

Mur double en Briques Apparentes sur support bois

ENVELOPPE OSSATURE



Réalisation :



Financé par :



REALISATION



L'Institut Technologique FCBA (Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement), a pour mission de promouvoir le progrès technique, participer à l'amélioration de la performance et à la garantie de la qualité dans l'industrie. Son champ d'action couvre l'ensemble des industries de la sylviculture, de la pâte à papier, de l'exploitation forestière, de la scierie, de l'emballage, de la charpente, de la menuiserie, de la préservation du bois, des panneaux dérivés du bois et de l'ameublement. FCBA propose également ses services et compétences auprès de divers fournisseurs de ces secteurs d'activité. Pour en savoir plus : www.fcba.fr



Le CTMNC Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction est un Centre Technique et Industriel (membre du réseau CTI) qui œuvre pour les filières des matériaux de construction en terre cuite et en pierre naturelle. Le CTMNC est à la fois un pôle d'excellence technologique, qui travaille en partenariat étroit avec les professionnels, et un organisme de formation et de veille technologique, qui offre une palette de services étendue. www.ctmnc.fr



L'Institut Pascal est une unité mixte de recherche et de formation interdisciplinaire de 370 personnes placées sous la triple tutelle de l'Université Clermont Auvergne (UCA), du CNRS et de l'INP Clermont Auvergne. Il est organisé en 5 axes thématiques (GePEB, ISPR, M3G, Photon, TGI) et s'appuie sur les moyens d'essais de ses plateformes associées (MSGC, Ecogradi, CTT SIGMA et 2Matech). www.institutpascal.uca.fr

FINANCEMENT



Le CODIFAB, Comité Professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois, a pour mission de conduire et financer, par le produit de la Taxe Affectée, des actions d'intérêt général en faveur des fabricants français de l'ameublement (meubles et aménagements) et du bois (menuiseries, charpentes, panneaux, bois lamellé, CLT, ossature bois, ...). Le CODIFAB fédère et rassemble 4200 PME/ETI et plus de 15000 artisans, représentés par leurs organisations professionnelles :



Les actions collectives ont pour objectif d'accompagner les entreprises de création, de production et de commercialisation par : une meilleure diffusion de l'innovation et des nouvelles technologies, l'adaptation aux besoins du marché et aux normes environnementales, la promotion, le développement international, la formation, et par toute étude ou initiative présentant un intérêt pour l'ensemble de la profession.

Pour en savoir plus : www.codifab.fr



Afin de réduire les impacts environnementaux des bâtiments et ouvrages de génie civil, le secteur de la construction est en mutation profonde. Cette évolution transforme son activité et structure le champ de la recherche et de l'innovation en matière de conception de produits et de systèmes constructifs. L'Institut MECD (Matériaux et Equipements pour la Construction Durable), fort de la compétence et de la complémentarité de ses membres répartis sur le territoire métropolitain, est au service de ces acteurs de la construction. Il les aide à renforcer leur offre technologique en mettant celle-ci en phase avec les attentes sociétales, lesquelles se traduisent le plus souvent par des évolutions réglementaires.

Les quatre cents chercheurs de l'Institut MECD exploitent leurs plateformes de caractérisation et de test pour travailler, de l'échelle du matériau à celle du bâtiment complet, au profit de sociétés qui souhaitent inscrire leurs solutions dans les transitions énergétique et environnementale et dans l'économie circulaire.

L'Institut MECD est labellisé Institut Carnot depuis le 7 février 2020.

<https://mecd.fr/>



La FFTB agit pour représenter l'industrie des Tuiles et Briques. Elle est force de proposition pour améliorer son environnement national et européen. Elle informe sur le rôle des produits de construction terre cuite pour créer des bâtiments pérennes, respectueux de l'environnement et favorisant une croissance durable et responsable. Elle enrichit le dialogue et accompagne les évolutions sociales par la négociation des accords et avenants à la convention collective, en menant des actions sur les qualifications et les métiers de la filière, et pour promouvoir les bonnes pratiques. Par délégation de l'INSEE, la FFTB centralise et diffuse les statistiques de la profession. Elle accompagne les entreprises pour clarifier l'application des règles techniques et juridiques. <https://tuiletbriques.org/>

OBJECTIF ET CONTEXTE

L'objectif principal du projet WOODSTONE était d'apporter les justifications techniques de faisabilité du système constructif de mur double maçonneré sur COB. Pour cela, l'étude a porté sur 3 axes : une modélisation du comportement de l'assemblage brique-mortier-attache, une campagne d'essais à cette même échelle pour alimenter le modèle et valider les choix de matériaux pour ensuite mener une campagne d'essai à grande échelle, afin d'évaluer le système constructif dans des conditions proches de l'usage réel.

