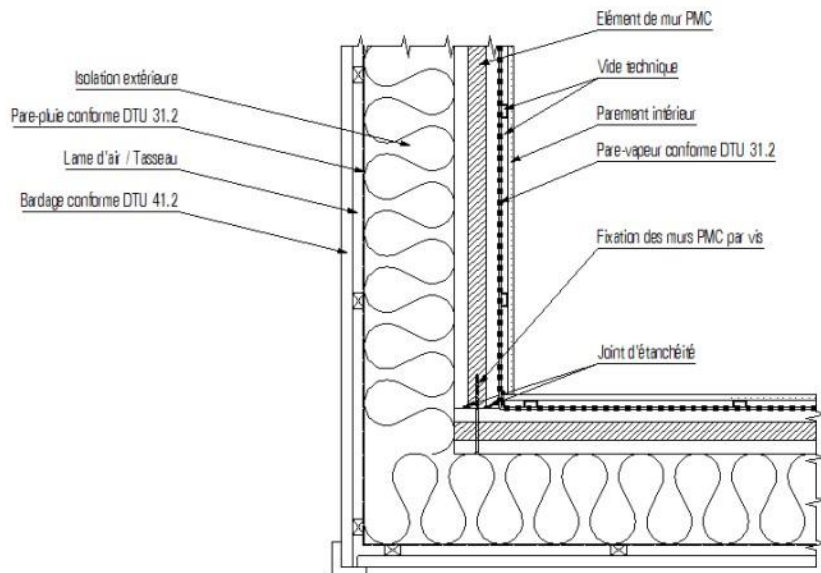


Toute reproduction complète ou partielle sans l'accord de Schilliger Holz AG est interdite.

Echelle : 1/10

Détail courant n°04

Murs PMC+/PMC en liaison d'angle

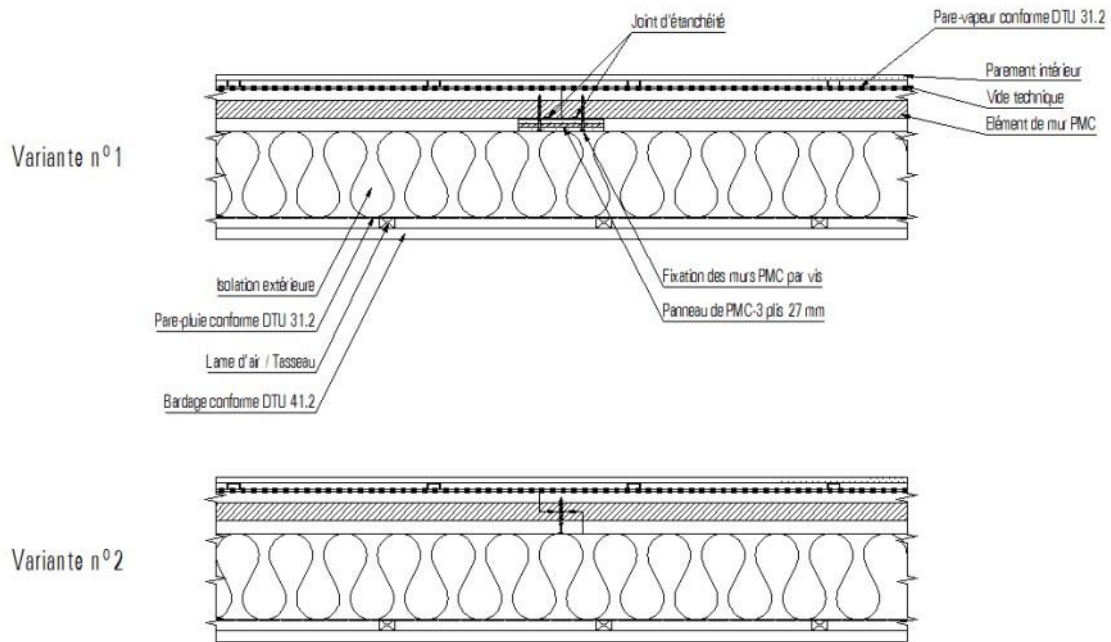


Toute reproduction complète ou partielle sans l'accord de Schilliger Holz AG est interdite.

Echelle : 1/10

Détail courant n°05

Murs PMC+/PMC en liaison droite

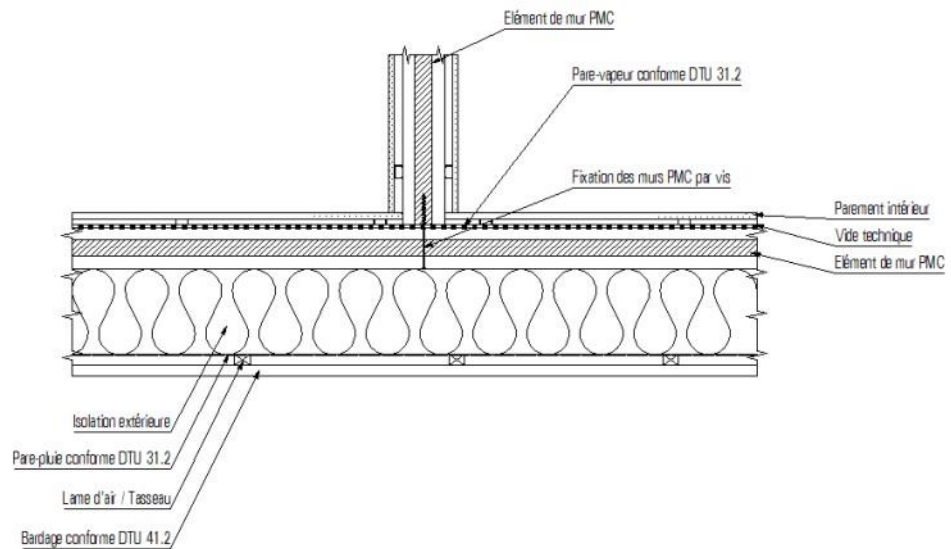


Toute reproduction complète ou partielle sans l'accord de Schilger Holz AG est interdite.

Echelle : 1/10

Détail courant n°06

Murs PMC+/PMC en liaison de refend

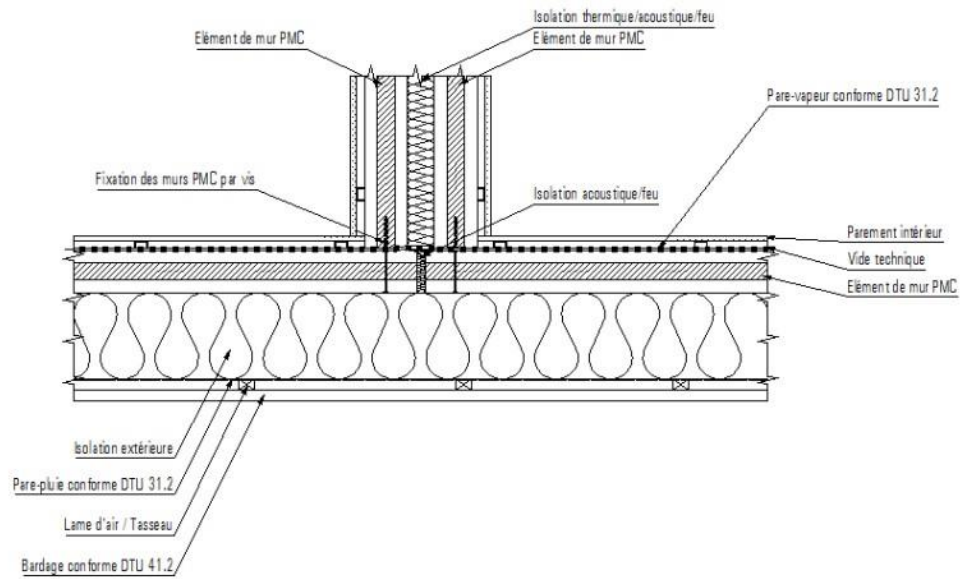


Toute reproduction complète ou partielle sans l'accord de Schilger Holz AG est interdite.

Echelle : 1/10

Détail courant n°07

Murs PMC+/PMC en liaison

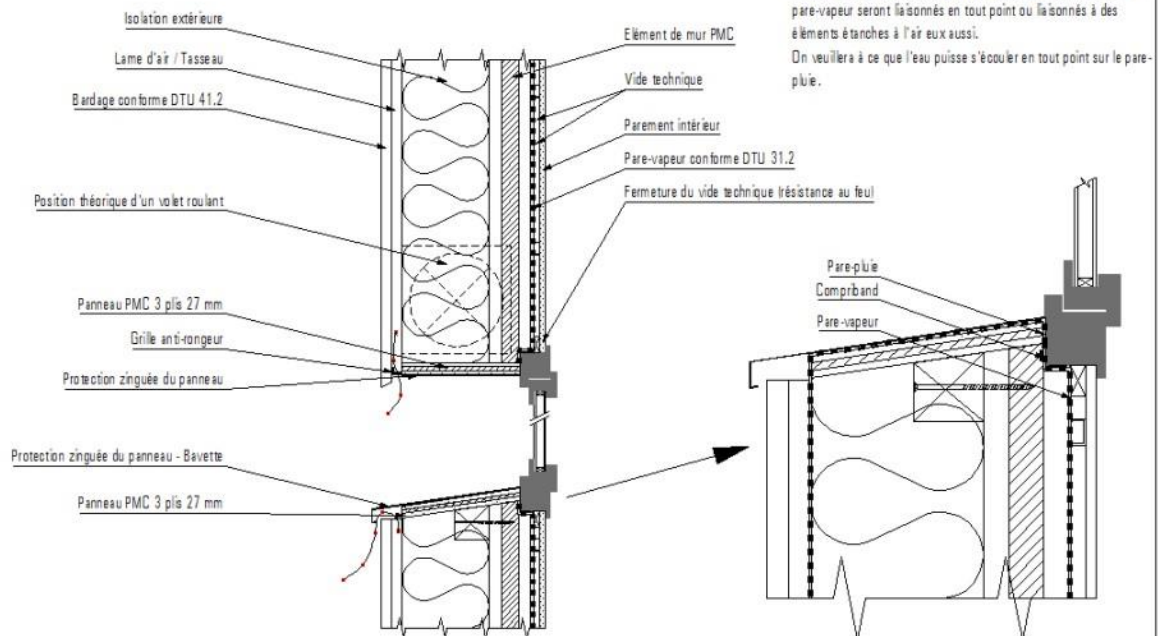


Toute reproduction complète ou partielle sans l'accord de Schiliger Holz AG est interdite.

Echelle : 1/10

Détail courant n°08

Intégration des menuiseries

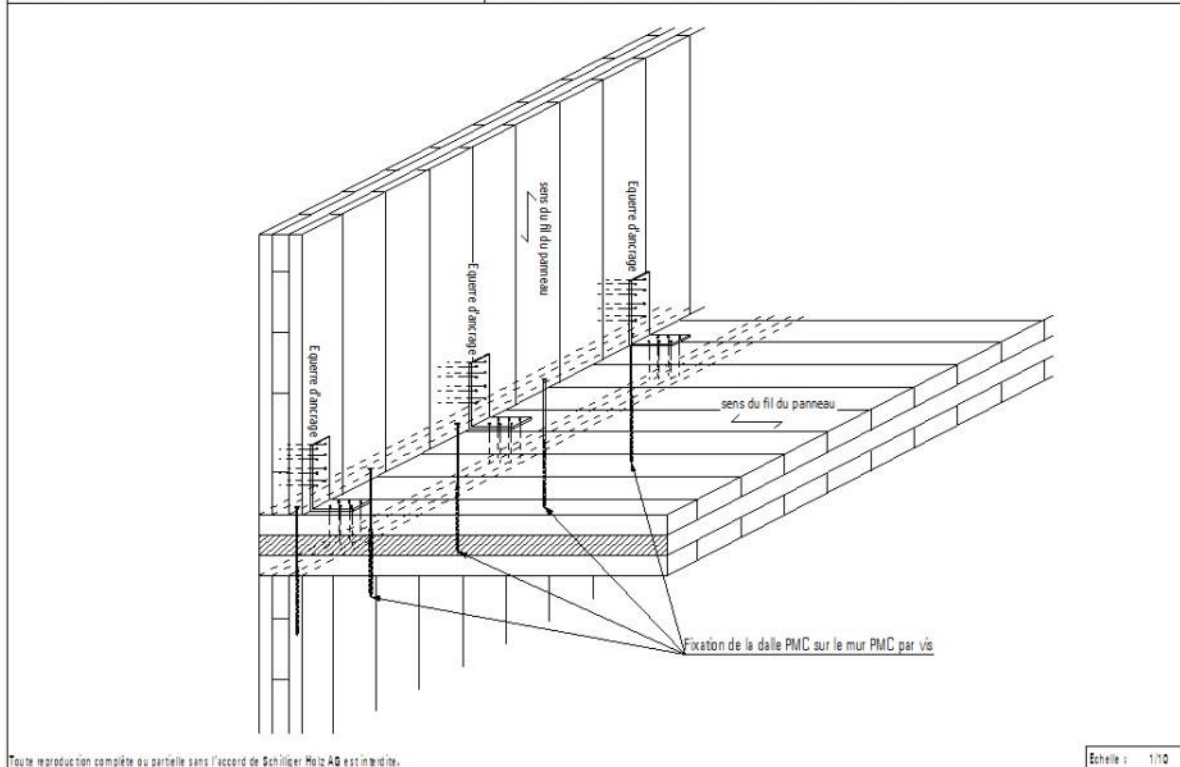


Toute reproduction complète ou partielle sans l'accord de Schiliger Holz AG est interdite.

Echelle : 1/10 & 1/5

Détail courant n° 09

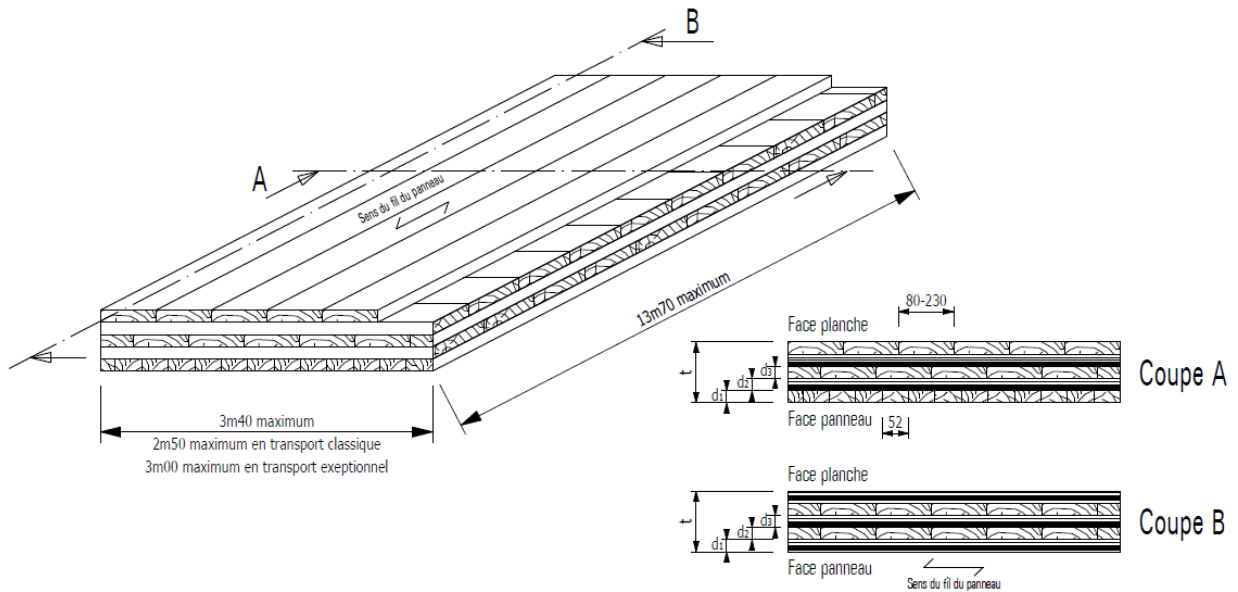
Fixation PMC+/PMC plancher / mur



Note : les détails courants ne sont pas valables dans le cas d'exigences de tenue au feu ou à la sismique. Un dimensionnement et une conception réglementaire particulière devront être effectués par un bureau d'étude compétent dans le respect des normes et réglementations en vigueur pour le bâtiment en question.

Mur PMC+/PMC et dalle PMC+/PMC







Figure 4 - Caractéristiques géométriques et mécaniques du PMC+ et du PMC









Nota 1 : Les panneaux PMC et PMC+ ont les mêmes caractéristiques mécaniques, seule la résistance au cisaillement roulant $f_{v,0,k}$ est de 1,1 N/mm² pour les panneaux PMC et de 1,2 N/mm² pour les panneaux PMC+.

Nota 2 : Les caractéristiques suivantes sont exprimées en N/mm² et ne sont utilisables que pour les vérifications en section pleine.

