

Thèse en cotutelle, Ecole des Ponts/ETS Quebec

Impression 3D de géopolymères à faible impact environnemental

Contexte

La filière de la construction est confrontée à un impératif de productivité et de réduction de son impact environnemental sans précédent. Pour y parvenir il y a urgence à développer des alternatives aux matériaux existants et de structurer la filière de la construction autour du numérique, de la maquette numérique aux outils de production automatisés et robotisés. En effet dans un contexte mondial et local d'épuisement des ressources, l'utilisation de nouveaux process (fabrication additive par exemple) et de nouveaux matériaux moins impactant, plus locaux, et en tout premier lieu ceux issus du sous-sol, est vu comme un chemin devant impérativement être suivi. Ainsi, le chantier du Grand Paris va générer plus de 45 millions de tonnes de déblais, dont seulement 60% sont considérés comme valorisables aujourd'hui. Ces matériaux, peu ou pas transformés sont peu performants mécaniquement et de plus sujet à une grande variabilité de leurs propriétés mécaniques. Tout ceci limite leur utilisation dans des contextes industriels toujours plus normés. En tout état de cause il est difficile de les mettre en compétition en l'état, avec le ciment qui lui présente par contre un vrai problème en terme d'impact environnemental, d'ACV et d'épuisement de ressources, comme le sable par exemple. Il existe cependant une famille de matériaux également géo-sourcée comme le ciment, performante mécaniquement mais dont l'intérêt en terme d'impact reste à bien évaluer, même si les premières données sont très encourageantes. Il s'agit de la famille des géopolymères obtenus par la polycondensation en milieu alcalin, par exemple de chaînes de metakaolin composées majoritairement de silice et d'alumine, et qui sont très tolérantes à l'addition de forts taux charges, charges pouvant être des granulats mais également des argiles brutes. Les laboratoires partenaires ont démarré des travaux sur ces matériaux et le sujet s'inscrit donc dans la volonté de pousser l'effort plus loin. En particulier en intégrant intimement la dimension constructive dans la réflexion matériau, process et application, il semble possible d'explorer de nouvelles solutions globales efficaces et soutenables. Après avoir révolutionné l'industrie manufacturière, il est en effet difficile d'imaginer que la robotique, l'impression 3D, et plus globalement un workflow digital orchestré autour du Building Information Modeling ne puissent transformer en profondeur la construction.

Programme

Le sujet se concentrera sur les possibilités qu'offrent l'impression 3D de géopolymères à faibles impacts environnementaux pour la construction. Une démarche ACV globale intégrant matériau et process, accompagnera les réflexions et orientera les travaux. Le doctorant devra formuler des géopolymères de type mortiers maigres à base de charges issues de "ressources locales" et de l'économie circulaire. L'optimisation de la formulation sera basée sur des plans d'expériences et des algorithmes d'optimisation.

L'imprimabilité de tels mortiers sera ensuite étudiée et les adaptations des formulations réalisées. Un prototype/démonstrateur de système constructif devra valider la solution d'impression.

Partenariat

Le doctorat est une collaboration entre l'ETS Montreal au Canada et l'Ecole des Ponts ParisTech en France.

Candidat recherché

- Étudiant au doctorat avec des intérêts en matériaux, environnement et robotique
- Intérêts à développer des protocoles expérimentaux au laboratoire
- Habiletés à l'analyse de données et à faire la modélisation
- Autonome et motivé
- Capacité à communiquer en français et en anglais

Contacts

Claudiane.ouellet-plamondon@etsmt.ca

Professeure, Département de génie de la construction, ÉTS

jean-francois.caron@enpc.fr

Directeur de Recherche au laboratoire Navier, ENPC/UGE/CNRS