

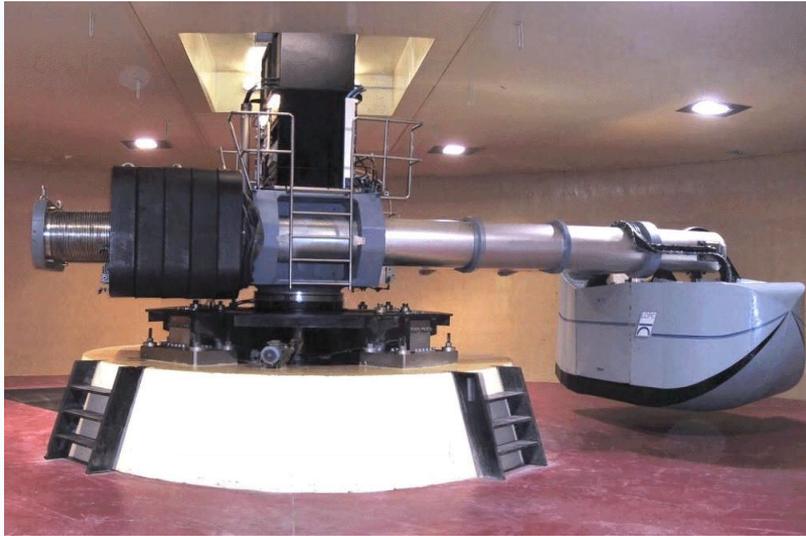
Journée Technique AFPS - CFMS

Liquéfaction

Modélisation physique de la liquéfaction des sols en macrogravité

Jean-Louis CHAZELAS

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Centre de Nantes



La centrifugeuse géotechnique 200 t-g du LCPC



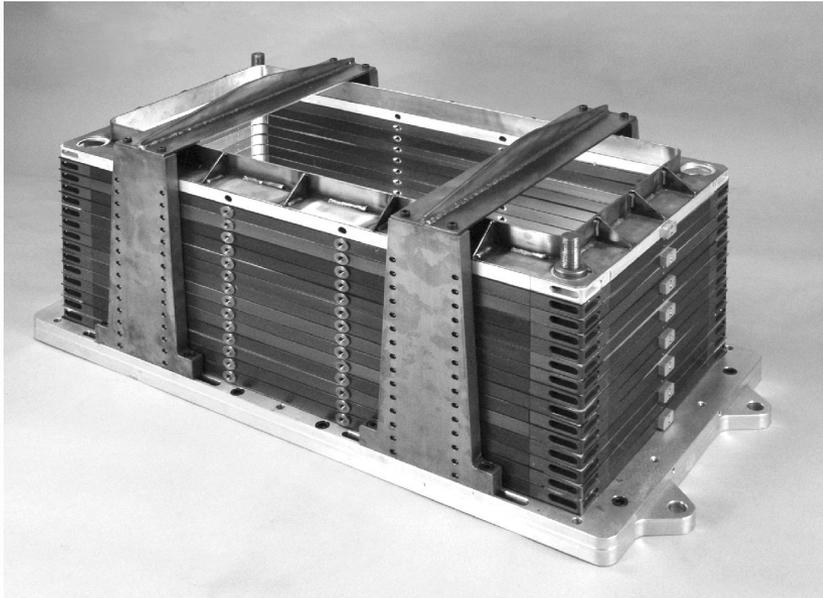
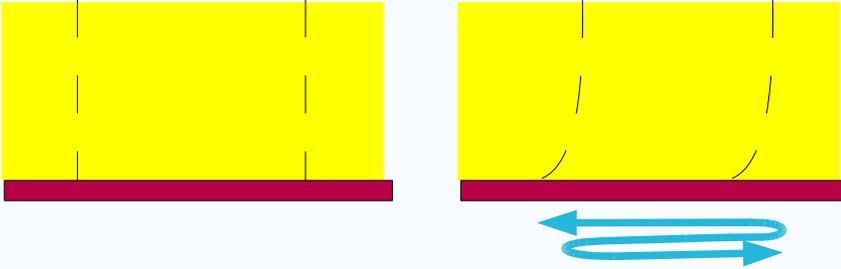
Le simulateur de séisme
(table vibrante embarquée)

