

Offre de thèse de doctorat

Caractérisation, analyse et optimisation d'une formulation de béton biosourcé dédié à la fabrication additive (impression 3D). Application aux parois.

Contexte et enjeux scientifiques

Avec une consommation de 44% de l'énergie finale, le secteur du bâtiment représente le secteur le plus énergivore en France. Ainsi, il est considéré comme le plus grand gisement d'économie d'énergie et de réduction de gaz à effet de serre. Dans cette conjoncture, différentes solutions peuvent être envisagées notamment celles qui portent sur l'optimisation de l'enveloppe du bâtiment. Ceci en développant des technologies innovantes permettant de satisfaire des exigences en lien avec l'efficacité énergétique et environnementale, mais aussi des exigences en lien avec les enjeux propres au bâtiment dans sa réalisation et son exploitation (mise en œuvre, durabilité des matériaux, le confort des occupants, la qualité de l'air intérieur...).

Ces dernières années, le monde de la construction est entré dans une phase de transformation grâce à l'émergence de nouvelles technologies innovantes pour le secteur du bâtiment comme le BIM, la réalité augmentée et l'impression 3D appliquée aux éléments de structure et aux bâtiments. En raison des avantages apportés, cette dernière technologie suscite l'intérêt des acteurs (entreprises et laboratoires de recherche...) du domaine de la construction.

Si l'impression 3D, qui permet une personnalisation de masse, ne saurait être tenue pour émergente dans de nombreux domaines (automobile, médical, aérospatial...) avec de multiples applications développées. Cette technologie revêt un caractère clairement balbutiant bien que prometteur dans le domaine de la construction dont les singularités (« unicité » des ouvrages) le distinguent clairement du monde industriel traditionnel.

Dans l'optique d'inscrire cette technologie émergente dans une démarche de développement durable, ce travail de thèse se propose de développer des applications d'impression 3D de matériaux biosourcés. En effet, si la mobilisation du procédé 3D dans la construction constitue en soi une démarche aussi innovante que scientifiquement porteuse, la substitution, du béton généralement mobilisé par des matériaux biosourcés et le recours à des fibres végétales et/ou faible impact carbone est de nature à en renforcer l'intérêt scientifique et les retombées afférentes.

C'est dans ce cadre que s'inscrivent les travaux de thèse envisagés dont la visée applicative porte sur l'enveloppe du bâtiment.

Description du travail de thèse

Ce projet s'intéresse au développement d'éléments de paroi en bétons biosourcés via le recours de la technologie d'impression 3D. En effet, le caractère fortement hétérogène des bétons biosourcés constitués des fibres de taille et de géométrie relativement hétérogènes rend l'application de l'impression 3D plus complexe. Par conséquent, afin d'adapter ce matériau à cette technologie, il est nécessaire que le béton biosourcé fraîchement imprimé présente des propriétés rhéologiques permettant à la fois une ouvrabilité adaptée pour assurer un contrôle du flux et du temps d'impression et une capacité suffisante pour adopter la forme souhaitée tout en supportant le poids des couches supérieures.

Répondre à ces contraintes technologiques en adaptant la rhéologie du matériau impacte fortement ces propriétés physiques et par conséquent ses propriétés mécaniques et hygrothermiques et souligne les problématiques scientifiques sous-jacentes.

Développer des éléments de paroi biosourcés imprimés et potentiellement fibrés de nature à répondre adéquatement à la problématique thermo-hygro-mécanique nécessite de proposer de nouvelles formulations de bétons biosourcés d'une part et d'adapter les paramètres de l'outil d'impression d'autres part. Pour répondre à cette problématique, le travail effectué durant cette thèse se propose de lever les verrous scientifiques suivants :

A l'échelle du matériau

- Faire évoluer les formulations des bétons biosourcés (potentiellement fibrés) au regard des réquisits de la technique de transformation dite d'impression 3D (fabrication additive par extrusion, via la dépose de couches successives)
- La tenue thermo-mécanique, la durabilité et la fiabilité (alcali-réaction, mécanisme de fissuration, tenue cycle thermique) des bétons biosourcés (potentiellement fibrés) doit être validée pour des conditions d'environnement proches de celles du génie civil.

Au niveau de la technique de transformation

- L'efficacité et la fiabilité des procédés de dépose (extrusion par dépôt de couches successives) du béton biosourcé doivent être optimisées vis-à-vis du liant, de son temps de prise (pot-life), des mécanismes d'abrasion, de corrosion...etc.
- Le contrôle de la dépose simultanée des fibres, de leur imprégnation, de leur positionnement devra être pris en considération pour valider le procédé de fabrication.

Au niveau de la paroi

- Evaluer la durabilité de ces éléments notamment lors des sollicitations extrêmes (hautes températures, cycles de gel/dégel ...) et leur comportement à long terme (cycles d'humidification/séchage ...).
- Réaliser une Analyse de Cycle de Vie de ces matériaux en considérant la technologie d'impression 3D.

Profil du candidat

Le/la candidat (e) devra être diplômé (école d'ingénieur/master) en science des matériaux. Un diplôme en génie civil pourra être accepté sous réserve de disposer de très bonnes connaissances/compétences dans les matériaux minéraux/céramiques (rhéologie, formulation, physico-chimie des matériaux de construction). Avoir travaillé de manière effective et significative sur des problématiques d'impression 3D du génie civil constituera un plus. Le/la candidat (e) devra montrer de très grandes dispositions à assumer des campagnes expérimentales d'ampleur.

Le/la candidat (e) devra soumettre les documents suivants : CV, lettre de motivation et relevés de notes (M2 et année précédentes).

Contact: MY FERROUKHI (mohammed.ferroukhi@enise.fr)

Encadrants: MY Ferroukhi, MCF (Centrale Lyon ENISE/LTDS), Z. Mesticou IgE (Centrale Lyon ENISE/LTDS), A Si Larbi, Pr (Centrale Lyon ENISE/LTDS),

Localisation : Centrale Lyon ENISE, Laboratoire Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS).

Date de début de la thèse : entre Mai et Septembre 2022.

Salaire net mensuel : compris entre 1500 € et 1700 €