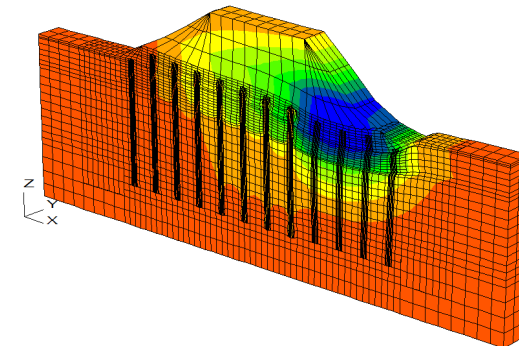
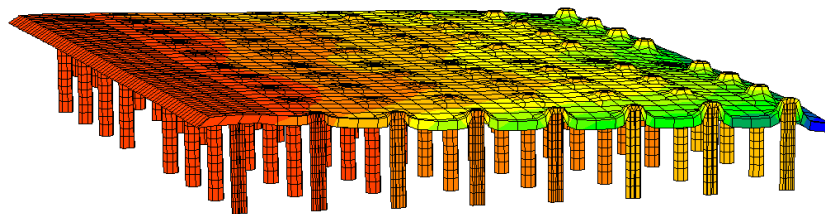


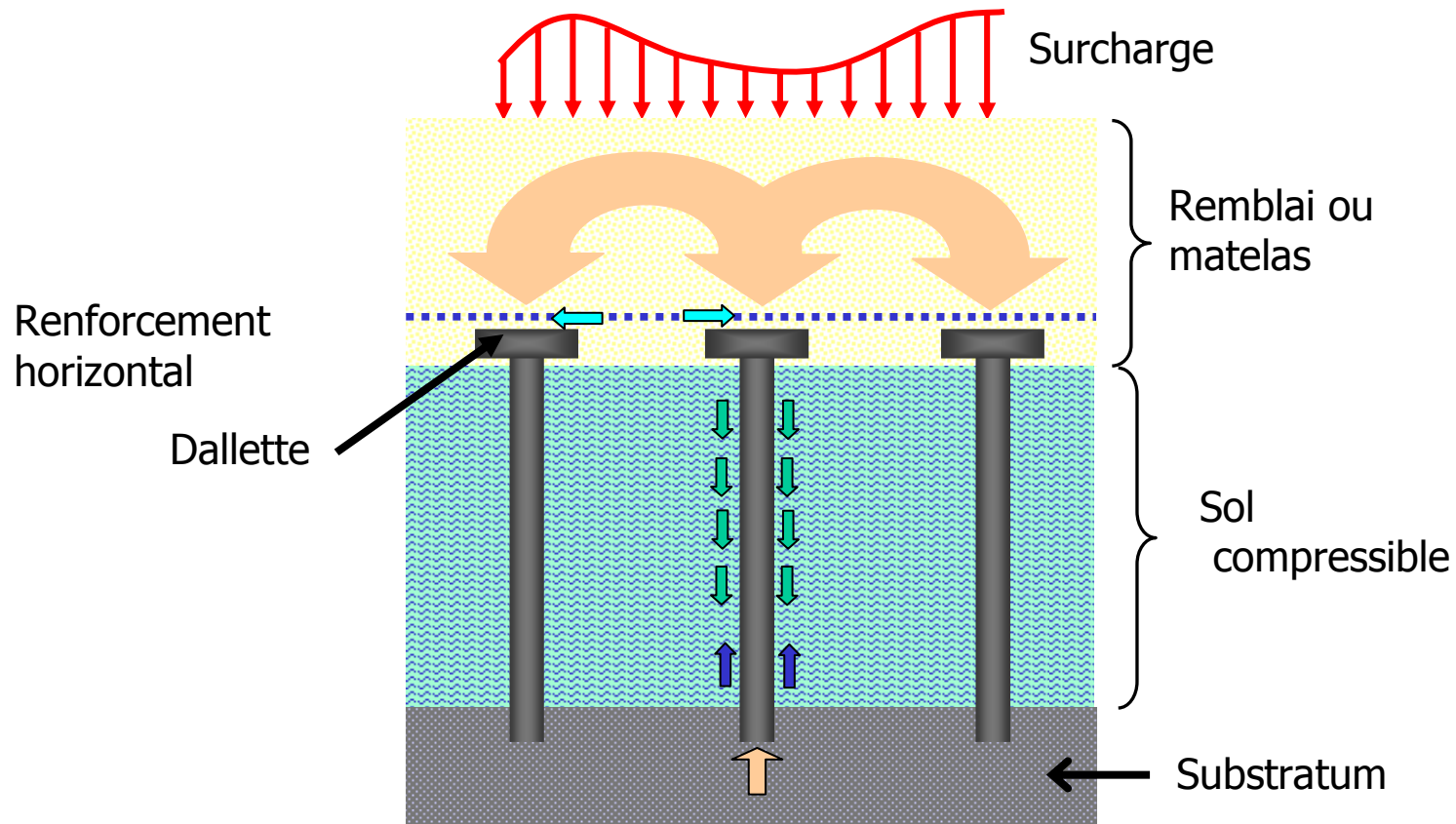
Inclusions rigides : calculs en éléments finis

Daniel Dias



16 Mars 2011

Mode de fonctionnement



➡ Interaction sol - structure

Modélisations effectuées

- Modélisation d'une expérimentation en vraie grandeur
- Modélisation en centrifugeuse
- Dallages
- Semelles

