

# 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.*

# Effet de la mise en place sur la capacité portante des pieux dans les sables

## Effect of pile installation on the bearing capacity of piles in sand

P.FORAY, Maître de Conférences, Institut de Mécanique de Grenoble, Grenoble, France  
 J.M.GENVOIS, Chercheur, Institut de Mécanique de Grenoble, Grenoble, France  
 S.LABANIEH, Maître de Conférences, Institut de Mécanique de Grenoble, Grenoble, France  
 A.GOULOIS, Ingénieur ELF-Aquitaine, Pau, France

**RESUME** Une simulation physique de l'enfoncement de pieux a été effectuée sur des pieux-modèles dans la chambre de calibration de l'I.M.G. Celle-ci permet d'appliquer des surcharges verticales jusqu'à 1 MPa à un massif de sable, simulant l'effet des grandes profondeurs utilisées en particulier en offshore. De même, des conditions aux limites asservies sont appliquées à la surface latérale de la cuve et simulent la rigidité latérale qu'aurait un massif infini. On présente quelques résultats d'essais de chargement effectués après différents modes de mise en place. On montre l'importance de celui-ci sur la mobilisation des efforts de pointe et de frottement latéral. Les valeurs obtenues semblent confirmer le caractère très conservatif des règles de dimensionnement classiques utilisées par les pétroliers.

### I. INTRODUCTION

Les difficultés d'instrumentation in-situ des longs pieux offshore justifient l'approche de leur comportement à partir d'essais sur modèles. Nous présentons ici le principe de l'utilisation de la chambre de calibration de l'I.M.G. pour l'étude de la portance de pieux-modèles dans les sables, en fonction du mode de mise en place, de la densité du sable et de la profondeur. Un exemple d'une étude soutenue par la société ELF-Aquitaine est ensuite présenté, en comparant les résultats obtenus avec ceux des recommandations pétrolières.

### II. PRINCIPE DE LA CHAMBRE DE CALIBRATION DE L'I.M.G.

#### II.1 Un outil de simulation physique

Les chambres de calibration sont des cuves à sable pressurisées de grande dimensions qui ont été développées essentiellement dans le but "d'étalonner" la réponse des appareils de reconnaissance in-situ (Belotti et al 79).

La chambre de l'I.M.G. a été en plus conçue comme un outil de simulation physique pour l'étude des pieux ou des inclusions axisymétriques, au même titre que le modèle à gradient hydraulique (Zelickson 67) ou la centrifugeuse. Son diamètre est de 1,20 m et sa hauteur est de 1,50 m. Elle est représentée schématiquement figure 1. L'idée de base est de représenter correctement le comportement d'un tronçon de pieu, en appliquant au sol des conditions aux limites simulant au mieux la réalité : confinement vertical simulant l'effet de la profondeur, conditions latérales simulant la présence d'un massif infini autour du pieu. Mécanismes qui interviennent sur un tronçon de pieu.

#### II.2 Conditions aux limites latérales asservies

Celles-ci peuvent être définies à partir des remarques suivantes :