Tableau 1 - Valeurs des résistances caractéristiques des panneaux PMC+ et PMC de classe C24

	à plat		à chant		traction / compression				
									
PMC-3L-27 27mm (9/9/9)	$f_{m,k}$	23,1	2,7	$f_{m,k}$	16,0	8,0	$f_{c,0,k}$	16,0	8,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	11,0	5,5
	$E_{0,mean}$	11074	426	$E_{0,mean}$	7667	3833	$E_{0,mean}$	7667	3833
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-30 30mm (10/10/10)	$f_{m,k}$	23,1	2,7	$f_{m,k}$	16,0	8,0	$f_{c,0,k}$	16,0	8,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	11,0	5,5
	$E_{0,mean}$	11074	426	$E_{0,mean}$	7667	3833	$E_{0,mean}$	7667	3833
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-35 35mm (10/15/10)	$f_{m,k}$	22,1	4,4	$f_{m,k}$	13,7	10,3	$f_{c,0,k}$	13,7	10,3
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,7	1,7	$f_{t,0,k}$	9,4	7,1
	$E_{0,mean}$	10595	905	$E_{0,mean}$	6571	4929	$E_{0,mean}$	6571	4929
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-40 40mm (10/20/10)	$f_{m,k}$	21,0	6,0	$f_{m,k}$	12,0	12,0	$f_{c,0,k}$	12,0	12,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	2,0	2,0	$f_{t,0,k}$	8,3	8,3
	$E_{0,mean}$	10063	1438	$E_{0,mean}$	5750	5750	$E_{0,mean}$	5750	5750
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-45 45mm (15/15/15)	$f_{m,k}$	23,1	2,7	$f_{m,k}$	16,0	8,0	$f_{c,0,k}$	16,0	8,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	11,0	5,5
	$E_{0,mean}$	11074	426	$E_{0,mean}$	7667	3833	$E_{0,mean}$	7667	3833
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-50 50mm (15/20/15)	$f_{m,k}$	22,5	3,8	$f_{m,k}$	14,4	9,6	$f_{c,0,k}$	14,4	9,6
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,6	1,6	$f_{t,0,k}$	9,9	6,6
	$E_{0,mean}$	10764	736	$E_{0,mean}$	6900	4600	$E_{0,mean}$	6900	4600
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-60 60mm (20/20/20)	$f_{m,k}$	23,1	2,7	$f_{m,k}$	16,0	8,0	$f_{c,0,k}$	16,0	8,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	11,0	5,5
	$E_{0,mean}$	11074	426	$E_{0,mean}$	7667	3833	$E_{0,mean}$	7667	3833
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-70 70mm (20/30/20)	$f_{m,k}$	22,1	4,4	$f_{m,k}$	13,7	10,3	$f_{c,0,k}$	13,7	10,3
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,7	1,7	$f_{t,0,k}$	9,4	7,1
	$E_{0,mean}$	10595	905	$E_{0,mean}$	6571	4929	$E_{0,mean}$	6571	4929
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-80 80mm (30/20/30)	$f_{m,k}$	23,6	1,5	$f_{m,k}$	18,0	6,0	$f_{c,0,k}$	18,0	6,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,0	1,0	$f_{t,0,k}$	12,4	4,1
	$E_{0,mean}$	11320	180	$E_{0,mean}$	8625	2875	$E_{0,mean}$	8625	2875
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-90 90mm (30/30/30)	$f_{m,k}$	23,1	2,7	$f_{m,k}$	16,0	8,0	$f_{c,0,k}$	16,0	8,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	11,0	5,5
	$E_{0,mean}$	11074	426	$E_{0,mean}$	7667	3833	$E_{0,mean}$	7667	3833
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-100 100mm (30/40/30)	$f_{m,k}$	22,5	3,8	$f_{m,k}$	14,4	9,6	$f_{c,0,k}$	14,4	9,6
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,6	1,6	$f_{t,0,k}$	9,9	6,6
	$E_{0,mean}$	10764	736	$E_{0,mean}$	6900	4600	$E_{0,mean}$	6900	4600
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-110 110mm (40/30/40)	$f_{m,k}$	23,5	1,8	$f_{m,k}$	17,5	6,5	$f_{c,0,k}$	17,5	6,5
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,1	1,1	$f_{t,0,k}$	12,0	4,5
	$E_{0,mean}$	11267	233	$E_{0,mean}$	8364	3136	$E_{0,mean}$	8364	3136
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-120 120mm (40/40/40)	$f_{m,k}$	23,1	2,7	$f_{m,k}$	16,0	8,0	$f_{c,0,k}$	16,0	8,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	11,0	5,5
	$E_{0,mean}$	11074	426	$E_{0,mean}$	7667	3833	$E_{0,mean}$	7667	3833
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			

	à plat				à chant			traction / compression		
										
PMC-5L-100 100mm (20/20/20/20/20)	$f_{m,k}$	19,0	8,3	$f_{m,k}$	14,4	9,6	$f_{c,0,k}$	14,4	9,6	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,6	1,6	$f_{t,0,k}$	9,9	6,6	
	$E_{0,mean}$	9108	2392	$E_{0,mean}$	6900	4600	$E_{0,mean}$	6900	4600	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-110 110mm (20/20/30/20/20)	$f_{m,k}$	18,3	9,0	$f_{m,k}$	15,3	8,7	$f_{c,0,k}$	15,3	8,7	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,5	1,5	$f_{t,0,k}$	10,5	6,0	
	$E_{0,mean}$	8770	2730	$E_{0,mean}$	7318	4182	$E_{0,mean}$	7318	4182	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-120 120mm (20/30/20/30/20)	$f_{m,k}$	17,0	10,5	$f_{m,k}$	12,0	12,0	$f_{c,0,k}$	12,0	12,0	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	2,0	2,0	$f_{t,0,k}$	8,3	8,3	
	$E_{0,mean}$	8146	3354	$E_{0,mean}$	5750	5750	$E_{0,mean}$	5750	5750	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-130 130mm (30/20/30/20/30)	$f_{m,k}$	20,5	6,4	$f_{m,k}$	16,6	7,4	$f_{c,0,k}$	16,6	7,4	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,2	1,2	$f_{t,0,k}$	11,4	5,1	
	$E_{0,mean}$	9846	1654	$E_{0,mean}$	7962	3538	$E_{0,mean}$	7962	3538	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-140 140mm (20/40/20/40/20)	$f_{m,k}$	15,3	12,1	$f_{m,k}$	10,3	13,7	$f_{c,0,k}$	10,3	13,7	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,7	1,7	$f_{t,0,k}$	7,1	9,4	
	$E_{0,mean}$	7343	4157	$E_{0,mean}$	4929	6571	$E_{0,mean}$	4929	6571	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-150 150mm (30/30/30/30/30)	$f_{m,k}$	19,0	8,3	$f_{m,k}$	14,4	9,6	$f_{c,0,k}$	14,4	9,6	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,6	1,6	$f_{t,0,k}$	9,9	6,6	
	$E_{0,mean}$	9108	2392	$E_{0,mean}$	6900	4600	$E_{0,mean}$	6900	4600	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-160 160mm (40/20/40/20/40)	$f_{m,k}$	21,4	5,3	$f_{m,k}$	18,0	6,0	$f_{c,0,k}$	18,0	6,0	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,0	1,0	$f_{t,0,k}$	12,4	4,1	
	$E_{0,mean}$	10242	1258	$E_{0,mean}$	8625	2875	$E_{0,mean}$	8625	2875	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-170 170mm (30/40/30/40/30)	$f_{m,k}$	17,6	9,8	$f_{m,k}$	12,7	11,3	$f_{c,0,k}$	12,7	11,3	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,9	1,9	$f_{t,0,k}$	8,7	7,8	
	$E_{0,mean}$	8448	3052	$E_{0,mean}$	6088	5412	$E_{0,mean}$	6088	5412	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-180 180mm (40/30/40/30/40)	$f_{m,k}$	20,1	6,9	$f_{m,k}$	16,0	8,0	$f_{c,0,k}$	16,0	8,0	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	11,0	5,5	
	$E_{0,mean}$	9654	1846	$E_{0,mean}$	7667	3833	$E_{0,mean}$	7667	3833	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-5L-200 200mm (40/40/40/40/40)	$f_{m,k}$	19,0	8,3	$f_{m,k}$	14,4	9,6	$f_{c,0,k}$	14,4	9,6	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,6	1,6	$f_{t,0,k}$	9,9	6,6	
	$E_{0,mean}$	9108	2392	$E_{0,mean}$	6900	4600	$E_{0,mean}$	6900	4600	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-7L-210 210mm (30/30/30/30/30/30)	$f_{m,k}$	17,1	9,7	$f_{m,k}$	13,7	10,3	$f_{c,0,k}$	13,7	10,3	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,7	1,7	$f_{t,0,k}$	9,4	7,1	
	$E_{0,mean}$	8181	3319	$E_{0,mean}$	6571	4929	$E_{0,mean}$	6571	4929	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-7L-220 220mm (40/20/40/20/40/20/40)	$f_{m,k}$	20,1	6,2	$f_{m,k}$	17,5	6,5	$f_{c,0,k}$	17,5	6,5	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,1	1,1	$f_{t,0,k}$	12,0	4,5	
	$E_{0,mean}$	9608	1892	$E_{0,mean}$	8364	3136	$E_{0,mean}$	8364	3136	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				
PMC-7L-240 240mm (30/40/30/40/30/40/30)	$f_{m,k}$	15,5	11,3	$f_{m,k}$	12,0	12,0	$f_{c,0,k}$	12,0	12,0	
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	2,0	2,0	$f_{t,0,k}$	8,3	8,3	
	$E_{0,mean}$	7427	4073	$E_{0,mean}$	5750	5750	$E_{0,mean}$	5750	5750	
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650				







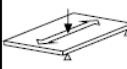
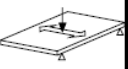
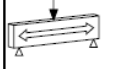
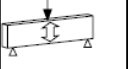
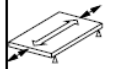

	à plat		à chant		traction / compression				
									
PMC-7L-250 250mm (40/30/40/30/40/30/40)	$f_{m,k}$	18,5	8,2	$f_{m,k}$	15,4	8,8	$f_{c,0,k}$	15,4	8,8
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,4	1,4	$f_{t,0,k}$	10,6	5,9
	$E_{0,mean}$	8844	2656	$E_{0,mean}$	7360	4140	$E_{0,mean}$	7360	4140
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-7L-280 280mm (40/40/40/40/40/40)	$f_{m,k}$	17,1	9,7	$f_{m,k}$	13,7	10,3	$f_{c,0,k}$	13,7	10,3
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,7	1,7	$f_{t,0,k}$	9,4	7,1
	$E_{0,mean}$	8181	3319	$E_{0,mean}$	6571	4929	$E_{0,mean}$	6571	4929
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3DL-160 160mm (60/40/60)	$f_{m,k}$	23,6	1,5	$f_{m,k}$	18,0	6,0	$f_{c,0,k}$	18,0	6,0
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,0	1,0	$f_{t,0,k}$	12,4	4,1
	$E_{0,mean}$	11320	180	$E_{0,mean}$	8625	2875	$E_{0,mean}$	8625	2875
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3DL-170 170mm (70/30/70)	$f_{m,k}$	23,9	0,7	$f_{m,k}$	19,8	4,2	$f_{c,0,k}$	19,8	4,2
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,7	0,7	$f_{t,0,k}$	13,6	2,9
	$E_{0,mean}$	11437	63	$E_{0,mean}$	9471	2029	$E_{0,mean}$	9471	2029
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3DL-180 180mm (70/40/70)	$f_{m,k}$	23,7	1,2	$f_{m,k}$	18,7	5,3	$f_{c,0,k}$	18,7	5,3
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,9	0,9	$f_{t,0,k}$	12,8	3,7
	$E_{0,mean}$	11374	126	$E_{0,mean}$	8944	2556	$E_{0,mean}$	8944	2556
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3DL-200 200mm (80/40/80)	$f_{m,k}$	23,8	1,0	$f_{m,k}$	19,2	4,8	$f_{c,0,k}$	19,2	4,8
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,8	0,8	$f_{t,0,k}$	13,2	3,3
	$E_{0,mean}$	11408	92	$E_{0,mean}$	9200	2300	$E_{0,mean}$	9200	2300
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5DL-200 200mm (60/20/40/20/60)	$f_{m,k}$	22,7	3,4	$f_{m,k}$	19,2	4,8	$f_{c,0,k}$	19,2	4,8
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,8	0,8	$f_{t,0,k}$	13,2	3,3
	$E_{0,mean}$	10856	644	$E_{0,mean}$	9200	2300	$E_{0,mean}$	9200	2300
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5DL-220 220mm (80/20/20/20/80)	$f_{m,k}$	23,5	1,7	$f_{m,k}$	19,6	4,4	$f_{c,0,k}$	19,6	4,4
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,7	0,7	$f_{t,0,k}$	13,5	3,0
	$E_{0,mean}$	11275	225	$E_{0,mean}$	9409	2091	$E_{0,mean}$	9409	2091
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5DL-240 240mm (80/20/40/20/80)	$f_{m,k}$	23,2	2,3	$f_{m,k}$	20,0	4,0	$f_{c,0,k}$	20,0	4,0
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,7	0,7	$f_{t,0,k}$	13,8	2,8
	$E_{0,mean}$	11127	373	$E_{0,mean}$	9583	1917	$E_{0,mean}$	9583	1917
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5DL-260 260mm (80/30/40/30/80)	$f_{m,k}$	22,7	3,3	$f_{m,k}$	18,5	5,5	$f_{c,0,k}$	18,5	5,5
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,9	0,9	$f_{t,0,k}$	12,7	3,8
	$E_{0,mean}$	10888	612	$E_{0,mean}$	8846	2654	$E_{0,mean}$	8846	2654
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5DL-280 280mm (80/40/40/40/80)	$f_{m,k}$	22,2	4,2	$f_{m,k}$	17,1	6,9	$f_{c,0,k}$	17,1	6,9
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,1	1,1	$f_{t,0,k}$	11,8	4,7
	$E_{0,mean}$	10628	872	$E_{0,mean}$	8214	3286	$E_{0,mean}$	8214	3286
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5DL-320 320mm (80/40/80/40/80)	$f_{m,k}$	21,4	5,3	$f_{m,k}$	18,0	6,0	$f_{c,0,k}$	18,0	6,0
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,0	1,0	$f_{t,0,k}$	12,4	4,1
	$E_{0,mean}$	10242	1258	$E_{0,mean}$	8625	2875	$E_{0,mean}$	8625	2875
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-7DL-330 330mm (60/30/60/30/60/30/60)	$f_{m,k}$	20,1	6,2	$f_{m,k}$	17,5	6,5	$f_{c,0,k}$	17,5	6,5
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,1	1,1	$f_{t,0,k}$	12,0	4,5
	$E_{0,mean}$	9608	1892	$E_{0,mean}$	8364	3136	$E_{0,mean}$	8364	3136
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-7DL-360 360mm (80/40/40/40/40/80)	$f_{m,k}$	20,7	5,9	$f_{m,k}$	16,0	8,0	$f_{c,0,k}$	16,0	8,0
	$f_{R_v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	11,0	5,5
	$E_{0,mean}$	9938	1562	$E_{0,mean}$	7667	3833	$E_{0,mean}$	7667	3833
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			

Tableau 2 - Valeurs des résistances caractéristiques des panneaux PMC de classe C16

	à plat		à chant		traction / compression				
									
PMC-3L-60 60mm (20/20/20)	$f_{m,k}$	16,9	2,0	$f_{m,k}$	10,7	5,3	$f_{c,0,k}$	11,3	5,7
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,1	1,1	$f_{t,0,k}$	6,7	3,3
	$E_{0,mean}$	8089	311	$E_{0,mean}$	5600	2800	$E_{0,mean}$	5600	2800
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-70 70mm (20/30/20)	$f_{m,k}$	16,2	3,2	$f_{m,k}$	9,1	6,9	$f_{c,0,k}$	9,7	7,3
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,4	1,4	$f_{t,0,k}$	5,7	4,3
	$E_{0,mean}$	7739	661	$E_{0,mean}$	4800	3600	$E_{0,mean}$	4800	3600
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-80 80mm (30/20/30)	$f_{m,k}$	17,3	1,1	$f_{m,k}$	12,0	4,0	$f_{c,0,k}$	12,8	4,3
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,8	0,8	$f_{t,0,k}$	7,5	2,5
	$E_{0,mean}$	8269	131	$E_{0,mean}$	6300	2100	$E_{0,mean}$	6300	2100
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-90 90mm (30/30/30)	$f_{m,k}$	16,9	2,0	$f_{m,k}$	10,7	5,3	$f_{c,0,k}$	11,3	5,7
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,1	1,1	$f_{t,0,k}$	6,7	3,3
	$E_{0,mean}$	8089	311	$E_{0,mean}$	5600	2800	$E_{0,mean}$	5600	2800
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-100 100mm (30/40/30)	$f_{m,k}$	16,5	2,8	$f_{m,k}$	9,6	6,4	$f_{c,0,k}$	10,2	6,8
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	6,0	4,0
	$E_{0,mean}$	7862	538	$E_{0,mean}$	5040	3360	$E_{0,mean}$	5040	3360
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-110 110mm (40/30/40)	$f_{m,k}$	17,2	1,3	$f_{m,k}$	11,6	4,4	$f_{c,0,k}$	12,4	4,6
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,9	0,9	$f_{t,0,k}$	7,3	2,7
	$E_{0,mean}$	8230	170	$E_{0,mean}$	6109	2291	$E_{0,mean}$	6109	2291
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-3L-120 120mm (40/40/40)	$f_{m,k}$	16,9	2,0	$f_{m,k}$	10,7	5,3	$f_{c,0,k}$	11,3	5,7
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,1	1,1	$f_{t,0,k}$	6,7	3,3
	$E_{0,mean}$	8089	311	$E_{0,mean}$	5600	2800	$E_{0,mean}$	5600	2800
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			