Pour cette étude, il a également été décidé d'évaluer plusieurs solutions, en faisant varier les composants du système : type de brique (pleines ou perforées), type de montage (à joint épais ou semi épais), type d'attache (filare ou plate avec rail).

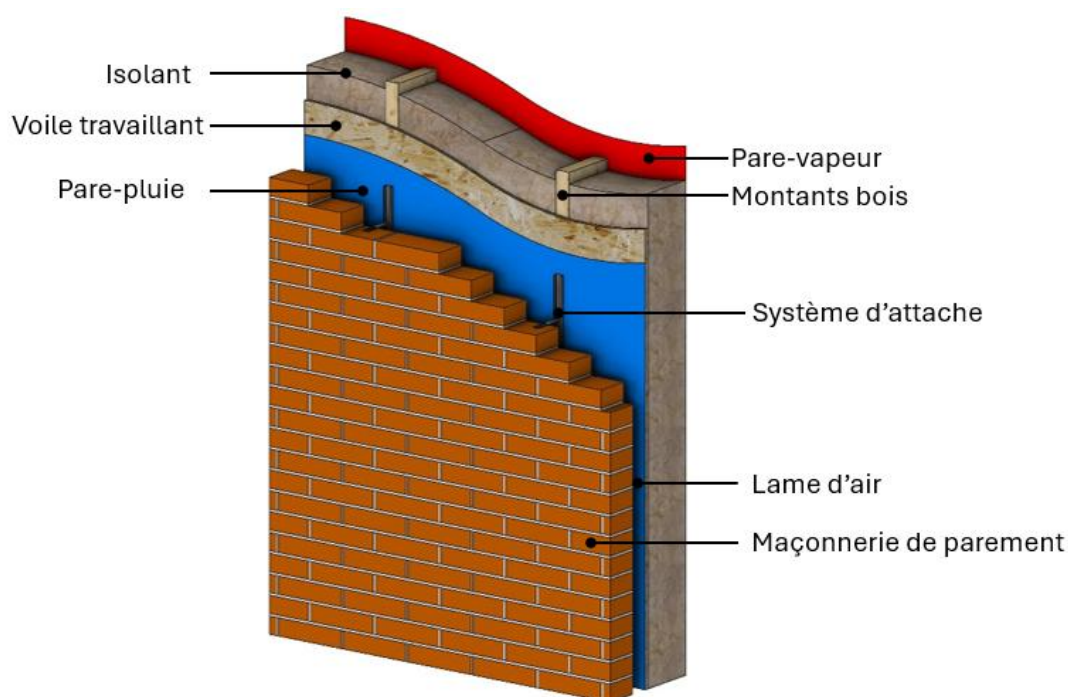


Figure 1 : Schéma de principe d'un mur double maçonneré sur ossature en bois

Afin d'alimenter les simulations numériques et de valider la compatibilité des éléments du complexe brique-mortier-attache, il a été nécessaire de caractériser par essais chaque élément du complexe, ainsi que le comportement aux interfaces du complexe. L'interface entre briques et mortier a été caractérisée par des essais de cisaillement sur des triplets de briques maçonnerées. Le comportement des attaches dans le complexe a lui été caractérisé par des essais de traction et de compression des attaches montées entre deux briques maçonnerées. Enfin, des essais complémentaires ont été réalisés pour étudier le détachement de l'attache plate du rail support.

OBJECTIF ET CONTEXTE

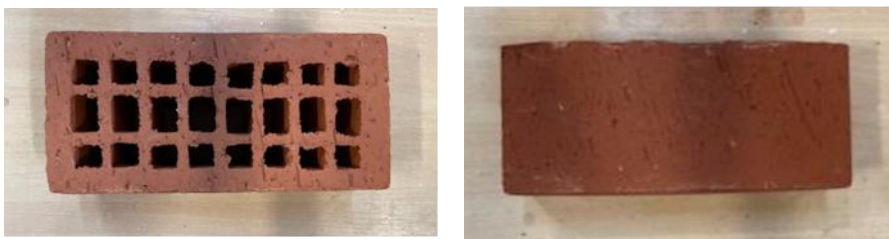


Figure 2 : Brique perforée (gauche) et pleine (droite)

La calibration du modèle éléments finis a été réalisée sur la base de ces essais élémentaires en termes de rigidité et de résistance. Une fois le modèle validé, celui-ci a été utilisé pour une analyse paramétrique afin d'évaluer l'influence de différents paramètres sur le comportement mécanique des deux types d'attaches étudiés en traction et compression.