- ◆ Conditions de réalisation de la modélisation de la liquéfaction à échelle réduite
- ◆ Les domaine d'emploi de la modélisation en centrifugeuse
- ◆ Exemple 1 : Pieux et « lateral spreading »
- ◆ Exemple 2 : Réduction du risque par colonnes, tubes, pieux et clous

Conditions nécessaires pour réaliser la simulation à échelle réduite

◆ Conteneur Laminaire

◆ Liquide de saturation à viscosité augmentée



$$\frac{Q}{S} = \frac{K}{\eta} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x}$$

Q : débit – m^3/s

S : Surface – m^2

K : Permeabilité – m^2

η : viscosité dynamique – $Pa.s$

ΔP : différence de pression hydraulique – Pa

ΔX : distance – m

$$\frac{L}{T} = \frac{K P}{\eta L}$$

$$L^* = 1/N$$

$$P^* = 1$$

$$K^* = 1$$

$$\text{si } (\eta) = 1 \quad T^* = 1/N^2$$

$$\text{si } (\eta) = N \quad T^* = 1/N$$

eau + méthylhydroxypropylcellulose (MPHC)

La production de résultats expérimentaux sur la liquéfaction

Articles de revue et Conférences 2000 – 2009 Compendex & Web of Science

◆ Initialisation, loi de comportement :	54 publications
◆ Colonnes balastées, drains, clouage	21 publications
◆ Traitements dans la masse	2 publications
◆ Interaction sol – fondations superficielles	15 publications
◆ Interaction sol – pieux (hors lateral spreading) :	29 publications
◆ Déclenchement et évolution du lateral spreading ;	14 publications
◆ Interaction sol – pieux et lateral spreading (LS):	22 publications
◆ Murs de soutènement (y.c. LS)	7 publications
◆ Murs palplane en soutènement ou en confinement	8 publications
◆ Dignes BA (Caissons)	4 publications
◆ Dignes en terre, remblais	25 publications
◆ Structures souterraines (dallots, métros)	6 publications
◆ Stabilités de pente	5 publications
◆ Tuyaux et pipelines	7 publications

TOTAL : 220 publications

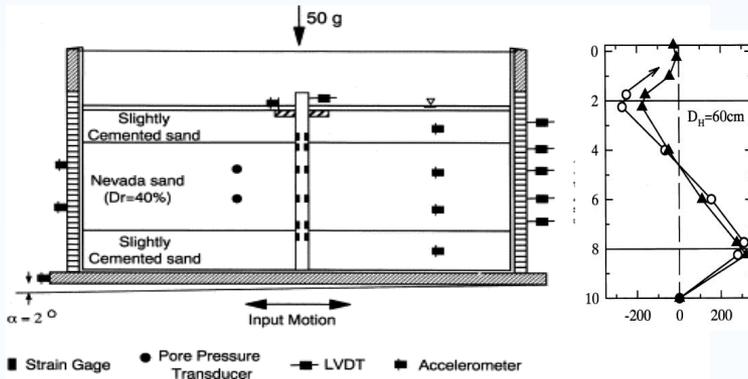
La production de résultats expérimentaux sur la liquéfaction

Articles de revue et Conférences 2000 – 2009 Compendex & Web of Science

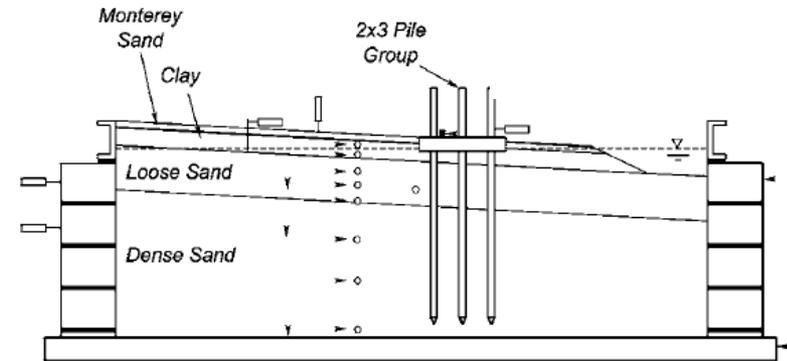
◆ Initialisation, loi de comportement :	54 publications
◆ Colonnes balastées, drains, clouage	21 publications
◆ Traitements dans la masse	2 publications
◆ Interaction sol – fondations superficielles	15 publications
◆ Interaction sol – pieux (hors lateral spreading) :	29 publications
◆ Déclenchement et évolution du lateral spreading ;	14 publications
◆ Interaction sol – pieux et lateral spreading (LS):	22 publications
◆ Murs de soutènement (y.c. LS)	7 publications
◆ Murs palplane en soutènement ou en confinement	8 publications
◆ Diques BA (Caissons)	4 publications
◆ Diques en terre, remblais	25 publications
◆ Structures souterraines (dallots, métros)	6 publications
◆ Stabilités de pente	5 publications
◆ Tuyaux et pipelines	7 publications