Expérimentation en vraie grandeur de Chelles



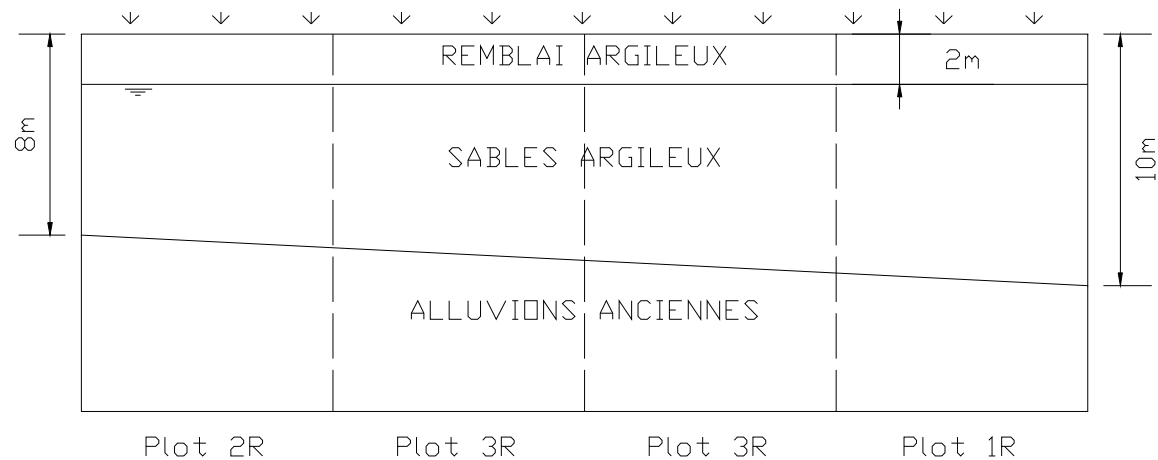
Profil géologique

ALLUVIONS SABLO-ARGILEUSES:

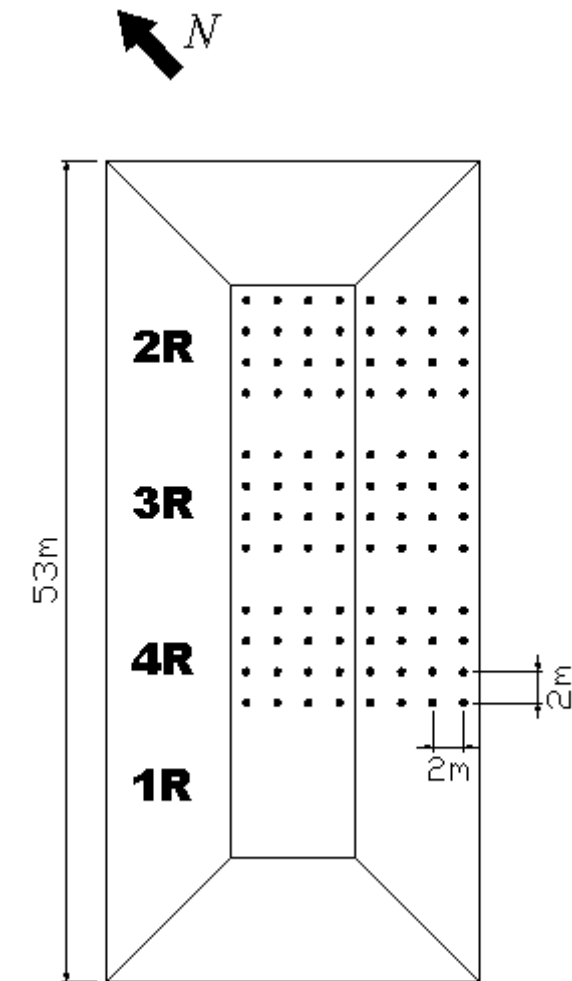
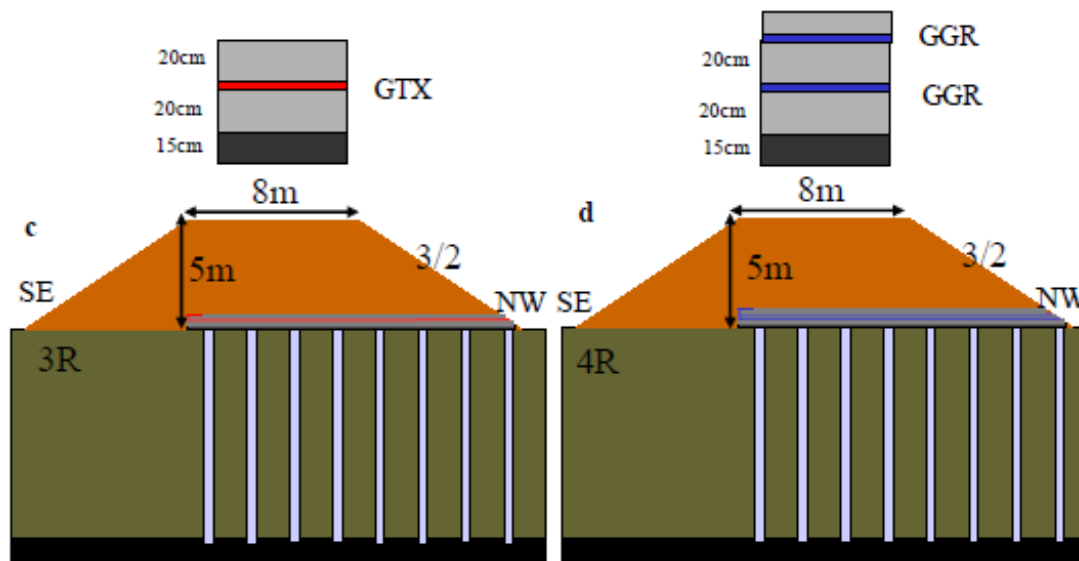
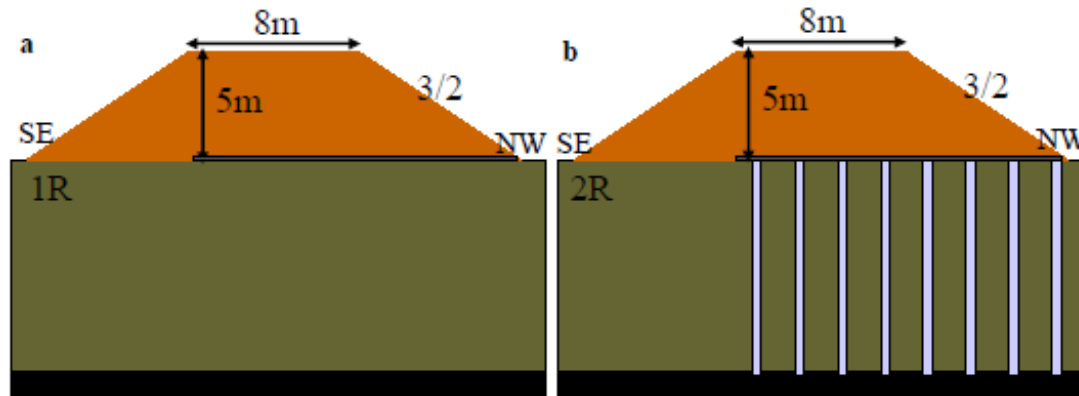
- $E_M < 3\text{MPa}$
 - $p_l < 0.3\text{MPa}$
 - $0.06 < C_c/(1+e_0) < 0.2$
- Comportement oedométrique => Cam-Clay
 - Surconsolidation
 - Comportement drainé