Figure 3 : Attache filaire (haut) et plate avec casse-goutte (bas)

Enfin, pour évaluer la stabilité et la conservation de l'étanchéité à l'eau du système, plusieurs essais ont été réalisés sur des maquettes à grande échelle, représentatives du système global. Tout d'abord, deux essais mécaniques ont été effectués : un essai de mise en parallélogramme et un essai de déplacement vertical différentiel. Ces essais ont été suivis d'un essai d'étanchéité à l'eau et de résistance au vent. Enfin, les maquettes ont été soumises à un essai mécanique simulant des conditions plus sévères, avec un déplacement vertical différentiel jusqu'à 30 mm, afin d'étudier le comportement du système sous forte sollicitation.



Figure 4 : Maquette des essais de déformations différentielles à gauche et de mise en parallélogramme cyclique à droite

L'objectif de cette étude a été de fournir une base technique et scientifique solide pour élaborer un guide de prescriptions de solutions de conception et de mise en œuvre des systèmes de murs doubles en briques apparentes sur structures à ossature bois. Ce guide vise à permettre la réintégration de ce système de murs doubles sur COB en technique courante.

- **ESSAIS A PETITE ECHELLE**

Après une analyse théorique de comparaison des composants disponibles sur le marché, deux références de briques, mortiers et attaches de liaison ont été choisies pour le projet. Les caractéristiques mécaniques des briques et mortiers ont été vérifiées par le biais d'essais normalisés.

Les essais de cisaillement réalisés ont permis de caractériser la liaison brique/mortier et évaluer la compatibilité entre les briques et mortiers considérés. Sur la base des résultats de ces essais, un mortier satisfaisant aux exigences d'adhérence a été choisi pour les essais à grande échelle.



Figure 5 : Essais de cisaillement de briques perforées (gauche) et pleines (droite)

Des essais de traction et de compression sur attaches ont été réalisés avec une charge de compression nulle pendant l'essai (mode opératoire conduisant à des performances conservatives), et permettent de valider le bon ancrage des attaches. Les résultats de ces essais permettent de calculer le nombre minimal d'attaches nécessaires pour assurer la stabilité sous sollicitation de vent.

En outre, les essais à petite échelle ont permis d'alimenter le jeu de données d'entrée concernant la liaison brique/mortier/attache du modèle numérique, qui a pu servir à la réalisation des études paramétriques.

- **MODELISATION NUMERIQUE**

La modélisation numérique par éléments finis, développée sous Abaqus, a permis de représenter de manière réaliste le comportement mécanique des systèmes d'attaches dans la maçonnerie, soumis à différents types de sollicitations (traction et compression). Les différents composants du système — attache, mortier, brique — ont été modélisés avec des lois de comportement calibrées à partir d'essais

PRINCIPAUX RESULTATS

expérimentaux, incluant également des interfaces cohésives pour simuler les liaisons mortier/brique et mortier/attaches.

Les résultats montrent une bonne concordance entre les simulations et les essais, que ce soit pour les attaches plates ou filaires, avec ou sans rail. Le modèle a également intégré les effets des géométries complexes, des encoches (casse-goutte), et des hétérogénéités de matériaux. En particulier, l'utilisation de modèles cohésifs a permis de rendre compte des mécanismes de rupture observés en interface mortier-attache et mortier-brique.

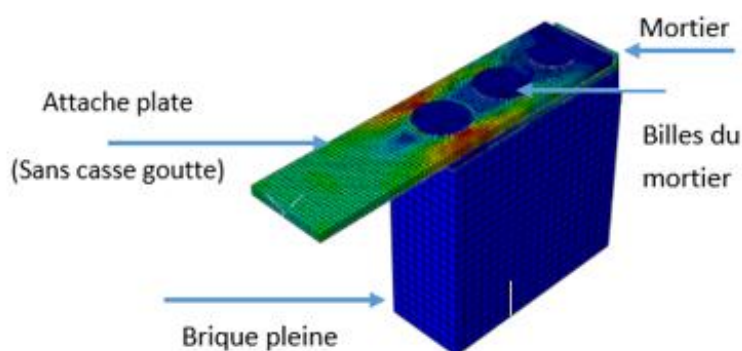


Figure 6 : Modélisation éléments finis de la liaison brique / attache / mortier

Ce modèle a permis de réaliser des analyses paramétriques visant à appréhender la sensibilité des systèmes d'attache à différents paramètres tels que : les caractéristiques du mortier, la présence d'un casse-goutte et l'influence du rail dans la résistance des attaches plates et de leurs excentrements.

