

développement des essais en centrifugeuse en Chine

development of centrifuge testing in China

WEI-XIN ZHU

Institut de Recherche Hydraulique de Nanjing (R.P. Chine)*

Rev. Franç. Géotech. n° 48, pp. 43-48 (juillet 1989)

Résumé

La première étude sur modèle réduit d'un problème géotechnique faite en Chine remonte à 1981. Depuis lors la modélisation en centrifugeuse connaît un développement significatif. L'article décrit les cinq plus importantes installations en service et dresse la liste de l'ensemble des problèmes étudiés en centrifugeuse.

Abstract

The first centrifugal study of a geotechnical problem in China was made in 1981. Since then, centrifugal modelling has known a significant development. The paper presents the five largest facilities in service and gives a list of all the problems studied with a centrifuge.

* 223 Guangzhou Road, Nanjing, Chine.

1. INTRODUCTION

La Chine, avec une superficie de 9,6 millions de km², est au troisième rang après l'URSS et le Canada. Grand pays en développement, elle assure depuis 1980 la modernisation des grands secteurs de son économie. Les grands ouvrages de génie civil sont nombreux et variés en nature. Les investissements consacrés aux travaux relevant de la géotechnique représentent une part importante des capitaux consacrés à la construction. De plus, les projets sont souvent implantés dans des sites où les risques naturels sont sérieux tels que tremblements de terre, tempêtes, ce qui représente un défi supplémentaire pour le géotechnicien. C'est pourquoi la Chine attache-t-elle de l'attention au progrès dans les études en géotechnique.

Les calculs précis des ouvrages en terre et de leurs fondations présentent des difficultés certaines dues à la non linéarité de la relation contrainte — déformation et à la variabilité en fonction du temps des caractéristiques mécaniques des sols. Ainsi, les nombreuses méthodes analytiques ou empiriques ne peuvent être considérées que comme des méthodes approchées.

Actuellement, pour l'édification des grands ouvrages de géotechnique, trois approches sont employées: la modélisation numérique, la modélisation physique et l'observation de l'ouvrage. Les informations tirées des études seront répercutées vers la conception, la construction et les travaux d'entretien pour obtenir économie et sécurité des projets.

Pour développer l'agriculture et résoudre le problème essentiel qui est de nourrir un milliard d'habitants, environ cent mille réservoirs ont été créés en Chine au cours des quarante dernières années et ce, pour une large part, avec des barrages en terre et enrochements. Le Ministère des Ressources en Eau et de l'Energie Electrique (MREEE) attache ainsi de l'importance à la géotechnique car cette discipline traite de la sécurité et de l'économie des travaux hydrauliques. C'est pourquoi, la majorité des spécifications techniques en géotechnique et des appareillages d'essais des sols, proviennent en Chine du MREEE. C'est aussi ce ministère qui représente la Chine dans toutes les activités du comité ISO/TC-182.

2. L'ORIGINE DE LA MODÉLISATION GÉOTECHNIQUE EN CENTRIFUGEUSE EN CHINE

Depuis longtemps, il y avait plus de 10 centrifugeuses employées pour les études sur modèles de structures avec la photoélasticité. Dans les années 60, sous influence venue d'URSS, quelques chercheurs commencèrent à s'intéresser, en Chine, à l'utilisation en géotechnique des modèles réduits centrifugés. Les informations sur ce sujet ont été traduites du russe en chinois. Cependant, c'est seulement dans les années 80 que l'on a vraiment porté attention à la modélisation en centrifugeuse, en Chine, sous l'influence des travaux de Grande-Bretagne, des Etats-

