

# 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.*

## Piézocône statique et dynamique

### Static and dynamic piezocone

L. PAREZ, Président d'Honneur du C.F.M.S., France  
F. DURAND, Directeur SOL-ESSAIS, Colombes, France

**RESUME** : Les auteurs, qui ont réalisé des essais au pénétromètre statique depuis 1953 et des essais au piézocône depuis 1974 ont cherché à mesurer la pression interstitielle dynamique induite par le battage sur la tête de la sonde piézocônique.

On montre les résultats dans différents types de sols à énergie de battage constante.

#### GENERALITES

L'utilisation du piézocône dès les années 1974-75 a permis aux Ingénieurs de SOL-ESSAIS d'établir les corrections sur les lectures obtenues au pénétromètre statique ( $q_c$  et  $f_s$ ) pour calculer, à long terme, la résistance de pointe et le frottement latéral des fondations profondes. L. PAREZ, M. BACHELIER et B. SECHET ont publié en 1976 leurs premiers résultats, obtenus avec une baque de prise de pression haute de 20 mm et située à  $1,5 \phi$  au-dessus du cône (fig. 1 a).

A cette époque, ils avaient remarqué, en régime transitoire, c'est-à-dire en début de fonçage ou aussitôt après l'arrêt, une variation rapide de la pression interstitielle  $U$ . Le piézocône actuellement construit par SOL ESSAIS comporte une baque mince située juste au-dessus du cône (fig. 1 b).

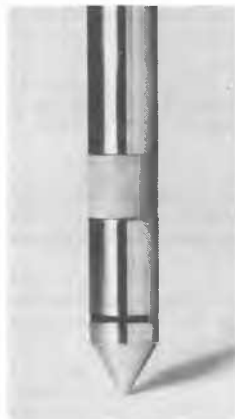


Fig. 1 a



Fig. 1 b

Il est certain qu'une grande variation de la vitesse modifie fortement la grandeur de la pression interstitielle engendrée par le fonçage. Ceci a été confirmé par les expériences de CANOU (en 1987) qui a fait varier la vitesse de fonçage dans un sable pourtant très perméable (fig. 2) et a obtenu une très importante variation de la pression interstitielle.

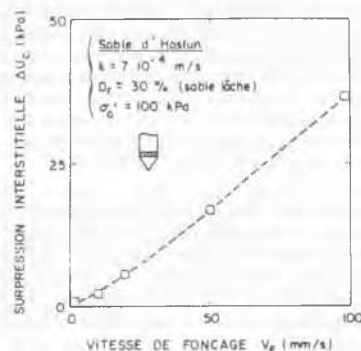


Fig. 2

Les formules dynamiques d'estimation de la portance limite des pieux battus encore appelées "formules de battage" ne tiennent pas compte, en général, de la pression interstitielle engendrée par la pénétration rapide du pieu sous le choc du marteau.

Dans l'espoir de pouvoir améliorer ces formules de battage, les auteurs ont entrepris une recherche comportant deux volets :

- d'abord déterminer la meilleure méthode de saturation de la baque filtre et de la chambre du capteur de pression en cherchant à minimiser, sinon éliminer, les causes d'un retard dans la mesure de  $U$  afin d'obtenir une valeur aussi proche que possible du maximum de la pression interstitielle dynamique.
- ensuite comparer, sur un même site, le développement de la surpression interstitielle lors de l'enfoncement d'un piézocône conforme au standard européen (vitesse de fonçage 2 cm/s) et lors du battage de ce même piézocône, c'est-à-dire comparer  $\Delta u$  statique à  $\Delta u$  dynamique.

#### METHODE DE CONTROLE DE SATURATION D'UN PIEZOCONE

Le volume  $V$  du liquide situé dans la baque filtrante et dans la chambre de mesure où se trouve le capteur de pression est soumis à des varia-

tions de pression  $\Delta p$  qui atteignent fréquemment 1.000 kPa (pendant le fonçage du piézocône en sol argileux). Si ce liquide est de l'huile ou de l'eau parfaitement désaérée, sa variation de volume relative sera de l'ordre de

$$\Delta V/V = 5.10^{-7} \Delta p \text{ (en kPa)}.$$

Ainsi, pour  $\Delta p = 1.000 \text{ kPa}$  et  $V = 300 \text{ mm}^3$  la variation de volume sera  $\Delta V = 0,15 \text{ mm}^3$  qui devra être compensée par une alimentation en eau provenant du sol environnant, de très faible perméabilité.

Si une petite bulle d'air de 1/3 mm de diamètre est restée piégée dans le filtre ou la chambre de mesure, la variation de volume précédente ( $0,15 \text{ mm}^3$ ) sera doublée et l'indication du piézocône sera retardée et faussée.

