

Dimensionnement énergétique et hydraulique de dalles de béton poreuses pour des chaussées urbaines démontables

Contacts : romain.noel@univ-eiffel.fr
eric.gennesseaux@univ-eiffel.fr
thierry.sedran@univ-eiffel.fr

Durée du stage : 6 mois au laboratoire SII/COSYS/UGE (Bouguenais)

1 Contexte :

L'université Gustave Eiffel s'intéresse à la fusion de deux innovations développées en son sein : la chaussée urbaine démontable (CUD) et le système hybride SunRoad de collecte d'énergie solaire.

La CUD est une chaussée constituée de dalles de béton non armées de forme hexagonale encastrées les unes dans les autres par un système de languettes et reposant sur une plateforme traitée au ciment, mais restant facilement excavable (voir cud.ifsitar.fr). L'aspect démontable (et remontable) des CUD permet un accès facile aux réseaux sous-jacents pour leur maintenance tout en maintenant l'esthétique des chaussées du fait de l'absence de tranchées apparentes en surface et évitant le gâchis de matériau. La faisabilité de ce genre de chaussée a été démontrée sur 2 chantiers expérimentaux dont l'un se trouve sur Nantes et un récent essai sur le manège de fatigue de l'université. Un nouveau démonstrateur composé d'une nouvelle version des dalles a, par ailleurs, été construit en juin 2022, rue de l'Allier à Nantes et fait actuellement l'objet d'un suivi de son comportement.

Le système de récupération d'énergie solaire SunRoad vise à transformer les rayonnements solaires (photovoltaïques et thermiques) en énergie par l'intermédiaire d'un système multicouche composé d'une couche semi-transparente laissant passer la lumière, d'une couche de cellules photovoltaïques et d'une couche poreuse parcourue par un fluide caloporteur et jouant le rôle d'échangeur de chaleur. Ce système hybride fait actuellement l'objet de développements en matière d'efficacité énergétique et mécanique. L'évaluation énergétique d'un démonstrateur construit sur le campus nantais de l'université est en cours.

Un premier projet exploratoire RA2RUP financé par l'i-site Future a permis d'étudier numériquement une première solution consistant en un fluide caloporteur circulant dans des tuyaux parcourant les dalles CUD en béton plein (sans couche photovoltaïque ni semi-transparente).

2 Objectif

Le sujet de ce stage est principalement numérique. L'objectif du stage est de dimensionner énergétiquement, hydrauliquement (et mécaniquement, si le temps le permet) des dalles incorporant une couche poreuse permettant la circulation d'un fluide caloporteur. Les dalles, et les couches poreuses seront connectées par des tuyaux sortant sur les faces latérales des dalles CUD. Dans un premier temps, les dalles seront constituées de béton uniquement (sans couche photovoltaïque ni semi-transparente). L'accent sera mis sur l'efficacité énergétique et la circulation du fluide. Des perméabilités variables, des tailles de granulats variables, des diamètres de tuyaux de connexion différents ou encore des cheminements de fluide variables seront à étudier et comparer. La question de la tenue mécanique sera également abordée, mais un premier dimensionnement déjà réalisé servira de base de travail.

3 Simulations numériques

Ce dimensionnement hydraulique sera basé sur une méthode de calcul Lattice Boltzmann (LBM) implémentée dans un solveur 3D « in-house ». Ce type de méthode étant originale et très adaptée à la mécanique des fluides dans des géométries complexes comme celles des milieux poreux. L'un des principaux travaux sera d'établir des conditions aux limites (géométrie et schéma numérique) du problème physique.

Les travaux effectués permettront d'étudier la faisabilité du couplage CUD/chaussée solaire et permettront d'étendre les fonctionnalités des CUDs. Ils participeront donc à la dissémination de cette nouvelle famille de chaussée très prometteuse.

4 Organisation

Le stagiaire se devra d'être le plus autonome possible. C'est Romain Noël qui sera chargé de l'encadrement pour la partie hydraulique et thermique. Eric Gennessieux assurera le suivi de l'étude pour les aspects matériau béton, construction et prototypage le cas échéant.

5 Acquis préalables

Le stagiaire devra avoir une bonne maîtrise des méthodes numériques et de l'utilisation d'un code aux éléments finis ou LBM serait un avantage. De plus, des compétences en mécanique des fluides thermique seraient également souhaitées.

Le stagiaire devra faire preuve d'une bonne capacité à travailler en équipe, d'autonomie et il devra être force de proposition quand il s'agira d'aider à résoudre des problèmes.

Le stagiaire devra bien entendu être capable d'exposer clairement ses résultats lors des réunions et pour la rédaction de son rapport de stage.

De plus, à l'issue de ce stage une **poursuite en thèse** pourra être envisagée sur l'impact d'une solution de ce type à l'échelle d'une rue sur son aéroulque et confort thermique.