
Etude du retrait empêché d'un matériau argileux en utilisant le ring test

Bouchemella Salima ^{1,2}, EL hajjar Ahmad ², Verheecke Alexandre², Serbah Hocine ³, Ouahbi Tariq ² & Taibi Said ²

¹Laboratoire INFRARES, département de Génie Civil université de Souk Ahras Algérie.
Sali.bouchemella@gmail.com

²Laboratoire Ondes et Milieux Complexes UMR CNRS 6294, Université Le Havre Normandie, France

³ Laboratoire Eau et Ouvrages dans leur Environnement, université de Tlemecn, Algérie.

RÉSUMÉ. Ce travail présente une étude expérimentale d'un retrait empêché et de la fissuration en utilisant l'essai à l'anneau. Cette étude est réalisée sur une kaolinite afin de mesurer les déformations développées lors du séchage, et de suivre le mécanisme de l'initiation de la fissuration. De cet essai les paramètres responsables de la fissuration dans le matériau sont quantifiés à savoir la succion et la contrainte de la traction.

ABSTRACT. This work presents an experimental study of restrained shrinkage and cracks using Ring test. This study is carried out on kaolin to measure the developed strain during the desiccation of the soil and to follow the mechanism of crack initiation. From this test, the parameters responsible for the initiation of the cracking in the material, namely the suction and the tensile stress are quantified.

MOTS-CLÉS : retrait empêché, fissuration, ring test, contrainte de traction, succion.

KEY WORDS: restrained shrinkage, cracks, ring test, tensile stress, suction..

1. Introduction

La fissuration représente l'une des causes majeures de la dégradation des structures et de la diminution de leur durée de vie. Elle est liée essentiellement à la présence des fines particules dans le sol, qui sont susceptibles au retrait. Le retrait empêché ou non homogène peut causer la fissuration lorsque les contraintes internes de traction, dues à la succion, excèdent la résistance à la traction. Les fissures créent des zones fragiles dans la masse matrice du sol et peuvent altérer ses propriétés mécaniques, physico-chimiques et thermo-hydriques.

Plusieurs méthodes et essais ont été développés pour mesurer les déformations développées lors du séchage du matériau, et de suivre le mécanisme de l'initiation de la fissuration. Ces méthodes dépendent du type de retrait, libre ou empêché. Les méthodes de mesure du retrait empêché permettent de déterminer le champ de contraintes générées dans le matériau, et de remonter ainsi à la contrainte de traction qui déclenche la fissuration dans le sol. Contrairement au retrait libre et homogène où le sol se rétrécit librement sans développer la fissuration.

L'essai à l'anneau, dit « le Ring Test » est l'une de ces méthodes. Cet essai est une technique qui présente une plus grande souplesse et une simplicité d'utilisation, ainsi que sa précision dans la détermination de la sensibilité à la fissuration. Les premiers essais ont été réalisés sur du béton par [Carl 42]. Il a été normalisé depuis 1996 par AASHTO puis par ASTM. Ces dernières années, des tentatives d'adapter cet essai au sol ont vu le jour, amenant des modifications sur le mécanisme de l'essai. On peut citer [Hoy 14], [Noa 16].

Le Ring test permet essentiellement de mesurer les déformations engendrées dans les matériaux. Les contraintes générées dans le matériau, principalement les contraintes de traction qui déclenchent la fissuration du matériau, sont généralement déduites par modélisation. Dans ce travail, des essais de dessiccation libre et empêchée ont été effectuées sur une Kaolinite dénommée P300. L'objectif de ces essais est d'une part, suivre l'évolution du retrait et de la fissuration dans le matériau. D'autre part, estimer les contraintes de traction qui sont à l'origine de ces fissures

2. Caractéristiques géotechniques du matériau

Le matériau est une kaolinite naturelle nommée P300. Sa distribution granulométrique est présentée sur la figure 1a et sa courbe de rétention [Xin 13 ; Tai 94] sur la figure 1b. Le tableau 01 présente les caractéristiques géotechniques de ce matériau.

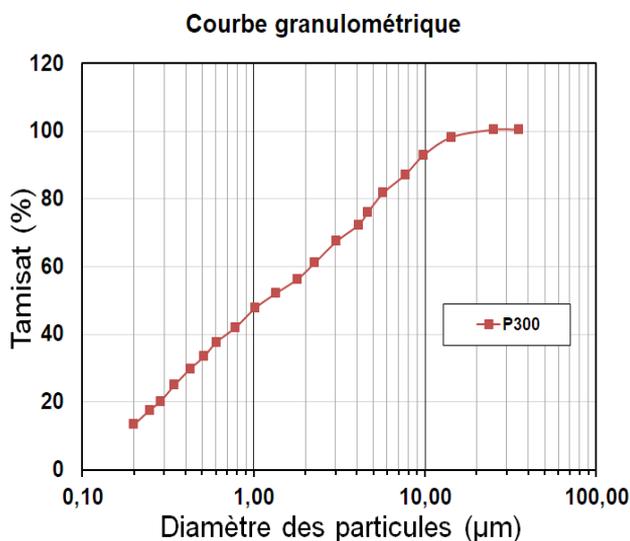


Figure 1. a) Courbe granulométrique [Xin 13]