Unis, du Japon, etc. En particulier, le professeur WENG-XI HUANG de l'Université Tsing Hua, qui est un pionnier dans le développement des modèles numériques en géotechnique, a défendu la modélisation en centrifugeuse après une visite des Universités de Cambridge et de Manchester effectuée en 1980. Le MREEE appuya l'Institut de Recherche Hydraulique de Nanjing (IRHN) pour développer les essais en centrifugeuse pour la géotechnique. Une centrifugeuse servant aux études en photoélasticité à l'Université de Hehai fut modifiée pour les applications géotechniques par l'IRHN dès 1981. Une vue en est donnée par la figure 1. Pour cette centrifugeuse modifiée, de nombreux appareillages de mesure furent développés, du personnel technique fut formé à cette modélisation physique et quelques problèmes de recherche appliquée furent rapidement correctement résolus. Par exemple, en 1982-83, l'IRHN employa la modélisation en centrifugeuse pour étudier avec succès la rupture d'un mur de quai, afin d'en connaître le mécanisme (ZHU et al., 1988).

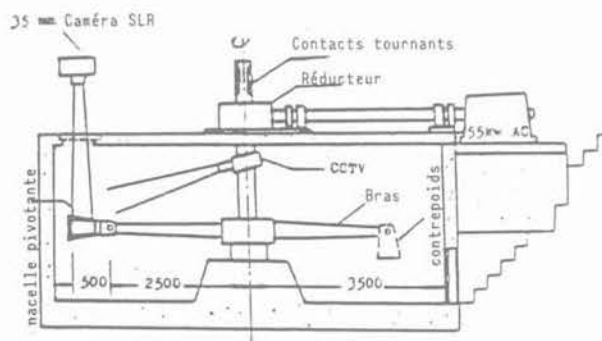


Fig. 1. — Centrifugeuse de l'IRHN.

Fig. 1. — Centrifuge of the Nanjing Hydraulic Research Institute.

Les résultats obtenus sur modèle réduit s'avèrent conformes au mode de rupture de l'ouvrage du site. Par conséquent, il fut possible d'établir les causes de l'accident, ce que les autres méthodes n'avaient pas permis de faire. Ceci fut la première application de la modélisation en centrifugeuse pour résoudre un problème pratique en Chine, et ce fut fait comme le veut la maxime chinoise: « triompher dès la première bataille ». Cette première application attira plus encore l'attention du MREEE qui envoya en 1984 une nouvelle délégation conduite par les professeurs WENG-XI HUANG et WEI-XIN ZHU au Etats-Unis pour y étudier les centrifugeuses, les techniques de modélisation et les applications en géotechnique afin d'examiner l'intérêt et la faisabilité de la construction d'une grande centrifugeuse pour la géotechnique, en Chine.

A la fin de 1984, une proposition fut présentée par le professeur ZHU. Celle-ci fut acceptée à l'unanimité des experts chinois qui s'accordèrent sur la nécessité de construire une grande centrifugeuse et non de petites machines destinées aux recherches de base et à l'éducation des étudiants. Depuis lors, il y eut cinq projets et deux grandes centrifugeuses pour la géotechnique sont en construction et devraient être achevées en 1990. De plus, trois centrifugeuses, petites ou moyennes, sont en fabrication et devraient être en

service en 1989 à l'IRHN, à l'Université des Sciences et de la Technologie de Chengdu et à l'Université des Communications du Sud-Ouest.

Afin d'apprendre les nouvelles techniques de modélisation en centrifugeuse le plus rapidement possible, de nombreux instituts et universités chinois, envoient des personnels techniques à l'étranger.

3. LES CENTRIFUGEUSES

Sur les cinq centrifugeuses existant en Chine, trois servent à la géotechnique et aux études en photoélasticité (fig. 1, 2, 3). La centrifugeuse de l'Institut Scientifique de Recherche de la Rivière Yangtze fut construite en 1983 (WANG, 1988) ; c'est la plus grande des centrifugeuses chinoises existantes. La figure 4 présente une petite centrifugeuse installée en 1987 à l'Institut des Chemins de Fer de Shanghai. La centrifugeuse de Chengdu est la modification d'un simulateur de vol capable de 55 g (fig. 5) (LIU et TANG, 1988).

