Stage Master / TFE / PFE

Étude numérique du séchage de parois en torchis

Influence sur les propriétés hygrothermiques et mécaniques & comparaison avec des mesures sur site

Lieu du stage : Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDL) – Lorient, Morbihan (56)

Tuteurs : Étienne Le Mire (Maître de Conférences - UBS), Thibaut Lecompte (Maître de Conférences HDR - UBS)

Dates : mars/avril 2027 à août 2027

Contexte

Le secteur du bâtiment est, en France, responsable à lui seul de 15% des émissions carbone nationales (Relancer l'action climatique face à l'aggravation des impacts et à l'affaiblissement du pilotage. 2025). On constate aussi une augmentation annuelle moyenne de nouvelles constructions de 1.1% depuis 35 ans, et on estime la part de la construction dans les émissions de GES d'un bâtiment (construit en 2026) sur l'ensemble de son cycle de vie entre 65% et 85%[1]. Dans le but de réduire l'empreinte écologique du secteur du bâtiment, la terre crue est un candidat robuste. Il s'agit d'un matériau poreux naturel issu du sol et constitué d'eau, de sable, d'argiles, de graviers de différentes tailles, des fibres selon la technique de mise en œuvre, etc. Lorsque le contexte constructif n'induit pas de fortes contraintes mécaniques (*e.g.* zone sismique) ou de durabilité (*e.g.* zone inondable) comme c'est majoritairement le cas en France hexagonale, l'usage de terre crue locale non stabilisée génère une demande en énergie cumulée proche de zéro (Ventura et al. 2022).

Sujet

Le projet Torchis[2] (labellisé par le Projet National[3]) a pour but d'étudier le torchis ancien et contemporain pour mieux comprendre le matériau : il s'agit d'un matériau de remplissage constitué de terre et de végétal (paille ou herbe sèche) associé à une ossature secondaire (souvent du bois). La fonction principale de ce type de matériau est une correction thermique et/ou acoustique. Une des problématiques inhérentes au secteur de la construction concerne le séchage : les matériaux conventionnels, notamment les matériaux cimentaires, sont normés, ce qui permet une estimation *a priori* de certaines caractéristiques (thermiques, mécaniques, phoniques, ...) à 28j après mise en œuvre. La grande diversité des sols, combinée à la pluralité des techniques de mise en œuvre fait qu'il n'existe pas de norme concernant les matériaux à base de terre crue.

Ce stage s'intéresse à l'étude du séchage de parois en torchis, mises en œuvre et instrumentées dans le cadre de travaux de cloisonnement d'un appartement en cours de rénovation. Après la phase de mise en œuvre des parois, une phase d'instrumentation (capteurs de température, humidité relative notamment) sera réalisée pour obtenir les conditions aux limites de séchage en plusieurs points jugés

[1] https://www.ademe.fr/les-defis-de-la-transition/batiments/
[2] https://projet-national-terre.univ-gustave-eiffel.fr/actions-de-recherche/projet-torchis
[3] https://projet-national-terre.univ-gustave-eiffel.fr/

pertinents des parois. Une mesure du retrait induit par séchage pourra également être faite en vue de nourrir des modélisations hydro-mécaniques.

Le·la stagiaire aura pour mission de récolter ces données, les analyser, et les comparer avec des analyses numériques. Pour cela, il·elle aura accès au logiciel commercial WUFI[4], permettant la modélisation de phénomènes de transferts hygrothermiques de parois, ainsi qu'à un code de recherche développé en langage Python. Ces outils numériques s'appuient sur la résolution conjointe des équations couplées de transfert de masse d'eau et de chaleur au sein d'un milieu poreux. Les capacités des deux outils devront être comparées entre elles, et avec les relevés expérimentaux. Les propriétés hygrothermiques du matériau n'étant pas encore bien connues, il conviendra de faire des choix sur leur valeur, que l'on justifiera par des considérations physiques et eventuellement des essais complémentaires en laboratoire sur les matières premières et les matériaux formulés.

Le·la stagiaire aura pour mission de :

- Prendre en main et comprendre la mise en place des équations, ainsi que les paramètres matériaux
- Prendre en main le logiciel commercial WUFI
- Prendre en main le code de calcul Python
- Réaliser des relevés réguliers des données expérimentales in-situ
- Faire des choix pour les valeurs de certains paramètres matériau du torchis

Compétences/appétences requises

Le·la stagiaire développera les compétences suivantes :

- Compréhension du procédé d'instrumentation
- Développements théoriques des équations couplées hygrothermiques
- Modélisation de conditions aux limites
- Programmation en Python, sur un outil de calcul assez dense (plusieurs fichiers interagissant ensemble)
- Comparaison avec des logiciels commerciaux (WUFI, COMSOL)

Candidatures

Envoyez votre CV à Étienne Le Mire (etienne.le-mire@univ-ubs.fr) et Thibaut Lecompte (thibaut.lecompte@univ-ubs.fr).

Références

Ventura, Anne, Claudiane Ouellet-Plamondon, Martin Röck, Torben Hecht, Vincent Roy, Paula Higuera, Thibaut Lecompte, et al. 2022. « Environmental Potential of Earth-Based Building Materials: Key Facts and Issues from a Life Cycle Assessment Perspective ». In *Testing and Characterisation of Earth-Based Building Materials and Elements*, RILEM State-of-the-Art

[4] https://wufi.de/en/

Reports, éd. Antonin Fabbri, Jean-Claude Morel, Jean-Emmanuel Aubert, Quoc-Bao Bui, Domenico Gallipoli, et B.V. Venkatarama Reddy. Cham: Springer International Publishing, 261-96. doi:10.1007/978-3-030-83297-1_8.