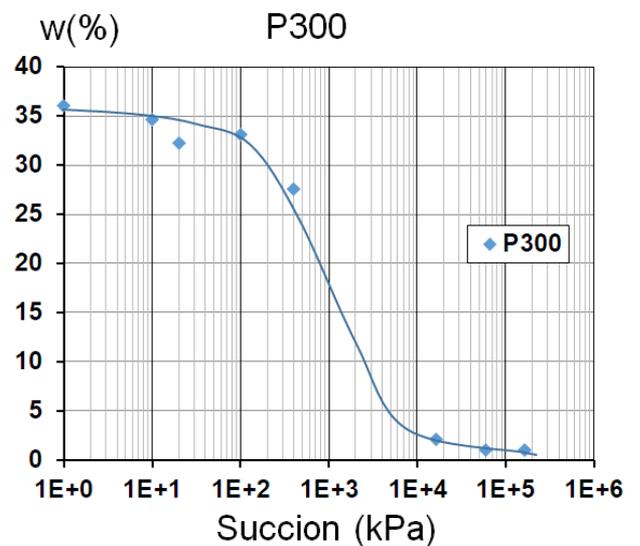


Figure 1. b) Courbe de rétention [Tai 94]

Matériau	Pourcentage <80 μm	Pourcentage <2 μm	w _L (%)	I _p (%)	Y _s (kN/m ³)
Kaolinite P 300	100	58	40	20	27

Tableau 1. Caractéristiques géotechniques du matériau testé

3. Procédures expérimentales et résultats

3.1. Essai de dessiccation empêchée : Ring Test

La kaolinite P300 a été préparée sous forme de pâte saturée. Pour minimiser le frottement entre le coffrage et le sol, et pour faciliter aussi l'opération du décoffrage, un film plastique a été déposé entre le sol et le coffrage.

Lors de l'essai de retrait empêché par l'anneau, des jauges sont placées sur la face intérieure de l'acier, qui permettent la mesure de sa déformation. Le rétrécissement induit par le séchage du matériau, applique directement des contraintes sur l'anneau en acier, et conduit à sa déformation. Cette déformation représente la donnée mesurée qui permet de remonter aux caractéristiques mécaniques du matériau (figure 2). Le séchage choisi pour l'essai est effectué par le haut et par la périphérie du matériau.

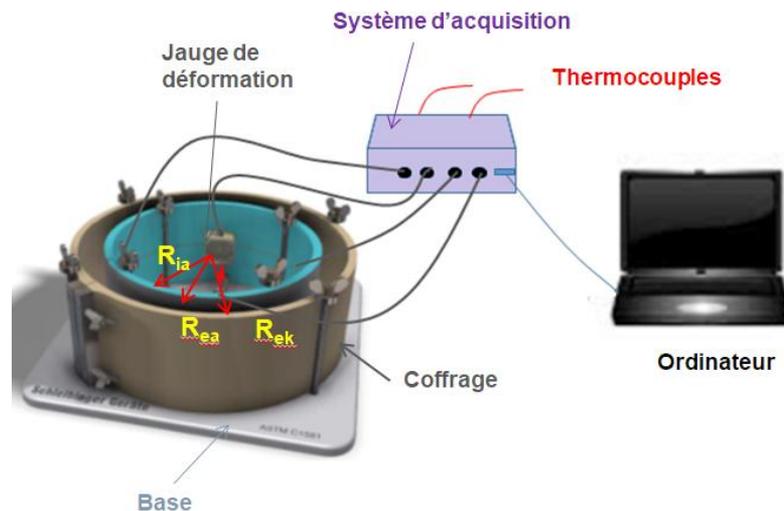


Figure 2. Schéma du dispositif du Ring Test utilisé.

Matériau	W _i réelle (%)	w _L (%)	Humidité R(%)
P300	46,42	40	30

Tableau 2. Propriétés initiales du matériau pour l'essai Ring test

3.2. Résultats et discussions

La figure 3 présente les déformations développées dans la kaolinite lors de séchage dans l'essai Ring Test et les différentes étapes de déroulement de l'essai. On constate qu'au début de l'essai, l'évaporation du matériau était lente, et aucune déformation n'a été enregistrée. Après un temps de séchage, l'anneau commence à se déformer. La déformation de l'anneau d'acier enregistrée augmente en fonction du temps avec une pente de l'ordre de $9 \cdot 10^{-3} (\text{h}^{-1})$. Cette pente s'accroît à $5,7 \cdot 10^{-2} (\text{h}^{-1})$, avec une variation linéaire jusqu'au relâchement du matériau pour une déformation maximale égale à $3,79 \cdot 10^{-6}$. Il est à noter que l'apparition de la première fissure a été observée avant l'atteinte du pic de déformation. La teneur en eau du sol et la succion (w , s) correspondantes à l'apparition de cette fissure sont respectivement de l'ordre de $w=26\%$ et $s=280 \text{ kPa}$.