ALLUVIONS ANCIENNES

- $22.5\text{MPa} < E_M < 34.5\text{MPa}$
- $2.3\text{MPa} < p_l < 4.2\text{MPa}$



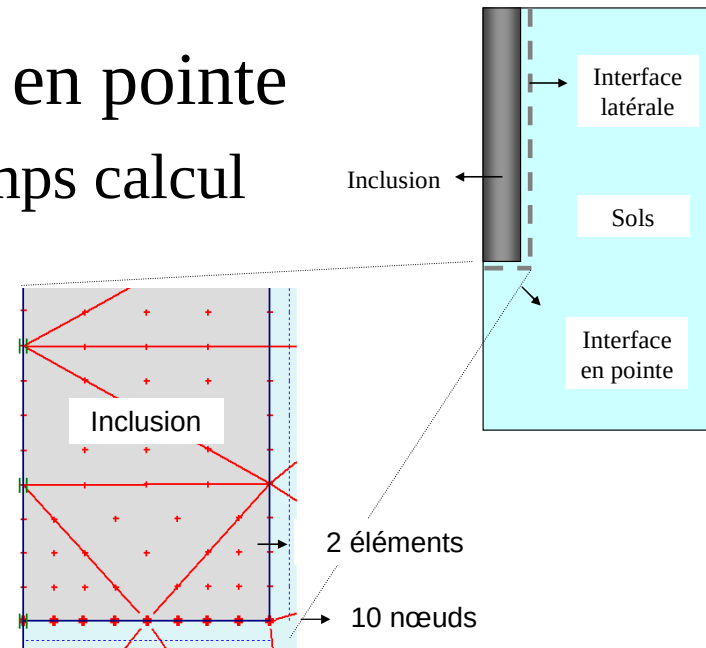
Plots expérimentaux



Chargement d'une inclusion - Elaboration du modèle numérique

- Extension
 - latérale 15D depuis axe
 - verticale 10D sous pointe
- minimum 2 éléments 15 nœuds en pointe
 - meilleur compromis précision/temps calcul
- interface verticale sous pointe
 - Influence faible

(Nunez et al., ASIRI)



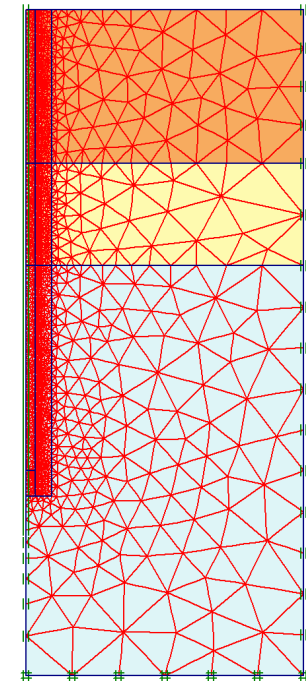
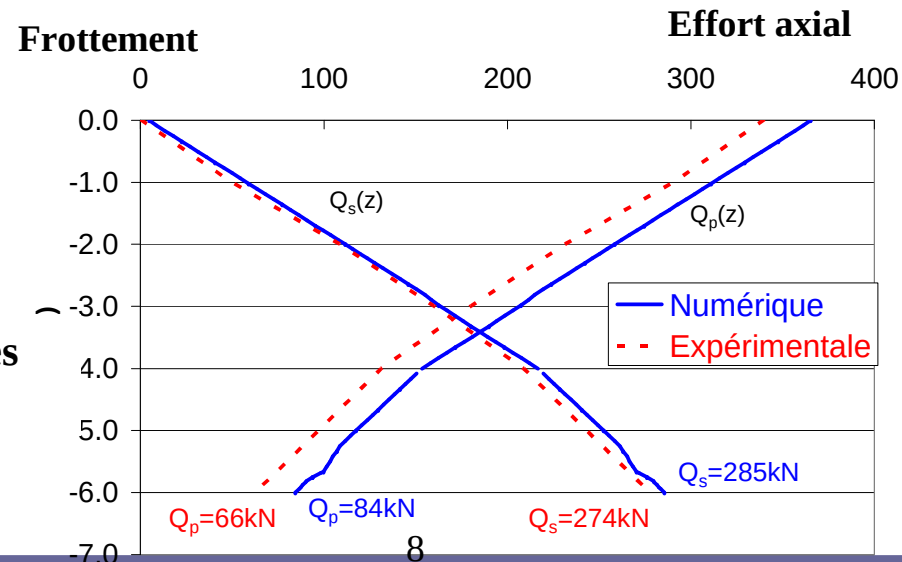
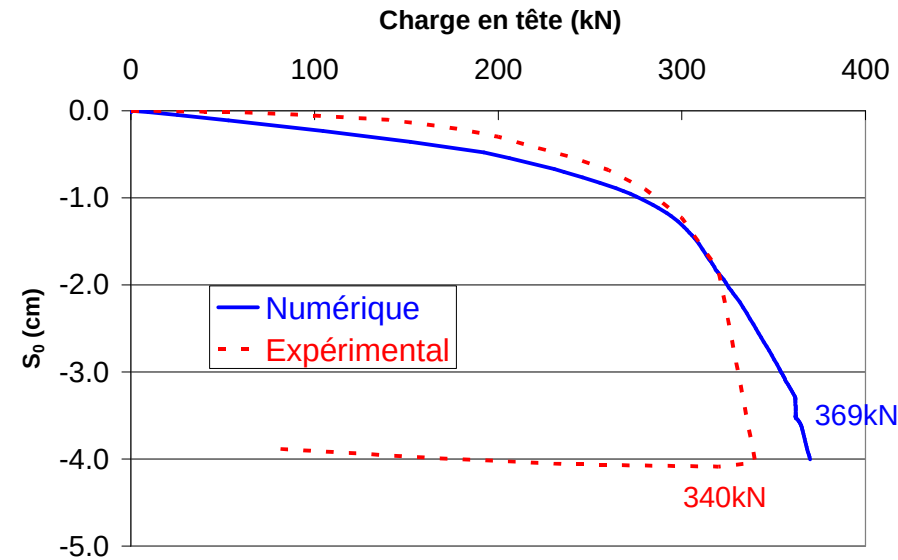
Chargement d'une inclusion