	à plat		à chant		traction / compression				
PMC-5L-100 100mm (20/20/20/20)	$f_{m,k}$	13,9	6,1	$f_{m,k}$	9,6	6,4	$f_{c,0,k}$	10,2	6,8
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	6,0	4,0
	$E_{0,mean}$	6653	1747	$E_{0,mean}$	5040	3360	$E_{0,mean}$	5040	3360
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-110 110mm (20/20/30/20/20)	$f_{m,k}$	13,4	6,6	$f_{m,k}$	10,2	5,8	$f_{c,0,k}$	10,8	6,2
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,2	1,2	$f_{t,0,k}$	6,4	3,6
	$E_{0,mean}$	6406	1994	$E_{0,mean}$	5345	3055	$E_{0,mean}$	5345	3055
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-120 120mm (20/30/20/30/20)	$f_{m,k}$	12,5	7,7	$f_{m,k}$	8,0	8,0	$f_{c,0,k}$	8,5	8,5
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,6	1,6	$f_{t,0,k}$	5,0	5,0
	$E_{0,mean}$	5950	2450	$E_{0,mean}$	4200	4200	$E_{0,mean}$	4200	4200
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-130 130mm (30/20/30/20/30)	$f_{m,k}$	15,1	4,7	$f_{m,k}$	11,1	4,9	$f_{c,0,k}$	11,8	5,2
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,0	1,0	$f_{t,0,k}$	6,9	3,1
	$E_{0,mean}$	7192	1208	$E_{0,mean}$	5815	2585	$E_{0,mean}$	5815	2585
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-140 140mm (20/40/20/40/20)	$f_{m,k}$	11,2	8,9	$f_{m,k}$	6,9	9,1	$f_{c,0,k}$	7,3	9,7
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,4	1,4	$f_{t,0,k}$	4,3	5,7
	$E_{0,mean}$	5363	3037	$E_{0,mean}$	3600	4800	$E_{0,mean}$	3600	4800
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-150 150mm (30/30/30/30/30)	$f_{m,k}$	13,9	6,1	$f_{m,k}$	9,6	6,4	$f_{c,0,k}$	10,2	6,8
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	6,0	4,0
	$E_{0,mean}$	6653	1747	$E_{0,mean}$	5040	3360	$E_{0,mean}$	5040	3360
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-160 160mm (40/20/40/20/40)	$f_{m,k}$	15,7	3,9	$f_{m,k}$	12,0	4,0	$f_{c,0,k}$	12,8	4,3
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	0,8	0,8	$f_{t,0,k}$	7,5	2,5
	$E_{0,mean}$	7481	919	$E_{0,mean}$	6300	2100	$E_{0,mean}$	6300	2100
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-170 170mm (30/40/30/40/30)	$f_{m,k}$	12,9	7,2	$f_{m,k}$	8,5	7,5	$f_{c,0,k}$	9,0	8,0
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,5	1,5	$f_{t,0,k}$	5,3	4,7
	$E_{0,mean}$	6170	2230	$E_{0,mean}$	4447	3953	$E_{0,mean}$	4447	3953
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-180 180mm (40/30/40/30/40)	$f_{m,k}$	14,8	5,1	$f_{m,k}$	10,7	5,3	$f_{c,0,k}$	11,3	5,7
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,1	1,1	$f_{t,0,k}$	6,7	3,3
	$E_{0,mean}$	7052	1348	$E_{0,mean}$	5600	2800	$E_{0,mean}$	5600	2800
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			
PMC-5L-200 200mm (40/40/40/40/40)	$f_{m,k}$	13,9	6,1	$f_{m,k}$	9,6	6,4	$f_{c,0,k}$	10,2	6,8
	$f_{R,v,k}$	1,1	1,1	$f_{v,k}$	1,3	1,3	$f_{t,0,k}$	6,0	4,0
	$E_{0,mean}$	6653	1747	$E_{0,mean}$	5040	3360	$E_{0,mean}$	5040	3360
	$G_{R,mean}$	50	50	G_{mean}	650	650			

2.14.1. Méthodologie de dimensionnement des panneaux aux éléments finis

Source :

DLUBAL. Manuel RF-Laminate : vérification des surfaces stratifiées. Description du programme. Mai 2017.

2.14.1.1. Généralités quant à la modélisation

Les panneaux PMC doivent être dessinés dans le programme d'éléments finis conformément à la géométrie réelle du projet et à leurs caractéristiques. En fonction de l'épaisseur et du type de panneau retenu (nombre de plis, plusieurs plis parallèles, ...), les panneaux peuvent être rentrés :

- Soit directement dans un logiciel de calcul aux éléments finis. Les panneaux sont alors rentrés comme éléments coques orthotropes, l'axe principal x étant la longueur de l'élément (sens du pli principal) et l'axe y étant la largeur (sens du pli intérieur à 90°). Les caractéristiques du panneau varient en fonction de la direction des plis et doivent être reprises du tableau 1.

- Soit dans un module de calcul dédiés aux éléments de type CLT, qui permettent de décrire précisément la géométrie et les caractéristiques de chaque pli.

La modélisation du plancher ayant fonction de diaphragme doit se rapprocher autant que possible du comportement réel des panneaux PMC mis en œuvre. Il faut en particulier :

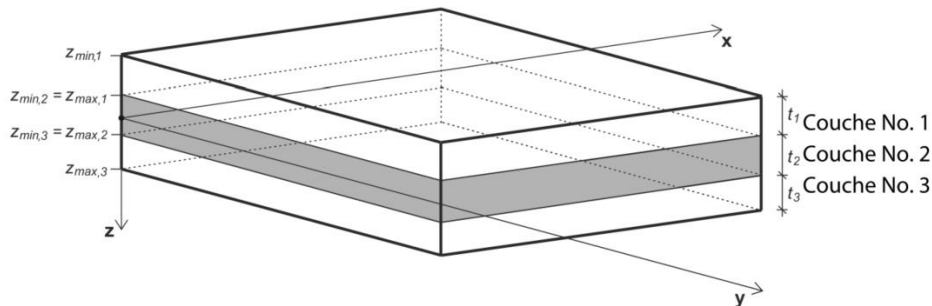
- Respecter le sens principal des panneaux PMC (sens des fibres des plis extérieurs) ;
- Définir l'emplacement des joints entre panneaux, en fonction du calepinage retenu ;
- Définir le type de joints entre panneaux, les rigidités et les degrés de liberté correspondants ;
- Définir le type d'appui, les rigidités et les degrés de liberté correspondants ;
- Définir les charges verticales perpendiculaires au plancher (poids propre, charges de plancher, charges d'exploitation...)
- Définir les charges horizontales dans le plan du panneau (charges de vent, charges sismiques...)
- Modéliser les singularités du plancher, notamment les réservations conséquentes, trémies...

2.14.1.2. Définition des matrices de rigidité

La matrice de rigidité dépend notamment de la géométrie du panneau (épaisseur, nombre de plis, direction des plis longitudinaux et transversaux, épaisseur des plis) et du matériau (propriétés définies dans la partie Dossier Technique de l'Avis technique).

Considérons un panneau en matériau orthotrope à n couches. Chaque couche a une épaisseur t_i , ainsi que des coordonnées z minimales $z_{min,i}$ et maximales $z_{max,i}$.

Figure 5 – Panneau orthotrope à n couches

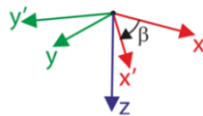


La matrice de rigidité de chaque couche d'_i (la matrice de rigidité plane) est calculée dans le système de coordonnées $(x' ; y')$ par la formule suivante à l'aide des modules d'élasticité, du module de cisaillement et du coefficient de Poisson de chaque couche.

$$d'_i = \begin{bmatrix} d'_{11,i} & d'_{12,i} & 0 \\ & d'_{22,i} & 0 \\ sym & & d'_{33,i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{x,i} & \nu_{xy,i} E_{y,i} & 0 \\ 1 - \nu_{xy,i}^2 \frac{E_{y,i}}{E_{x,i}} & 1 - \nu_{xy,i}^2 \frac{E_{y,i}}{E_{x,i}} & 0 \\ & E_{y,i} & 0 \\ sym & & 1 - \nu_{xy,i}^2 \frac{E_{y,i}}{E_{x,i}} \\ & & G_{xy,i} \end{bmatrix} \quad \text{pour } i = 1, \dots, n$$

Les couches en matériaux orthotropes pouvant être orientées librement selon l'angle β , les matrices de rigidité des couches individuelles doivent être transformées en un système de coordonnées uniforme $(x ; y)$ (c'est-à-dire le système de coordonnées local d'une surface).

$$d_i = \begin{bmatrix} d_{11,i} & d_{12,i} & d_{13,i} \\ & d_{22,i} & d_{23,i} \\ sym & & d_{33,i} \end{bmatrix} = T_{3 \times 3,i}^T d'_i T_{3 \times 3,i} \quad \text{pour } i = 1, \dots, n$$



$$\text{Avec } T_{3 \times 3,i} = \begin{bmatrix} c^2 & s^2 & cs \\ s^2 & c^2 & -cs \\ -2cs & 2cs & c^2 - s^2 \end{bmatrix} \quad \text{où } c = \cos(\beta_i) \text{ et } s = \sin(\beta_i)$$

La matrice de rigidité globale est définie sous la forme suivante :

$$D = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & 0 & 0 & D_{16} & D_{17} & D_{18} \\ & D_{22} & D_{23} & 0 & 0 & sym. & D_{27} & D_{28} \\ & & D_{33} & 0 & 0 & sym. & sym. & D_{38} \\ & & & D_{44} & D_{45} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ & sym. & & & & D_{66} & D_{67} & D_{68} \\ & & & & & & D_{77} & D_{78} \\ & & & & & & & D_{88} \end{bmatrix}$$

Les membres $D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{22}, D_{23}$ et D_{33} représentent la rigidité en flexion et torsion.

Les membres $D_{16}, D_{17}, D_{18}, D_{27}, D_{28}$ et D_{38} représentent les effets d'excentrement.

Les membres D_{44}, D_{45} et D_{55} représentent la rigidité en cisaillement.

Les membres D66, D67, D68, D77, D78 et D88 représentent les termes de la membrane.

Par la suite, il est considéré que l'axe x du panneau correspond à la direction du pli extérieur. Par définition du PMC et selon les standards de production, les angles βi sont des multiples de 90°. La matrice de rigidité globale a alors la forme simplifiée suivante :

$$D = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & 0 & 0 & 0 & D_{16} & D_{17} & 0 \\ & D_{22} & 0 & 0 & 0 & \text{sym.} & D_{27} & 0 \\ & & D_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & D_{38} \\ & & & D_{44} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ & & \text{sym.} & & & D_{66} & D_{67} & 0 \\ & & & & & & D_{77} & 0 \\ & & & & & & & D_{88} \end{bmatrix}$$

Ces éléments peuvent être calculés en fonction des équations suivantes.

Éléments de la matrice de rigidité : en flexion et torsion [N.m]

$$D_{11} = \sum_{i=1}^n \frac{z_{max,i}^3 - z_{min,i}^3}{3} d_{11,i} ; D_{12} = \sum_{i=1}^n \frac{z_{max,i}^3 - z_{min,i}^3}{3} d_{12,i} ; D_{22} = \sum_{i=1}^n \frac{z_{max,i}^3 - z_{min,i}^3}{3} d_{22,i}$$

Éléments de la matrice de rigidité : effets d'excentrement [N.m/m]

Les panneaux PMC ayant une composition symétrique, la matrice de rigidité pour l'excentrement est de zéro.

Éléments de la matrice de rigidité en membrane [N/m]

$$D_{66} = \sum_{i=1}^n t_i d_{11,i} ; D_{67} = \sum_{i=1}^n t_i d_{12,i} ; D_{77} = \sum_{i=1}^n t_i d_{22,i} ; D_{88} = \sum_{i=1}^n t_i d_{33,i}$$

Éléments de la matrice de rigidité en cisaillement [N/m]

La méthode de calcul est la suivante. Pour plus de détails, se référer à la théorie des éléments finis.

Définir la direction de la rigidité maximum dans un système de coordonnées (x'' ; y''). L'angle entre les axes x et x'' est défini par φ.

Transposer les rigidités de cisaillement Gxz,i et Gyz,i pour chaque couche sur le système de coordonnées (x'' ; y'') pour obtenir G''xz,i et G''yz,i.

Transposer la matrice de rigidité plane di' pour chaque couche du système sur le système de coordonnées (x'' ; y'') pour obtenir la matrice de rigidité plane di''

En tirer les modules d'Young Ex,i'' et Ey,i''.

Calculer les valeurs D44,calc'' et D55,calc'' selon les formules basées sur le nombre de Grashoff, puis D44'' et D55''.

- Calculer D44 et D55 en retournant dans le système de coordonnées (x ; y).

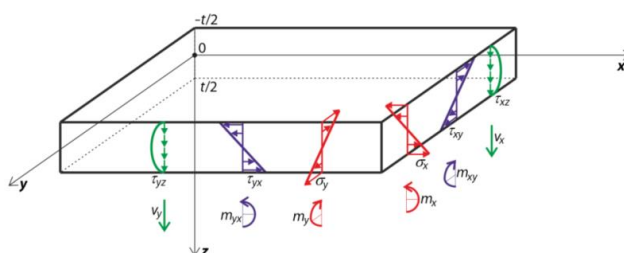
2.14.1.3. Efforts internes

Les efforts internes sont déterminés par le programme selon l'équation suivante :

$$\begin{bmatrix} m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_x \\ v_y \\ n_x \\ n_y \\ n_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & 0 & 0 & D_{16} & D_{17} & D_{18} \\ & D_{22} & D_{23} & 0 & 0 & \text{sym.} & D_{27} & D_{28} \\ & & D_{33} & 0 & 0 & \text{sym.} & \text{sym.} & D_{38} \\ & & & D_{44} & D_{45} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ & & \text{sym.} & & & D_{66} & D_{67} & D_{68} \\ & & & & & & D_{77} & D_{78} \\ & & & & & & & D_{88} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_x \\ k_y \\ k_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \\ \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}$$

Selon la convention commune des programmes aux éléments finis, ces efforts internes et les contraintes induites peuvent être représentés comme suit :

Figure 6 – efforts internes convention



2.14.1.4. Contraintes internes

Les contraintes sont déterminées par le logiciel, selon les équations suivantes (t étant l'épaisseur totale du panneau).