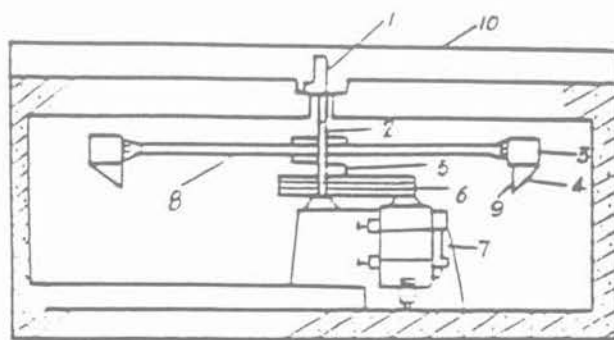


Fig. 2. — Centrifugeuse de l'Université Huhai (25 tonnes-g).

- 1. Contacts tournants - 2. Arbre - 3. Nacelle pivotante
- 4. Miroir - 5. Caméra TV - 6. Courroie - 7. Moteur
- 8. Rotor - 9. Cadre - 10. Plaque de couverture

Fig. 2. — Centrifuge of Huhai University (25 g-tons).

- 1. Sliprings - 2. Shaft - 3. Swinging basket
- 4. Mirror - 5. TV camera - 6. Belt - 7. Motor
- 8. Rotor - 9. Frame - 10. Cover

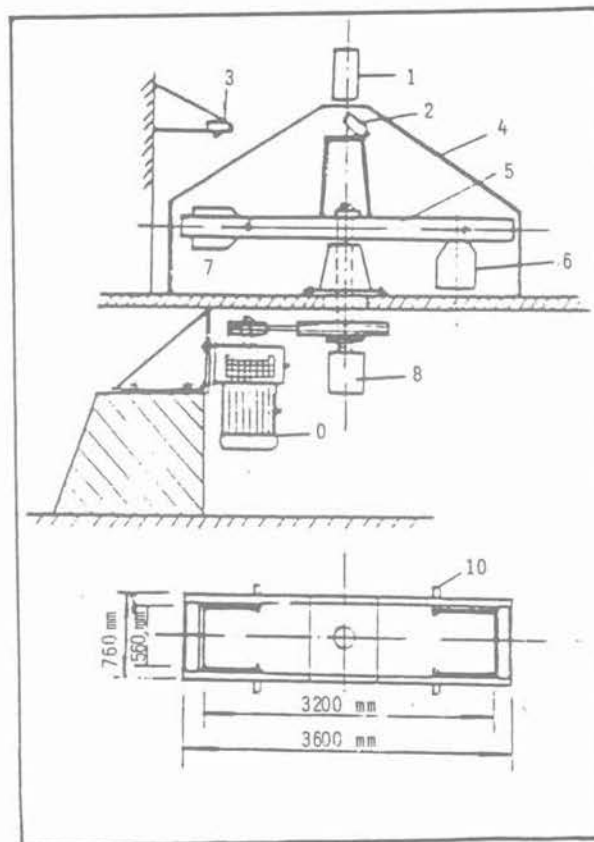


Fig. 4. — Centrifugeuse de l'ICFS.

- 1. Contacts tournants - 2. Camera TV - 3. Appareil photo
- 4. Enceinte - 5. Rotor - 6. Nacelle pivotante à l'arrêt
- 7. Nacelle pivotante en rotation - 8. Joint tournant hydraulique
- 9. Moteur (15 kW) - 10. Barre de torsion

Fig. 4. — Centrifuge of the Shanghai Railways Institute.

