



MOBAIR : MAITRISER LES TRANSFERTS D'AIR DANS LES ENVELOPPES DE MAISONS A OSSATURE BOIS ET EVALUER LEUR IMPACT SUR LE COMPORTEMENT HYGROTHERMIQUE

HANDLING THE AIR TRANSFERS AND THEIR IMPACT ON THE HYGROTHERMAL BEHAVIOUR OF WOOD HOUSES

L'objectif principal du projet MOBAIR est d'élaborer les outils de conception aux échelles complémentaires de la paroi et du bâtiment prenant en compte de manière détaillée les transferts d'air et ses interactions avec le comportement hygrothermique des structures légères à ossature bois. La problématique de MOBAIR nécessite à la fois une approche plus fondamentale de compréhension des phénomènes physiques et le lien avec les problématiques très appliquées des bureaux d'études et des chantiers. Ce projet de recherche a permis de réunir un consortium hétérogène composé de laboratoires de recherche, de centres techniques, du bureau d'étude et de conseil ainsi que d'industriels.

The aim of the project is to understand the impact of air transfer through the walls of wooden frame houses, through simulation and full scale experiments. The experiments are carried out on a CSTB full scale test house, and the components are tested at the FCBA and LOCIE test benches. Wall simulations are 2D & 3D including heat, moisture and air transport. Building simulations are based on air-moisture-thermal models including wall and air zones. The results of the 3D simulations are transferred to the building scale by determining airflow model parameters which are applied using EDF's *BuildSysPro Modelica* library, in order to quantify air leakage effects.

Contexte et objectifs du projet

Au niveau mondial, un tiers de l'énergie primaire est utilisé dans les bâtiments résidentiels et tertiaires. A près de 70%, cette énergie est consommée pour assurer le confort hygrothermique des occupants. Avec l'essor des bâtiments fortement isolés, les consommations énergétiques sont liées non seulement aux transferts de chaleurs, mais aussi aux transferts de masse (air et vapeur d'eau en particulier) à travers les parois. Le mode constructif a donc un impact primordial sur le maintien du confort des occupants et sur le niveau de performance énergétique du bâtiment.

La croissance des ossatures bois dans le secteur de la construction, affichée dans les études économiques, va dépendre en grande partie de la capacité de la filière à mieux répondre chaque jour à l'évolution des techniques de construction et aux échéances des nouvelles réglementations thermiques, RT2012 et future RT2020.

Les enveloppes légères à ossature bois, sont particulièrement sensibles aux transferts d'air, par les défauts structurels, les joints, très présents dans ce type de structure. Les transferts d'air ont un impact sur l'étanchéité globale d'un bâtiment, mais également sur les champs hygro-thermiques locaux et peuvent conduire à des dégradations de performance.

La garantie d'une bonne perméabilité passe alors par une mise en œuvre d'une membrane étanche à l'air, continue. Aujourd'hui, avec un traitement soigneux de l'étanchéité en phase de chantier, nous savons que les maisons à ossature bois peuvent se prévaloir de posséder de très bon niveaux de l'étanchéité à l'air. Cette excellence passe toutefois par un traitement qui peut être aujourd'hui trop contraignant en termes de temps et de coût.

L'originalité de l'approche proposée se situe à la fois dans les aspects multi-physiques (thermique, air, humidité) que dans le traitement de l'optimisation aux deux échelles : globale du bâtiment et plus fine de la paroi. L'objectif pragmatique et économique est de pouvoir, à terme, simplifier les constructions, tout en garantissant la performance énergétique et la durabilité.

L'objectif est d'élaborer les outils de conception aux échelles complémentaires de la paroi et du bâtiment prenant en compte de manière détaillée les transferts d'air et ses interactions avec le comportement hygrothermique des structures légères à ossature bois.

Le caractère novateur est la prise en compte des phénomènes multi-physiques. Alors que les projets précédents ont permis d'élaborer et de valider des outils de simulations hygrothermiques, ou thermo-aérauliques, ici nous proposons de traiter les couplages entre l'air et l'hygrothermique. Par ailleurs, notre ambition est de pouvoir représenter les constructions réelles, par la prise en compte des imperfections géométriques dans les modèles et la confrontation avec les mesures in-situ.