La méthode de contrôle de saturation du piézocône que nous avons mise au point consiste à installer la pointe du piézocône dans une cellule de mise en pression rapide et à comparer la courbe de mise en pression de la cellule en fonction du temps avec la courbe de réponse du piézocône. Evidemment, si on laisse le liquide de la cellule rentrer dans le piézocône pour compenser sa variation de volume, les deux courbes seront identiques. Mais si on empêche tout échange de liquide (en entourant la bague filtre par une membrane en caoutchouc) les deux courbes ne seront superposables que si le piézocône est parfaitement saturé.

Avec cette méthode de contrôle nous avons pu mettre au point une méthode de saturation combinant pendant 2 heures chauffage et action d'une pompe à vide sur les bagues filtres, la chambre de mesure étant traitée séparément. L'assemblage se fait sous le liquide de saturation.

Il est évident qu'après avoir pris beaucoup de soins pour saturer le piézocône, on doit le mettre en place dans un avant-trou foré jusque sous la nappe, la pointe étant enveloppée d'un sac rempli d'eau désaérée. En effet, si on commence la pénétration sans précaution, les sols situés entre la surface et la nappe ne sont jamais complètement saturés et la bague filtre peut recevoir, pendant ce parcours, une bulle de gaz qui modifiera les mesures faites ensuite. L'opérateur ne pourra s'en rendre compte qu'ultérieurement en observant attentivement le début des courbes de relaxation dans le temps de  $\Delta u$ .

#### MESURE DE $\Delta u$ DYNAMIQUE

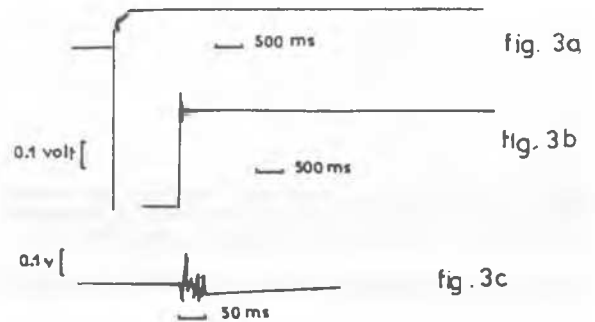
Pour mesurer la pression interstitielle lors d'un essai dynamique, il a fallu modifier légèrement notre dispositif de mesure.

- 1°) le signal a été conditionné et amplifié de façon à minimiser les bruits de fond qui sont nettement plus importants au niveau du camion de sondage qu'en laboratoire.
- 2°) le signal a été saisi sur un oscilloscope avec un déclenchement de la mesure juste avant le choc.

Les essais ont été réalisés lors d'essais de pénétration statique avec une pointe piézocôni- que et à différentes profondeurs. Le battage a été obtenu avec une masse frappante de 63 daN

(mouton SPT). Les hauteurs de chute ont été volontairement limitées à 30 ou 40 cm.

Les trois courbes sélectionnées en figure 3 ont été saisies au niveau d'une couche argileuse (3 a et 3 b) et d'une couche sableuse compacte (3 c).



On remarquera trois parties principales dans ces courbes. La première partie : le signal est uniforme et l'onde de choc n'est pas arrivée au niveau de la pointe, la deuxième partie : une série d'oscillations est observée au niveau de la pression avec une augmentation ou une diminution de la valeur moyenne de la pression interstitielle, une troisième partie : après plusieurs centaines de millisecondes la courbe "rejoint" plus ou moins rapidement la valeur de pression de départ. Cette dernière partie correspond à la relaxation de la pression interstitielle. Nous attribuons les oscillations de pression lors de la deuxième partie à des phénomènes propres à la pointe et à des montées en pression au niveau des conduits qui mènent à la bague filtre. Par contre, l'augmentation ou la diminution de la valeur moyenne de la pression correspond à une variation de pression interstitielle dans le sol. Le signe positif ou négatif de cette variation moyenne de pression est, d'après les premiers essais que nous avons effectués, toujours identique à celui mis en évidence lors d'un essai au piézocône statique (positif dans les deux couches d'argile en 3 a et 3 b et négatif dans la couche de sable compact en 3 c).

Nous n'avons pas pu, jusqu'à maintenant relier la variation de pression interstitielle dynamique  $\Delta u_d$  à la variation induite par le fonçage statique  $\Delta u_s$  du piézocône.

Ces premiers résultats nous conduisent actuellement à réaliser des essais de sollicitation en basse fréquence entre 0,5 et 10 Hz.

#### REFERENCES :

- Parez L., Bachelier M., Séchet B. - 1976 - Pression interstitielle développée au fonçage des pénétromètres - VI<sup>e</sup> Congrès Européen de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations - VIENNE, Vol. 3 p. 533-538
- Canou J. - 1987 - Application d'un essai au mini-piézocône à l'étude de la liquéfaction des sables - Rapport interne CERMES, ENPC - PARIS.