

Sujet de Thèse
2023

**Étude du rôle de la méso-structure
dans le comportement élasto-plastique des argiles**

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Navier (UMR ENPC - UGE et CNRS),
6 et 8 avenue Blaise- Pascal - Champs-sur-Marne

Contacts : Laurent Brochard (laurent.brochard@enpc.fr),
Siavash Ghabezloo (siavash.ghabezloo@enpc.fr),
Anaël Lemaitre (anael.lemaitre@enpc.fr)
Francesco Puosi (francesco.puosi@univ-eiffel.fr)

Mots-clés : Soft condensed matter, modelling, simulations, elasticity, plasticity

Contexte : Dans le cadre de la théorie élasto-plastique, les géomatériaux présentent souvent des règles d'écoulement complexes. Leur identification et leur modélisation sont particulièrement délicates car elles sont basées sur des mesures de déformation plastique réalisées en laboratoire. Par manque d'un nombre suffisant de résultats expérimentaux de bonne qualité, l'ingénieur choisit souvent de réduire le comportement des géomatériaux à des règles simplifiées, mais cela peut induire des erreurs importantes dans les résultats de simulation à l'échelle du continuum, en particulier dès lors que de couplages entre les phénomènes mécaniques, hydriques et thermiques sont en jeu.

Dans le cas particulier des argiles, les avancées actuelles suggèrent que le comportement plastique résulte de la complexité des géomatériaux à l'échelle mésoscopique. Plus précisément, les argiles sont constituées de particules minérales souples, non sphériques, développant des interactions complexes, très sensibles à la salinité, à la température, à l'humidité, et présentant une très forte hystérésis liée à la formation de couches d'hydratation.

Objectives : L'objectif de cette thèse est d'étudier le lien entre les phénomènes physiques ayant lieu à l'échelle de la mésostructure d'une roche argileuse et son comportement élastoplastique macroscopique, par la mise en œuvre de simulations numériques discrètes. A partir de modèles récemment développés au laboratoire Navier [1], nous proposons de développer une modélisation simplifiée, mais avec un coût de calcul significativement amélioré, qui, en combinaison avec des techniques numériques appropriées pour étudier le comportement mécanique de solides [2], permettra d'une part d'utiliser des systèmes plus grands que dans les études précédentes (ce qui réduit le bruit des données, et simplifie leur analyse), et surtout d'explorer très systématiquement

un très grand nombre de sollicitations mécaniques afin de caractériser précisément la loi de comportement plastique, et de relier ces comportements à des propriétés méso-structurelles.

[1] Asadi, F., Zhu, H.-X., Vandamme, M., Roux, J.-N., & Brochard, L. (2022). A meso-scale model of clay matrix: the role of hydration transitions in geomechanical behavior. *Soft Matter*, 18(41), 7931–7948. <https://doi.org/10.1039/D2SM00773H>

[2] Maloney, C. E., & Lemaître, A. (2006) Amorphous systems in athermal, quasi-static shear. *Phys. Rev. E*, 74:016118. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.74.016118>

Details pratiques et candidatures : Le contrat doctoral est prévu pour une durée de trois ans à compter de l'automne 2023, avec une rémunération brute d'environ 1800€/mois (hors remboursement transport).

Les candidats doivent être titulaires d'un master 2 en physique, science des matériaux ou dans des domaines connexes au moment du recrutement, de préférence avec une formation en matière molle, simulations numériques et physique statistique. Des connaissances en programmation sont indispensables. Une expérience dans l'utilisation des outils de simulation (LAMMPS,...) sera appréciée. La maîtrise de l'anglais (écrit et oral) est requise.

Les candidats intéressés doivent envoyer un CV et une lettre de motivation exprimant leur intérêt pour le projet. Les demandes informelles sont encouragées.