Ces interrogations et cette méthodologie peuvent s'appliquer à n'importe quel type de bâtiment, mais le cas concret des constructions à ossature bois est particulièrement intéressant, en effet :

- ✓ l'hétérogénéité géométrique forte des matériaux dans la structure de la paroi, et la diversité des chemins possibles pour les transferts d'air en font un cas potentiellement riche.
- ✓ une structure typique de constructions à ossature bois comporte de nombreuses cavités entre des matériaux rigides (poteaux structurels et panneaux de contreventement) remplies ou non d'isolant.

- ✓ par ailleurs en fonction de l'isolant utilisé, l'air peut emprunter plusieurs chemins: pour des isolants à forte porosité ouverte, l'air peut passer dans la masse de l'isolant. Pour des panneaux d'isolant denses rigides, les chemins privilégiés se situent probablement autour des panneaux d'isolant ainsi que par l'ensemble des petites cavités liées aux imperfections géométriques.

Pour remplir notre objectif, nous avons besoin de mettre en place des outils de prédiction et d'évaluation, capables de représenter la physique des transferts couplés aux différentes échelles. Les outils que nous proposons sont ambitieux, et comportent des développements originaux: représentation 3D des phénomènes d'écoulement d'air couplés avec des transferts diffusifs dans les géométries complexes, et introduction d'un couplage fort aérodynamique-enveloppe à l'échelle du bâtiment. Par ailleurs ce projet comporte une ambitieuse partie expérimentale, à l'échelle de la paroi et du bâtiment.

Principaux résultats

Les principaux résultats du projet sont de trois ordres :

- ✓ Il est possible de réaliser des simulations multi-échelles mais le niveau le plus fin se heurte à l'analyse des interactions entre des matériaux fibreux hygroscopiques pour lesquels le problème est la détection des points d'entrée de l'humidité dans les fibres. Les 2 autres échelles peuvent cependant être alimentées en données en s'appuyant sur des expérimentations sur ce point. On obtient donc des possibilités de simulation mais il n'est pas possible de se passer d'expérimentations.

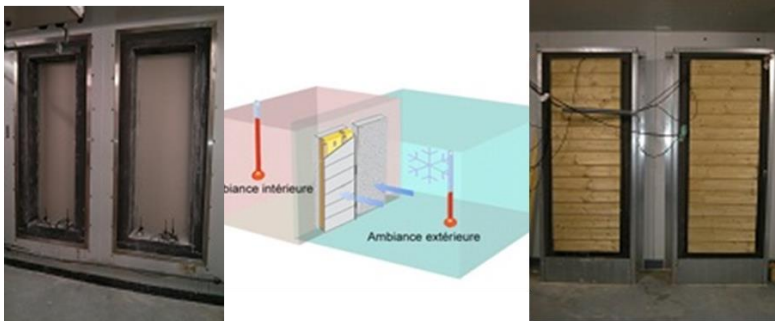


Photo 1 : Cellules climatiques FCBA

- ✓ Les défauts les plus fréquemment cités relèvent plus de défauts de mise en œuvre que de défauts intrinsèques aux installations. Il s'ensuit que la bonne stratégie de retour vers les professionnels sera plutôt constituée de fiches techniques visant à mettre en avant des solutions pratiques pour éviter ces défauts de mise en œuvre. Les expérimentations ont de ce point de vue permis de fixer les limites à ne pas dépasser (taille d'une coupure dans un pare-vapeur à ne pas dépasser par exemple).
- ✓ Il existe enfin une réelle différence entre les situations d'infiltration et d'exfiltration pour ce qui est de la charge en eau d'une paroi bois comme le montre l'illustration ci-dessous. La compréhension de l'évolution des parois bois ne peut donc pas être séparée du système de ventilation.

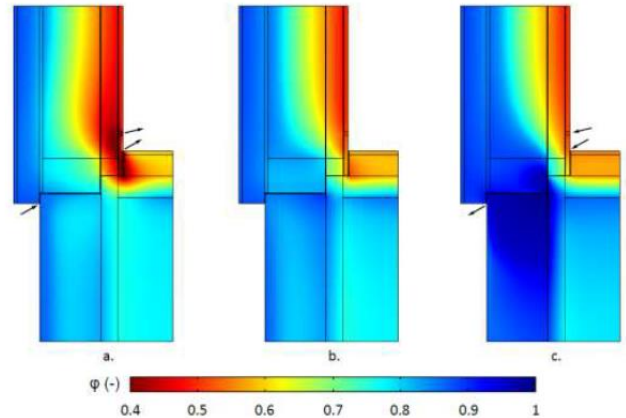


Figure 1 : Champ d'humidité relative au début de la quatrième année : dans le scénario d'infiltration (a.) et d'exfiltration (c.), avec $\Delta P = 1$ Pa; et sans air (b.)

