

Expérimentation dans le cadre du Grand Paris Express pour étudier l’impact du creusement au tunnelier sur des fondations profondes

L'ENTPE, le Centre d’études des tunnels (CETU), l'Université Gustave Eiffel (UGE) et la Société du Grand Paris (SGP) se sont associés dans le cadre du projet TULIP - tunneliers et limitation des impacts sur les pieux - pour réaliser une expérimentation en vraies grandeurs sur le chantier de la ligne 16 du Grand Paris Express. Les données recueillies permettront de développer des modèles numériques et un guide de bonnes pratiques à l'usage des bureaux d'ingénierie.

En 2017 s'est terminé le projet européen NeTTUN dans le cadre duquel l’équipe géomatériaux et constructions durables (GCD) du Laboratoire de tribologie et de dynamique des systèmes (LTDS, UMR CNRS 5513) de l’ENTPE a mené des études sur l'impact du creusement d'un tunnel en terrain meuble sur des fondations profondes avoisinantes, en particulier à partir d’essais réalisés à l'aide d’un modèle réduit (échelle 1/20) de tunnelier à pression de terre (EPBS) développé à l’ENTPE.



En 2018, le LTDS et le CETU ont souhaité poursuivre ces travaux de recherche à forts enjeux socio-économiques, en particulier en mettant en œuvre une **expérimentation en vraie grandeur avec la Société du Grand Paris** dans le cadre des travaux du Grand Paris Express. **Les résultats de cette expérience originale au plan international serviront à la calibration et à la validation de modèles numériques de prévision développés en parallèle par les chercheurs.**

/// Objectif



Ce programme de recherche a pour objectif d’analyser et comprendre les mécanismes mis en jeu lors du creusement d’un tunnel au tunnelier à proximité de fondations profondes de bâtiments ou d’ouvrages d’art. Il doit permettre le développement de **modèles numériques avancés capables de reproduire le comportement de l’interaction entre le tunnelier, le sol porteur excavé et la fondation.**

D’un point de vue opérationnel, il fournira à la profession des outils à la fois simplifiés et robustes pour pouvoir **optimiser la conception des futures infrastructures et améliorer la gestion des risques** en phase travaux.

/// Partenaires

- L'ENTPE et le CETU qui sont à l'initiative du projet.
- La Société du Grand Paris (SGP), maître d’ouvrage.
- L'Université Gustave Eiffel.

L'expérimentation est mise en oeuvre en collaboration avec Egis Rail et Eiffage, respectivement maître d’œuvre et entreprise mandataire du lot 1 de la ligne 16 du GPE.

/// Expérimentation



L’expérimentation en vraie grandeur (plot d’essai) consiste en la construction de **trois pieux** forés à la boue, **de 50 cm de diamètre et de 15 à 21 m de profondeur,** à proximité (distance de 2 à 5 m) du futur tunnel de la ligne 16 du Grands Paris Express, puis au **suivi et à l’interprétation de différentes grandeurs physiques** (déplacements, efforts, vibrations) dans les pieux et le terrain au cours du passage du tunnelier.

Pour ce plot d’essai, une zone dédiée d’environ 2000 m², située Carrefour Louis Armand à Aulnay-sous-Bois (93), a été sélectionnée et mise à disposition par la SGP. Les cages d’armature des pieux ont été équipées d’une instrumentation exhaustive (cordes vibrantes, fibres optiques, accéléromètres) par l’ENTPE et l’UGE au préalable de la construction des pieux. Deux sections de mesure renforcées du terrain (cibles de surface, extensomètres, inclinomètres, cellules de pression interstitielle) ont également été mises en place. Lors du passage du tunnelier, les chercheurs de l’ENTPE disposeront également des capteurs accélérométriques dans le tunnelier et en surface du terrain afin d’analyser la propagation des vibrations dues au creusement.

Après construction des pieux (décembre 2019), **une charge de 230 tonnes a été appliquée** en tête de chacun des pieux (juin 2020) et sera maintenue durant le passage du tunnelier afin de simuler la charge de service (poids du bâtiment) censée être supportée. Pour appliquer cette charge verticale, trois bâtis de réaction pesant 300 tonnes chacun, constitués d’un empilement de poutres en acier (hauteur 8 m), ont été construits autour des pieux. Un vérin hydraulique intercalé entre la tête du pieu et le bâti de réaction est utilisé pour transmettre la charge de service.



Denis Branque et Antoine Rallu, LTDS

Après deux mois d’immobilisation liée au confinement, le tunnelier de la ligne 16 prénommé "Armelle", d’un diamètre de 9,86 m, doit traverser la zone d’expérimentation entre le 3 juillet 2020 et le 10 juillet 2020, à une vitesse d’avancement de l’ordre de 12 m/jour. A cet endroit, le tunnel creusé dans les sables de Beauchamps et les Marnes et Caillasses se trouve sous 17 mètres de couverture.

/// Les thèses dans le cadre du projet TULIP

L’exploitation des données du plot d’essai, le développement de modèles numériques avancés pour la prédiction du comportement des pieux dans le cas général, la formulation d’outils simplifiés de prévision à destination des bureaux d’études seront réalisés dans le cadre de deux thèses en cours au sein du projet TULIP.

La thèse d’Agathe Michalski, ingénieure de l'ENTPE, dirigée par l’ENTPE et le CETU se focalise sur **l’analyse et la modélisation de l’interaction tunnelier / terrain**, la thèse de Wassim Mohamad dirigée par l’UGE porte sur **l’analyse et la modélisation de l’interaction terrain / pieux.**

/// Perspectives

Un **guide de bonnes pratiques** faisant la synthèse des développements réalisés dans le cadre du projet TULIP sera produit à l’issue du projet. Celui-ci synthétisera les apports essentiels du projet décrits par ailleurs (publications scientifiques, mémoires de thèse) sous la forme d’un document **à destination des bureaux d’ingénierie.**

Les modèles numériques avancés développés et validés dans le cadre du projet TULIP permettront par ailleurs d’**étendre l’étude à des configurations de projet différentes du point de vue de la géométrie, de la nature des terrains (géologie) ou du type de fondation.**

CONTACT

Denis BRANQUE, chargé de recherche, LTDS

E-mail : Denis.Branque@entpe.fr