

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.

Essais oedométriques à succion contrôlée

Oedometer suction controlled tests

C.MIEUSSENS, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Toulouse, France

A.NARDONE, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Toulouse, France

N.GHLISS, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Toulouse, France

RESUME : Cette communication présente le principe d'un oedomètre à succion contrôlée mis au point pour l'étude des sols argileux non saturés dans un espace "indice des vides - succion - contrainte totale". Quelques résultats d'essais sont donnés pour des marnes compactées.

INTRODUCTION

L'étude du comportement mécanique et hydraulique des sols non saturés s'avère nécessaire, si on veut comprendre certains désordres dans les remblais argileux et analyser l'efficacité de dispositions constructives ou confortatives.

Dans le cadre d'un programme général de mesures en place et d'essais en laboratoire sur les marnes compactées, nous avons développé des matériels spécifiques, dont un oedomètre à succion contrôlée, objet de la présente communication.

DESCRIPTION DU MATERIEL

La succion négative de l'eau par rapport à la pression atmosphérique peut être simulée en imposant une pression d'air positive. Cette méthode a, par exemple, été retenue par Escario (1980) pour réaliser des essais mécaniques à succion contrôlée. D'autres auteurs, comme Kassif et Shalom (1971) ont travaillé avec des liquides osmotiques qui, à travers une membrane semi-perméable, imposent une valeur connue de la succion, ou bien ont utilisé la méthode psychrométrique comme Verbrugge (1978).

La figure 1 donne un schéma de principe du matériel. La cellule de base est celle de l'oedomètre à contre pression des L.P.C. dont on trouvera une description dans l'article de Mieussens et Nardone (1985). Elle comporte à la base un piston, pour l'application des charges axiales, et un capteur pour les mesures de déplacement. La pierre poreuse supérieure reste saturée jusqu'à 100 kPa de succion. Pour l'étude des argiles à très forte succion on intercale une membrane cellulosique pouvant résister à 10 MPa de succion (diamètre de pores de l'ordre de $2 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$, perméabilité 10^{-13} m/s).

La partie supérieure est reliée à un système de mesure des volumes d'eau entrant ou sortant de l'éprouvette (précision de l'ordre de 3 mm^3). L'entonnement vers le haut permet d'éliminer les bulles d'air pouvant traverser la membrane.

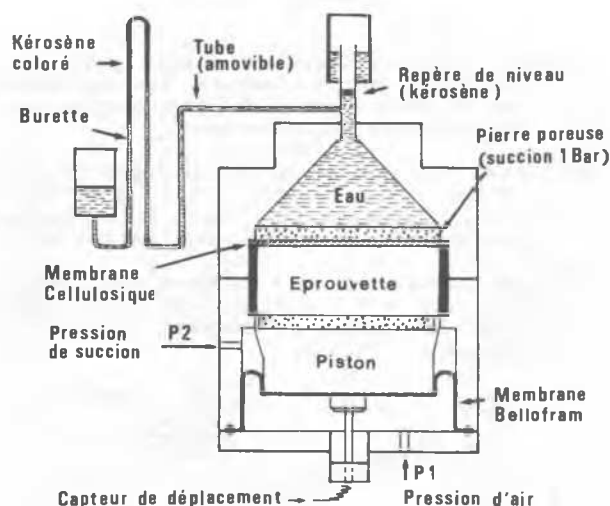


Figure 1 : schéma de principe de l'oedomètre à succion contrôlée

PROCEDURE D'ESSAI ET RESULTATS

Dans le cadre d'une étude sur le comportement des corps de remblais nous avons testé des marnes argileuses compactées à la teneur en eau et au poids volumique de référence de l'Optimum Proctor, la préparation des éprouvettes est faite conformément à la procédure décrite par Camapum et al. (1987). Ces sols sont moyennement plastiques ($I_p = 12$) et ont 48 % de passant à $80 \mu\text{m}$.

On notera que les conditions oedométriques ne sont satisfaites que pour des essais menés dans le sens de l'humidification. Au contraire, lors du séchage, il peut se produire un retrait radial non contrôlé ; de tels essais sont également intéressants, mais la détermination de l'indice des vides à partir des seules déformations axiales nécessite de faire une hypothèse sur la déformations volumique. Les

essais décrits ici n'ont été réalisés que dans le sens de l'humidification, soit à partir de la teneur en eau de compactage, soit après séchage préalable et redécoupage de l'éprouvette au diamètre du moule.

