

g é o t e c h n i q u e , f o r a g e e t f o n d a t i o n s

SOLSCOPE



CHANTIERS À CREUSER

LA STATION DE MÉTRO TÉLÉGRAPHE
SE DOTE D'UN ACCÈS SUPPLÉMENTAIRE

page 82

AU PAYS DU TAJ MAHAL,
UN NOUVEAU BARRAGE SE PROFILE

page 92

DOSSIER

SOLSCOPE 2019 :
MARSEILLE ACCUEILLE
LE PROCHAIN SALON

PAGE 50



ACTUALITÉS

L'USG rejoint
le Pôle Avenia

page 29

Zoom sur la loi Elan

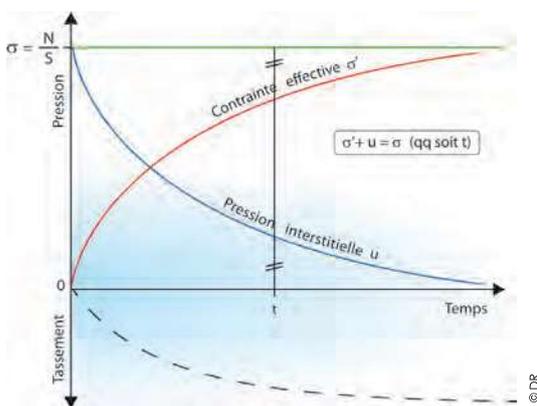
page 30

Essai pressiométrique : instrumentation de mesure de la pression interstitielle

L'essai pressiométrique Ménard tel qu'il est normalisé permet de mesurer la pression totale appliquée au sol, mais il ne donne aucun élément sur la pression interstitielle de l'eau au niveau de la sonde avant essai, ni sur son évolution au cours de l'essai d'expansion. La connaissance de cette pression interstitielle pourrait aider à mieux contrôler les conditions de drainage du sol pendant l'essai et *in fine* son interprétation. Sa mesure permettrait de plus d'améliorer les méthodes de classification des sols, à l'instar de celles définies par le CPTu. Explications.

Dans le cadre du projet national Arscop, la société Jean-Lutz SA et l'institut de recherche Ifsttar encadrent une thèse de doctorat dont l'objectif est de développer un capteur intégré à la sonde, n'entraînant qu'une modification minimale du matériel existant, et ce, afin de réaliser cette mesure de manière pratique et fonctionnelle.

L'idée de la mesure de la pression interstitielle de l'eau lors de l'essai pressiométrique est basée sur le principe de Terzaghi :



Principe de Terzaghi.

L'eau présente dans les pores du sol est le siège, lors du chargement, d'une pression interstitielle u qui se dissipe dans le temps tandis qu'augmente la contrainte effective σ' du sol à court, moyen ou long terme (selon le type de terrain).

La contrainte totale σ est donnée à chaque moment par la relation de Terzaghi avec : $\sigma = \sigma' + u$.

Pendant la dissipation de cette pression interstitielle, le sol se déforme. Sous une sollicitation cyclique ou sismique, l'augmentation de cette pression peut provoquer une liquéfaction du sol ($\sigma' \approx 0$).

Les recherches réalisées par le doctorant ont abouti à la création de deux prototypes et d'une chambre d'étalonnage étanche.

Les prototypes de sonde diffèrent par l'implantation du capteur de pression interstitielle :

- pour le premier, positionné dans le tube fendu ;
- pour le second, inséré directement dans la gaine souple extérieure.

Un élément poreux est ensuite ajouté au mini-capteur et une membrane souple (cas de la sonde nue) ou une pièce métallique amovible (cas du tube fendu) protège l'ensemble électronique dont les signaux sont récupérés et analysés en temps réel en surface via l'instrumentation Dialog de Jean-Lutz SA.

Les difficultés à résoudre sont particulièrement liées aux conditions du milieu de mise en œuvre : hautes pressions et déformations, horizons potentiellement abrasifs, milieu hétérogène, etc.

À l'issue des phases de test et de développement, une version sans fil (sur batterie et avec une électronique de traitement et de sauvegarde des mesures) pourrait de même être proposée. ●●●



Les prototypes de sondes.

••• Des essais *in situ* ont déjà été réalisés avec les prototypes sur différents terrains sableux et limono-argileux.

À cette occasion, et grâce au contrôleur de pression volume automatique Prevo diffusé par Jean-Lutz SA, des chargements par palier, monotones ou cycliques ont été appliqués de manière performante.

L'instrumentation Prevo, ici couplée à un logiciel de pilotage des consignes, accepte, en effet, tout type de signal, harmonique ou à fréquences multiples, permettant la réalisation d'essais très spécifiques et une analyse affinée des résultats.

Pour la première fois, nous avons pu amener le sol à se liquéfier *in situ* par l'application de cycles avec le pressiomètre.

