

# Étude numérique et expérimentale des interactions entre fondations géothermiques

Projet ESIEE Tremplin Recherche

September 16, 2021

- **Laboratoire d'accueil** : Université Gustave Eiffel / IFSTTAR / GERS / SRO (Sols, Roches et Ouvrages géotechniques)
- **Encadrant** : Jean de Sauvage (jean.de-sauvage@univ-eiffel.fr) et Badr Ouzzine.
- **Partenaire international** : Université de Cambridge / GeoEnv group (Gopal Maddhabushi, Giulia Viggiani)
- **Filière, domaine** : Énergie, énergies renouvelables, géothermie

## Sujet

La croissance actuelle des aires urbaines génère un fort besoin d'énergie alors que le contexte environnemental et climatique incite au développement d'énergies renouvelables. La géothermie, qui s'est largement développée au cours du 20e siècle, consiste à échanger de la chaleur avec le sol pour la production d'énergie. Plus précisément, les techniques de géothermie très basse énergie consistent à exploiter la ressource thermique des premières dizaines de mètres de terrain pour chauffer ou refroidir des bâtiments. Parmi elles ; les fondations géothermiques ([1] [3]) constituent une solution attrayante car nécessitant très peu de moyens pour sa mise en œuvre. Le principe consiste à faire circuler un fluide caloporteur dans des tubes insérés dans les fondations géotechniques. Grâce à une pompe à chaleur, le fluide circule alors des fondations jusqu'aux radiateurs ou jusqu'à un plancher chauffant. Il est alors possible d'injecter de la chaleur dans le sol en été pour refroidir le bâtiment ou de faire l'inverse en hiver. Les fondations ont alors un rôle énergétique en sus du rôle mécanique pour lequel elles auraient été réalisées de toute manière. Cependant, les cycles de température auxquels elles sont soumises peuvent avoir un effet sur leur comportement mécanique. Par ailleurs, elles génèrent des anomalies thermiques qui peuvent influencer sur la performance de systèmes géothermiques environnant [4] [2].

## Projet

Afin d'étudier le caractère positif ou négatif de telles interactions entre fondations géothermiques, le projet aura pour but de les étudier sous le double aspect numérique et expérimental.

Sur le plan numérique, l'équipe Géothermie du laboratoire SRO a mis au point un modèle en éléments finis permettant d'étudier le comportement thermo-hydro-mécanique de fondations géothermiques à l'aide du code CESAR-LCPC. Une modélisation sous Comsol a également été réalisée par Théophile Grappe (ESIEE) et Badr Ouzzine (doctorant à SRO) lors de leur mobilité à Cambridge. Dans le cadre de ce projet, il s'agira de mettre en oeuvre ces codes sur des ensembles de deux à quatre fondations géothermiques. Les résultats seront confrontés entre eux et comparés à des expériences réalisées au préalable (Sense City, centrifugeuse géotechnique).

Sur le plan expérimental, il est proposé d'étudier des modèles réduits centrifugés. Cette méthode d'analyse, souvent utilisée en géotechnique ; permet de réaliser des expériences à coût et temps réduits en comparaison du suivi d'ouvrages réels. A titre d'exemple, en imposant une accélération de 100g sur un modèle réduit, il est possible de simuler un cycle thermique annuel en une journée. De premières expériences ont été réalisées lors du passage de Jean de Sauvage à Cambridge (2019-2020) sur des fondations isolées. Le séjour de Théophile et Badr a permis d'étudier un groupe de pieu au sein d'un écoulement. Le passage à Cambridge de l'étudiant retenu sera l'occasion de poursuivre ces expériences en introduisant une analyse des performances énergétiques combinées des fondations géothermiques en interaction.

L'analyse combinée de ces approches numériques et expérimentales donnera lieu à la proposition de critères pour la caractérisation des interactions entre fondations géothermiques.

## Références

- [1] Binod Amatya et al. "Thermo-mechanical behaviour of energy piles". In: *Géotechnique* 62.6 (2012), pp. 503–519.
- [2] Yvon Delerablée, Julien Habert, and Sébastien Burlon. "Géostructures thermiques - Présentation du fonctionnement thermique et mécanique". In: *Techniques de l'Ingénieur* C264 (2020).
- [3] Charles Wang-wai Ng and Q.J. Ma. "Energy pile group subjected to non-symmetrical cyclic thermal loading in centrifuge". In: *Géotechnique Letters* 9 (2019), pp. 173–177.
- [4] Jean de Sauvage et al. "Group effects in urban shallow geothermal energy". In: *2nd. Int. Conf. on Energy Geotechnics*. La Jolla, Mar. 2021.