

«Quai de la Borde» est le plus grand bâtiment résidentiel en bois massif CLT d'Europe (technologie Woodeum). Cet immeuble de 140 logements est situé à Ris-Orangis en Essonne, conçu par Wilmotte & Associés.

Doc. Promiteca



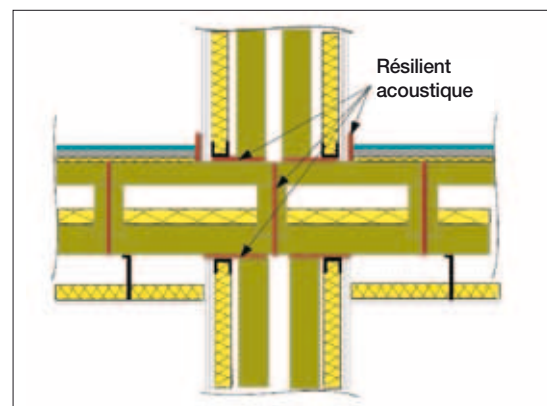
Construction bois

Une acoustique à ne pas prendre à la légère

La légèreté des constructions bois n'est pas favorable à un traitement acoustique efficace. Mais le retour d'expérience progresse pour savoir évaluer et concevoir des structures qui répondent aux contraintes réglementaires et qui assurent le confort des occupants.

Moins avancé que dans les pays nordiques, le marché français de la construction bois s'est développé depuis le début des années 2000 en grande partie en maisons individuelles, mais aussi pour des ouvrages plus complexes grâce à l'essor du bois d'ingénierie.

La légèreté du bois, par ailleurs un matériau aux performances environnementales reconnues, est ainsi appréciée pour des surélévations et des extensions. Néanmoins, une telle construction n'est pas favorable à l'isolation acoustique. Qui plus est, l'hétérogénéité des modes constructifs en bois conduit à une grande variété de comportements, et la simulation acoustique doit impérativement être validée par des études terrain. «Le strict respect de la réglementation acoustique française n'est d'ailleurs pas suffisant, il faut aller au-delà, en particulier dans le cas du logement», assure Éric Gaucher, pré-



Doc. Gamba Acoustique

Positionnement de résilients acoustiques (type Sylomer de la société Getzner ou équivalent) permettant une coupure vibratoire de 90% à partir de 50 Hz, aux jonctions plancher et refend (mode constructif en panneaux CLT Lineazen).

sident d'Acoustique & Conseil. Le bois ne résonne pas comme le béton, le bruit de pas est perçu assez différemment. Il faut donc modifier les critères de jugements et se demander comment les personnes vont vivre dans le bâtiment.»

L'industrialisation des procédés de fabrication des poutres et des panneaux de grandes dimensions a permis d'alimenter le marché avec d'importants volumes de produits à la qualité contrôlée. L'innovation est venue du bois d'ingénierie, avec les poutres à grande portée et les panneaux massifs structurels en lamellé-croisé (CLT pour « cross laminated timber ») qui sont utilisés aussi bien en façades, qu'en parois intérieures et en planchers. Autres matériaux: les poutres en bois massif abouté (BMA), en bois massif reconstitué (BMR) et, pour de fortes sections et de très grandes portées, le lamellé-collé (BLC) ou le lamibois (LVL pour « laminated veneer lumber »). Des fabricants proposent aussi des systèmes de panneaux structurels complets, comme Lineazen ou Techniwood (sous avis technique jusqu'à R + 15).

Ces nouvelles techniques ont favorisé l'essor de la construction en bois d'immeubles de grande hauteur, jusqu'à R + 8 actuellement en France, R + 14 à l'étranger avec la tour Treet, à Bergen, en Norvège: 49 mètres en ossature bois lamellé-collé et CLT. Plusieurs projets ambitieux sont en développement comme à Bordeaux où sont programmées deux tours pour début 2020, dont la plus haute, baptisée Hypérior, qui affichera 57 mètres en R + 18, et qui sera construite en panneaux CLT par Eiffage et Woodeum.

