



Comportement cyclique et potentialité à la liquéfaction d'un sable

Malgorzata Jastrzebska, Artur Jaron, Labanieh Safwan

► To cite this version:

Malgorzata Jastrzebska, Artur Jaron, Labanieh Safwan. Comportement cyclique et potentialité à la liquéfaction d'un sable. CFM 2007 - 18ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2007, Grenoble, France. ⟨hal-03358171⟩

HAL Id: hal-03358171

<https://hal.science/hal-03358171v1>

Submitted on 29 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Comportement cyclique et potentialité à la liquéfaction d'un sable

Jastrzębska Malgorzata¹, Jaroń Artur¹; Labanieh Safwan²

1) Ecole Polytechnique Silésienne, Chaîne de la Géotechnique, ul. Akademicka 5/214,
44-100 Gliwice, POLOGNE, malgorzata.jastrzebska@polsl.pl

2) Université Joseph Fourier, Laboratoire 3S, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, FRANCE,
safwan.labanieh@hmg.inpg.fr

Résumé :

Le travail présenté concerne le comportement cyclique d'un sable et sa potentialité à la liquéfaction. Les résultats de trois essais triaxiaux drainés monotones et neuf non drainés cycliques sous différentes valeurs du déviateur de contrainte réalisés sur des échantillons de différentes valeurs de la densité initiale sont donnés. Les coefficients de SKEMPTON mesurés variaient entre 0.54 et 0.98.

Abstract :

In this article, liquefaction under cyclic behaviour of sand is presented. Results of three drained monotonic triaxial tests and nine undrained cyclic tests under different values of the stress deviator realised on samples with different values of initial density are given. Measured SKEMPTON coefficients varied between 0.54 and 0.98.

Mots-clefs :

Sable, chargement cyclique, liquéfaction

1 Introduction

La liquéfaction du sol, provoquée entre autres par les tremblements de terre ou les chargements cycliques, est un phénomène d'instabilité ou de perte de résistance et peut avoir lieu sur un milieu granulaire saturé ou partiellement saturé. Elle se manifeste par une augmentation de la pression interstitielle liée au comportement contractant du sol lors de l'application d'un chargement rapide, c'est à dire non drainé.

Le but de ce travail est la présentation du comportement cyclique du sable d'Hostun S28 dont les caractéristiques physiques sont données dans le Tableau 1 (Pham Van Bang, 2004). L'accent sera mis sur l'influence d'un certain nombre de paramètres sur la liquéfaction, notamment le degré de saturation (la succion), le niveau de chargement, la densité initiale et le niveau de la contrainte latérale.

Ce travail représente le projet de fin d'études du diplôme d'ingénieur de Artur Jaroń qu'il a effectué à Grenoble au Laboratoire « Sols, Solides, Structures » accueilli par S. Labanieh et aidé par Jane Jerram (doctorante au laboratoire 3S) dans le cadre des échanges ERASMUS entre la Pologne et la France

Tableau 1. Caractéristiques du sable d'Hostun S28 (Pham Van Bang, 2004)

$\gamma_{d,min}$	$\gamma_{d,max}$	e_{min}	e_{max}	D_{10}	D_{30}	D_{60}	C_u	C_c
[g/cm ³]	[g/cm ³]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]
1.327	1.599	0.66	1.00	0.26	0.32	0.37	1.42	1.06

2 Dispositif expérimental

Tous les essais ont été réalisés sur une Presse Cyclique Asservie (PCA) qui est une presse hydraulique (Figure 1). Elle permet de mesurer les mesures classiques suivantes: force, déplacement, variation de volume et pression interstitielle.



FIG. 1 – Vue générale de la Presse Cyclique Asservie (PCA).



FIG. 2 – Préparation d'un échantillon de sable lâche.



FIG. 3 – Vue générale d'un échantillon de sable.

3 Préparation des échantillons

Les échantillons ont été préparés par pluviation. Les différentes densités sont obtenues alors en variant la hauteur de chute et le débit d'écoulement du sable grâce à un système mis au point par Evren TAPAN (2003) comportant trois tubes en plastique de longueurs 10, 30 et 50 cm chacun équipé d'une grille interchangeable de nombre de trous et de diamètres variables. Les échantillons, d'élancement 1, sont préparés dans un moule de diamètre $D=70\text{mm}$ et de hauteur $H=70\text{mm}$ (Figs. 2 et 3). Les valeurs de l'indice des vides obtenus grâce à ce système variaient entre 0.65 et 0.90.