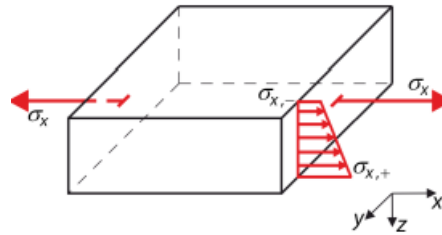
Contrainte normale σ_x dans la direction x

Contrainte dans le sens positif de la surface

$$\sigma_{x,+} = \frac{n_x}{t} + \frac{6m_x}{t^2}$$

Contrainte dans le sens négatif de la surface

$$\sigma_{x,-} = \frac{n_x}{t} - \frac{6m_x}{t^2}$$

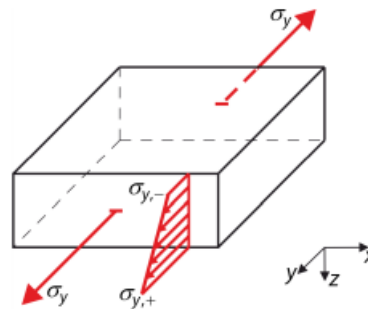
**Contrainte normale σ_y dans la direction y**

Contrainte dans le sens positif de la surface

$$\sigma_{y,+} = \frac{n_y}{t} + \frac{6m_y}{t^2}$$

Contrainte dans le sens négatif de la surface

$$\sigma_{y,-} = \frac{n_y}{t} - \frac{6m_y}{t^2}$$

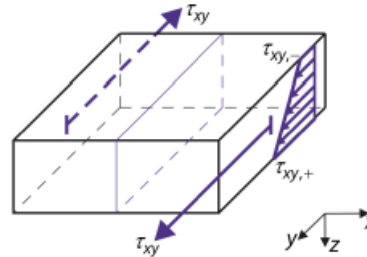
**Contrainte de cisaillement τ_{xy} dans le plan xy**

Contrainte dans le sens positif de la surface

$$\tau_{xy,+} = \frac{n_{xy}}{t} + \frac{6m_{xy}}{t^2}$$

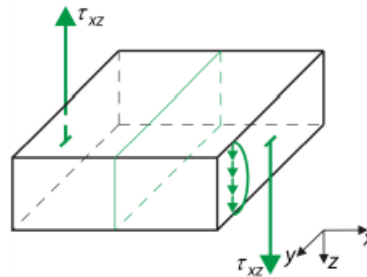
Contrainte dans le sens négatif de la surface

$$\tau_{xy,-} = \frac{n_{xy}}{t} - \frac{6m_{xy}}{t^2}$$

**Contrainte de cisaillement τ_{xz} dans le plan xz**

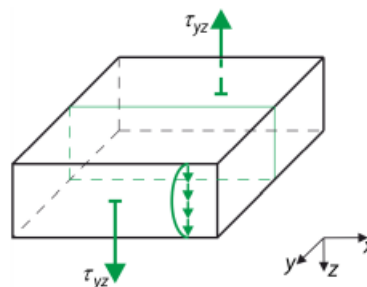
Contrainte dans le centre du panneau

$$\tau_{xz} = \frac{3v_x}{2t}$$

**Contrainte de cisaillement τ_{yz} dans le plan yz**

Contrainte dans le centre du panneau

$$\tau_{yz} = \frac{3v_y}{2t}$$



On peut alors vérifier que les contraintes restent inférieures à la résistance du panneau.

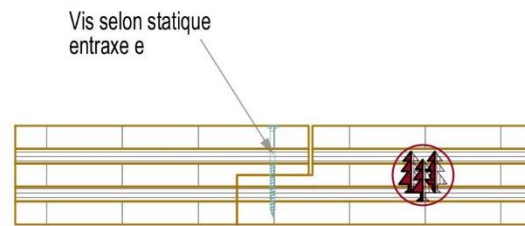
2.14.1.5. Modélisation des joints

Dans la modélisation des diaphragmes, la bonne modélisation des joints entre panneaux est également importante et dépend de la conception retenue. Les détails principaux de jonction entre panneaux de plancher sont décrits dans la partie 2.9.1.1.

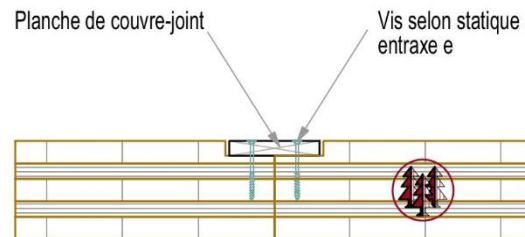
En général, et conformément à la partie 1.2.3.3.1, on ne considère pas de transmission de moment entre deux panneaux adjacents. La jonction entre deux panneaux doit alors être modélisée par une articulation linéique avec rotation libre autour de l'axe de la jonction, ce qui évite des transferts de moment interne.

Puisque le plancher PMC fait office de diaphragme, les efforts normaux dans le plan doivent être transmis d'un panneau à l'autre, en considérant la raideur de la liaison.

Pour des vis d'entraxe e et de raideur K_{ser} (vérification à l'ELS) respectivement K_u (vérification à l'ELU), on considèrera une raideur linéique K_{ser}/e respectivement K_u/e .



Dans le cas d'un assemblage direct entre deux panneaux PMC (par exemple par mi-bois ou par vissage à 45° de paires de vis), la raideur de l'assemblage est à appliquer sur l'un des panneaux en créant une articulation linéique.



Dans le cas d'un assemblage indirect entre deux panneaux PMC (par exemple par une planche rapportée vissée sur chaque panneau), la raideur de l'assemblage est à appliquer sur les 2 panneaux en créant une articulation linéique.

En fonction de la géométrie du détail, et notamment du nombre de rangée de vis et du nombre de plans de cisaillement, le calcul de la raideur linéique est à adapter en fonction.

Type de panneau	Epaisseur mm	D ₁₁	D ₂₂	D ₃₃	D ₄₄	D ₅₅	D ₆₆	D ₇₇	D ₈₈
		kN.m	kN.m	kN.m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
PMC-3L-27	27	18,2	0,7	0,8	1983	4875	207279	103639	9653
PMC-3L-30	30	25	1	1,1	2203	5417	230310	115155	10725
PMC-3L-35	35	37,9	3,2	1,6	2219	8125	230310	172732	12513
PMC-3L-40	40	53,7	7,7	2,5	2349	10833	230310	230310	14300
PMC-3L-45	45	84,2	3,2	3,4	3305	8125	345465	172732	16088
PMC-3L-50	50	112,3	7,7	4,8	3293	10833	345465	230310	17875
PMC-3L-60	60	199,6	7,7	8,2	4406	10833	460619	230310	21450
PMC-3L-70	70	303,2	25,9	13,0	4438	16250	460619	345465	25025
PMC-3L-80	80	483,7	7,7	19,4	7109	10833	690929	230310	28600
PMC-3L-90	90	673,7	25,9	27,7	6610	16250	690929	345465	32175
PMC-3L-100	100	898,2	61,4	37,9	6586	21667	690929	460620	35750
PMC-3L-110	110	1251,3	25,9	50,5	9211	16250	921239	345465	39325
PMC-3L-120	120	1596,8	61,4	65,5	8813	21667	921239	460620	42900
PMC-5L-100	100	760	199,6	37,9	7946	4406	690929	460620	35750
PMC-5L-110	110	974	303,2	50,5	10070	4438	806084	460620	39325
PMC-5L-120	120	1174,6	483,7	65,5	8287	7109	690929	690929	42900
PMC-5L-130	130	1805,1	303,2	83,3	12317	4438	1036394	460620	46475
PMC-5L-140	140	1681,3	951,9	104,0	8945	10395	690929	921239	50050
PMC-5L-150	150	2565,1	673,7	128,0	11919	6610	1036394	690929	53625
PMC-5L-160	160	3500,7	429,9	155,3	17498	4698	1381858	460620	57200
PMC-5L-170	170	3463,3	1251,3	186,3	12182	9211	1036394	921239	60775
PMC-5L-180	180	4698,3	898,2	221,1	16149	6586	1381858	690929	64350
PMC-5L-200	200	6080,2	1596,8	303,3	15891	8813	1381858	921239	71500
PMC-7L-210	210	6322	2565,1	351,1	16996	11919	1381858	1036394	75075
PMC-7L-220	220	8536,8	1681,3	403,8	24422	8945	1842478	690929	78650
PMC-7L-240	240	8567,5	4698,3	524,2	17505	16149	1381858	1381858	85800
PMC-7L-250	250	11530,8	3463,3	592,5	22831	12182	1842478	1036394	89375
PMC-7L-280	280	14985,5	6080,2	832,4	22661	15891	1842478	1381858	100100
PMC-3DL-160	160	3869,2	61,4	155,3	14219	21667	1381858	460620	57200
PMC-3DL-170	170	4688,7	25,9	186,3	19321	16250	1612168	345465	60775
PMC-3DL-180	180	5535,1	61,4	221,1	17366	21667	1612168	460620	64350
PMC-3DL-200	200	7615,6	61,4	303,3	20791	21667	1842478	460620	71500
PMC-5DL-200	200	7247,1	429,9	303,3	23851	4698	1842478	460620	71500
PMC-5DL-220	220	10018,5	199,6	403,8	25695	4406	2072788	460620	78650
PMC-5DL-240	240	12835,9	429,9	524,2	31313	4698	2303097	460620	85800
PMC-5DL-260	260	15968,1	898,2	666,4	27159	6586	2303097	690929	92950
PMC-5DL-280	280	19468,8	1596,8	832,4	25327	8813	2303097	921239	100100
PMC-5DL-320	320	28005,7	3439,3	1242,4	34996	9395	2763717	921239	114400
PMC-7DL-330	330	28811,7	5674,3	1362,6	36632	13418	2763717	1036394	117975
PMC-7DL-360	360	38692	6080,2	1769,0	31206,7	15891,3	2763717	1381858	128700

Tableau 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 débiter les travaux de second œuvre sans qu'il n'y ait un risque de confinement d'une humidité excessive et l'état de surface des éléments formant support satisfait aux tolérances attendues.	
Informations Générales du Chantier	
Coordonnées : (nom, adresse)	..... ..... ..... .....
Donneur d'ordre :	..... ..... .....
Maître d'œuvre :	..... ..... ..... .....
Autres informations :	..... ..... ..... .....
Zone(s) concernée(s)	
Etage :	..... ..... ..... .....
Partie concernée :	Structure / Mur / Plancher / Autre (préciser) :
Contrôle dimensionnel	
Date et heure du contrôle :	..... ..... ..... .....
Contrôle effectué par : (Nom, Prénom, Société)	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
Planéité et désaffleurement :	..... ..... ..... .....

Largeur des joints entre panneaux :	..... ..... ..... .....
Continuité au droit des appuis :	..... ..... ..... .....
<p>Rappel de l'intervalle acceptable :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planéité et désaffleurement : imposés par le référentiel de la chape ou du revêtement de sol ou, à défaut, ceux du DTU 51.3. En cas de reprise de désaffleurement, un ponçage 5 mm au plus pourra être réalisé à l'aide d'une ponceuse par le charpentier. (Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné) • Largeur des joints entre panneaux : la vérification de la largeur de joint devra être réalisée et consignée par le charpentier avant la mise en place des bandes adhésives. Si l'ouverture du joint entre panneaux est inférieure à 2 mm, il n'est pas nécessaire de traiter les joints. Lorsque l'ouverture des joints est supérieure à 2 mm sans dépasser 10 mm, ceux-ci doivent être remplis de mastics souples compatibles avec les éléments bois et doivent être affleurés. La mise en œuvre de ce mastic sera réalisée par le charpentier ; • Continuité au droit des appuis : la rotation sur appui induit une ouverture entre deux panneaux inférieure à 2 mm. Lorsqu'elle est nécessaire pour le revêtement de sol, la continuité peut être réalisée par la mise en place d'une jonction par languette si le panneau CLT support n'est pas continu sur appuis. 	
Conformité :	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
<p>Rappel de l'intervalle acceptable : Les résultats obtenus devront être de 15±3% si la structure a été dimensionnée en classe de service 2 et de 12±2% si la structure a été dimensionnée en classe de service 1. (Rappeler les valeurs exactes de l'ouvrage concerné)</p>	
Contrôle de l'Humidité	
Date et heure du contrôle :	..... ..... ..... .....
Contrôle effectué par : (Nom, Prénom, Société)	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
Nombre de points de contrôle :	..... ..... ..... .....
Emplacement des points de contrôle : (joindre plan annoté)	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....

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

3. Annexe– Utilisation en support d'étanchéité

3.1. Généralités

Les panneaux structuraux PMC et PMC+ sont utilisés comme élément porteur support des toitures étanchées selon les dispositions du cahier du CSTB 3814.

3.2. Destination d'emploi

Les panneaux PMC+ et PMC sont destinés à la réalisation des toitures dans :

- Les bâtiments d'habitation,
- Les établissements recevant du public (ERP),
- Les bâtiments relevant du Code du Travail,

Au-dessus :

- Locaux non chauffés ouverts sur l'extérieur (toiture froide hors terrasses accessibles aux piétons).
- Locaux à hygrométrie faible et moyenne c'est-à-dire pour lesquels le rapport $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$, où W est la quantité de vapeur produite à l'intérieur du local par heure en g/m^3 et n le taux de renouvellement de l'air.

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC de classe d'emploi 2 selon la norme NF EN 335 sont destinés aux toitures en travaux neufs :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels (pente $\leq 50 \%$), sans rétention temporaire des eaux pluviales ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules souples bénéficiant d'un Avis Technique (pente $\leq 50 \%$) ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation bénéficiant d'un Avis Technique (pente $\geq 3 \%$ et $\leq 20 \%$) ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (pente $\leq 7 \%$ en systèmes apparents et $\leq 5 \%$ sous protection lourde) ;
- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots selon les prescriptions spécifiques du paragraphe 3.7 (pente $\leq 5 \%$), hors isolation inversée.

Les panneaux structuraux PMC+ et PMC peuvent être utilisés pour des toitures en climat de plaine (altitude $\leq 900 \text{ m}$) ou de montagne (altitude $> 900 \text{ m}$).

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

- $\geq 3 \%$, lorsque les panneaux PMC+ et PMC sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limitées au $1/250e$ de la portée ;
- $\geq 1,8 \%$, lorsque les panneaux PMC+ et PMC sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limitées au $1/400e$ de la portée (hors TTV) ;
- $\geq 1,6 \%$, lorsque les panneaux PMC+ et PMC sont dimensionnés en tenant compte d'un fléchissement final w_{fin} dû à toutes les charges limitées au $1/500e$ de la portée (hors TTV) ;

Les panneaux PMC+ et PMC peuvent recevoir (cf. Tableau A1) :

- Des systèmes adhérents, semi-indépendants ou indépendants faisant l'objet d'un DTA ou Avis Technique pour l'emploi sur éléments porteurs bois CLT ;
- Un procédé d'isolation inversée bénéficiant d'un DTA pour l'emploi sur éléments porteurs CLT (hors toiture accessibles aux piétons).

Ils sont utilisés en toiture chaude ou en toiture froide (ventilée non isolée uniquement en bâtiment ouvert ventilé par l'air extérieur).

En toiture chaude, la résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité doit être supérieure ou égale :

- en climat de plaine (hors zone très froide), à deux fois (règle des $2/3 - 1/3$),
- en zone très froide et en climat de montagne, à trois fois (règle des $3/4 - 1/4$).

la résistance thermique du panneau PMC+ et PMC utilisé (calculée selon son épaisseur avec $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$) et de l'éventuelle isolation apportée par le plafond suspendu en sous-face du panneau structurel.

3.3. Dimensionnement

Les systèmes d'étanchéité sont dimensionnés conformément aux Avis Techniques des procédés mentionnés au paragraphe 3.2 en considérant le panneau PMC+ et PMC comme étant un support en bois massif de même épaisseur.

3.4. Organisation de la mise en œuvre

3.4.1. Lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre)

Le lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre) assure :

- La construction du support ou de l'élément porteur de partie courante du système d'étanchéité en panneaux PMC+ ou PMC ;
- L'exécution des points singuliers nécessaires au système d'étanchéité (par exemple les acrotères, costières, joints de dilatation) ;
- La réalisation, dans les panneaux PMC+ ou PMC, des réservations nécessaires au système d'étanchéité, comme par exemple :
 - lanterneaux ou bandes éclairantes ou voûtes d'éclairage ;
 - sorties de crosse ;
 - pénétrations diverses et variées ;
 - entrées d'eaux pluviales (EEP).

Afin de respecter les conditions de service des panneaux PMC+ et PMC, leur humidité ne doit pas être supérieure à 22 % au moment de la mise en œuvre du système d'étanchéité. L'humidité est mesurable en utilisant un humidimètre selon la norme NF EN 13183-2:2002.

Le support constitué par le charpentier doit faire l'objet d'une acceptation contradictoire avec l'étancheur selon le cahier du CSTB 3814, portant notamment sur les points suivants :

- Planéité du plan de pose avec notamment limitation du désaffleurement entre deux panneaux <2mm et ouverture entre panneaux <5mm, compatible avec la nature des éléments à mettre en œuvre ;
- Respect de la pente prescrite par le présent document ;
- Contrôle de la siccité du support selon les DPM. Par défaut, il incombe au lot Charpente/Structure de réaliser cette mesure. Une assistance technique est proposée par la société Schilliger.

3.4.2. Lot Étanchéité

Le lot Étanchéité :

- Assure la mise en œuvre du système d'étanchéité, pare-vapeur et support isolant éventuels, revêtement d'étanchéité, protection éventuelle (incluant la protection végétalisée), au-dessus du support en panneaux PMC+ ou PMC ;
- Vérifie les réservations nécessaires au système d'étanchéité prévues par le maître d'œuvre.

L'assistance technique s'effectue conformément aux dispositions indiquées dans le Document Technique d'Application des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité, et de l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

3.5. Dispositions constructives relatives au support

3.5.1. Percements et réservations

Les percements et réservations dans les panneaux PMC+ et PMC sont à la charge du charpentier. Ils sont réalisés à la fabrication des panneaux ou sur site par le lot Structure.

L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales doit être faite conformément à l'annexe D du Cahier du CSTB 3814.

3.5.2. Configurations de pose des panneaux PMC+ et PMC

Les panneaux PMC+ et PMC peuvent être mis en œuvre suivant deux configurations :

- Pose dite « chevron » :
 - le fil parallèle du panneau est dans le sens du rampant,
 - les appuis sont alors traditionnellement le faitage, la sablière et éventuellement des pannes ou murs de refend intermédiaires ;
- Pose dite « lambourde », à dévers :
 - le fil parallèle du panneau est parallèle à la ligne de faitage,
 - les appuis sont alors les murs ou structures en pignon et éventuellement des murs de refend intermédiaires.