- 1. Sliprings - 2. TV Camera - 3. Still camera
- 4. Enclosure - 5. Rotor - 6. Swinging basket at stop
- 7. Swinging basket in rotation - 8. Hydraulic slipring
- 9. Motor (15 kW) - 10. Torsion bar

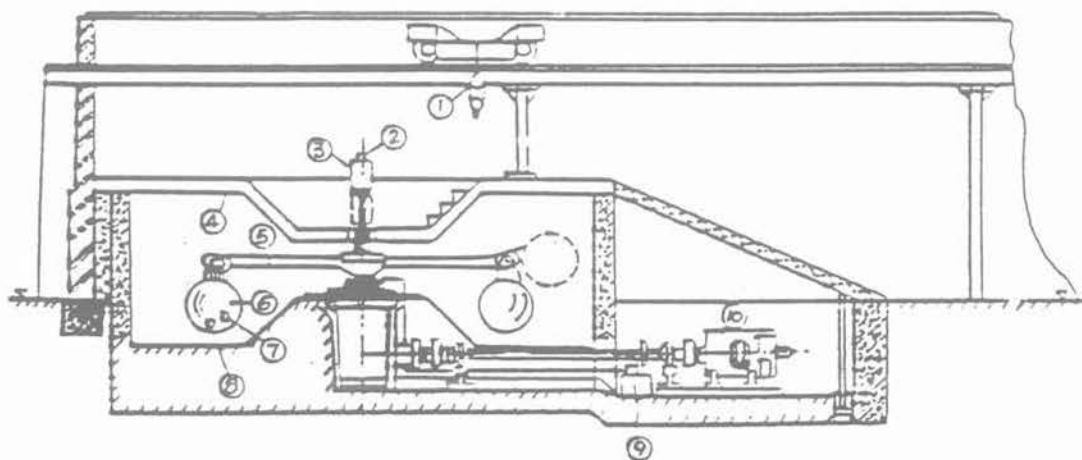


Fig. 3. — Centrifugeuse de l'IRSRY (300 tonnes-g).

- 1. Pont roulant - 2. Système optique - 3. Contacts tournants - 4. Plafond - 5. Rotor - 6. Nacelle pivotante
- 7. Camera TV - 8. Appareil photo - 9. Réservoir d'huile - 10. Moteur courant continu

Fig. 3. — Centrifuge of the Yangtze River Scientific Research Institute (300 g-tons).

- 1. Travelling crane - 2. Optical system - 3. Sliprings - 4. Ceiling - 5. Rotor - 6. Swinging basket
- 7. TV Camera - 8. Still camera - 9. Oil tank - 10. D.C. Motor

