



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



# AVIS DE SOUTENANCE

**Lamine IGHIL AMEUR**

---

## Étude expérimentale du phénomène de l'endommagement et de la fissuration d'une matrice poreuse

Experimental study of the damage phenomenon and cracking  
of a porous media

---

Soutenue publiquement le **vendredi 9 décembre 2016 à 14h**, à la **salle Ampère** - Île du  
Saulcy, 57045 Metz Cedex 01, France

Devant le jury composé de :

Philippe COSENZA	Prof., Université de Poitiers, France	Rapporteur
Muriel GASC	Directrice de Recherche, CEREMA, France	Examinateur
Mahdia HATTAB	Prof., Université de Lorraine, France	Directrice de thèse
Pierre-Yves HICHER	Prof. Émérite, École Centrale Nantes, France	Examinateur
Farimah MASROURI	Prof., Université de Lorraine, France	Examinateur
Guillaume ROBIN	Ph.D, Université de Lorraine, France	Invité
Said TAIBI	Prof., Université du Havre, France	Rapporteur

## **Résumé :**

L'objectif dans cette recherche expérimentale est de contribuer à la compréhension des phénomènes de l'endommagement et de la fissuration dans les sols argileux saturés sous chargement hydrique (dessiccation) et mécanique (chemins de contrainte).

L'étude mécanique est axée sur l'identification des propriétés élastiques du matériau endommagé sous chargement triaxial à différents niveaux et chemins de contrainte. Les principaux points traités étaient, l'influence de la contrainte de consolidation ( $p'_{ic}$ ), du degré de surconsolidation (OCR) et du chemin de contrainte sur la vitesse d'onde de compression. Les résultats montrent que les propriétés élastiques sont affectées et évoluent avec la déformation. La contractance semble augmenter la vitesse d'onde de compression à mesure que  $p'_{ic}$  croît et densifie le matériau. En revanche, la dilatance semble plutôt diminuer la vitesse d'onde de compression. Par ailleurs, différents chemins triaxiaux conduits à un niveau de contrainte donné ont montré que les vitesses d'onde sont très proches si les chemins sont normalement consolidés. Les vitesses sont proches également si les chemins sont surconsolidés. En revanche, à un même état de contrainte, la vitesse d'onde est différente si on compare un chemin normalement consolidé avec un chemin surconsolidé.

La deuxième partie de l'étude porte sur une analyse approfondie des mécanismes d'amorçage et de propagation des fissures sous dessiccation libre et contrôlée d'une argile initialement saturée. L'analyse via la corrélation d'images numériques (CIN) a permis, en premier lieu, une caractérisation multiéchelle du phénomène de retrait opéré au cours du séchage. Différents phénomènes ont été identifiés : le phénomène de relaxation, caractérisé par un changement de signe de la déformation locale extension / compression, le mécanisme de fissuration par extension (mode I), identifié par la cartographie des directions des déformations principales. L'étude a été complétée par des essais de traction indirecte par flexion 3 points réalisés sur des poutrelles de kaolin K13 initialement soumises à différentes succions. L'effet de la succion initiale sur la résistance à la traction a donc été observé. Les résultats montrent que plus la succion initiale est élevée, plus la pente de la courbe de variations de la résistance à la traction est élevée. D'autre part, la déformation de la zone tendue de la poutrelle atteint sa valeur critique lorsque la contrainte atteint la résistance maximale à la traction de l'argile.

**Mots clés :** argile, chemin triaxial, endommagement, propagation ultrasonore, dessiccation, retrait, succion, corrélation d'images numériques, fissuration, déformation critique, résistance à la traction.

## **Abstract :**

The objective of this experimental research is to contribute to understanding phenomena of damage and cracking in saturated clay soils under hydric loading (desiccation) and mechanical loading (stress paths).

Mechanical study focuses on identifying the elastic properties of the damaged material under triaxial loading at different levels and stress paths. The main issues were the influence of; the consolidation stress ( $p'_{ic}$ ), the overconsolidation ratio (OCR) and the stress path on the compression wave velocity. The results show that the elastic properties are affected and evolve with strain. Contractancy appears to increase the compression wave velocity as  $p'_{ic}$  increase and densifies the material. However, dilatancy seems rather decrease the compression wave velocity. Moreover, various triaxial paths performed at a given stress level showed that the wave velocities are very close if the paths are normally consolidated. Velocities are also close if the paths are overconsolidated. However, at the same stress state, the wave velocity is different when comparing a normally consolidated path with an overconsolidated path.

The second part of the study focuses on a thorough analysis of the cracks' initiation and propagation mechanisms under free and controlled desiccation on initial saturated clay. Analysis via the digital image correlation (DIC) allowed, first, a multi-scales characterization of the shrinkage phenomenon operated during drying. Different phenomena were identified; the relaxation phenomenon characterized by a change of the local strain's sign extension / compression, the cracking mechanism by extension (mode I) identified by the map of the directions of the principal strains. The study was completed with indirect tensile tests by bending performed on kaolin k13 beams initially submitted to different suctions. The effect of the initial suction on the tensile strength has been observed. The results show that more the initial suction is high, the greater the slope of the curve of changes in the tensile strength is high. On the other hand, strain of the tension zone of the beam reaches its critical value when the stress reaches the maximum tensile strength of the clay.

**Key words:** clay, triaxial path, damage, ultrasonic propagation, desiccation, shrinkage, suction, digital image correlation, cracking, critical strain, tensile strength.