La saturation des échantillons est réalisée par l'écoulement ascendant de l'eau désaérée au sein des échantillons et à faible charge à un niveau de contrainte inférieure au niveau de la contrainte isotrope de l'essai à réaliser. La consolidation des échantillons permettait l'amélioration du degré de saturation. Pour la majorité des échantillons cette procédure était

précédée par l'utilisation du CO₂ ce qui a permis d'améliorer la saturation. Les valeurs du coefficient de Skempton obtenu ainsi que les conditions initiales des essais réalisés sont données dans le Tableau 2.

Tableau 2. Paramètres des échantillons et conditions des essais.

No	D _r	σ_3'	e	Vitesse d'écrasement	B	Δq imposé	CSR
	[%]	[kPa]	[-]	[mm/min]	[-]	[kPa]	[-]
Essais monotones							
1	44	100	0,85	0,938	--	--	--
2	85	100	0,71	0,938	--	--	--
3	--	100	0,62	0,938	--	--	--
Essais cycliques							
1	76	100	0,74	0,938	0,98	35	0,175
3	35	100	0,88	0,938	0,96	35	0,175
4	35	100	0,88	0,938	0,89	30	0,150
5	44	100	0,85	1,562	0,81	40	0,200
6	32	100	0,89	1,562	0,98	40	0,200
7	38	100	0,87	1,562	0,78	50	0,250
8	91	100	0,69	1,562	0,55	±52	0,260
9	29	100	0,90	1,562	0,54	±20	0,100
10	35	100	0,88	0,938	0,60	±20	0,100

4 Résultats obtenus

On a effectué 3 essais monotones drainés et 9 essais cycliques non drainés (no 1 et 3 ÷ 10). Tous ces essais étaient réalisés aux mêmes valeurs de la contrainte normale et aux différentes valeurs d'amplitude du chargement ($\Delta q = \pm 20 \div \pm 52$ kPa). Ces essais nous ont permis de préciser Δq à imposer pour chacun des essais cycliques.

La vitesse de cisaillement utilisée était de 0.938 mm/min pour les essais monotones et les essais cycliques no 1, 3, 4 et 10, et de 1.562 mm/min pour les essais cycliques no 5, 6, 7, 8 et 9. En outre, le chargement des essais 1 et 3 ÷ 10 était uniquement en compression et celui des essais 8 ÷ 10 était alterné en compression extension.

Les figures 4 et 5 montrent les résultats des essais monotones sur le sable lâche, moyennement dense et dense qui ont permis de préciser les valeurs Δq à utiliser. Le comportement obtenu est en parfait accord avec la variation de la densité.

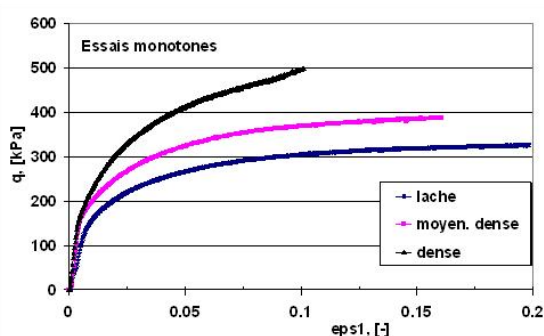


Fig. 4 – Déviateur de contrainte en fonction de la déformation verticale pour les essais monotones.

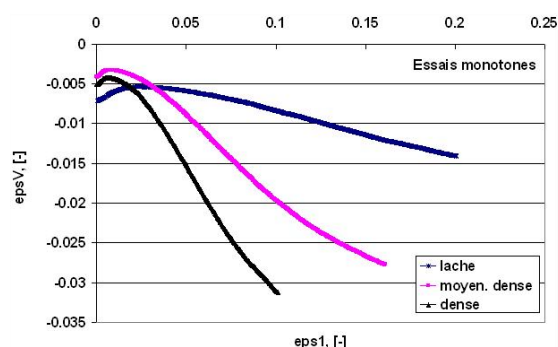


Fig. 5 – La variation de volume pour les essais monotones.