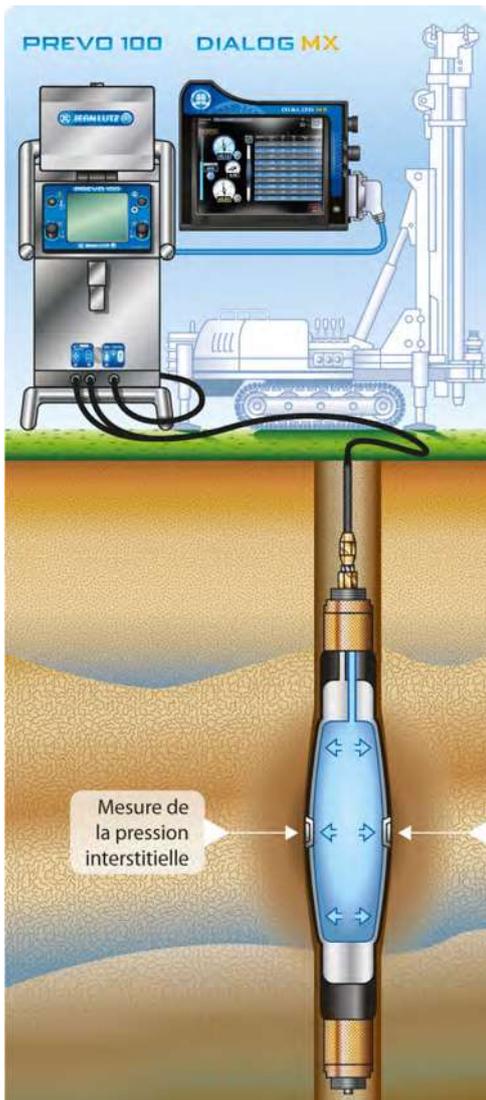
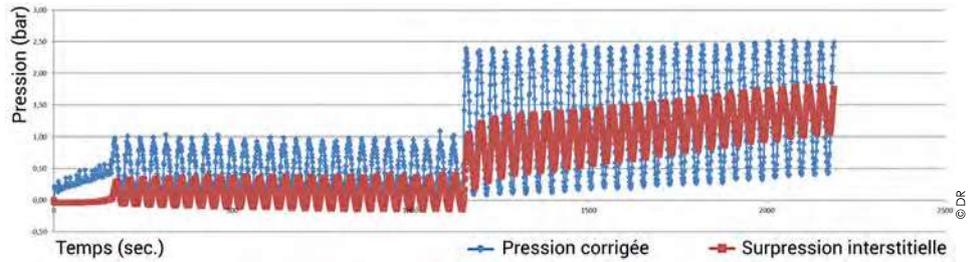


Schéma de principe des essais *in situ*.



Essais cycliques avec mesure de la pression interstitielle dans terrain limono-argileux.

En complément, la nouvelle cuve d'essai (chambre d'étalonnage étanche) développée dans les locaux de la société Jean-Lutz SA permet de contraindre le terrain verticalement et horizontalement à l'aide de membranes élastiques gonflables réparties à l'intérieur de cette cuve (tore annulaire et disques), pour une pression théorique maximale de 10 bar.

Cette cuve repose sur un principe similaire à l'essai triaxial, mais à plus grande échelle du fait de son plus important volume et de la possibilité d'y introduire la sonde d'essai.

Il est possible de simuler différents comportements de sols (et différentes profondeurs) afin de définir les modèles rhéologiques du terrain étudié (vitesse de dissipation et évolution des contraintes effectives).

La chambre d'essai est d'ores et déjà utilisée pour valider les développements réalisés et exécuter certaines configurations d'essais impossibles à accomplir *in situ*, telles que mesurer la pression interstitielle à différentes distances de la sonde.

De nombreux capteurs de mesure sont, en effet, répartis dans le massif à étudier, à différentes distances de la sonde d'essai. Les variations de pressions interstitielle et totale peuvent ainsi être surveillées en différents points en temps réel.



Chambre d'essai avec différents capteurs de mesure et sonde prototype.

Acteur majeur de la recherche européenne sur la ville et les territoires, les transports et le génie civil, l'Isttar, l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux, est né le 1^{er} janvier 2011 de la fusion de l'INRETS et du LCPC. L'Isttar est un établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

CHIFFRES-CLÉS

- 1052 agents (soit 1026 ETP)
- 105 M€ de budget
- 6 sites en France
- Plus de 50 équipements scientifiques remarquables
- 400 contrats de recherche en cours
- 55 contrats H2020
- Articles publiés en journaux internationaux : 410 (en 2016)
- Dépôt de brevets : 11
- 575 thèses soutenues

Un système de pluviation a, en outre, été élaboré pour contrôler l'indice de densité du terrain à étudier et paramétrer le débit de pluviation et la hauteur de chute.



La chambre d'essai instrumentée en pression (4 bar).

Pour les premiers essais de massif, le sable d'Hostun a été privilégié étant donné sa large utilisation comme matériau référence dans la bibliographie géotechnique. De nouveaux essais de validation et d'amélioration des proto-

types vont être mis en place dans les prochains mois et tout au long de la thèse du doctorant Ifsttar/Jean-Lutz SA, pour une commercialisation de l'instrumentation souhaitée à l'issue de ces recherches.

L'analyse et la comparaison des résultats obtenus feront l'objet de publications et de présentations dans différents congrès et Salons internationaux dédiés à la géotechnique, dont le Salon Solscope qui se tiendra les 26 et 27 juin prochains, au parc Chanot à Marseille.

Jean-Lutz SA et l'Ifsttar estiment que l'ajout de la mesure de la pression interstitielle à l'essai pressiométrique Ménard pourra représenter une petite révolution dans le milieu de la géotechnique.

Par le biais d'un ajout simple au matériel existant, une valeur ajoutée conséquente sera ainsi apportée à l'essai :

CHIFFRES-CLÉS JEAN-LUTZ SA

- Depuis 1975 soit plus de 40 ans dédiés aux fondations spéciales et à la géotechnique
- 58 collaborateurs
- 10.8 M€ chiffre d'affaires
- 2 sites en France, 1 filiale aux USA
- 8 techniciens itinérants au service de nos clients
- 10 agents à l'international

- calcul du niveau de drainage du sol ;
- mesure du risque de liquéfaction (ou mobilité cyclique) du sol sous sollicitation sismique ;
- graphique instantané de contrainte effective-déformation ;
- meilleure caractérisation rhéologique et classification des types de sols. ■

Michaël Peronne, responsable géotechnique Jean-Lutz SA
Panagiotis-Georgios Karagiannopoulos, docteur Jean-Lutz SA/Ifsttar