- au niveau de la pointe, de nombreuses expériences ont

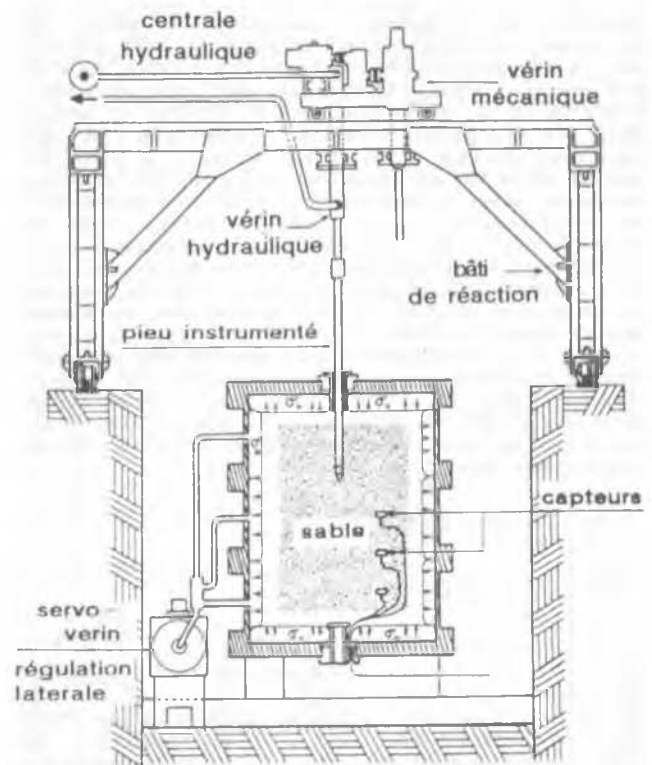


Fig. 1 : Schéma de la chambre de calibration I.M.G.

montré la très forte augmentation de la contrainte radiale dans le sol au passage de la pointe. Les modélisations récentes (Baligh 76) assimilent la pénétration de la pointe à un mécanisme d'expansion de cavité. Le sol situé à une certaine distance radiale de la pointe se trouve alors soumis à un chargement de type pressiométrique. La frontière latérale de la cuve est donc sollicitée de la même manière.

- au niveau du frottement latéral, la visualisation du cisaillement sol-pieu montre que les grands déplacements sont localisés dans une fine zone autour du pieu, siège des phénomènes de dilatance-contraction d'interface ; le sol situé au-delà de la frontière de cette "couche limite" suit approximativement un chemin pressiométrique dans la direction radiale (Boulon 86).

Au bilan, les analyses des mécanismes de pointe et de frottement latéral montrent qu'en négligeant en première approximation les contraintes verticales de cisaillement transmises à la frontière, les conditions limites latérales à appliquer à la cuve consistent à simuler la rigidité pressiométrique qu'aurait le sol environnant. Un asservissement des membranes permet d'imposer au massif une telle rigidité latérale. Les modules pressiométriques à utiliser pour nos essais ont été déterminés par extrapolation de ceux obtenus lors d'essais pressiométriques réalisés à différentes surcharges dans une cuve de plus grandes dimensions.

### III. EFFET DE LA MISE EN PLACE DU PIEU

Nous avons pour cela réalisé des cycles de chargement statique sur un pieu instrumenté de 5,5 cm de diamètre. Le pieu est initialement moulé dans le sable sur une profondeur d'environ 50 cm : on met en place le pieu et on remplit la cuve autour de celui-ci. Après mise en pression des membranes verticales (simulant la profondeur) et horizontales (simulant un état initial  $K_0$ ), on effectue un essai de chargement du pieu. Le pieu est ensuite foncé statiquement sur une profondeur d'environ 30 cm. Après décharge, on effectue un nouvel essai de chargement statique, correspondant à des conditions de mise en place par fonçage. Le pieu est ensuite battu sur une profondeur analogue et on effectue un dernier essai de chargement statique correspondant à des conditions de mise en place par battage. Lors de chaque cycle de chargement, on enregistre la mobilisation de la résistance de pointe du pieu et celle du frottement latéral local le long du fût en fonction du déplacement du pieu. Le sable utilisé pour ces essais est le sable quartzéux d'Hostun fin ( $d_{50} = 0,38$  mm,  $d_{60}/d_{10} = 2$ ). Les figures 2 et 3 montrent les résultats obtenus pour deux essais effectués à une même densité relative forte ( $D_r = 0,8$ ), l'un avec une surcharge verticale de 400 kPa, l'autre de 800 kPa. L'effet de la profondeur est assez sensible, mais celui de la mise en place semble encore plus important.