Les figures 6 et 7 donnent les résultats des essais cycliques 1 et 3 ÷ 7. La figure 6 présente l'évolution de la déformation axiale avec le déviateur imposé et la figure 7 celle de l'évolution des Chemins suivis en contraintes effectives. La différence essentielle entre les résultats des essais no 8 ÷ 10 et des essais no 1 et 3 ÷ 7 est la nature du chargement cyclique : compression pour les premières et alterné pour les secondes.

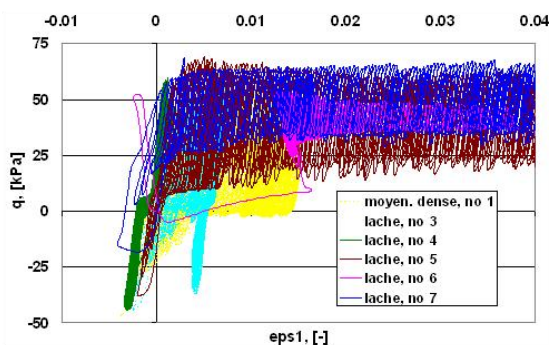


FIG. 6 – Déviateur de contrainte en fonction de la déformation axiale pour les essais cycliques no 1 et 3÷7.

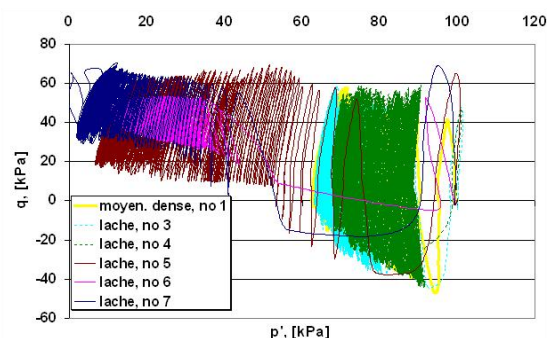


FIG. 7 – Chemins en contraintes effectives pour les essais cycliques no 1 et 3÷7.

Les figures 8 ÷ 12 présentent les résultats des essais no 8, 9 et 10 que nous estimons plus fiables que ceux des essais no 1 et 3 ÷ 7 en raison des problèmes rencontrés lors de leur chargement liés à la programmation de leur asservissement.

La figure 8 montre l'évolution de la déformation axiale en fonction du nombre de ½ cycles pour les deux échantillons lâches 9 et 10 et pour l'échantillon dense 8. On remarque que pour les essais no 9 et 10, les échantillons présentent une augmentation importante de la pression interstitielle assez rapidement (après 3 à 5 cycles) tandis que pour l'échantillon de l'essai 8, la pression interstitielle continue à augmenter au-delà de 450 cycles pour atteindre la liquéfaction (figure 9).

Les figures 10 et 11 montrent l'évolution de la déformation axiale avec le déviateur imposé qui est bien plus rapide pour les échantillons lâches (9 et 10) que pour l'échantillon dense (8) ce qui est normale. La figure 12 présente la réponse des échantillons 8, 9 et 10 en contraintes effectives.

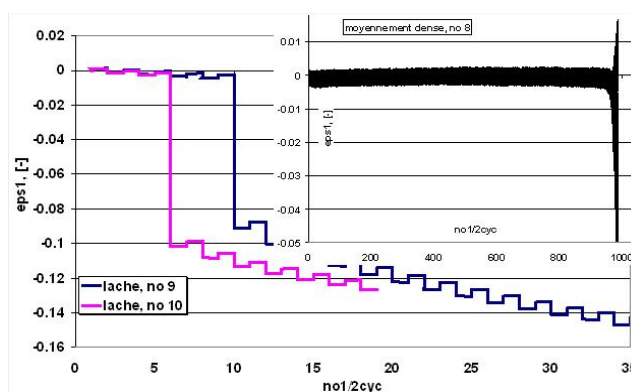


FIG. 8 – Déplacement vertical en fonction du nombre de ½ cycles pour les essais cycliques no 8, 9 et 10.

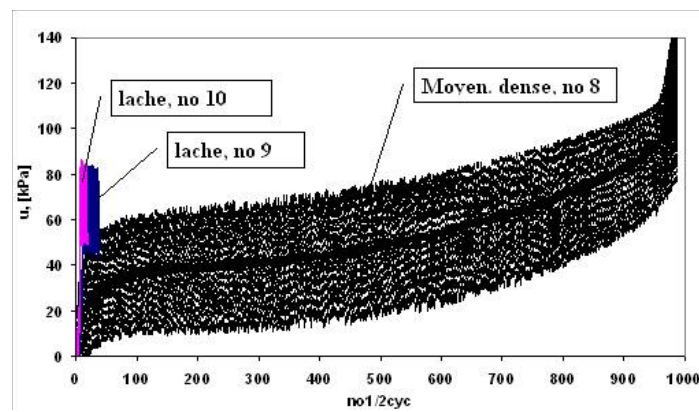


FIG. 9 – Variation de la pression interstitielle en fonction du nombre de $\frac{1}{2}$ cycles pour les essais cycliques no 8 à 10.