Dans tous les cas, des dispositions constructives sont prises afin que tous les panneaux partageant une rive commune soient assemblés : feuillure et couvre joint suivant indications du paragraphe 3.5.3 ci-après.

3.5.3. Assemblage des panneaux PMC+ et PMC entre eux

Le charpentier réalise les assemblages entre panneaux adjacents d'un même plan de toiture selon le paragraphe 2.8 du dossier technique.

Ce type de liaison entre panneaux permet d'assurer la planéité adéquate à la mise en œuvre du complexe d'étanchéité et notamment un désaffleurement compatible avec les procédés d'étanchéité.

3.6. Prescriptions relatives aux toitures inaccessibles, techniques et végétalisées

Un pontage des joints entre panneaux PMC et PMC+ est réalisé conformément à la norme NF DTU 43.4 et au DTA du revêtement d'étanchéité concerné.

Conditions nécessaires à l'exécution des travaux d'étanchéité

Les règles propres aux travaux d'étanchéité, éléments porteurs, panneaux isolants éventuels, revêtements d'étanchéité, non modifiées par le présent Dossier Technique, sont applicables, notamment :

- Le Cahier du CSTB 3814 ;
- La norme NF DTU 43.4 ;

- La norme NF DTU 43.5, pour les travaux de réfections du système d'étanchéité sur panneaux structuraux PMC+ et PMC existants ;
- Les Avis Techniques de procédé d'étanchéité de toiture ;
- Les Avis Techniques de procédé de végétalisation de toitures.

Les tableaux A1 à A4 résument les conditions d'utilisation du procédé PMC+ et PMC. Leur emploi doit prendre en compte les règles propres aux panneaux supports isolants (ou isolants inversés), aux revêtements d'étanchéité, et aux protections rapportées (incluant la protection végétalisée) éventuelles.

3.6.1. Toiture chaude en climat de plaine

La constitution de la toiture, de l'intérieur vers l'extérieur, est la suivante :

- Parement plafond rapporté ou non en sous-face du panneau ;
- Panneau PMC+ ou PMC ;
- Pare-vapeur ;
- Isolant ;
- Revêtement d'étanchéité ;
- Protection.

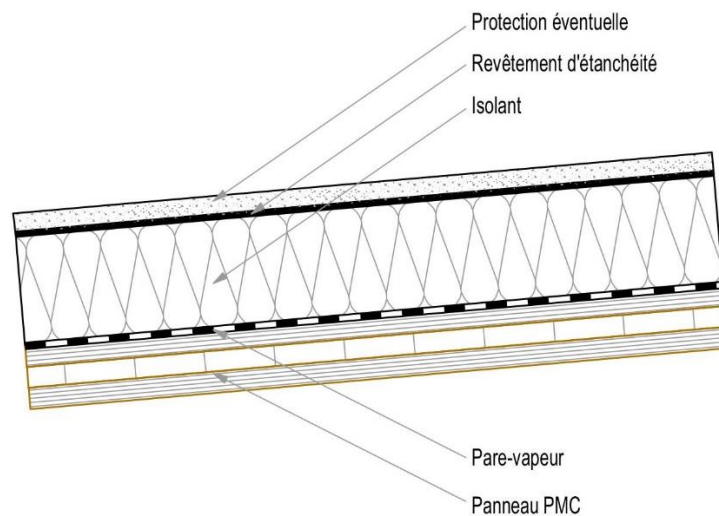


Figure A1 : Schéma de principe

Les panneaux PMC+ et PMC peuvent être laissés nus et faire office de plafond dans les ERP, les bâtiments d'habitation et les locaux régis par le code du travail. Plusieurs qualités de surface existent, dont une qualité de surface dite visible pour des panneaux sans parement.

3.6.1.1. Pare-vapeur

Le pare-vapeur est mis en œuvre conformément aux :

- NF DTU 43.4 P1 ;
- Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité visant favorablement l'élément porteur bois.

3.6.1.2. Isolant

Peuvent être utilisés, tous les isolants faisant l'objet de Documents Techniques d'Application particuliers favorables pour cet emploi, pour autant qu'ils visent la pose sur élément porteur CLT.

La résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité ou de l'isolation inversée doit être supérieure ou égale à deux fois (règle des 2/3 - 1/3) la résistance thermique du panneau PMC+ utilisé (calculée selon son épaisseur avec $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$) et de l'éventuelle isolation apportée par le plafond suspendu en sous-face du panneau structural, en climat de plaine hors zone très froide.

En zone très froide et en climat de montagne, l'épaisseur minimale de l'isolant support d'étanchéité est déterminée de manière à ce que sa résistance thermique soit supérieure ou égale à trois fois (règle du 1/4-3/4) la résistance thermique du panneau structural utilisé (calculée selon son épaisseur avec $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$) et de l'éventuelle isolation apportée par le plafond suspendu en sous-face du panneau structural.

3.6.1.3. Revêtement d'étanchéité (Cf. Tableau A2)

Peuvent être utilisées toutes les étanchéités faisant l'objet d'un Document Technique d'Application particulier favorable pour cet emploi, pour autant qu'il vise la pose sur élément porteur bois CLT.

3.6.1.4. Ouvrages particuliers

Les ouvrages particuliers (noues, faitages, arêtiers, rives et égouts, chéneaux, traversées de toitures, etc.) sont réalisés conformément au Cahier du CSTB 3814, complété par les documents Techniques d'Application des revêtements d'étanchéité ou l'Avis technique du procédé de végétalisation.

Émergences

Les dispositions sont définies dans le NF DTU 43.4, dans le Document Technique d'Application des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité, et dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

La hauteur des reliefs est conforme à celles du NF DTU 43.4 P1, complétées par l'Avis Technique du procédé de végétalisation des terrasses et toitures végétalisées.

La nature des costières est conforme à celle du NF DTU 43.4 P1. Elles peuvent sinon être réalisées par le charpentier en panneaux PMC+ ou PMC.

- Costière en PMC et PMC+ rapportée sur le plancher de toiture : d'épaisseur minimale 27mm, la costière peut être assemblée avec le plancher en PMC ou PMC+ vis-à-vis de la pression exercée par le vent grâce à des équerres métalliques.
- Costière en PMC et PMC+ formée par le panneau PMC et PMC+ vertical : en fonction de la hauteur d'acrotère et de la composition du panneau PMC ou PMC+, le mur peut avoir une rigidité suffisante vis-à-vis du vent, et un simple vissage régulier du mur avec le plancher suffit. Sinon, des équerres métalliques peuvent être rajoutées pour rigidifier la partie en acrotère et permettre une transmission des charges dans le plancher. Si le plancher PMC ou PMC+ est porteur dans la direction perpendiculaire à l'acrotère et reporte des charges sur l'élément vertical, une muralière ou un système équivalent est nécessaire.

Joint de dilatation

Les dispositions sont définies dans le Cahier du CSTB 3814, complétées par le paragraphe 6.5 du CPT Commun « Étanchéité de toitures par membranes monocouches synthétiques en PVC-P non compatible avec le bitume » du Fascicule du CSTB 3502 d'avril 2004. Cf. *Figure A16b*.

Faîtages et arêtières

Les dispositions sont définies dans le NF DTU 43.4, dans le Document Technique d'Application des panneaux isolants éventuels et du revêtement d'étanchéité, et l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

Dispositions d'évacuation des eaux pluviales

Les dispositifs, surfaces collectées, implantations etc., sont définis dans l'annexe D du Cahier du CSTB 3814 en travaux neufs, dans la norme NF DTU 43.5 en travaux de réfections.

Noues et chéneaux

Les dimensions, surfaces collectées, implantations, etc. des noues et chéneaux sont définies dans l'annexe D du Cahier du CSTB 3814 en travaux neufs, et dans la norme NF DTU 43.5 en travaux de réfections.

3.6.1.5. Reliefs

Le charpentier réalise les reliefs en continuité des panneaux PMC+ et PMC de toiture (élément porteur des parties courantes).

Les reliefs sont à créer solidaires de l'élément porteur à l'aide d'éléments PMC et PMC+ d'épaisseur minimale 27 mm, conformément au présent document, ou d'éléments en bois massif, conformément à la norme NF DTU 43.4.

Les règles de dimensionnement seront conformes aux préconisations du présent dossier technique.

Dans le cas où l'angle formé entre le plancher support d'étanchéité et le relief n'est pas perpendiculaire, le rajout d'une costière métallique dont l'angle est adapté est nécessaire et est à prévoir par l'étancheur.

Les reliefs sont revêtus d'un bardage étanche à l'eau. Le relevé d'étanchéité reçoit en tête un dispositif d'écartement des eaux de pluie.

3.6.1.6. Fixations

Le choix et le dimensionnement des fixations utilisées pour fixer les différents composants du complexe d'étanchéité sur les panneaux PMC ou PMC+ doivent respecter les préconisations des DTA ou Avis Techniques des produits associés.

A cette fin, les panneaux PMC et PMC+ sont considérés comme du bois massif. Les fixations retenues devront présenter une résistance caractéristique à l'arrachement en considérant le panneau PMC comme étant un support en bois massif de même épaisseur.

3.6.2. Toiture froide non isolée des bâtiments ouverts non chauffés en climat de plaine et de montagne

Les panneaux PMC et PMC+ peuvent également constituer le support direct du revêtement d'étanchéité en respectant les paragraphes 3.6.1.3 à 3.6.1.6 du présent document.

Cette conception est limitée aux bâtiments ouverts non isolés et non chauffés.

La sous-face des panneaux PMC et PMC+ doit être ventilée sur l'air extérieur, conformément aux prescriptions de la norme NF DTU 43.4.

3.6.3. Toiture végétalisée en climat de plaine

Cf. *Tableau A3*.

La réalisation de toitures-terrasses végétalisées doit se faire conformément aux Avis Techniques des procédés de végétalisation de toitures (prise en compte de la charge de sécurité forfaitaire de 15 daN/m²) sans toutefois qu'il soit nécessaire de prendre en compte la surcharge de 85 daN/m²:

- Dès lors que le dimensionnement des panneaux PMC et PMC+ est réalisé en considérant une charge permanente de végétalisation à capacité maximale en eau, indiquée dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation.
- Que la vérification des déformations des panneaux prend en compte le fluage des panneaux.

3.6.4. Toitures-terrasses en climat de montagne

Seuls peuvent être utilisés les isolants et revêtements d'étanchéité faisant l'objet d'un DTA ou d'un Avis Technique visant favorablement leur utilisation en climat de montagne.

La résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité doit être supérieure ou égale à trois fois (règle des 3/4 – 1/4) la résistance thermique du panneau PMC+ et PMC utilisé (calculée selon son épaisseur avec $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$).

La toiture est conçue en respectant les prescriptions du Cahier du CSTB 2267-2 « Guide des toitures-terrasses et toitures avec revêtements d'étanchéité en climat de montagne », complété par le Document Technique d'Application particulier des revêtements d'étanchéité.

3.6.5. Règles de calcul de la dépression due au vent des systèmes d'étanchéité

Les panneaux PMC+ et PMC peuvent être employés dans les zones de dépression 1 à 4 (sites de vent) selon la définition des Règles NV65 modifiées. Le Document Technique d'Application des panneaux isolants, le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité et l'Avis Technique du procédé de végétalisation donnent leur limite d'emploi.

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 l'attelage de fixation.

3.7. Dispositions particulières aux terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec dalles sur plots

Cf. Tableau A4, Figures A9 et A10

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

- Panneau PMC ou PMC+ support d'étanchéité (élément porteur) ;
- Couche de protection du panneau PMC+ et PMC servant de pare-vapeur ;
- Isolation thermique non porteur ;
- Revêtement d'étanchéité bicouche en bitume modifié faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie sur support isolant en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots.

3.7.1. Couche de protection de l'élément porteur

Après pontage des joints selon le DTA du revêtement, l'élément porteur en panneau PMC et PMC+ reçoit une couche de protection formée :

- D'une feuille monocouche en bitume modifié, faisant l'objet d'un DTA en tant que revêtement d'étanchéité visant la pose directe sur supports à base de bois, en climat de plaine uniquement.
Ou
- D'un revêtement d'étanchéité bicouche en bitume modifié, utilisé sans autoprotection, faisant l'objet d'un DTA visant les supports à base de bois, en climat de plaine ou de montagne.

Soit la feuille monocouche est mise en œuvre sur un EIF par soudage au chalumeau à flamme en pleine adhérence, avec une largeur de recouvrement des lés conforme à son DTA.

Soit le revêtement bicouche est mis en œuvre sur EIF en adhérence totale par auto-adhésivité ou par soudage au chalumeau à flamme (avec une largeur minimale de recouvrement des lés de 6 cm).

Cette couche de protection fait office de pare-vapeur.

La couche de protection est relevée aux acrotères et aux points singuliers, selon les prescriptions de son DTA, jusqu'au revêtement d'étanchéité bicouche, en respectant un recouvrement de 6 cm.

Dans le cas des ouvrages prévus en climat de montagne, la couche de protection devra présenter une performance renforcée à la résistance à la diffusion de vapeur d'eau, en utilisant une feuille comportant une feuille aluminium intégrée.

3.7.2. Support isolant thermique porteur

Sont admis les panneaux isolants thermiques faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi en pose libre sur éléments porteurs en maçonnerie, en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots, à base de :

- Polyuréthane parementé ;
- Polyisocyanurate parementé ;
- Perlite expansée (fibrée) ;
- Polystyrène expansé.

Les panneaux isolants sont mis en œuvre conformément à leur DTA, en pose libre.

Cas particulier de l'isolant en verre cellulaire

Dans le cas d'un panneau isolant en verre cellulaire, la mise en œuvre est réalisée en pose collée conformément à son DTA, avec une finition de la couche de protection grésée ou sablée définie au paragraphe 3.7.1.

3.7.3. Revêtement d'étanchéité

Sont admis les revêtements d'étanchéité monocouche ou bicouche en bitume modifié ou monocouche en PVC-P faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie, sur support isolant tel que défini dans le paragraphe précédent, en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots.

3.7.4. Traitement des relevés

La couche de protection (cf. paragraphe 3.7.1 du présent document) est relevée suffisamment pour permettre un recouvrement avec le revêtement d'étanchéité d'au moins 6 cm.

Le relevé étanché est placé derrière un bardage étanche à l'eau et protégé en tête par une bande soline sous Avis Technique ou remontée jusqu'à la couverture.

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) doivent indiquer la composition de ce bardage et identifier le lot concerné par cet ouvrage.

3.7.5. Dispositions d'évacuation des eaux pluviales

Cf. Figure A10.

Les descentes d'eaux pluviales doivent être visibles par l'occupant, permettant ainsi de les alerter d'une infiltration d'eau éventuelle.

Elles sont traitées par un manchon relié à la couche de protection soudée aux panneaux PMC ou PMC+ et par une descente reliée au revêtement d'étanchéité sous les dalles sur plots.

3.7.6. Protections par dalles sur plots

Sont admises les protections en dalles sur plots définies dans la norme NF DTU 43.1 et dans les DTA du revêtement d'étanchéité. La pente nulle n'est pas visée (Cf. *paragraphe 3.2*).

3.8. Montage par le charpentier

D'une manière générale, et quelle que soit la fonction du panneau PMC ou PMC+ dans l'ouvrage, la mise en œuvre des panneaux impose les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur, et doit être effectuée par une entreprise ayant les qualifications pour des travaux de grutage et des travaux en hauteur.

Lors des phases provisoires, et tant que l'ensemble des éléments nécessaires au contreventement définitif de l'ouvrage n'est pas mis en œuvre, la stabilité des panneaux PMC ou PMC+, en position horizontale ou inclinée, doit être assurée au moyen d'un étaielement garantissant la stabilité particulière de chaque élément et la stabilité générale du bâtiment en cours de construction.

L'entreprise de pose doit s'assurer que les moyens de levage utilisés sont suffisants, compte tenu de la masse des panneaux mais aussi de la distance de levage par rapport au positionnement de la grue. Les éléments doivent être levés un par un, à l'aide d'une grue fixe ou mobile. Chaque panneau est fixé à la structure porteuse de manière définitive avant le décrochage des points de levage.

Le montage commence par la pose des panneaux en partie basse de la structure afin de servir de point de référence et d'appui aux autres panneaux. A ce titre, le dimensionnement des fixations du premier panneau doit être réalisé afin de reprendre les éventuelles poussées des panneaux suivants (composante de glissement en fonction de l'angle de la toiture).

Les règles d'usage concernant la circulation des personnes sous charges le long du cheminement des panneaux dans l'air devront être respectées.

La possibilité de décharger un panneau devra être systématiquement pesée au regard des conditions climatiques, notamment du vent, en particulier lorsque les panneaux sont manutentionnés à la verticale.