En parallèle des différentes publications scientifiques qui ont été rédigées, plusieurs actions de valorisation à destination d'un public de professionnels ont été entreprises :

- ✓ Les avancées du projet MOBAIR ont été présentées durant la 6^e édition du Forum Bois Construction en 2016. Cet événement a été un dérivé du Forum International de la construction bois de Garmisch Partenkirchen en Allemagne. Le Forum a proposé une « mise à jour technique » qui s'appuie essentiellement sur des travaux de recherches, des études de cas, ainsi que sur l'explicitation par les architectes et les bureaux d'études de réalisations exemplaires.
- ✓ Un article à paraître dans Wood Surfer, magazine de la filière bois construction.
- ✓ Une partie des résultats du projet ont été également présentés lors des Rencontres Construction Bois qui a eu lieu le 22 septembre 2017 à Angers ; le public visé était constitué de professionnels : ingénieurs, charpentiers, architectes et maîtres d'ouvrages (public type Etats Généraux, plus régional). De plus, une présentation a été réalisée lors de la Commission Professionnelle Gros-Œuvre le 11 octobre 2017 ; cette commissions a pour objet d'assurer la liaison entre les professions et l'Institut en exprimant les besoins des professions en matière de recherche et d'actions collectives et en diffusant la documentation recueillie et les résultats des recherches réalisées par l'Institut pour le secteur intéressé. La présentation du programme MOBAIR inclura les aspects expérimentaux et les principes de simulation (présentation scientifique sur le couplage et application terrain).
- ✓ Un document (« Diffusion opérationnelle des résultats du projet MOB-AIR ») présentant les possibilités d'application directe et opérationnelle des résultats du projet sera également mis à disposition. Il permettra de passer d'un modèle expert dédié à la recherche (développé sous le logiciel Dymola en langage Modelica) vers la profession.

Conclusion et perspectives

Les objectifs initiaux du projet ont été globalement atteints.

- ✓ La catégorisation des défauts a été réalisée. Leur mise en place expérimentale a également été réalisée. Elle a permis de dégager des tendances et de déterminer des lois d'infiltrations expérimentalement.
- ✓ Côté simulation, les modélisations à échelle paroi et à échelle bâtiment ont été réalisées. La façon de transférer les données a été validée. La modélisation la plus fine (échelle matériau) a montré qu'il est possible de construire une loi pression/vitesse pour un matériau fibreux à condition d'avoir un modèle 3D des fibres et qu'un code classique (type ANSYS FLUENT) est suffisant. La modélisation de la phase liquide est cependant apparue impossible, essentiellement à cause de la détermination des points d'entrée éventuels dans les fibres (cas des fibres de bois). Ce dernier point devrait être investigué. Il s'agit en effet de reconnaître des structures (points d'entrée) sur un modèle 3D de fibres.

Le projet MOB AIR a permis de mieux cerner les infiltrations d'air dans les bâtiments à ossature bois. Afin de valoriser et de transférer une partie des résultats du projet MOB AIR vers la profession, un consortium constitué du CSTB, du CEREMA et de FCBA, a démarré un **programme PACTE** intitulé **HYGRO-PV** et s'inscrivant dans le cadre de l'axe 1.4 (*Développer une connaissance des risques pathologiques rencontrés lors de projets de construction et de rénovation et les traduire en méthodologie pour les professionnels*), programme lancé par le ministère du logement.

L'objectif global du projet HYGRO-PV est de proposer aux professionnels (maîtres d'œuvre, entreprises, artisans) un rapport sous forme de fiches techniques valorisables présentant des valeurs Sd équivalente qui pourront être utilisées comme données d'entrées dans les logiciels de calculs hygrothermiques.

Cette finalité repose sur deux aspects :

- ✓ Etudier l'impact de la mise en œuvre du pare vapeur et le risque associé aux discontinuités sur l'apparition de pathologies liées à l'humidité,
- ✓ Etudier l'influence des différentes perturbations sur les transferts hygrothermiques de parois (murs et combles (aménagés et perdus)).

Etude réalisée en partenariat avec



Avec le soutien financier de



Contact

Sylvain BOULET ● sylvain.boulet@fcba.fr
Tél. 05 56 43 64 27



Pôle Industries Bois Construction
Section Recherche
Allée de Boutaut – BP 227
33028 Bordeaux Cedex