- **ESSAIS A GRANDE ECHELLE**

Les essais à grande échelle ont permis de réaliser des maquettes en condition réelle, à l'échelle de la paroi. Les choix en termes d'attaches (type et densité) ainsi que les règles de conceptions pour les points singuliers de type encadrement de baie ont été testées et ont répondu favorablement aux essais réalisés.

Les attaches plates coulissent dans le rail pour les sollicitations verticales permettant une liberté de mouvement dans ce plan. Les attaches filaires se plient légèrement sans dégradation du mortier ou des tasseaux ni apparition de fissures. Les quatre configurations testées n'ont montré ni fissuration ni dégradation après les essais de vieillissement mécaniques (déformation différentielle et mise en parallélogramme).

PRINCIPAUX RESULTATS

Les essais d'étanchéité à l'eau ont montré la présence de quelques traces d'eau, peu nombreuses, le long de l'encadrement de baie jusqu'au tasseau ou rail. Les volumes recueillis sont négligeables. Aucune dégradation n'a été constatée lors des essais de résistance au vent ni sous charge au vent accrue (sécurité).

Enfin, les essais de déformations différentielle jusqu'à un déplacement de 30mm n'ont montré aucune rupture. Les attaches plates coulissent dans les rails, les attaches filaires se plastifient sans dégrader le mortier ou les tasseaux.

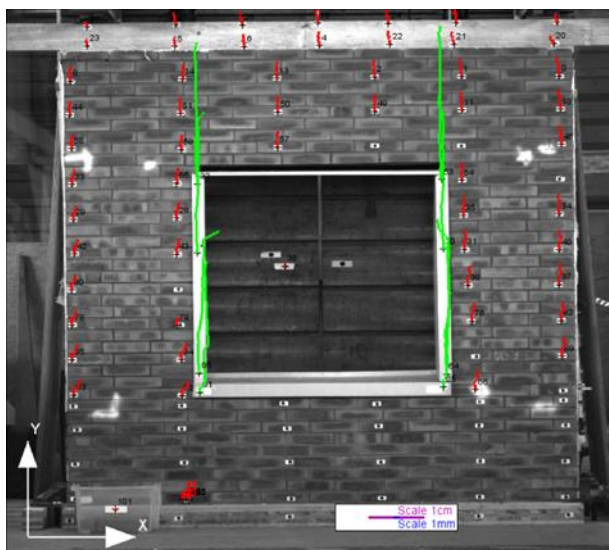


Figure 7 : Essais de déformation différentielle jusqu'à 30mm - attaches filaires, briques perforées

L'ensemble de ces résultats indique que les préconisations et conceptions détaillées dans l'étude peuvent être appliquées pour le domaine d'emploi défini.

Un guide a été réalisé et propose des clauses types de spécifications de mise œuvre pour les travaux d'exécution des procédés de murs doubles en briques sur ossature bois avec :

- Une paroi à ossature bois conforme à la NF DTU 31.2 ou une paroi en CLT visé par un Avis Technique
- Une maçonnerie conforme à la NF DTU 20.1, fondée en pied, autoporteuse et filante sur trois niveaux maximum :
 - De briques pleines ou perforées
 - Montée à joint épais ou semi-épais
- Des attaches liant la maçonnerie au support bois :
 - Filaires vissées dans des tasseaux fixés aux montants d'ossature bois
 - Plates insérées dans des rails vissés dans les montants d'ossature bois

Le domaine d'emploi s'étend à toutes les réalisations, en France métropolitaine, pour des bâtiments de 10 mètres de hauteur maximale, en région de vent 1 à 4, à l'exclusion de la catégorie de rugosité de terrain 0 et pour les bâtiments ne nécessitant pas d'une obligation de dimensionnement de l'ouvrage au séisme. Le domaine d'application peut être réduit pour certaines catégories de rugosité de terrain.

La présente étude apporte des éléments de preuve permettant de fiabiliser la technique de mur double maçonné sur ossature en bois. Ces livrables peuvent permettre l'élaboration d'un document pré-normatif qui pourra permettre un retour en technique courante.

Accès aux résultats complets de cette étude :

www.codifab.fr