Il est conseillé d'utiliser des vis à filetage complet pour le levage. Si le levage nécessite des réservations, les panneaux devront par la suite être réparés à l'aide de bouchons en bois puis poncés.

Après montage, les panneaux doivent être protégés des intempéries conformément au Cahier du CSTB 3814.

3.9. Entretien et réparation des toitures

L'entretien des toitures est celui prescrit par la norme NF DTU 43.4 P1-1.

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

Dans le cas des toitures-terrasses accessibles avec dalles sur plots (cf. *paragraphe 3.7*), il conviendra de se reporter également :

- Au paragraphe 5 de la norme NF DTU 43.1 ;
- Aux Documents Techniques d'Application particuliers des revêtements d'étanchéité.

En cas d'intervention ultérieure imposant une réfection totale du système d'étanchéité, la mise en œuvre du système d'étanchéité de substitution sera exécutée après vérification de l'état du panneau (absence d'altération), et du contrôle que l'humidité du panneau PMC+ ou PMC ne dépasse pas 22 %.

3.10. Assistance technique

La conception et le calcul des panneaux PMC et PMC+ sont à la charge du bureau d'études techniques missionné dans le cadre du projet. Le bureau d'études doit également fournir un plan de pose complet. L'entreprise SCHILLIGER propose une assistance technique en phase de conception puis de préparation d'exécution de la structure, à la demande du client. Elle peut également, via son propre bureau d'études, remplir la mission d'études statiques (dimensionnement, dessin, plans d'exécution) relatives aux panneaux.

Le bureau d'études, le charpentier en charge de la réalisation de la structure et l'étancheur devront se coordonner afin d'assurer la gestion des interfaces entre leurs activités respectives. Il s'agira par exemple de vérifier l'adéquation des poids propres des matériaux d'étanchéité, de la protection éventuelle et de toiture végétalisée mis en œuvre, de la faisabilité des fixations et assemblages et de la prise en compte des flèches w_{fin} en fonction de la pente de l'élément porteur.

3.11. Annexes du Dossier Technique

Tableau A1 - Domaine d'emploi

	Isolation	
	Avec	Sans (1)
Toitures et terrasses inaccessibles		
- auto-protégée	X	
- végétalisée	X	X
- protection lourde	X	X
- membrane avec film souple photovoltaïque	X	
Terrasses accessibles aux piétons et au séjour		
- Protection par dalles sur plot	X (2)	
Les zones grisées correspondent à des exclusions d'emploi.		
(1) Toiture froide exclusivement sur bâtiments ouverts non chauffés.		
(2) L'isolant est mis en œuvre sur la couche de protection servant de pare-vapeur (cf. § 3.7.1).		

Tableau A2 - Emploi en toitures et terrasses inaccessibles, chemins de circulation et toitures à zones techniques (1), en France européenne

Support direct du revêtement d'étanchéité (2) ≤ pente ≤ (3)	Revêtement d'étanchéité (4)				
	Systèmes apparents		Systèmes sous protection meuble ou dure		
	semi-indépendant	adhérent	indépendant	semi-indépendant	adhérent
Panneaux PMC et PMC+ (6)			OUI	OUI	OUI (7)
Panneaux PMC et PMC+ sous isolation inversée (5)			OUI	OUI	OUI (7)
Panneaux PMC et PMC+ et pare-vapeur et support isolant (8)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI (7)
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. § 3.2 du Dossier Technique).					
(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 avec couche supérieure résistante aux racines, sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application, notamment pour la résistance au vent, comme s'ils étaient posés apparents.					
(5) Le Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé visant l'emploi en terrasses indique les protections admises.					
(6) Toiture froide exclusivement sur bâtiments ouverts non chauffés.					
(7) Pontage des panneaux PMC+ PMC selon les dispositions du Cahier du CSTB 3814.					
(8) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.					

Tableau A3 - Emploi en terrasses et toitures végétalisées (1) en France européenne

Support direct du revêtement d'étanchéité pente : (2)	Revêtement d'étanchéité (3)		
	indépendant (7)	semi-indépendant	adhérent (6)
Panneaux PMC et PMC+ (5)		OUI	OUI
Panneaux PMC et PMC+ sous isolation inversée (4)		OUI	OUI
Panneaux PMC et PMC+ et pare-vapeur et 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 avec pour valeur maximale 20 % et valeur minimale 3%.

(3) Les revêtements d'étanchéité apparent résistant aux racines sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application, notamment pour ce qui est de la résistance au vent.

(4) Le Document Technique d'Application des panneaux de polystyrène extrudé visant l'emploi en terrasses indique les protections admises, complété par l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

(5) Toiture froide exclusivement sur bâtiments ouverts non chauffés.

(6) Pontage des panneaux PMC+ PMC selon les dispositions du Cahier du CSTB 3814.

(7) L'indépendance peut être admise favorablement par "Avis Technique du système de végétalisation de toiture étanchée.

Tableau A4 - Emploi en terrasses accessibles avec dalles sur plots (1) en France européenne

Support direct du revêtement d'étanchéité 1,6 (6) ≤ pente ≤ 5 %	Revêtement d'étanchéité (2)		
	indépendant	semi-indépendant	adhérent
Panneaux PMC et PMC+			
Panneaux PMC et PMC+ sous isolation inversée			
Panneaux PMC et PMC+ et couche de protection (4)(5) + support isolant (7)		OUI	OUI (3)

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 définies dans le 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) Pontage des panneaux PMC+ PMC selon les dispositions du Cahier du CSTB 3814.

(4) La couche de protection adhérente est mise en œuvre conformément à son Document Technique d'Application. En variante, un revêtement d'étanchéité bicouche adhérent peut également être utilisé (cf. paragraphe 3.7.1).

(5) En climat de montagne, la protection bicouche comprend soit un aluminium bitumé collé à l'EAC exempt de bitume oxydé visé favorablement dans le DTA du revêtement d'étanchéité dont dépend la feuille d'étanchéité de première couche, soit une seconde feuille d'étanchéité en bitume modifié 35 Alu soudée en plein.

(6) La pente minimum des parties courantes dépend des critères de dimensionnement des panneaux porteurs (cf. § 3.2). La pente est de 5% maxi.

(7) Dans le cas d'un support isolant en verre cellulaire, on se reportera au Document Technique d'Application des plaques de verre cellulaire.

Figure A2a – Assemblage réalisé par le charpentier par feuillure à mi-bois

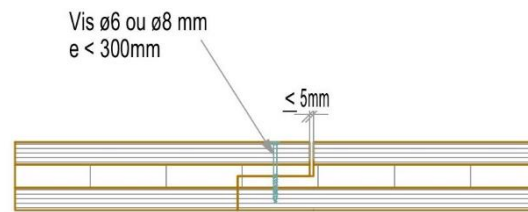


Figure A2b – Assemblage réalisé par le charpentier par bande liaison

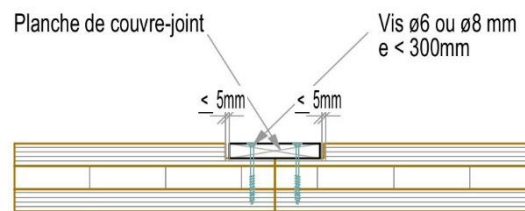


Figure A2c – Assemblage réalisé par le charpentier par vissage à 45°

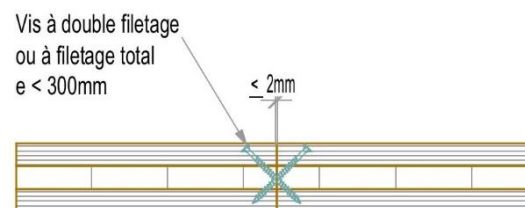
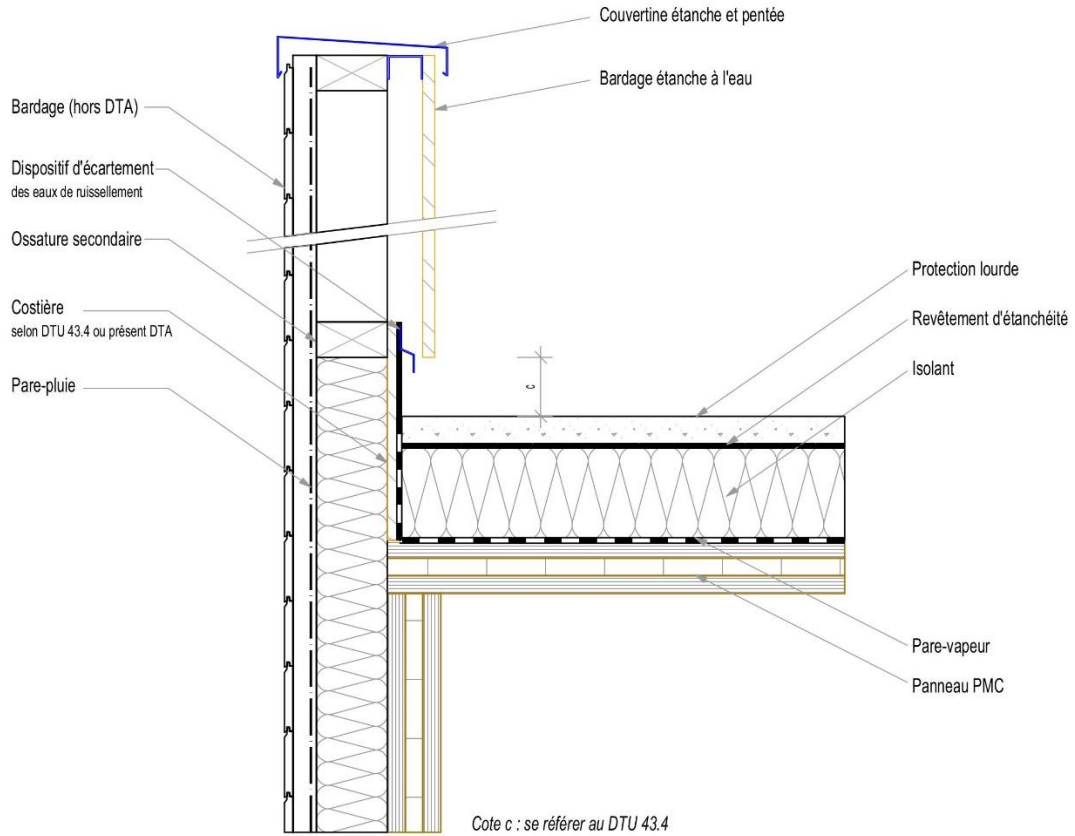


Figure A3 - Exemple de relevé en toiture chaude non accessible



Nota : Tous les croquis sont représentés perpendiculairement à la pente.

Figure A4 - Exemple de relevé en toiture chaude non accessible

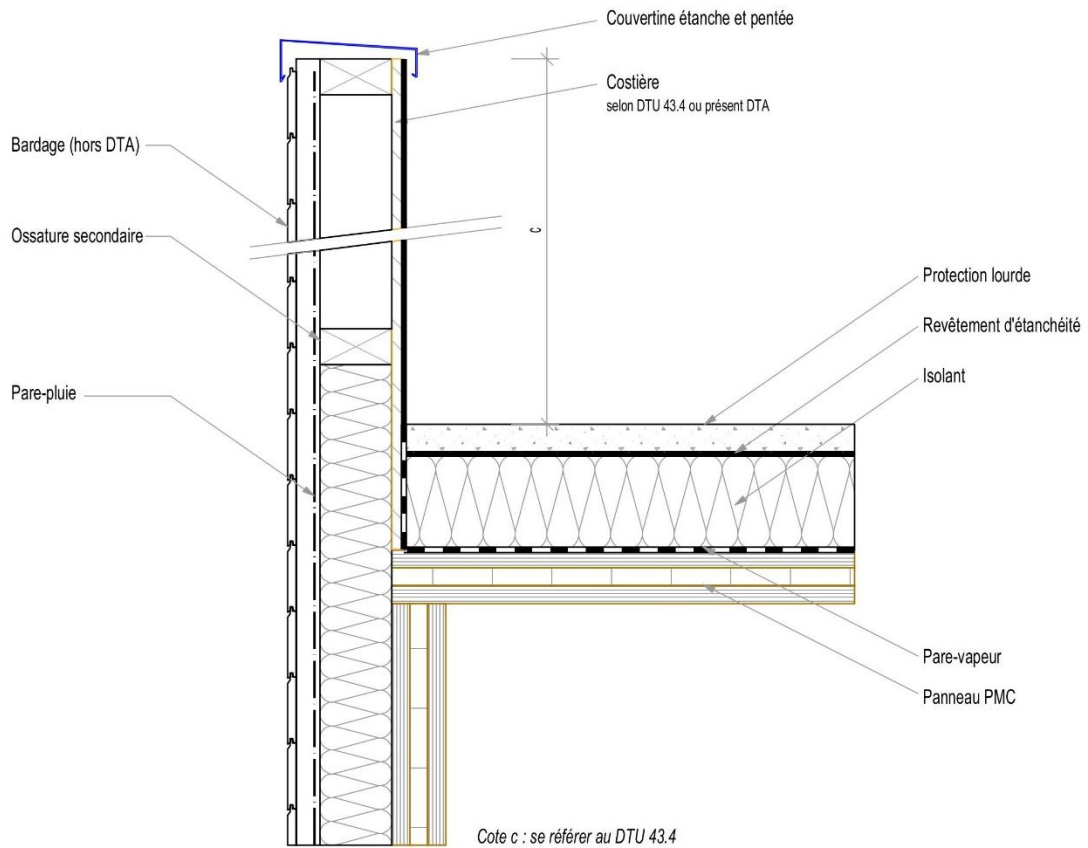


Figure A5 - Exemple de relevé en toiture froide non accessible, ventilée et non isolée, de bâtiments ouverts

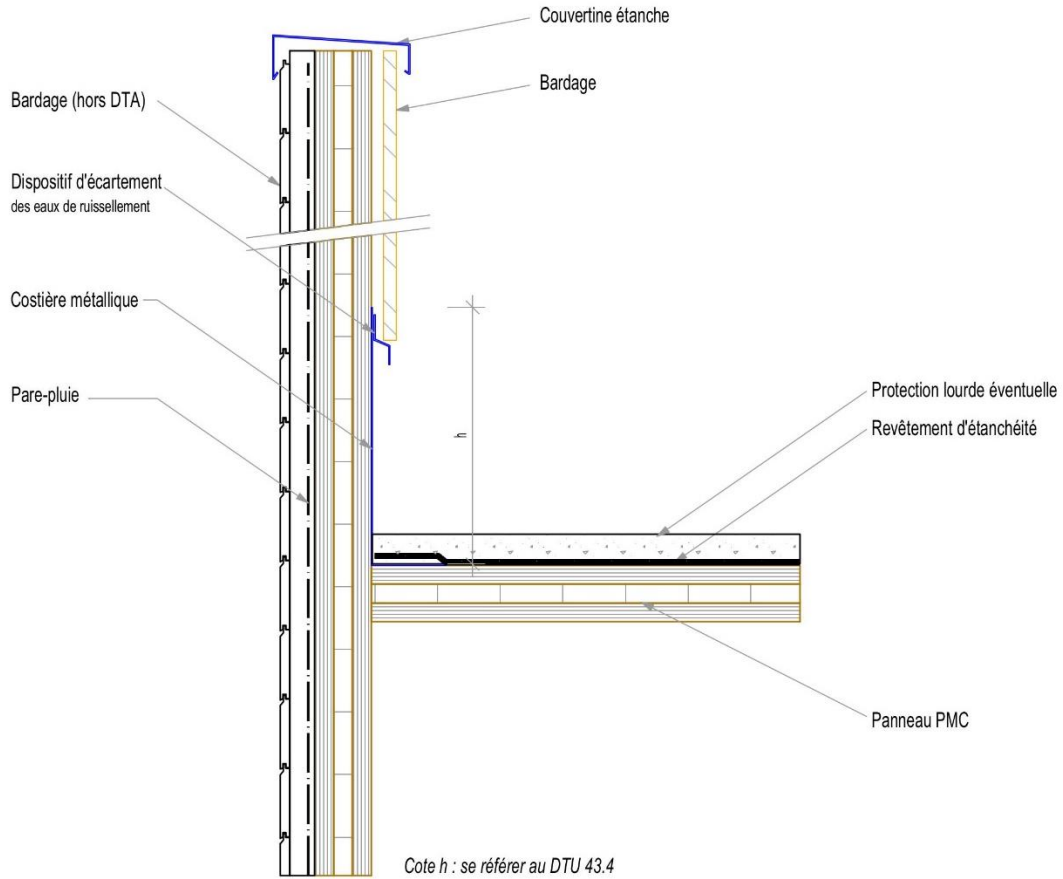


Figure A5 bis - Exemple de relevé en toiture froide non accessible, ventilée et non isolée, de bâtiments ouverts avec acrotère en panneau PMC non filant