Lorsque la charge axiale σ est nulle l'essai correspond à un essai de succion classique. La figure 2 donne un exemple de résultats obtenus sur trois éprouvettes d'un même matériau ; l'échelle des ordonnées correspond à la représentation traditionnelle

$$pF = \lg (u_a - u_w)$$

la succion ($u_a - u_w$) étant exprimée en cm d'eau.

Cette même figure donne en parallèle les variations d'indice des vides en fonction de la teneur en eau. On peut faire les observations suivantes :

- (i) l'ensemble du diagramme est décrit avec une seule éprouvette, contrairement à l'essai classique avec une presse à membrane.
- (ii) la durée optimale de chaque palier est contrôlée par la mesure des variations des volumes d'eau (10 jours environ avec une membrane cellulosique).
- (iii) pour une succion nulle le degré de saturation reste compris entre 90 et 96 %, (la saturation ne peut être obtenue qu'avec une contre pression de 400 kPa).
- (iv) les variations de e ne sont négligeables que pour $w < 5$ % ce qui est sans rapport avec la limite de retrait mesurée sur une pate : 17,5 %.

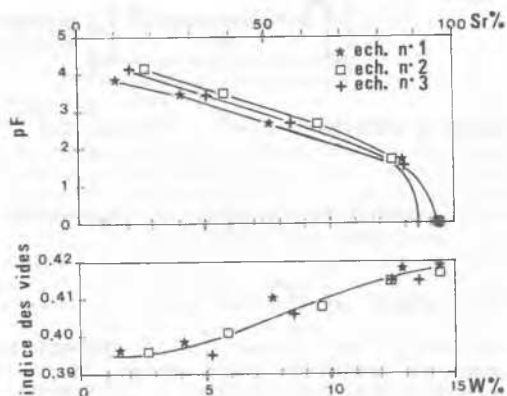


Figure 2 : variations de succion et d'indice des vides avec la teneur en eau

La figure 3 donne les variations d'indice des vides e en fonction de la succion, pour une charge axiale σ nulle. Ce même type d'essai, pour des charges axiales différentes, permet de caractériser complètement la compressibilité ou le gonflement d'un sol non saturé, dans un espace défini par :

- e : indice des vides
- $(\sigma - u_a)$: différence entre la contrainte totale et la pression de l'air
- $(u_a - u_w)$: succion

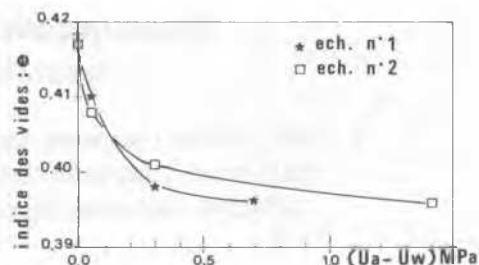


Figure 3 : variations de l'indice des vides en fonction de la succion

Enfin on rappellera que l'essai peut aussi être interprété pour calculer le coefficient de perméabilité moyen correspondant à chaque palier de succion (Gardner - 1956). La procédure et les limites de validité sont similaires à celles de l'essai oedométrique classique. L'utilisation d'une membrane cellulosique de très forte impédance ne nous permet pas d'utiliser cette méthode pour les essais présentés ici, par contre nous l'envisageons dans la plage 0 - 100 kPa avec une pierre poreuse sans membrane.

REFERENCES

- Camapum de Carvalho J., Crispel J.J., Mieussens C., Nardone A. (1987), La reconstitution des éprouvettes en laboratoire, Rapport de recherche L.P.C. n° 145, Juin 1987.
- Escario V., (1980), Suction controlled penetration and shear tests, Proc. 4 th. Int. Conf. on Expansive Soils, Denver 1980, vol. II.
- Gardner W.R., (1956), Calculation of capillary conductivity from pressure plate outflow data, Proc. Soil Science Society of America, n° 20, 317-20.
- Kassif G. and Shalom A. (1971), Experimental relations between swell pressure and suction, Géotechnique, vol. 21, n° 3, 245 - 255.
- Mieussens C. et Nardone A., (1985), L'oedomètre à contre pression L.P.C., Bull. Liaison Labo. des Ponts et Chaussées, n° 139, sept-oct 1985.
- Verbrugge J.C., (1978), Emploi d'une méthode psychrométrique dans des essais triaxiaux sur un limon remanié non saturé, Rev. Can. de Géotechnique, vol. 15, 501 - 509.