- Chelles

Resistance de
l'inclusion

Inclusion flottante

Distribution des
efforts



Inclusions rigides : calculs en éléments finis

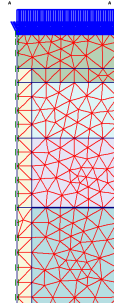
Recommandations

- Le calage de la modélisation numérique sur l'essai de chargement de pieu est nécessaire :
 - => S'assurer que les hypothèses géotechniques retenues correspondent à la réalité du site en place.
 - => Première étape lors d'un dimensionnement.
- Propriétés du substratum => calage de la pointe
- Paramètres d'interaction sol/structure => nécessité d'une interface

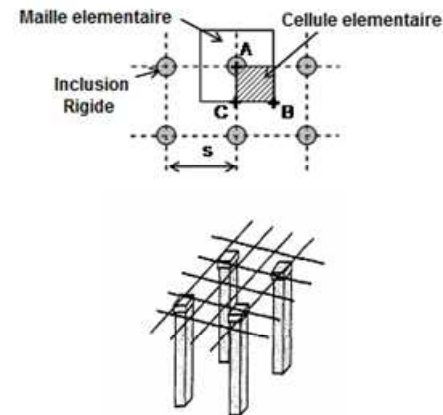
Modèles numériques

Cellule Élémentaire

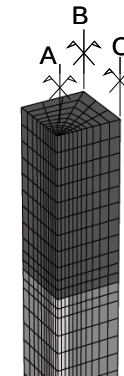
- Modèle rapide de mettre en œuvre
- Réseau infini



PLAXIS



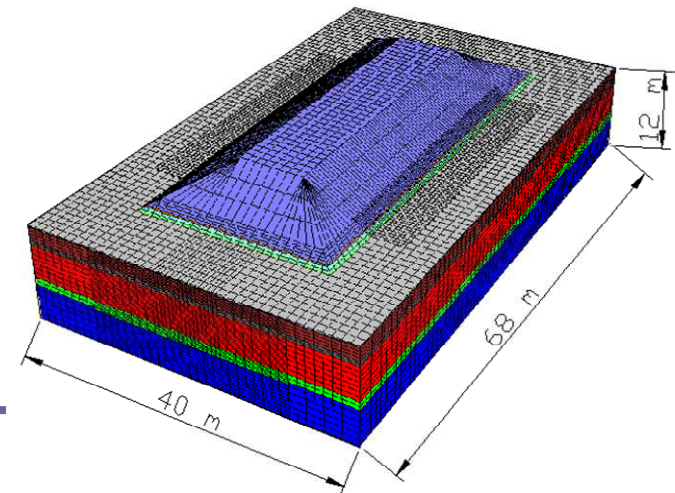
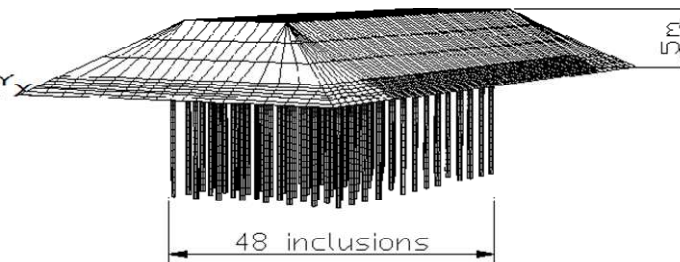
3D