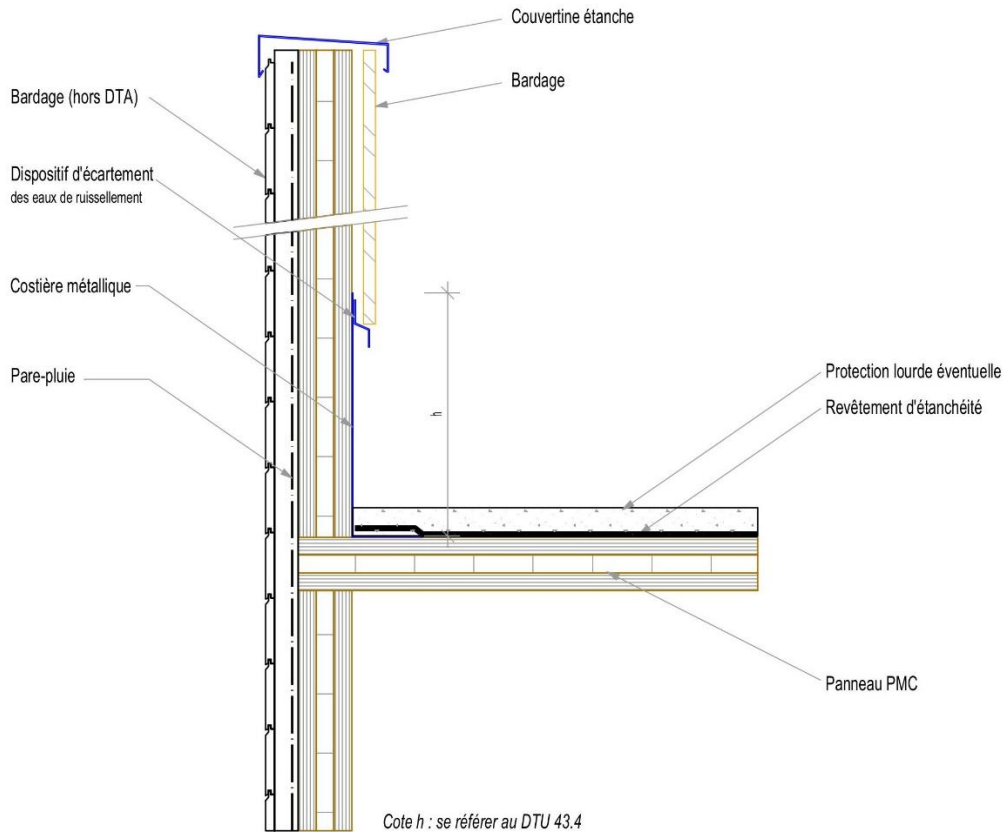


Figure A6 - Exemple de relevé en rive, en toiture froide non accessible, ventilée et non isolée, de bâtiments ouverts

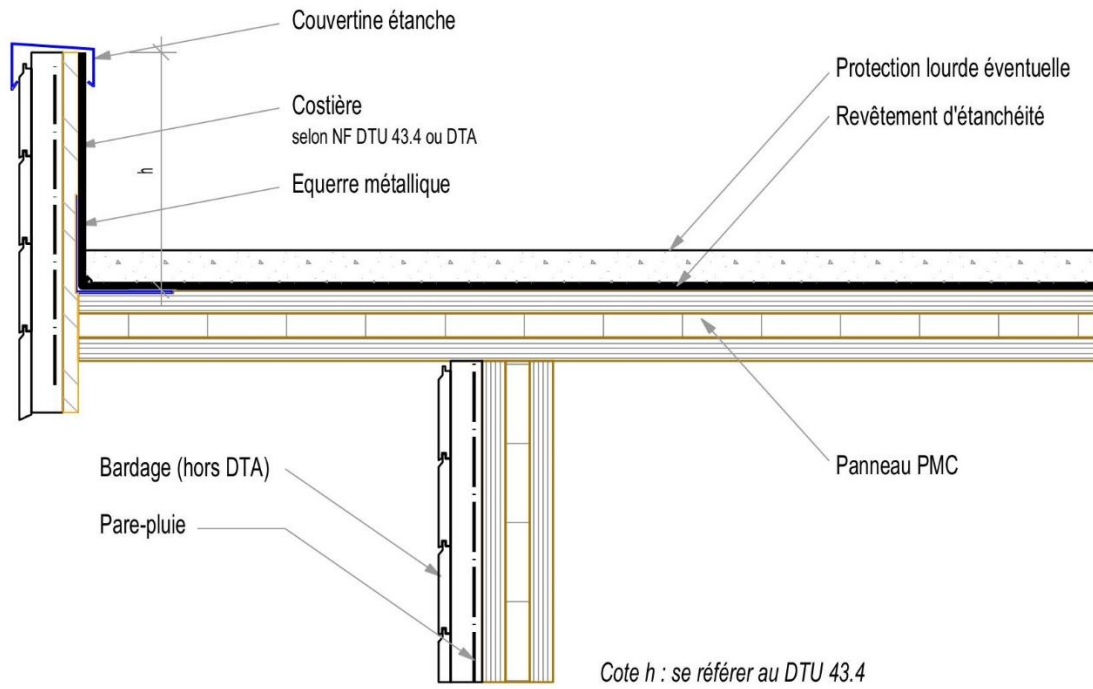


Figure A7 - Exemple de relevé en toiture chaude, végétalisée et non accessible

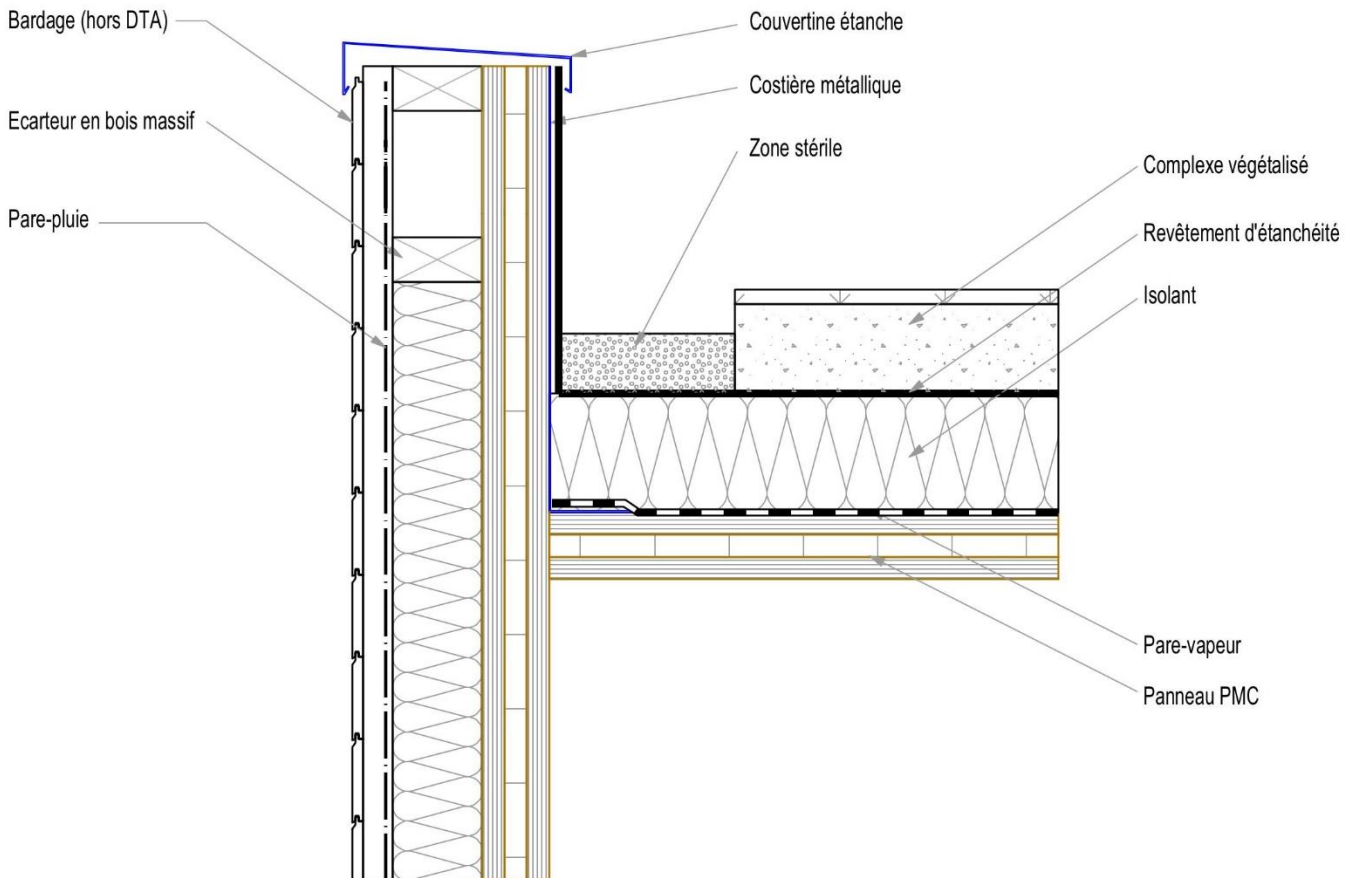


Figure A8 - Exemple de relevé en toiture froide, ventilée et non isolée, végétalisée et non accessible, de bâtiments ouverts