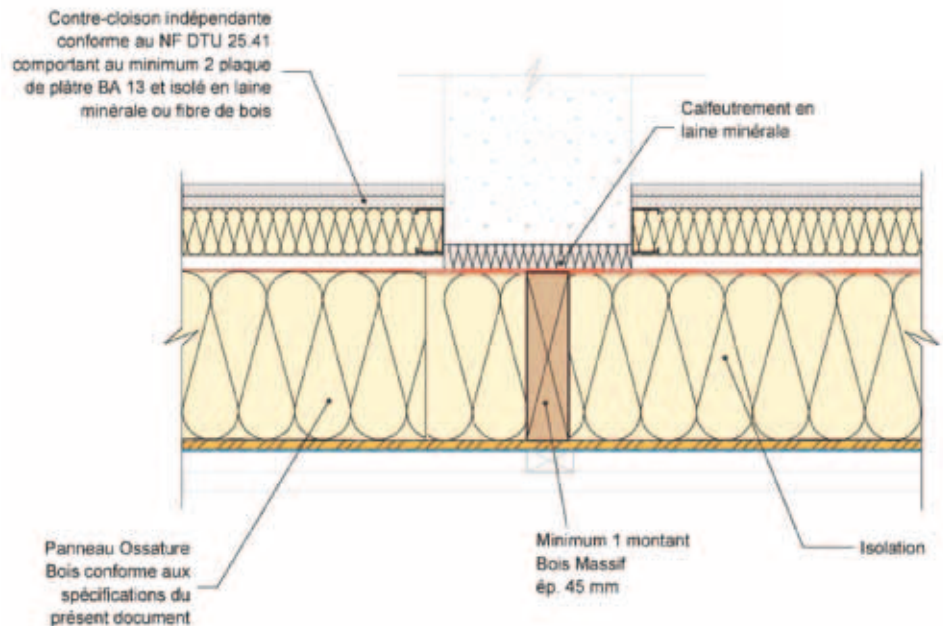
Des approches constructives qui se diversifient

Ainsi, plusieurs structures constructives bois coexistent. Les plus fréquentes sont l'ossature bois, le poteau poutre et le panneau massif. Quoique chaque mode constructif présente des performances acoustiques spécifiques, il convient de s'intéresser pour ces structures légères aux basses fréquences, ainsi que de surveiller les transmissions latérales. Par ailleurs, les chocs mous (marche pieds nus ou avec chaussures molles, course d'un enfant...) et vibrations des machines ont un impact plus fort qu'avec une structure lourde.

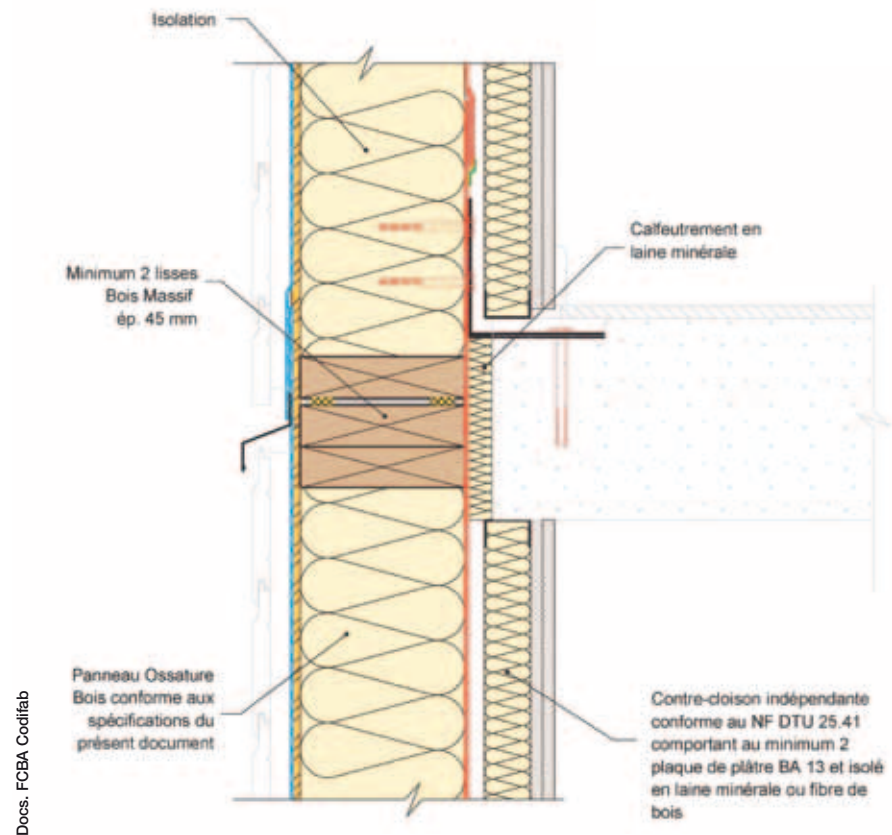
Le traitement de l'acoustique concerne les façades qui doivent être conçues pour protéger du bruit extérieur et les séparations (parois intérieures et planchers) en particulier en logements collectifs. Les niveaux d'affaiblissement entre logements au passage des parois et planchers demandés par la réglementation (58 dB en logements collectifs) sont généralement jugés insuffisants, et les projets de construction bois visent donc des objectifs plus ambitieux.