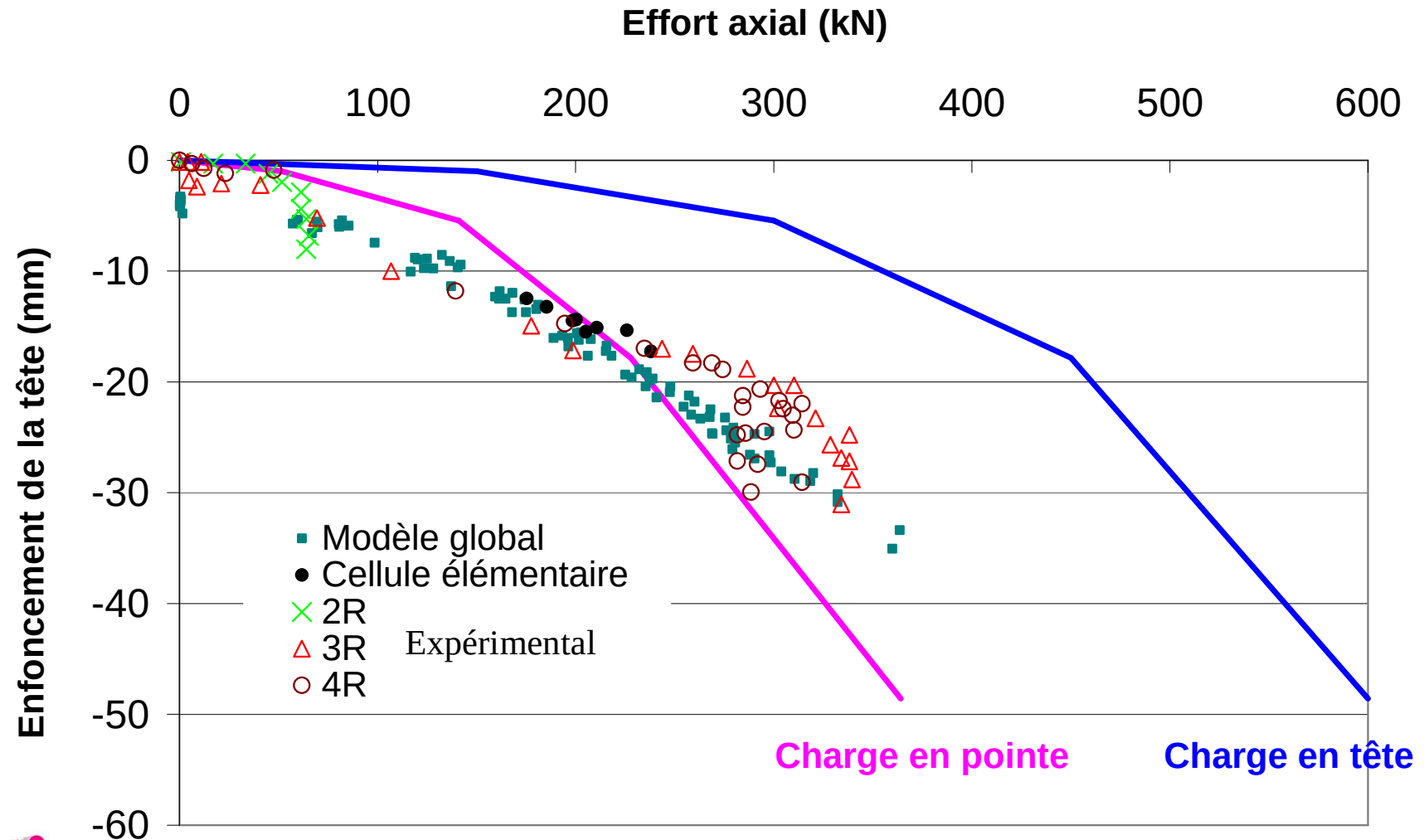
FLAC3D

Modèles globaux

- Impact entre différents plots
- Temps de calculs



Comportement des plots - Chelles

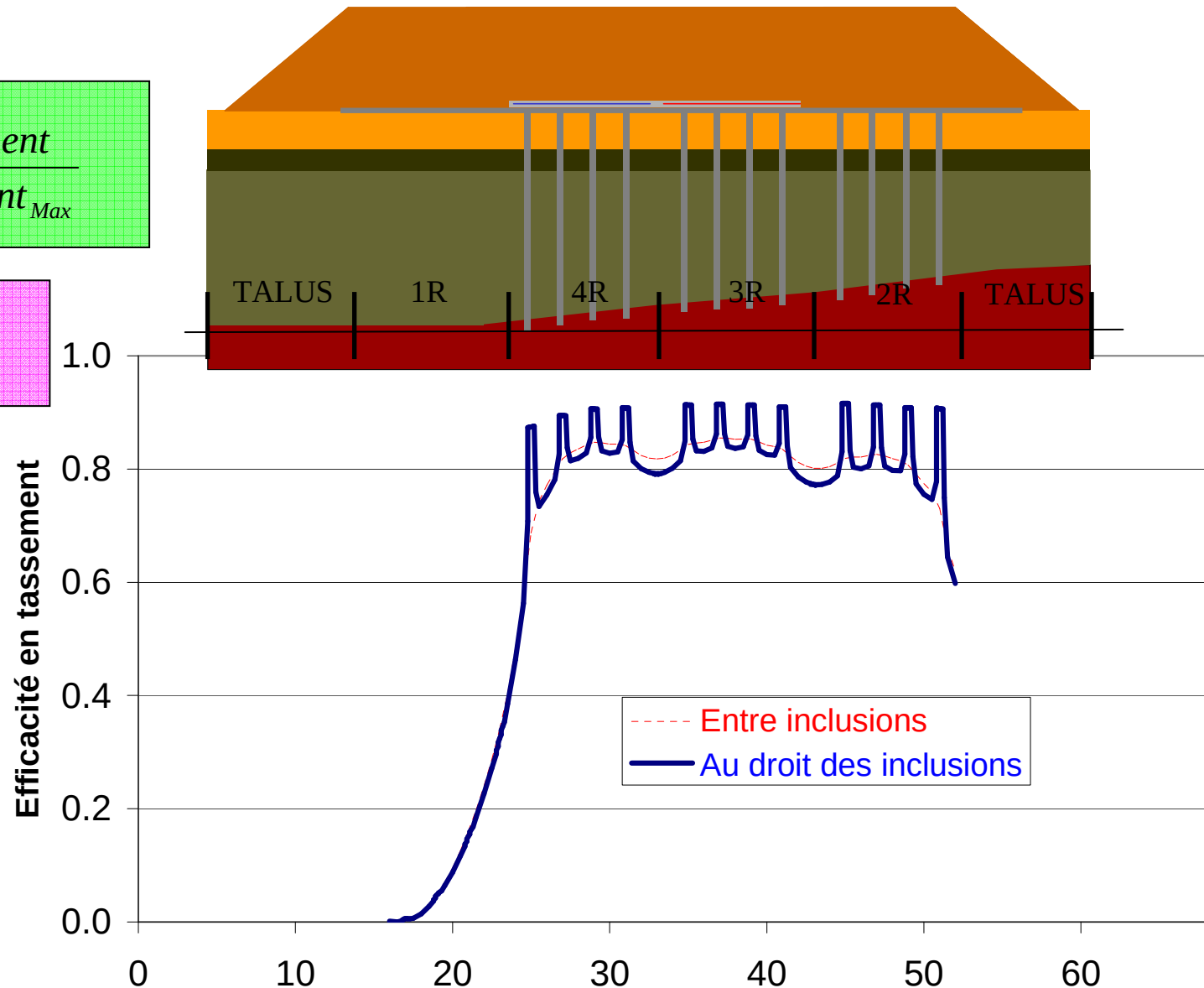


Tassements

$$E_{Tass} = 1 - \frac{Tassement}{Tassement_{Max}}$$

Avec inclusions:

$$0.7 < E_{Tass} < 0.9$$



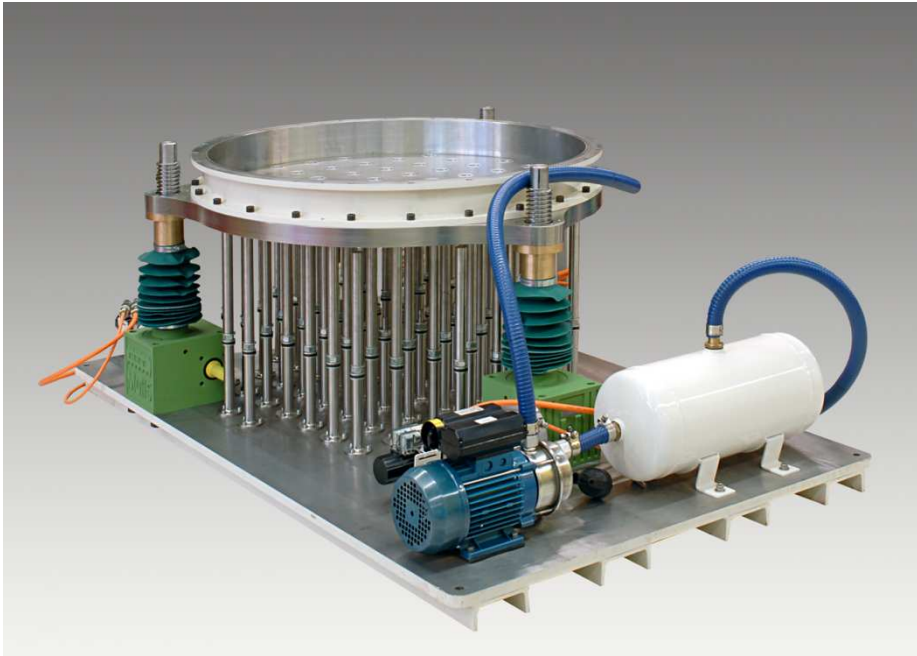
Inclusions rigides : calculs en éléments finis

Points clés

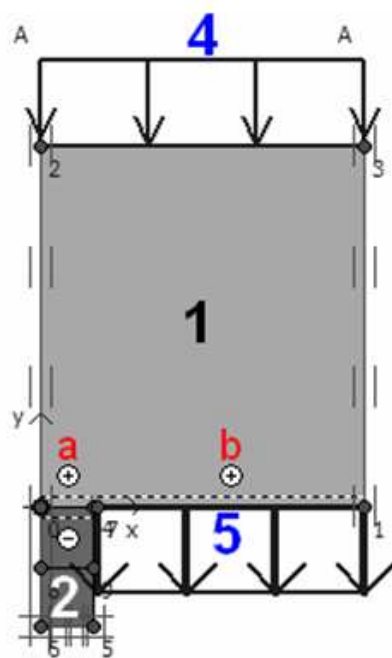
- ◆ **Confrontations entre modèle 2D axisymétrique et 3D en cellule élémentaire :**
 - ◆ **Comportement semblables et cohérents**
 - ◆ **Faible écart entre les résultats (de l'ordre de 9%)**
 - ◆ **L'utilisation d'une modélisation 2D axisymétrique est suffisante dans le cas d'un dimensionnement réel si les conditions de symétrie sont remplies.**
- ◆ **Les inclusions du centre des plots sont proches des conditions de symétrie nécessaires pour l'utilisation des cellules élémentaires. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser un modèle tridimensionnel pour les inclusions centrales.**