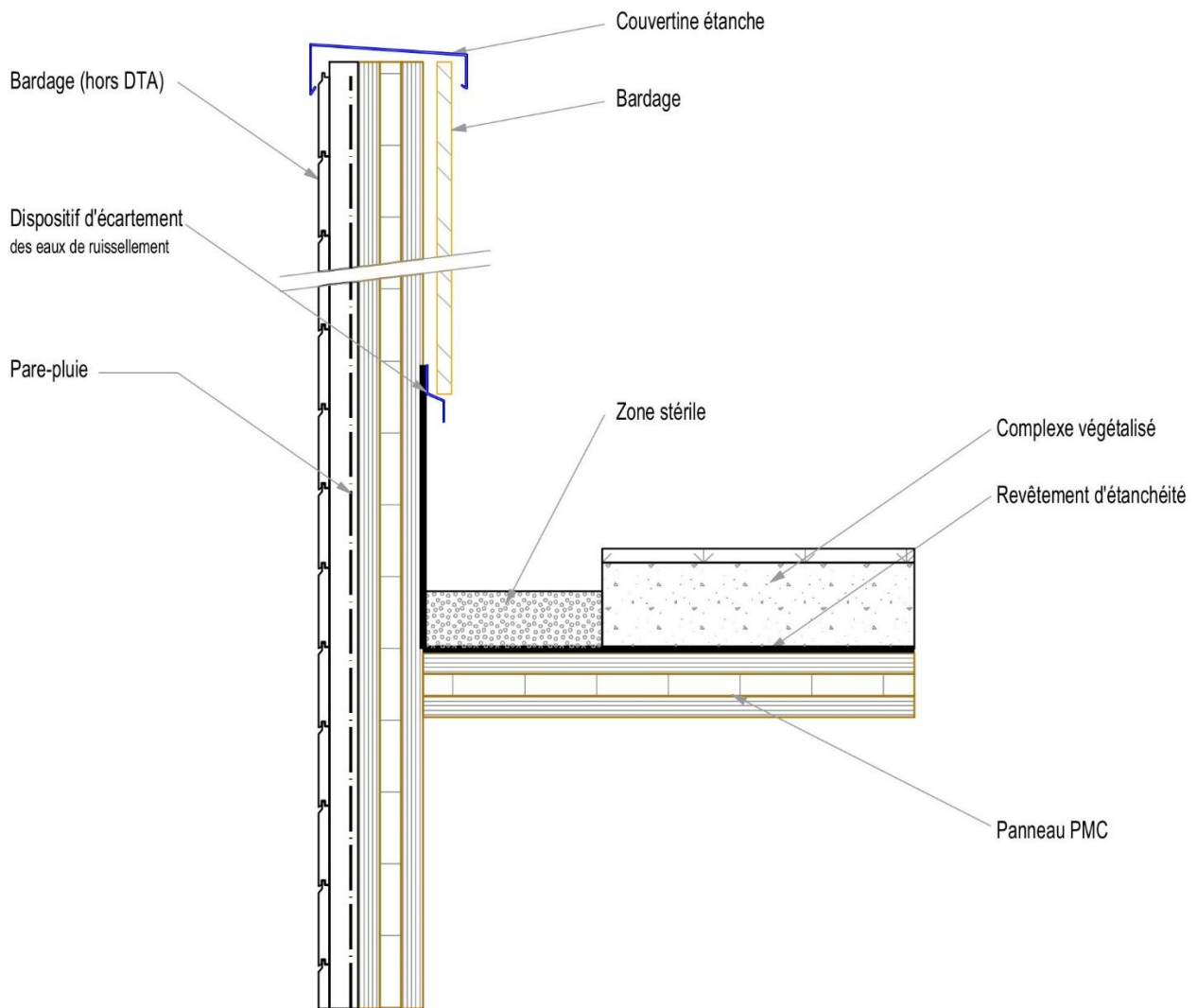


Figure A9 - Exemple de relevé en toiture-terrasse accessible

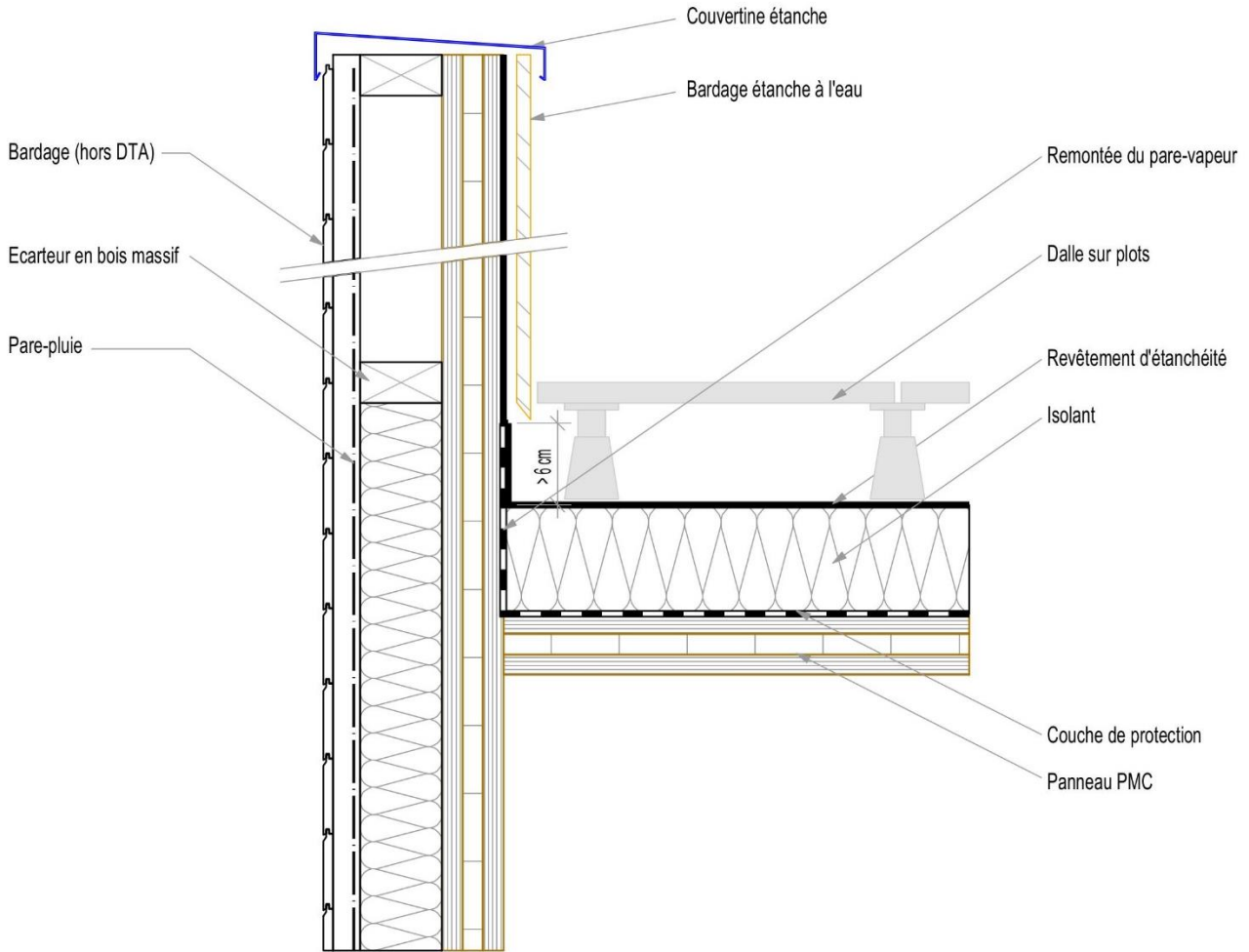


Figure A10 - descente des eaux pluviales en terrasse accessible

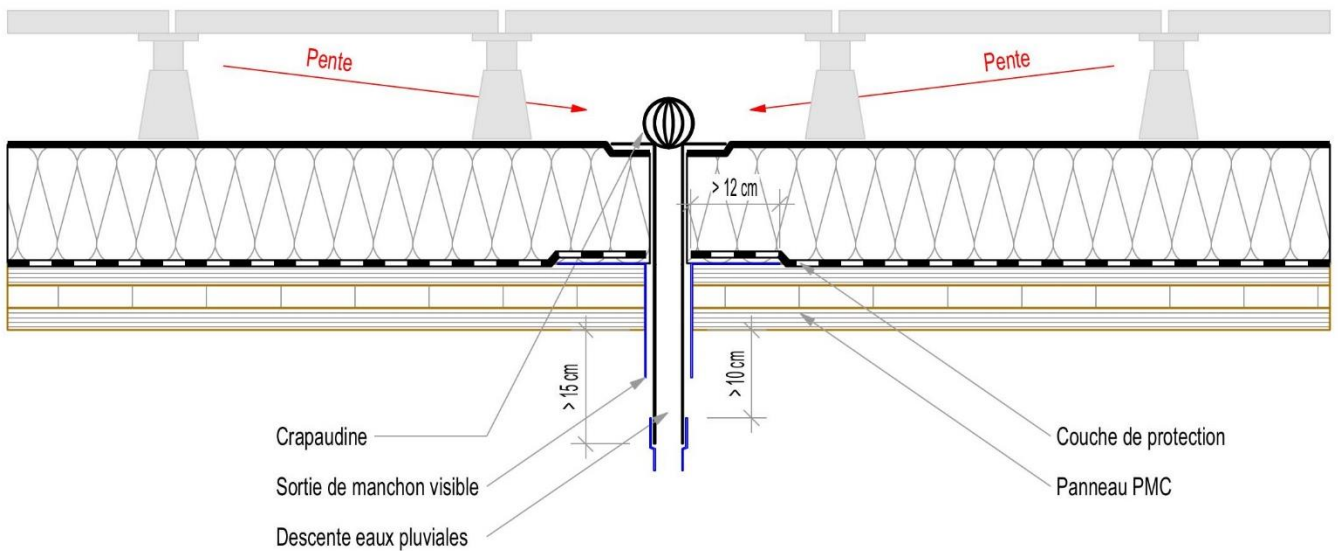


Figure A11 - Noue centrale avec couvre-joint acier, pente de noue $\geq 1,5\%$

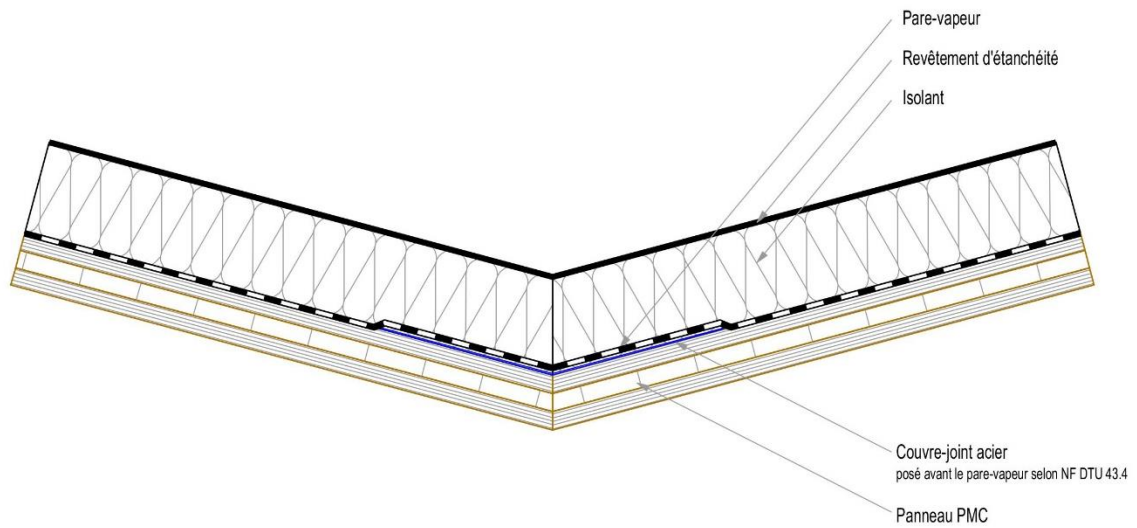


Figure A12 - Noue centrale avec bande de pontage (Les EEP ne sont pas représentées)

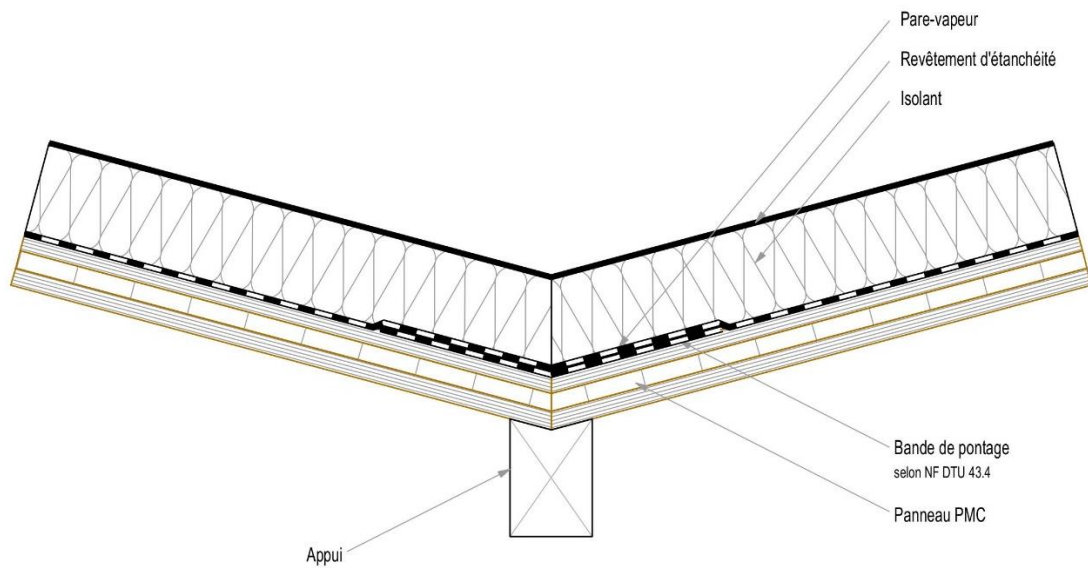


Figure A13 - Noue centrale avec chevron de fonçure, pente de noue $\geq 1,5\%$

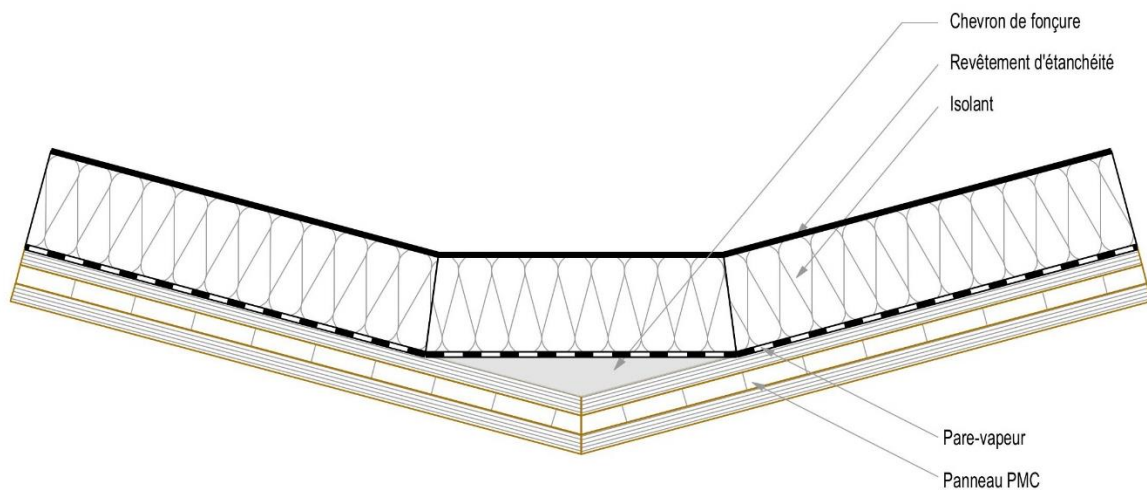


Figure A14 - arêtier ou faîtage avec couvre-joint acier

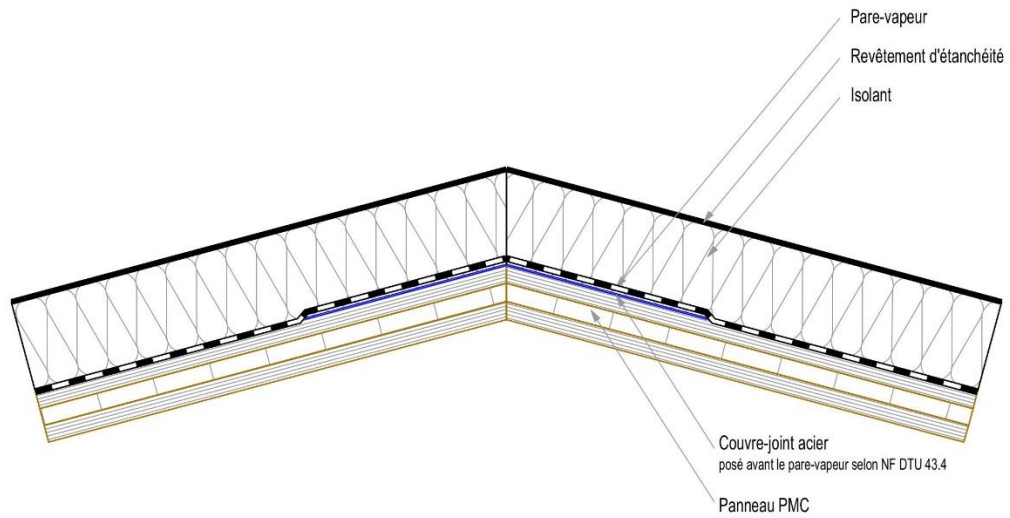


Figure A15 - arêtier ou faîtage sur appui de faîtage

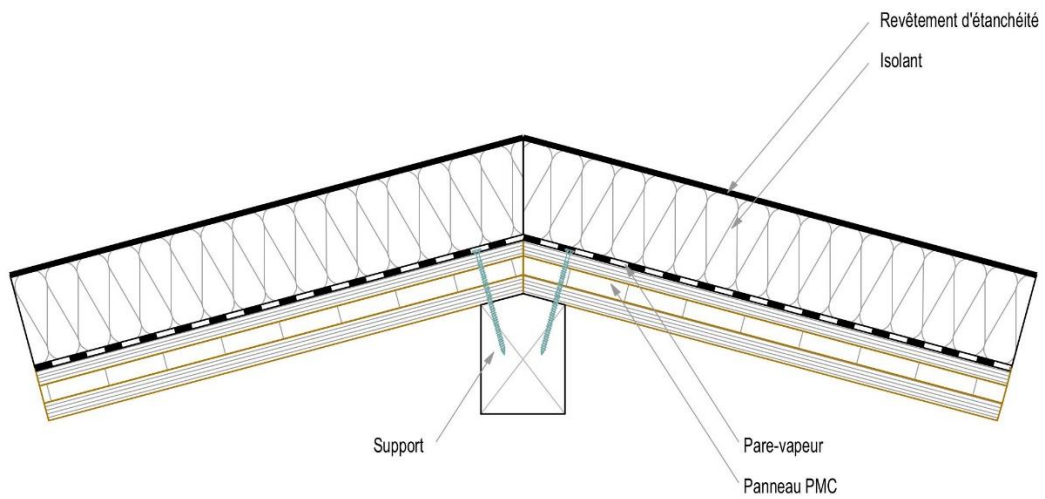


Figure A16a - exemple de joint de dilatation avec costières en bois

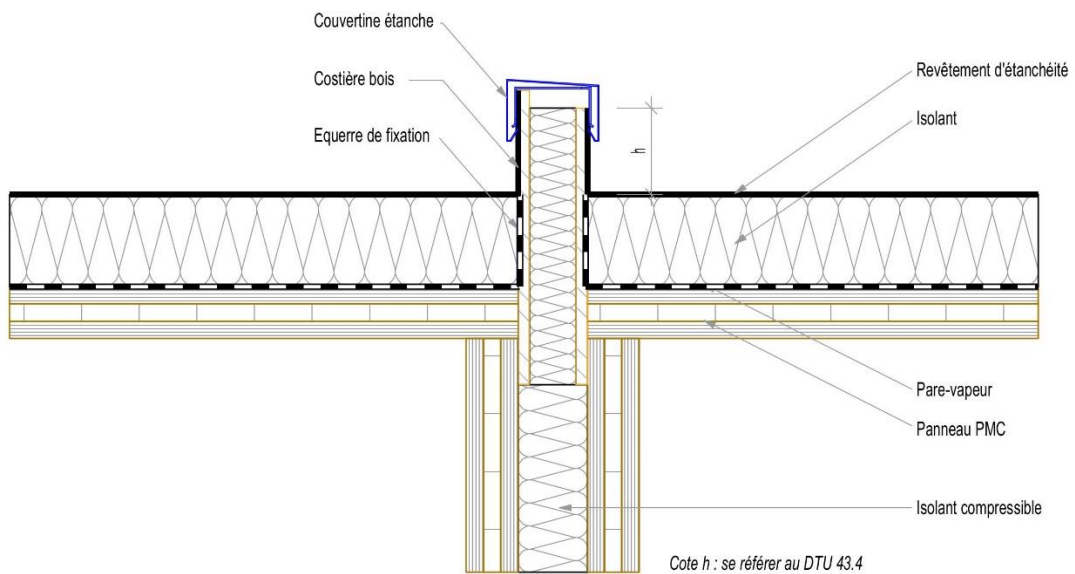


Figure A16b - exemple de joint de dilatation avec costières en PMC

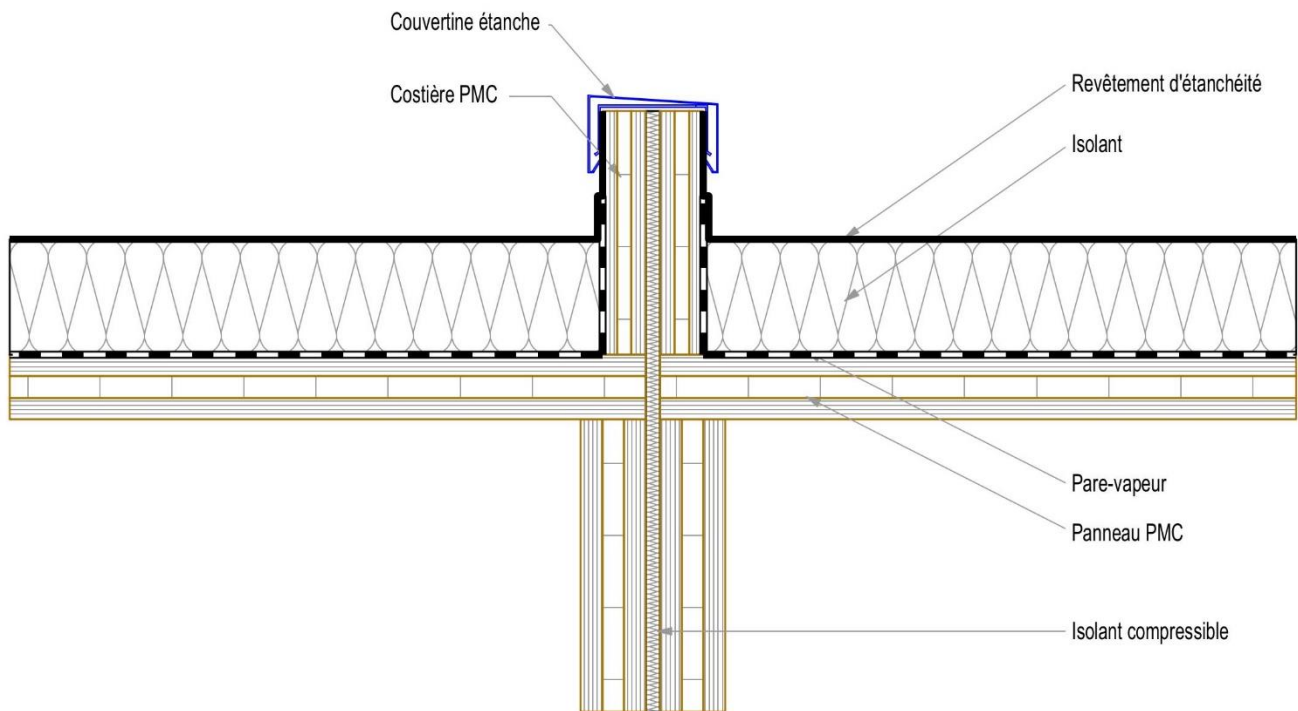


Figure A17 - exemple de traversée de toiture