Les interfaces sont à traiter soigneusement et un certain nombre de règles métiers sont pratiquées, comme la désolidarisation des planchers entre eux ou la suppression des transmissions latérales aux refends par des contreventements placés à l'intérieur des murs extérieurs. La profession en France manque aussi d'expérience et un grand pas a été réalisé avec le programme Acoubois, qui a pris fin en 2014 et qui donne de nombreuses (●●●)

Exemple de liaison refend - façade filante



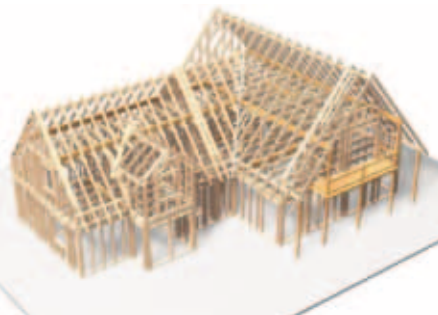
Exemple de liaison plancher - façade filante



Docs. FCBA Codifab

Structure 4 modes constructifs

Doc. Cadwork



L'ossature bois occupe 82 % du marché, notamment sur la maison individuelle. Une variante traditionnelle de l'ossature est le colombage (1 % du marché) parfois réalisé en poteaux poutres dans leur version moderne.

Doc. Group ISB



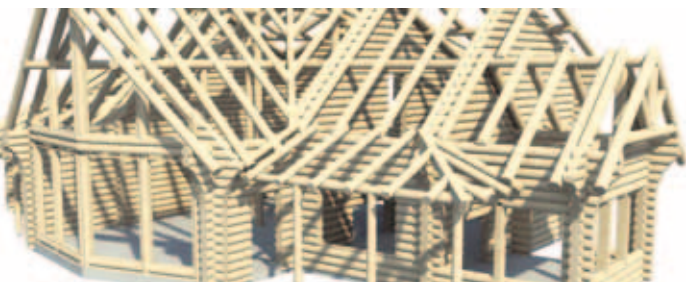
Le poteau poutre, utilisé seul ou en association avec l'ossature (ou les panneaux), compte pour 10 % environ du marché. Il permet d'obtenir de vastes espaces intérieurs et de grandes ouvertures, mais demande des poutres de fortes sections.

Doc. Metsa Wood



Les panneaux massifs structuraux contrecollés (CLT) ou contre-cloutés, peuvent être utilisés aussi bien en murs, refends, planchers ou supports de terrasse. Ils ont grimpé à 5 % du marché et ont un sens économique pour un bâtiment à partir de R + 2.

Doc. Cadwork



Le bois massif empilé (madrier ou rondin), utilisé traditionnellement pour les chalets de montagnes, s'est réduit à 2 % du marché.

(●●●) recommandations au travers de ses cahiers. « Ces études récentes ont permis de faire progresser les connaissances. Les données recueillies viennent étayer les choix constructifs et servent ainsi à convaincre les partenaires d'un projet, comme les bureaux de contrôle, se félicite Yves-Marie Ligoit, ingénieur bois et directeur du BET Ligoit. Il est essentiel, ensuite, que les entreprises fassent une bonne mise en œuvre sur le chantier. Par exemple, dans le cas d'un double mur entre logements avec un vide technique, il faut éviter d'y abandonner

Réglementation

- **Directive européenne NF EN 16351 W**
Novembre 2015 sur les « Structures en bois - Bois lamellé croisé – Exigences »

- **Eurocode 5**
Calculs des structures bois (la prise en compte des panneaux CLT est annoncée dans la version 2020)

- **Principaux DTU**
DTU 31.1 Charpente et escaliers en bois
DTU 31.2 Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois
DTU 31.3 Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets