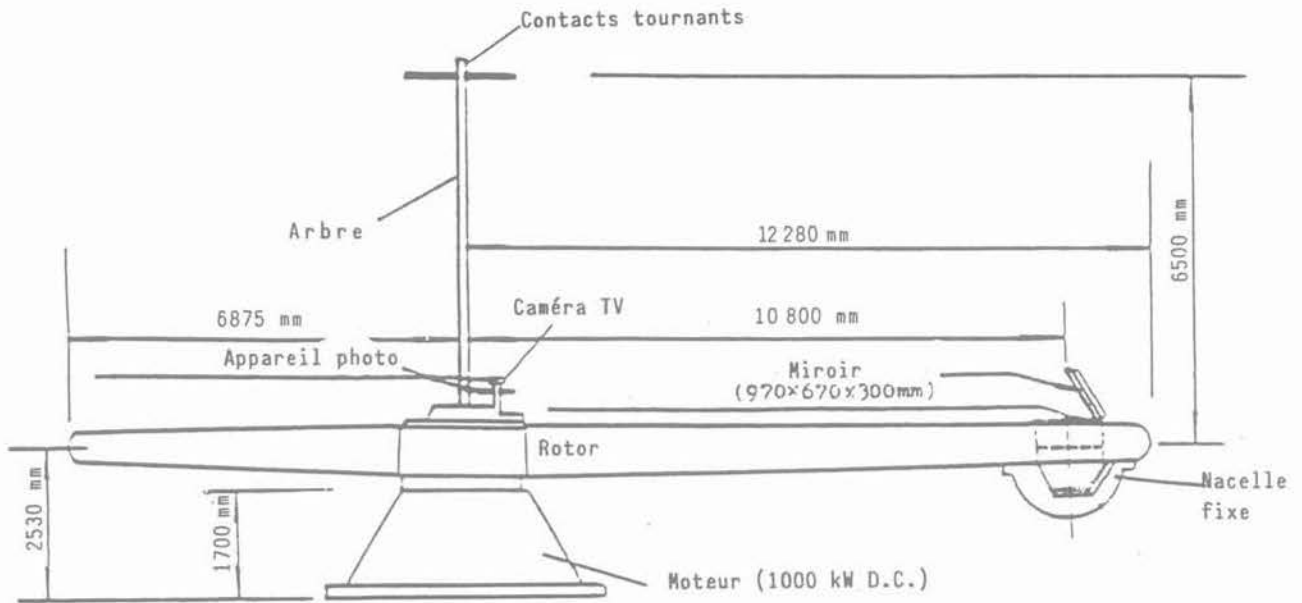


Fig. 5 — Centrifugeuse de l'IPEHC (330 tonnes-g).

Fig. 5. — Centrifuge of the Chengdu Hydroelectric Design and Research Institute (330 g-tons)

Les caractéristiques des deux grandes centrifugeuses en projet (JIA et al., 1988, ZHU et LIU, 1988) sont résumées dans le tableau 1 avec celles des autres machines.

Tableau 1. — Spécifications techniques des centrifugeuses géotechniques chinoises.

Table 1. — Technical specifications of the Chinese geotechnical centrifuges

Lieu	Institut de Recherche Hydraulique de Nanjing IRHN		Institut de Recherche Scientifique de la rivière Yangtze IRSRY	Institut de conception et d'études Hydroélectrique de Chengdu ICENC	Université de Hehai UH	Institut des Chemins de fer de Shanghai ICFS	Institut de Conservation de l'Eau et de Recherche Hydroélectrique ICERH
Rayon effectif max. (m)	2,9	5,0	3,0	10,8	2,4	1,55	4
Accélération max. (g)	200	200	300	110	250	200	300
Masse modèle max. (kg)	100	2 000	1 000	3 000	100	100	1 500
Capacité max (tonne-g)	20	400	300	330	25	20	450
Puissance moteur (Kw)	55	500	400	1 000	40	15	700
Années premières études en géotechnique	1982	1990	1985	1985	1982	1987	1990
Figure n°	1		3	5	2	4	

4. ACTIVITÉS DE RECHERCHE EN MODÉLISATION EN CENTRIFUGEUSE

Un résumé chronologique (1982-1988) est donné dans le tableau 2. Les études indiquées ont été faites pour l'essentiel en vue de résoudre des problèmes urgents de conception ou de construction. Comme la modélisation géotechnique en centrifugeuse n'est uti-

lisée en Chine que depuis moins de 10 ans, aucune installation ou matériel n'est idéal, et tous les problèmes traités se rapportent à des applications simples statiques. Les limites des centrifugeuses existantes rendent difficile l'étude de problèmes complexes incluant des effets dynamiques. C'est pourquoi, cinq nouvelles centrifugeuses, grandes, moyennes et petites, dédiées aux études géotechniques seront construites d'ici 1990.

Tableau 2. — Liste des études géotechniques en centrifugeuse à l'Institut de Recherche Hydraulique de Nanjing.
Table 2. — List of the geotechnical centrifuge studies at the Nanjing Hydraulic Research Institute

Thème	Nature des problèmes	Année
Remblai ferroviaire sur plage du port de Xiamen	Etudes spécifiques du site pour le projet	1982-83
Rupture du quai Wuwam	Etudes géomécaniques pour la réparation	1983
Consolidation d'argiles molles	Validation de modèles numériques	1985
Barrage en enrochement de Xibeikou avec revêtement en béton	Etude paramétrique et validation d'études numériques pour le projet	1986-87
Vidange rapide du réservoir d'un barrage en enrochement non revêtu	Etudes pour le projet	1987
Stabilité du barrage en terre Yangmaowan fondé sur du loess	Etudes pour amélioration de la stabilité	1987
Géomembrane dans le noyau en terre d'un barrage en enrochement établi sur une faille active	Etudes pour le projet	1988
Pentes maximales admissibles pour les épaulements d'un barrage en terre	Etudes pour le projet	1988