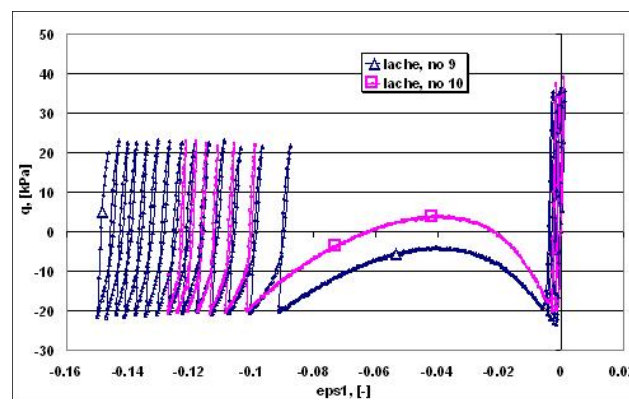


FIG. 10 – Déviateur de contrainte en fonction de la déformation axiale pour les essais cycliques no 9 et 10.

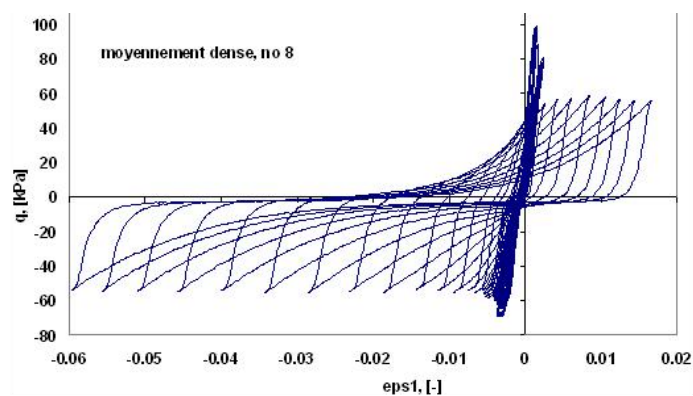


FIG. 11 – Déviateur de la contrainte en fonction de la déformation axiale pour l'essai cyclique no 8.

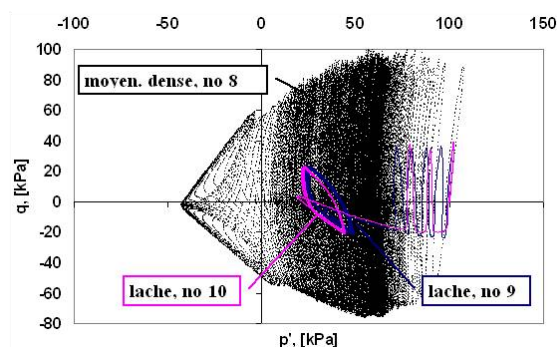


FIG. 12 – Chemins en contraintes effectives pour les essais cycliques no 8, 9 et 10.

6 Conclusions

Etant donné le cadre du travail effectué (projet de fin d'études), donc limité par le temps, il est difficile de tirer des conclusions, d'autres essais auraient été nécessaires.

Néanmoins, ce travail a permis de confirmer le comportement constaté pour les sols granulaires sous sollicitations cycliques non drainés alternés à savoir l'accumulation de la pression interstitielle avec le nombre de cycles.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Comité National pour la Recherche Scientifique pour son soutien à ce travail, contrat Grant No. 4 T07E 01930.

Références

- Jaroń A., 2007, "Comportement d'un sable sous chargement cyclique", Diplôme Ecole Polytechnique Silésienne Gliwice Pologne (en cours).
- Pham Van Bang, 2004, "Comportement instantané et différé des sables des petites aux moyennes déformations: experimentation et modélisation", Thèse de doctorat, Grenoble.
- Tapan Evren, 2003, "PCA2V : Presse Cyclique Asservie à 2 Vérins, Comportement mécanique du sable 'Hostun S28'"