- **Nouvelle réglementation acoustique (NRA)**
Pour les bâtiments neufs. En particulier pour les logements, l'arrêté du 27 novembre 2012 demande un niveau de bruit d'impact L'nTw inférieur à 58 dB perçu dans une pièce principale (55 dB pour la certification Qualitel) et un niveau d'isolement DnT, A supérieur à 53 dB entre les pièces principales de deux logements. Depuis le 1^{er} janvier 2013, pour les logements neufs, la maîtrise d'ouvrage doit produire une « attestation de prise en compte de la réglementation acoustique ».

des gravats, un morceau de bois ou oublier un outil qui créerait un pont phonique. De même dans le cas d'un plancher avec sous-couche, il faut éviter les fixations traversantes. Nos missions portent pour moitié sur la conception et pour moitié sur le suivi de réalisation. » Les professionnels peuvent aussi s'appuyer sur les guides Rage, les versions 2012 « Façades ossature bois non porteuses – neuf » et 2014 « Panneaux massifs bois contrecollés », dont le chapitre 4.3 traite de l'acoustique.

« Masse-ressort-masse » & « plein-vide-plein »

Le principe physique d'amortissement par un système « masse-ressort-masse » se traduit dans une paroi en « plein-vide-plein ». Le vide étant une simple lame d'air ou un isolant. C'est pourquoi la conception a souvent recours à des parois doubles qui accentuent l'affaiblissement par rapport à une paroi pleine de même épaisseur. Depuis longtemps déjà, les parois sont constituées d'un sandwich bois/isolant/plaque de plâtre et désolidarisées du support par des fixations métalliques. Le principe est d'établir une indépendance entre les couches et de gagner de la masse. « En France, ce sont les objectifs de performances acoustiques qui justifie le dimensionnement des épaisseurs, plus que la thermique. Dans les pays du nord de l'Europe, les épaisseurs de planchers sont plus importantes qu'ici, confie Éric Gaucher. Et ce que nos collègues scandinaves nous ont appris, c'est qu'il n'existe pas de standard en acoustique dans la construction bois et que chaque cas demeure un challenge. » L'atténuation acoustique, la résistance thermique et la résistance au feu de différentes parois à ossature bois

Acoubois Le bond en avant de la profession

Le programme Acoubois, qui s'est fini en 2014, est une étude approfondie sur les systèmes constructifs bois, avec des essais in situ de bâtiments et des enquêtes de satisfaction. Il a débouché sur un référentiel produits, avec la création du catalogue Construction Bois, une base de données de systèmes constructifs à ossature bois (structurelle ou non). Un autre objectif était la modélisation de l'acoustique des parois à base de bois qui a permis l'élaboration d'un logiciel d'aide au calcul qui prend en

compte les transmissions latérales au niveau des jonctions des parois. Les essais in situ réalisés sur des bâtiments à ossatures bois engagés dans une démarche de certification montrent que la transmission directe par le séparatif est prépondérante sur les transmissions latérales qui sont souvent négligeables. Le sujet d'insatisfaction majeur porte sur les bruits de chocs avec une localisation des personnes qui marchent à l'étage. Par ailleurs le taux de non-conformité est particulièrement élevé sur les

chutes d'eau. L'étude Acoubois rappelle que les chutes d'eau ne doivent pas être fixées sur des éléments légers, ce qui pose un problème dans des bâtiments qui ne possèdent pas d'éléments lourds. Si Acoubois constitue une référence, les professionnels s'accordent à dire qu'il y a encore beaucoup de travail. Les réponses acoustiques des structures bois demeurent complexes à modéliser, du fait, en autres, des différents matériaux (CLT, lamellé-collé...), des combinaisons multiples ou encore des essences.

peuvent être évaluées avec la base de données du catalogue Construction bois réalisée par la FCBA et le CSTB. Le catalogue comprend aussi des données environnementales et des fiches produits FDES établies par les fabricants.

Il est également impératif de soigner les efforts ponctuels, les détails d'assemblage, en amortissant avec des fixations spécifiques. « Sur un chantier d'immeuble collectif avec des panneaux CLT pour les parois intérieures, la cage d'escalier était porteuse et les bruits de chocs pouvaient se propager de l'escalier vers les logements, illustre Yves-Marie Ligot. Des fixations antivibratiles ont été placées entre les escaliers et les portes de paliers. »