Tableau 3. — Liste des études géotechniques en centrifugeuse à l'Université de Huhai.
Table 3. — List of the geotechnical centrifuge studies at Huhai University

Thème	Nature des problèmes	Année
Consolidation d'un dépôt d'argile molle	Recherche appliquée	1982
Stabilité de pente	idem	1982
Tassement de remblai	idem	1982
Stabilité des fondations d'une digue du port de Chiwan	Etude spécifique pour un projet	1983
Stabilité d'un batardeau pour terre-plein remblayé au port de Liangun	idem	1984
Stabilité d'une écluse dans la baie Lianshi	idem	1985
Stabilité de batardeaux pour digue de l'usine pétrochimique de Shanghai	idem	1985
Consolidation de sol mou sous dépression	Etude de l'efficacité d'une méthode d'amélioration des sols	1984
Stabilité d'une digue et d'un mur de quai au port Yantai	Etude spécifique pour un projet	1985
Stabilité de barrages composés en cendres volcaniques	idem	1986-87

Tableau 4. — Liste des études géotechniques en centrifugeuse dans les autres universités et instituts chinois.
Table 4. — List of the geotechnical centrifuge studies of other universities and institutes

Thèmes	Nature des problèmes	Institut	Année
Remblai routier de Daihuang sur argile molle	Etude spécifique pour projet	IRSRY	1987
Etude des contraintes pour des structures bâties sur fondations non uniformes	idem	IRSRY	1987
Grand barrage en terre de Xiao-Longdi sur alluvions de la rivière Jaune	idem	IRSRY	1988-90
Barrage en enrochement sur alluvions épaisses avec rideau d'étanchéité en béton	idem	ICEHC	1985
Mur de soutènement	Recherche appliquée	Univ. Sud-Ouest	1986
Stabilité d'un dépôt compressible de grande épaisseur à Shanghai	Etude spécifique pour projet	ICFS	1987
Capacité portante de semelles sur des sables	Etude paramétrique	Univ. Tsing Hua	1986
Comportement d'un mur en sol renforcé	Recherche appliquée	Univ. Changsha	1987

5. CONCLUSIONS

Le développement économique de la Chine va conduire à rencontrer dans le futur un grand nombre de problèmes géotechniques. Dans ce contexte, il est certain que la modélisation en centrifugeuse a un brillant avenir. Bien que nous ayons franchi une première étape, nous devons continuellement améliorer les techniques d'essais, les méthodes de mesures, les installations... Nous sommes désireux d'apprendre de nos collègues étrangers et espérons que tous les chercheurs échangeront leur expérience. En particulier, le Comité Technique sur les essais en centrifugeuse (TC-2) de la Société Internationale doit mener la tâche d'orienter tous les pays dans les applications de la modélisation en centrifugeuse.

BIBLIOGRAPHIE

- JIA P.Z., WANG W.H., RU L.A. (1988), *The survey of conceptual design for a 450 g-t geotechnical centrifuge*. Centrifuge'88, Corté J.F. (éd.), pp. 17-22, Balkema, Rotterdam.
- LIU L.D., TANG J.H. (1988), *A huge centrifuge for geotechnical studies*. Centrifuge'88, Corté J.F. (éd.), pp. 33-36, Balkema, Rotterdam.
- WANG X. (1988), *Studies on the design of a large scale centrifuge for geotechnical and structural testing*. Centrifuge'88, Corté J.F. (éd.), pp. 23-28, Balkema, Rotterdam.
- ZHU W., LIU S. (1988), *NHRI geotechnical centrifuge operation*. Centrifuge'88, Corté J.F. (éd.), pp. 49-54, Balkema, Rotterdam.
- ZHU W., YI J. (1988), *Application of centrifuge modelling to study a failed quay wall*. Centrifuge'88, Corté J.F. (éd.), pp. 415-420, Balkema, Rotterdam.