

## Sujet de stage Master 2 - Année universitaire : 2020-2021

A partir de février 2021

Structures de Recherche de rattachement : [IRC - ESTP Paris](#) et [ESITC-Paris](#)

Responsables : Thouraya Salem ([salem@esitc-paris.fr](mailto:salem@esitc-paris.fr)), Céline Florence ([cflorence@estp-paris.eu](mailto:cflorence@estp-paris.eu))

---

### Impression 3D béton avec intégration de matériaux locaux, renouvelables ou recyclés

Face à la prise de conscience du changement climatique et à la raréfaction des ressources naturelles, nous sommes amenés à rechercher de nouveaux constituants pour nos bétons, plus écologiques tout en conservant des performances similaires à ceux conventionnels, voire améliorées. Nous pouvons ainsi avoir de plus en plus recours à des matériaux locaux, renouvelables ou encore recyclés, issus des déchets du secteur du BTP ou industriel. L'utilisation de ces matériaux permet de réduire l'impact environnemental du secteur de la construction en contribuant à la fois à la préservation des ressources naturelles et à l'économie de matière première, voire à la réduction du bilan carbone en limitant le transport des constituants de ces nouveaux bétons.

Dans le contexte des transitions environnementales, digitales et sociétales, la technologie de fabrication additive béton présente de nombreux avantages en termes d'automatisation, d'optimisation de formes, de liberté de géométrie, d'économie de la quantité de matière, de sécurité, etc... De plus en plus de projets qui mettent en œuvre cette technologie voient le jour (passerelle à Aubervilliers pour les JO 2024, projet Viliaprint à Reims...), en parallèle des projets de recherche qui visent à mieux comprendre et maîtriser les atouts de cette technologie.

La formulation d'un béton/mortier adapté à la fabrication additive doit permettre de répondre à des exigences à l'état frais telles que la pompabilité, l'extrudabilité, le temps de prise, la tenue des couches superposées, mais aussi aux contraintes de tout système constructif en termes de résistance, durabilité, impact environnemental, coût...

-----

Dans ce contexte, il est intéressant de combiner les bénéfices de la technologie de mise en œuvre par fabrication additive aux propriétés des bétons avec intégration de matériaux locaux, renouvelables ou recyclés. Plusieurs types de constituants à intégrer dans le béton en substitution partielle du ciment, ou de sable pourront être testés sur les équipements d'impression 3D de l'ESTP Paris.

L'objectif de ce stage est **de développer de nouvelles formulations de béton incorporant des constituants biosourcés ou issus du recyclage permettant une technique de fabrication additive.**

Ce travail débutera par **une recherche bibliographique** sur :

- La spécificité des bétons/ mortiers mis en œuvre par la technique additive (caractérisation à l'état frais et à l'état durci) ;
- L'étude de nouveaux constituants, répondant à des intérêts écologiques, sélectionnés en vue de leur intégration dans une matrice cimentaire.

Dans un second temps, le **programme expérimental** envisagé est le suivant :

- Caractérisation physico-chimique (composition chimique, granulométrie, densité, absorption d'eau, porosité) des constituants potentiels ;
- Développement de nouveaux matériaux cimentaires à base de constituants sélectionnés : plusieurs formulations seront testées afin d'en dégager la formulation optimale pour la mise en œuvre par technique additive ;
- Évaluation des performances des matériaux élaborés (mécanique, porosité, ...).

Le stage est à pourvoir **à partir de février 2021 pour une durée de 6 mois** et se déroulera sur les sites de l'ESITC-Paris à Arcueil et de l'ESTP à Cachan.

L'encadrement sera assuré par Céline Florence (Responsable de la Chaire Ingénierie des Bétons, ESTP Paris) et Thouraya Salem (Enseignante-chercheuse, ESITC-Paris).

**Profil attendu :**

Il est attendu obligatoirement du (de la) candidat(e) des compétences très fortes en :

- Physico-chimie des matériaux de construction, avec de préférence des connaissances en matériaux cimentaires ;
- Construction Durable.

Le (la) candidat(e) doit avoir un fort attrait pour la recherche expérimentale (incluant la métrologie) et doit faire preuve de qualités relationnelles lui permettant de travailler en équipe.

**Pour candidater**, envoyer CV, relevé de notes M1 et M2, lettre de motivation et lettre(s) de recommandation à faire envoyer séparément.

Contacts: Thouraya Salem ([salem@esitc-paris.fr](mailto:salem@esitc-paris.fr)), Céline Florence ([cflorence@estp-paris.eu](mailto:cflorence@estp-paris.eu))