Stage Master / TFE / PFE

Étude expérimentale du transfert d'eau liquide dans des éprouvettes à base de terre crue

Rôle de la quantité de fibres et de leur orientation – modélisation du séchage

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, de 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

Ce stage s'intéresse principalement à la bauge, qui est une technique de mise en œuvre de terre crue à l'état plastique, avec ou sans ajout de fibres. La résistance à la compression, une des grandeurs de dimensionnement principales de la conception d'un bâtiment, évolue grandement avec la quantité d'eau présente dans le matériau (Bui et al. 2014). Or, cette teneur en eau varie drastiquement au cours de la vie du bâtiment, et peut aller jusqu'à plus de 25% de la masse sèche de terre pour certains mélanges de bauge (Hamard 2017). Dans le cadre du projet Bauges Porteuses[2], on s'intéresse notamment à l'évolution des propriétés mécaniques de la bauge à différentes teneurs en eau, entre l'état de fabrication (presque saturé en eau) à l'état de service (presque sec) et ce, pour différents mélanges (teneur en eau de fabrication et quantité de paille).

Cependant, une brique élémentaire reste non traitée : la compréhension et la modélisation du séchage lui-même, et plus globalement des transferts d'eau liquide au sein du matériau. Dans ce but, un essai de perméabilité à l'eau liquide a été développé à l'UBS, pour permettre de déterminer la capacité du milieu à laisser passer l'eau liquide : c'est la mesure de la perméabilité intrinsèque du milieu. Il s'agit d'un paramètre physique nécessaire dans les modélisations de transfert d'eau liquide, pourtant, sa détermination reste difficile du fait de la complexité et du temps nécessaire pour mener à bien un tel

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

essai. Dans le cas du pisé (une autre méthode de mise en œuvre de la terre crue), une étude a été menée sur la corrélation entre la mesure de la perméabilité intrinsèque et celle du coefficient d'absorption, obtenu par un essai de remontée capillaire beaucoup plus simple à mettre en œuvre (Fabbri et al. 2019).

L'objectif du stage sera donc de réaliser des essais de perméabilité et de remontée capillaire pour comparer les résultats. Plusieurs mélanges de bauge seront testés.

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 montage de perméabilité à l'eau liquide, ainsi que les principes qui le régissent
- Réaliser des échantillons de bauge, en faisant varier différents paramètres (teneur en fibre, orientation des fibres, etc.)
- Réaliser des essais de perméabilité à l'eau liquide
- Comparer les résultats avec des simulations numériques

Compétences/appétences requises

Le·la stagiaire développera les compétences suivantes :

- Mise en place d'un plan d'expérience (instrumentation, rétroplanning, etc.)
- Fabrication d'éprouvettes adaptées pour chaque type d'essai
- Modélisation du phénomène de remontée capillaire et de transfert d'eau liquide
- Programmation en Python, sur un outil de calcul assez dense (plusieurs fichiers interagissant ensemble)
- Utilisation de logiciels commerciaux (WUFI, COMSOL)
- Compréhension de la modélisation physique du séchage dans un matériau poreux

Candidatures

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

Références

Bui, Quoc-Bao, Jean-Claude Morel, Stéphane Hans, et Peter Walker. 2014. « Effect of Moisture Content on the Mechanical Characteristics of Rammed Earth ». *Construction and Building Materials* 54: 163-69. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.12.067.

Fabbri, Antonin, Lucile Soudani, Fionn McGregor, et Jean-Claude Morel. 2019. « Analysis of the Water Absorption Test to Assess the Intrinsic Permeability of Earthen Materials ». *Construction and Building Materials* 199: 154-62. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.12.014.

Hamard, Erwan. 2017. « Rediscovering of vernacular adaptative construction strategies for sustainable modern buildings: application to cob and rammed earth ». Université de Lyon, ENTPE.