Essais en centrifugeuse

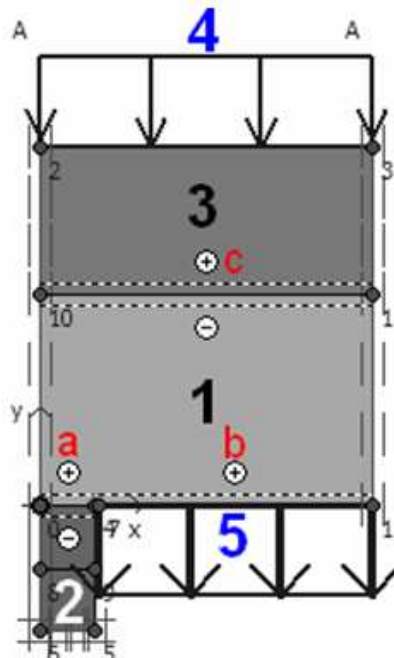
Principe des essais



Modèles numériques



a) Cas du remblai



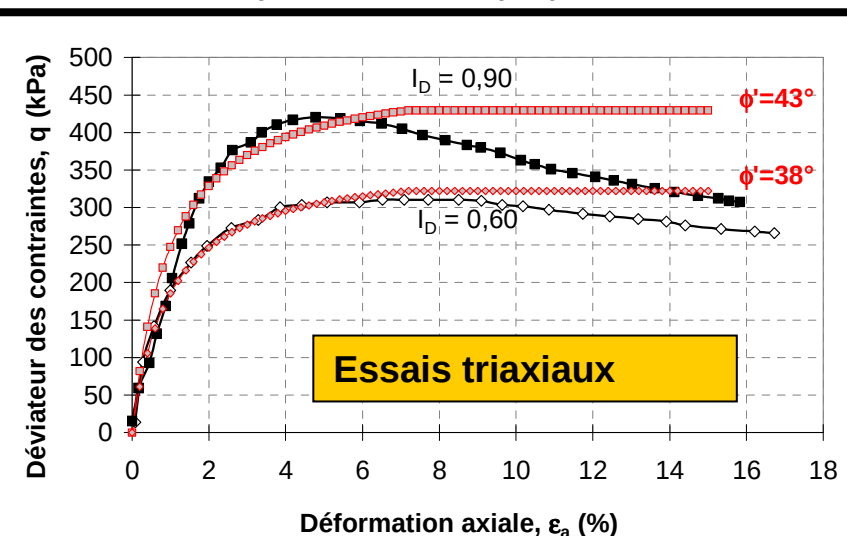
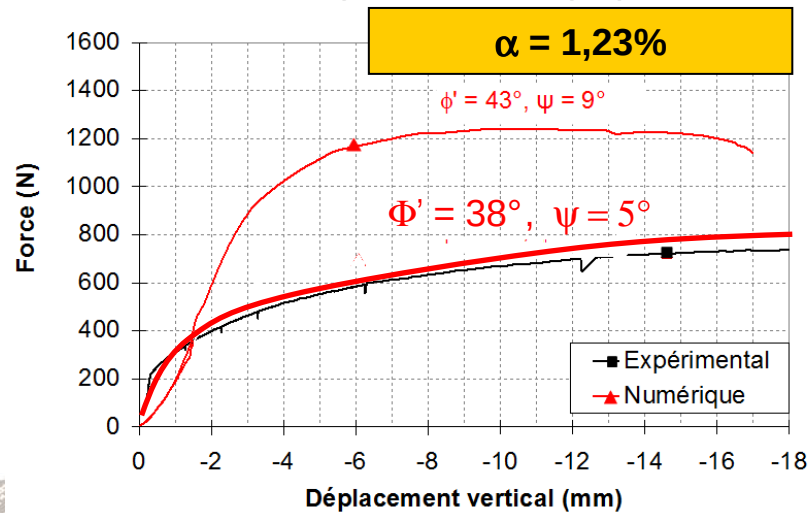
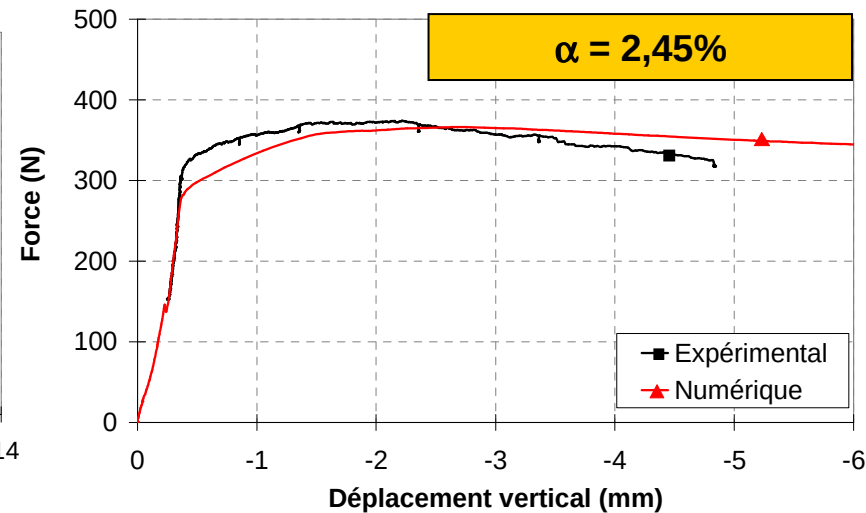
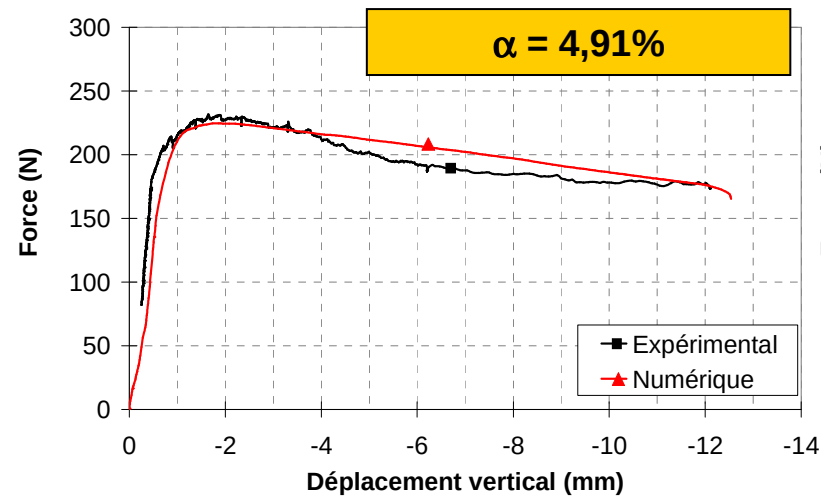
b) Cas du dallage

