

# Thermal pressuremeter- Novel tool for study the thermomechanical behaviour of soils

## Pressiomètre thermique-Nouvel outil pour l'étude du comportement thermomécanique des sols

*Ichrak Gaaloul<sup>1,3#</sup>, Wissem Frikha<sup>2,4</sup>, Othman Ben Mekki<sup>1</sup>, Sami Montassar<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Laboratoire de Génie civil, Université de Tunis El Manar, Ecole Nationale D'Ingénieurs de Tunis, Tunis, Tunisia;*

<sup>2</sup> *Laboratoire de L'ingénierie Géotechnique, Université de Tunis El Manar, Ecole Nationale D'Ingénieurs de Tunis, Tunis, Tunisia;*

<sup>3</sup> *Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Nabeul, Nabeul, Tunisia;*

<sup>4</sup> *Setec International, 42-52 Quai de la Rapée, Central Seine Building, 75583, Paris cedex 12, France.*

<sup>#</sup>*Ichrak Gaaloul : email : ichrak.chihi@enit.utm.tn*

### ABSTRACT

To analyze the thermo-mechanical behavior of soils, this paper proposes a device that introduces thermal effects into the pressuremeter apparatus, referred to as the thermal pressuremeter. The technique involves heating the liquid contained within the hydraulic system's reservoir, which is connected to the measuring cell. Glycol water is used as the liquid due to its favorable thermal properties. At various temperatures, the liquid is heated and then circulated through the tubing to the probe. As a result, the proposed device can measure the limit pressure of soil subjected to both internal pressure and temperature variations.

Before manufacturing the device, both analytical and numerical models are developed and discussed. Specifically, the pressuremeter test under thermal variations is numerically modeled by simulating the expansion of a cylindrical cavity, where the probe is represented as a cavity undergoing radial expansion. A finite difference analysis, accounting for large strains and thermal effects, is performed using FLAC V 7.00 (Itasca Consulting Group). The model assumes that the soil behaves as a homogeneous, elastic, perfectly plastic material following the Mohr-Coulomb yield criterion. The numerical simulation results, including stresses, displacements, and limit pressure, are compared with a published analytical solution. According to the numerical results, soil temperature has a significant impact on the limit pressure.

The major contribution of this work is the incorporation of thermal variations into a numerical 2D model of cylindrical cavity expansion, validating the effectiveness of the proposed device. These findings are particularly relevant for interpreting pressuremeter test results and designing geothermal piles.

### RESUMÉ

Afin d'analyser le comportement thermo-mécanique des sols, cet article propose un dispositif qui introduit des effets thermiques dans l'appareil pressiométrique, appelé le pressiomètre thermique. La technique consiste à chauffer le liquide contenu dans le réservoir du système hydraulique, connecté à la cellule de mesure. Grâce à ses propriétés thermiques, l'eau glycolée est le liquide utilisé. Le liquide est préalablement chauffé à différentes températures puis circulé à travers la tubulure jusqu'à la sonde.

Avant la fabrication du dispositif, des modèles analytiques et numériques ont été développés et discutés. En effet, l'essai pressiométrique sous variations thermiques a été modélisé numériquement en simulant l'expansion d'une cavité cylindrique, où la sonde pressiométrique est identifiée à une cavité soumise à une expansion radiale. Une analyse en différences finies, tenant compte des grandes déformations et des effets thermiques, a été effectuée à l'aide du code de calcul FLAC V 7.00 (Itasca Consulting Group). Le modèle suppose que le sol est homogène, élastoplastique selon le critère de plasticité de Mohr-Coulomb. Les résultats de la simulation numérique, y compris les contraintes, les déplacements et la pression limite, sont comparés à une solution analytique publiée. Selon les résultats numériques, la température du sol a un impact significatif sur la pression limite.

La contribution majeure de ce travail consiste à l'incorporation des variations thermiques dans un modèle numérique 2D d'expansion de cavité cylindrique, validant, ainsi, l'efficacité du dispositif proposé. Ces résultats sont particulièrement pertinents pour l'interprétation des résultats d'essais pressiométriques d'une part et le dimensionnement des pieux géothermiques d'autre part.