Le dispositif de l'essai à l'anneau utilisé, permet de mesurer les déformations subies par l'anneau en acier par des jauges de déformation. A partir de ces déformations mesurées, les contraintes internes maximales développées dans l'anneau de la kaolinite sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\sigma_{\theta_{terre,MAX}} = -\varepsilon_{\theta}(r = R_{ia}) * \frac{E_a(R_{ea}^2 - R_{ia}^2)}{(2 - 2\nu_a^2)(R_{ek}^2 - R_{ea}^2)} * \left(1 + \frac{R_{ek}^2}{R_{ea}^2}\right) \quad [1]$$

La variation des contraintes de traction en fonction du temps est représentée sur la figure 4. D'après cette figure, on constate que la résistance de traction maximale générée dans la kaolinite est de l'ordre de 270 kPa.

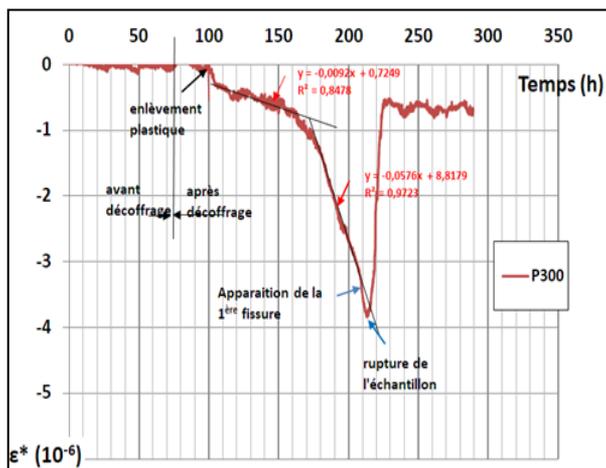


Figure 3. Déformations $\varepsilon(t)$ enregistrées dans l'anneau en acier

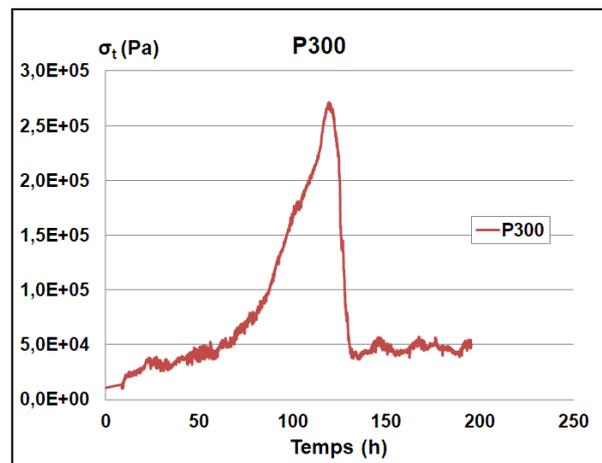


Figure 4. Contraintes de traction calculées $\sigma_t(t)$ générées dans la kaolinite P300.

4. Conclusions

La fissuration due au séchage est une tâche très complexe. Cette complexité est due aux différentes interactions qui se produisent entre différents facteurs, tels que les conditions aux limites, la température, l'humidité et les propriétés des matériaux. Ce travail traite du retrait empêché et de la fissuration d'une kaolinite. Cette étude montre que la première fissure est apparue dans la Kaolinite avant l'atteinte du pic de déformation. La quantification de la contrainte de traction permet de choisir la solution adéquate pour renforcer le sol et empêcher ou minimiser sa fissuration.

5. Bibliographie

- [AAS] AASHTO: Standard practice for cracking tendency using a ring specimen. PP34-99
- [AST 10] ASTM. *Standard practice for classification of soils for engineering purposes* (Unified Soil Classification System). ASTM standard D2487. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pa(2010)..
- [Car 98] Carlson R.C., Reading T.J. Model of studying shrinkage cracking in concrete building wall. *ACI Struct J*; 85(4):395–404. (1998)
- [Jen 57] Jennings J.E., Knight K. The additional settlement of foundation due to collapse of sandy soils on wetting. *Proceedings, 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 1, pp. 316-319. . (1957).
- [Hoy 14] Hoyos L.R., Velosa C.L., Puppala A.J. Residual shear strength of unsaturated soils via suction-controlled ring shear testing. *Engineering Geology* 172 ,1–11. (2014)
- [Noa 16] Noack M., Winkler P. and Karl Josef Witt K.J. The influence of saturation on the cracking process in compacted desiccating clays. *E-UNSAT 2016 E3S Web of Conferences* 9, 09011 . (2016)
- [Tai 94] Taibi S. Comportement mécanique et hydraulique des sols soumis à une pression interstitielle négative- Etude expérimentale et modélisation. Thèse de doctorat. Ecole centrale de Paris. (1994).
- [Wei 13] Wei X. Etude micro-macro de la fissuration des argiles soumises à la dessiccation. Thèse de Doctorat Ecole Centrale Paris. (2013).