TOTAL : 220 publications

Thématique 1 - Pieux et lateral spreading

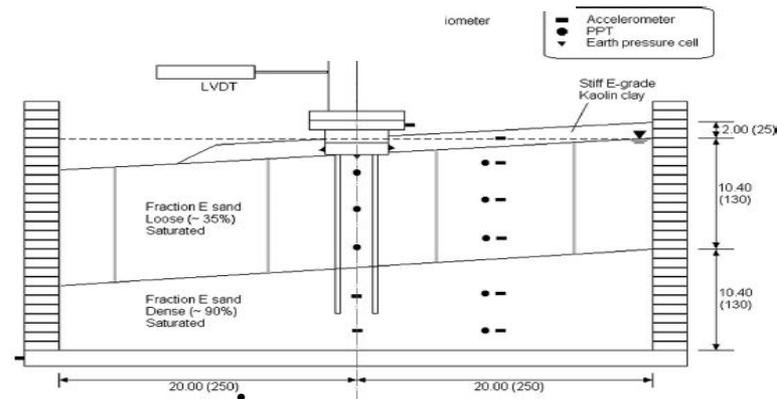


- Abdoun, T. and Dobry, R., 2002
Soil Dynamics and Earthquake Engineering

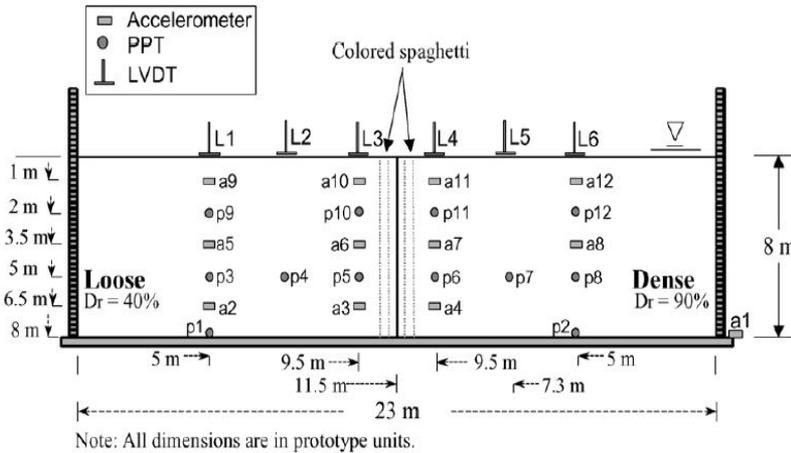


- Brandenberg, S. J., Boulanger, R. W., Kutter, B. L. & Chang, D., 2006 -ASCE Geotechnical Special Publication
- Liyanapathirana, D. & Poulos H, 2010,., Computers and Geotechnics ,

- J. A. Knappett and S. P. G. Madabhushi, 2008, Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering

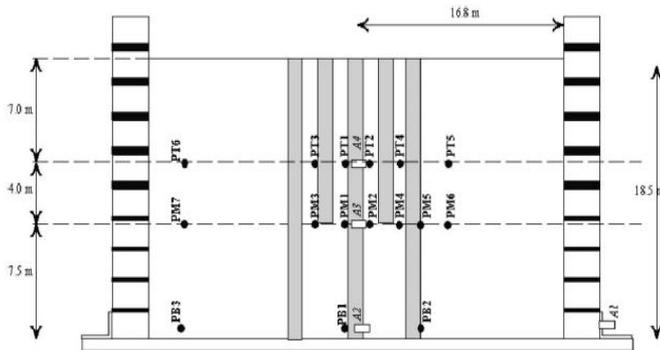


Thématique 2 - Traitement par colonnes ballastées, drains et cloutage

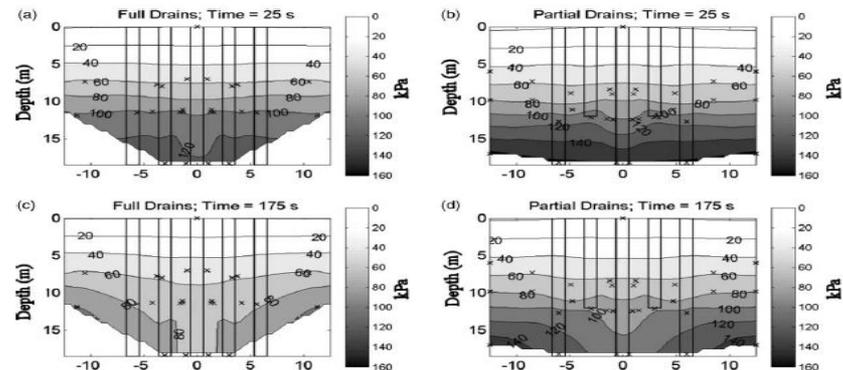


Adalier, K. & Elgamal, A., 2002, Soil Dynamics and Earthquake Engineering

- ◆ mécanismes d'échange pendant montée puis pendant la descente de la p.i
- ◆ Importance de la profondeur du traitement par drains au sable
- ◆ Fonctionnement des drains ballastés
- ◆ Utilisation de drains plastique
- ◆ Utilisation de clous pour bloquer le lateral spreading
- ◆ Deep mixing



• Brennan, A. & Madabhushi, S., 2006, Soil Dynamics and Earthquake Engineering





Un moyen puissant

- ◆ Pour observer les phénomènes et les quantifier
 - temps de relaxation de la p.i., evolution spatiale de la p.I.dans les drains, boucles p-y sur les pieux
- ◆ Mener des études paramétriques :
 - Moments dans les pieux en pointe et dans les pieux flottants, effets de groupe et de distance entre pieux
- ◆ Comparer des méthodes de traitement
 - Traitement en masse, par drain, deep mixing
- ◆ Caler les paramètres de modèles numériques
- ◆ Tester, Valider des modèles numériques simplifiés