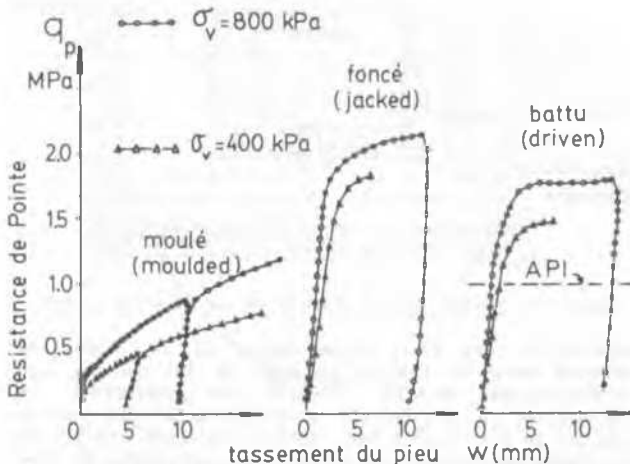


Fig. 2 : Mobilisation de la résistance de pointe

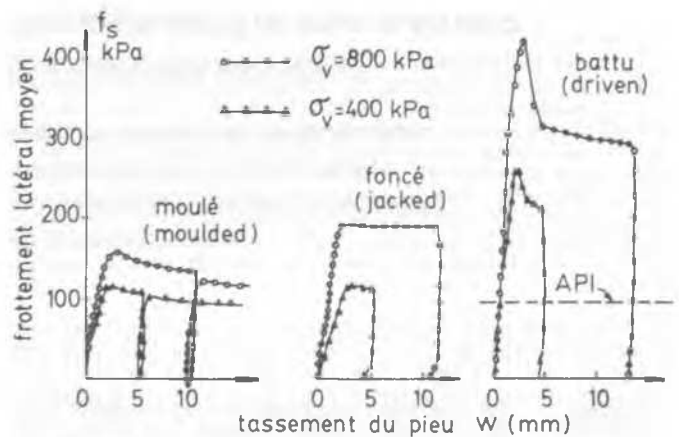


Fig. 3 : Mobilisation du frottement latéral

Ces valeurs obtenues sont très supérieures aux valeurs limites couramment prises pour le dimensionnement de ce type de pieux. La comparaison avec les recommandations API est indiquée figures 2 et 3.

### IV. CONCLUSIONS

- (i) Nos résultats indiquent que la résistance de pointe d'un pieu moulé est systématiquement inférieure à celle d'un pieu foncé ou battu. Par contre, en sable dense, le battage peut être pénalisant par rapport au fonçage statique.
- (ii) Le frottement latéral mobilisé lors d'un chargement vierge (pieu moulé) est en général assez élevé par rapport à celui après fonçage. Le battage améliore ce frottement en provoquant une densification locale autour du pieu.
- (iii) Dans tous les cas les valeurs obtenues en pointe et en frottement sont très supérieures aux limites habituellement adoptées.
- (iv) La chambre de calibration constitue donc un outil intéressant pour la recherche de règles de dimensionnement adaptées aux grandes profondeurs.

### V. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Société Nationale ELF-Aquitaine, et plus particulièrement Mr. A. GOULOIS, pour le soutien apporté à cette étude et à la mise en oeuvre de la chambre de calibration de l'I.M.G.

### VI. REFERENCES

- Boulon, M., Foray, P. (1986). Physical and Numerical simulation of lateral shaft friction along offshore piles in sand, Proc. 3rd Int. Conf. on Numerical Methods in offshore Piling Nantes (may 86).
- Bellotti, R., Bizzi et al (1979) "Preliminary calibration tests of electrical cone and flat dilatometer in sands". Proc. VIII ECSMFE Brighton sept. 79 Vol. 2.
- Baligh, M.M. (1976) "Cavity expansion in sands with curved envelopes". Journal of the Geot. Eng. Div., Proc. ASCE, VOL. 102, n° GT 11, (nov. 1976).
- Zelixson, A. (1967). "Représentation de la pesanteur par gradient hydraulique dans les modèles réduits en géotechnique", annales de l'ITBTP, (nov. 67).