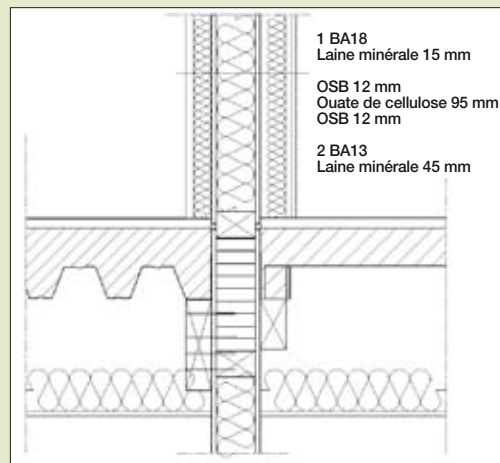
Attention aux fréquences de résonance

La double paroi n'est malheureusement pas la réponse à tous les problèmes. Plus performante aux fréquences plus élevées qu'une paroi pleine, vigilance est de mise pour les fréquences comprises entre 50 et 80 Hz. Tandis que pour une paroi pleine, les acousticiens s'intéressent au comportement de la paroi au-dessus de 100 Hz. C'est que, à ces fréquences plus basses, la constitution multicouche de la paroi peut générer des phénomènes de résonance. Phénomènes dont la complexité s'accroît avec le nombre de couches. La paroi multiple est fréquemment utilisée pour réduire l'épaisseur des parois aussi bien d'un point de vue thermique qu'acoustique. Inconvénient principal dans la construction bois. Une conception classique consiste à insérer entre les ossatures une épaisseur d'isolant de 100 à 150 mm de laine thermique ou de laine de bois. Le contreventement est réalisé en extérieur et intérieur par panneau de particules Triply ou OSB. En finition extérieure, on va trouver des plaques de bois sur litiage avec une cavité faible de 15 à 20 mm dont la fréquence de résonance est assez haute. « Les résultats acoustiques avec une telle multiparoi ne sont pas très bons, surtout avec la cavité d'épaisseur faible. Il est donc préférable que le bureau d'étude acoustique soit associé dès le départ sur le projet afin d'agencer au mieux les couches et d'en supprimer par placage, souligne (●●)

Résidence de loisirs, Lacanau L'enjeu des murs séparatifs

Chantier en cours d'une résidence de loisirs pour personnes âgées par Nicolas Verbrugge architecte, TVA architectes, avec des maisons modulaires groupées par quatre, deux au rez-de-chaussée et deux à l'étage, construites en bois. Les murs sont à ossature bois à panneaux préfabriqués isolés (avec un doublage Placo intérieur qui réduit les transmissions latérales) et des planchers mixtes collaborants bois et béton. « Nous n'avons pas suivi les recommandations Acoubois pour les murs séparatifs, mais les mesures acoustiques réalisées montrent que cela fonctionne, se

félicite Emmanuel Merida, du BET Emacoustic. Acoubois recommande pour un mur séparatif de mettre 2 BA13 de chaque côté, et d'avoir les panneaux de contreventement de part et d'autre des montants d'ossatures. Ici, le mur est à simple ossature avec un doublage rapporté. Mais alors que le calcul Acoubois n'est pas favorable du fait d'une fréquence de résonance critique un peu basse, en pratique les mesures sur site sont bonnes. » Emacoustic effectue les calculs d'affaiblissement dans Insul de Marshall Day Acoustics, et les résultats sont envoyés dans Acoubat (CSTB).



L'enjeu acoustique des constructions bois réside généralement dans la qualité de l'affaiblissement sonore entre parois séparatives (ici, à simple ossature avec doublage rapporté) et dans les planchers collaborants qui sont mixtes, bois-béton.



Doc. Emacoustic

Habitat Groupé du Canal, Ramonville Saint-Agne « Un résultat conforme à la simulation »

■ Près de Toulouse, ces huit logements en R + 1 avec des espaces mutualisés, ont été construits en habitat participatif avec l'architecte Marie-Christine Couthenx. Ce bâtiment bioclimatique, avec utilisation de ressources locales (bois et terre), récupération des eaux pluviales, toilettes sèches et chauffe-eau solaire a été inauguré en 2013. Les façades sont à ossature bois composée d'un OSB de contreventement 10 mm, de 140 mm de laine de bois, d'un bardage en Douglas non traité. À l'intérieur, est ajouté un doublage interrompu sur ossature avec 2 BA13 et 45 mm de laine de bois. Les murs de refend en