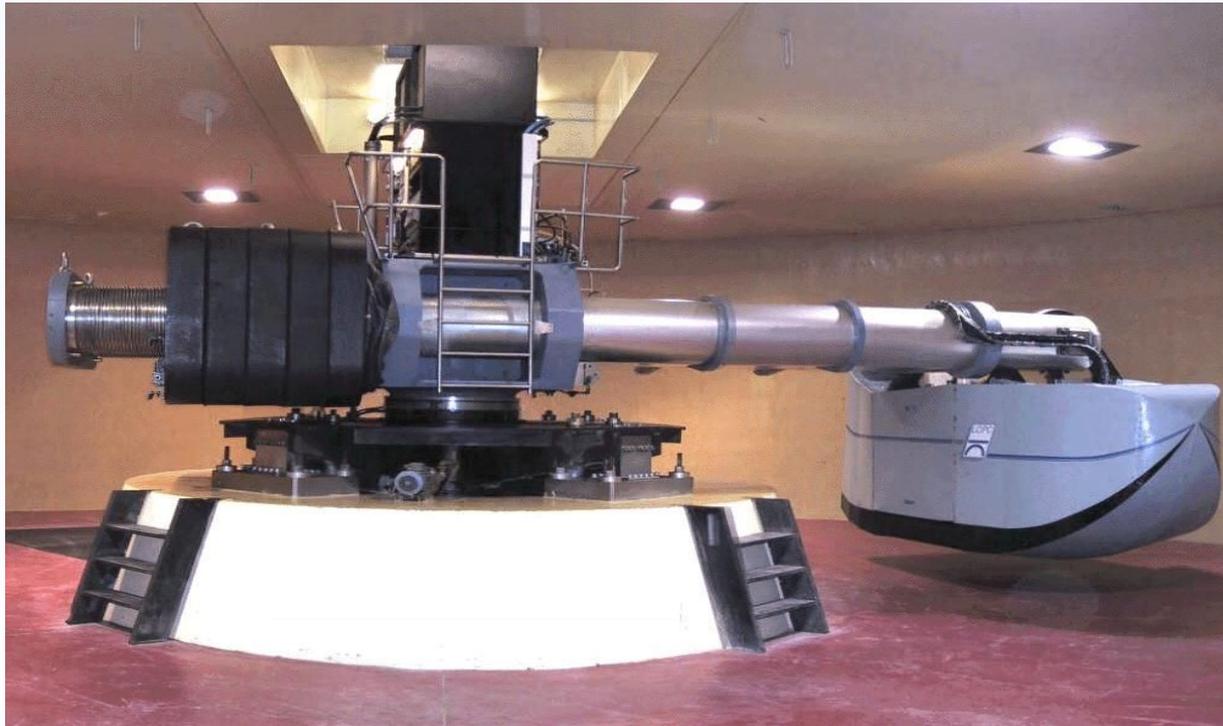


Un moyen puissant

- ◆ Pour observer les phénomènes et les quantifier :
 - temps de relaxation de la p.i., evolution spatiale de la p.i.dans les drains, boucles p-y sur les pieux ...
- ◆ Mener des études paramétriques :
 - Moments dans les pieux en pointe et dans les pieux flottants, effets de groupe et de distance entre pieux...
- ◆ Comparer des méthodes de traitement
 - Traitement en masse, par drain, deep mixing ...
- ◆ Caler les paramètres de modèles numériques
- ◆ Tester, Valider des modèles numériques simplifiés

Merci de votre attention

Reduced scale modelling in the Centrifuge and Earthquake simulation at LCPC – Nantes Center



Static tests

- Payload ≤ 2 tons
- Centrifuge accel. ≤ 100 g
- Soil box :
1,20 x 0,80 x 0,36 m
- Non Coherent soil ;
Fontainebleau sand
- Coherent soil ;
Kaolinite

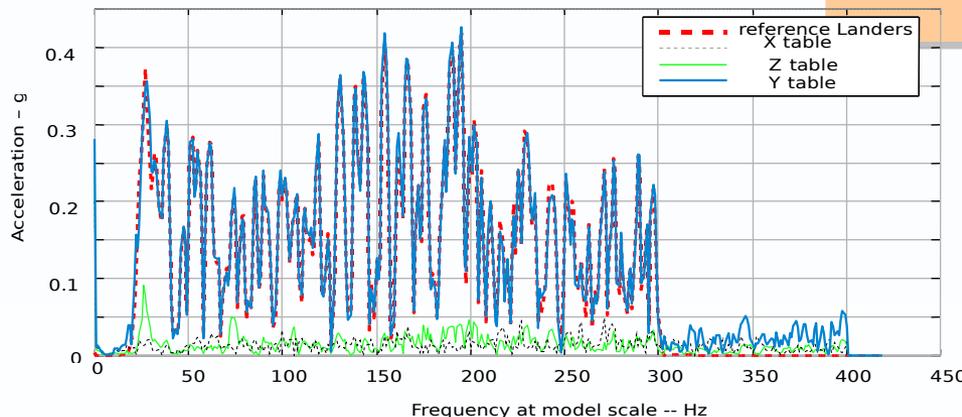
	Scaling Factors
Length	1/N
Stress	1
Volumetric mass	1
Acceleration, gravity	N
Volume, Mass	1/N ³
Time	1/N
Frequency	N

Reduced scale modelling in the Centrifuge and Earthquake simulation at LCPC – Nantes Center



Seismic Tests

- Payload ≤ 400 kg
- Centrifuge accel. ≤ 80 gc
- Max horizontal accel : 40 g at 80 gc
20 g at 40 gc
- Max velocity : 1 m/s
- Max displacement : 5 mm
- Sines : 20 – 200 Hz
- Real Earthquakes : 20 – 300 Hz
- Soil box : 0,80 x 0,35 x 0,42 m



Example : Lander 1992

40 g c

Filtered 0,5 – 7,5 Hz prototype