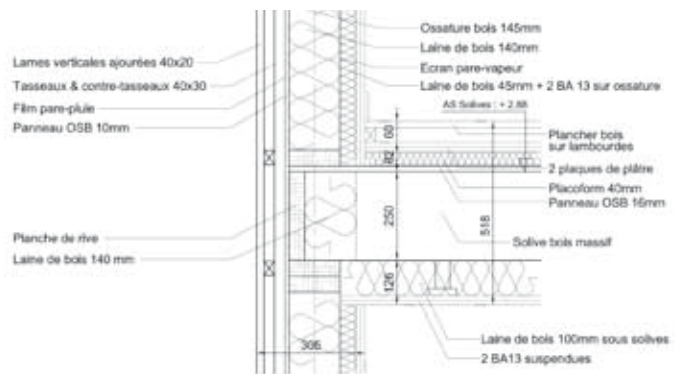
blocs à bancher béton avec, sur chaque face, une finition de 4 cm en terre crue en partie excavée sur place. « Nous avons le choix entre ossature bois et béton pour les murs séparatifs entre logements, précise Marie-Christine Couthenx. Le béton a été choisi pour des raisons budgétaires et pour le confort d'été apporté par la terre. Le retour des usagers est bon sur l'acoustique, sauf entre deux logements où il y a un problème de réalisation sur l'enduit qui était en auto-finition par l'occupant. Mais je pense que l'ossature bois est la meilleure solution, du fait d'une mise en œuvre mieux maîtrisée. Pour le béton banché, le remplissage

sur la hauteur est incertain. » Les planchers bas sont en béton armé et les planchers séparatifs entre logements sont en bois, avec une structure principale en bois, en dessous une plaque de plâtre et isolant Isover 10 cm et, par-dessus, une chape sèche Fermacell de 4 à 6 cm et un plancher bois cloué sur lambourdes en revêtement final. Effectués par Gamba Acoustique, les simulations acoustiques et les tests concordent. Ainsi, pour l'isolement vertical aux bruits de choc entre chambres de deux logements, la valeur de niveau de bruit d'impact L'nTw doit être inférieure à 58 dB, le calcul donnait 53 dB pour un réel mesuré de 51 dB.



Doc. Ph. Guionie

Coupe sur liaison MOB/plancher bois Simplex



Doc. Terrell

L'habitat groupé du Canal a été lauréat de l'appel à projet du conseil régional Midi-Pyrénées « bâtiments économes de qualité environnementale 2012 », avec une performance atteinte de BBC - 20 %. Les simulations acoustiques effectuées par Gamba Acoustique ont été validées par des mesures faites sur site.

(●●●) Guy Capdeville, directeur de Gamba Acoustique. Le logiciel de prévision d'indice d'affaiblissement acoustique de parois, AcouS Stiff, développé par sa société, propose depuis peu un module de calculs allant jusqu'à des parois quadruples.

« Sur plancher, c'est la perception des chocs mous qui pose problème »

Pour Acoubois, les planchers constituent un maillon critique dans la construction à ossature bois, parce que devant isoler à la fois vis-à-vis du bruit aérien et du bruit solidien. Une première recommandation est d'éviter la continuité entre les différentes espaces. Les planchers à ossatures bois ne doivent pas être filants entre logements. Les solivages ne doivent pas non plus être continus entre circulation et logements. « La réponse des planchers aux chocs durs est relativement bonne. C'est la perception des chocs mous, comme un enfant qui court, qui pose problème », explique Emmanuel Merida, architecte acousticien et cogérant d'Emacoustic. Pour Acoubois, la

solution idéale est la même que pour les cloisons : une structure multicouche. Mais elle est contraignante et il est souvent préférable de choisir une ossature simple et de recourir à un plafond suspendu et une chape flottante. L'implémentation d'une chape flottante humide sur une sous-couche résiliente est aussi considérée comme plus favorable du point de vue du confort qu'une chape sèche flottante. À noter que, par rapport aux planchers bois traditionnels du XIX^e siècle, les performances des panneaux CLT, du fait de leur densité, sont accrues aussi bien vis-à-vis des bruits aériens que des bruits de chocs, ce qui permet de réduire l'épaisseur du plancher. « Néanmoins, en logements collectifs, le plancher en panneaux CLT est souvent réalisé avec une chape flottante et des éléments acoustiques en sous face. Mais l'intérêt esthétique du bois se perd. Aussi, le mixte avec le béton peut être intéressant afin de bénéficier du meilleur des deux matériaux. Le béton apporte de l'inertie mécanique et thermique », complète Emmanuel Merida.

François Ploye