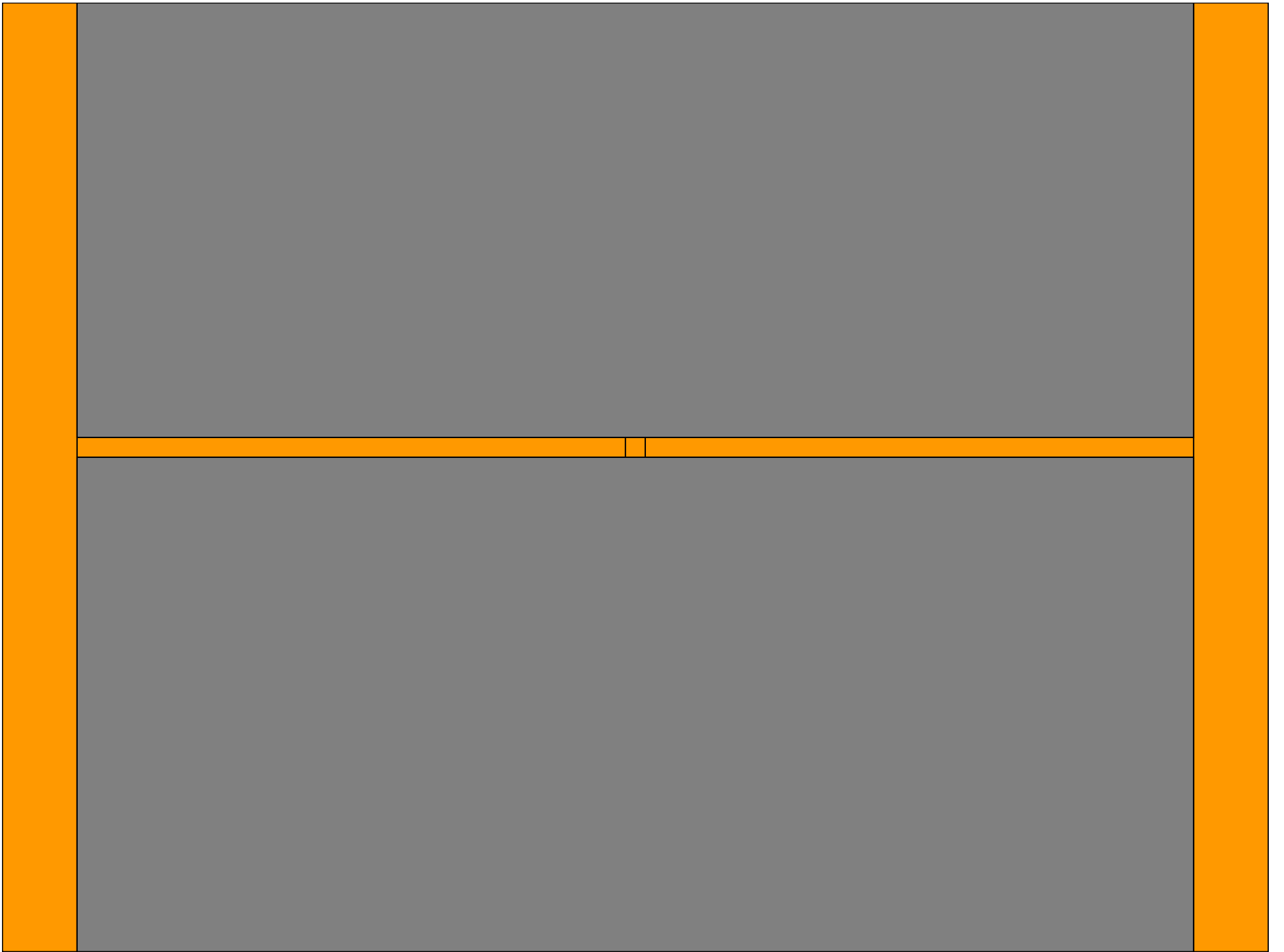
- 1 – Matelas
- 2 – Inclusion rigide
- 3 – Dallage
- 4 – Surcharge
- 5 – Plateau mobile
- a – Interface A
- b – Interface B
- c – Interface C

(Okyay et al., ASIRI)

Confrontation Expérimental/Numérique

MATELAS GRANULAIRE





Dallages

Impact des inclusions sur les sollicitations dans le dallage

©2006 Itasca Consulting Group, Inc.

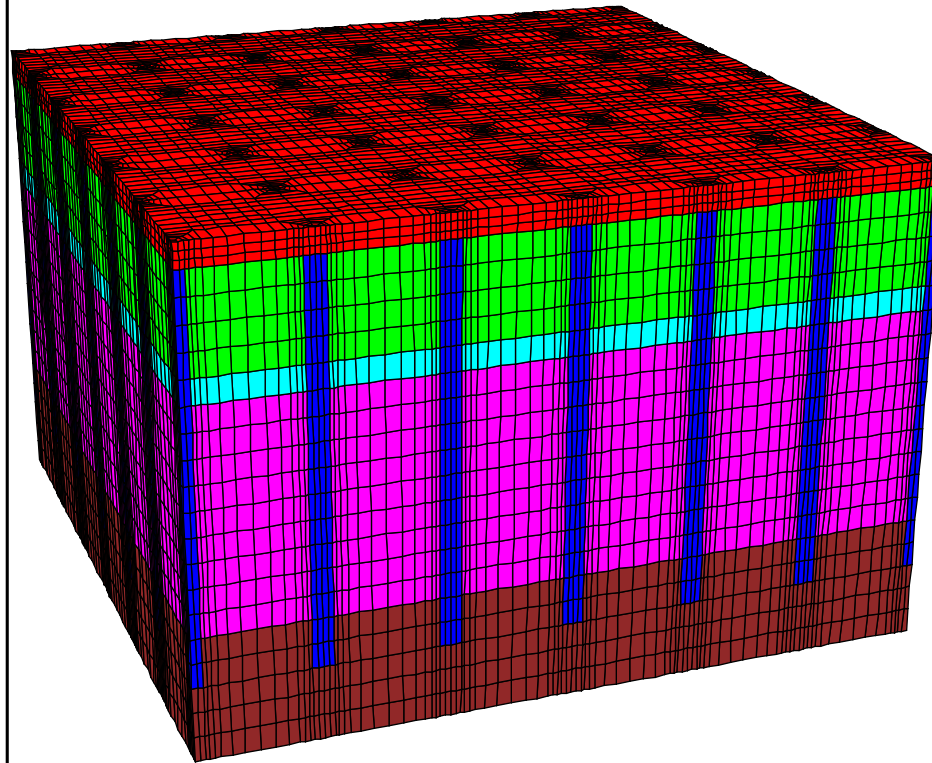
Step 185566 Model Perspective
17:02:22 Mon Jun 07 2010

Center:	Rotation:
X: 8.354e+000	X: 21.192
Y: 6.737e+000	Y: 0.426
Z: -5.593e+000	Z: 21.170
Dist: 4.898e+001	Mag.: 0.938
	Ang.: 22.500

Block Group

Live mech zones shown

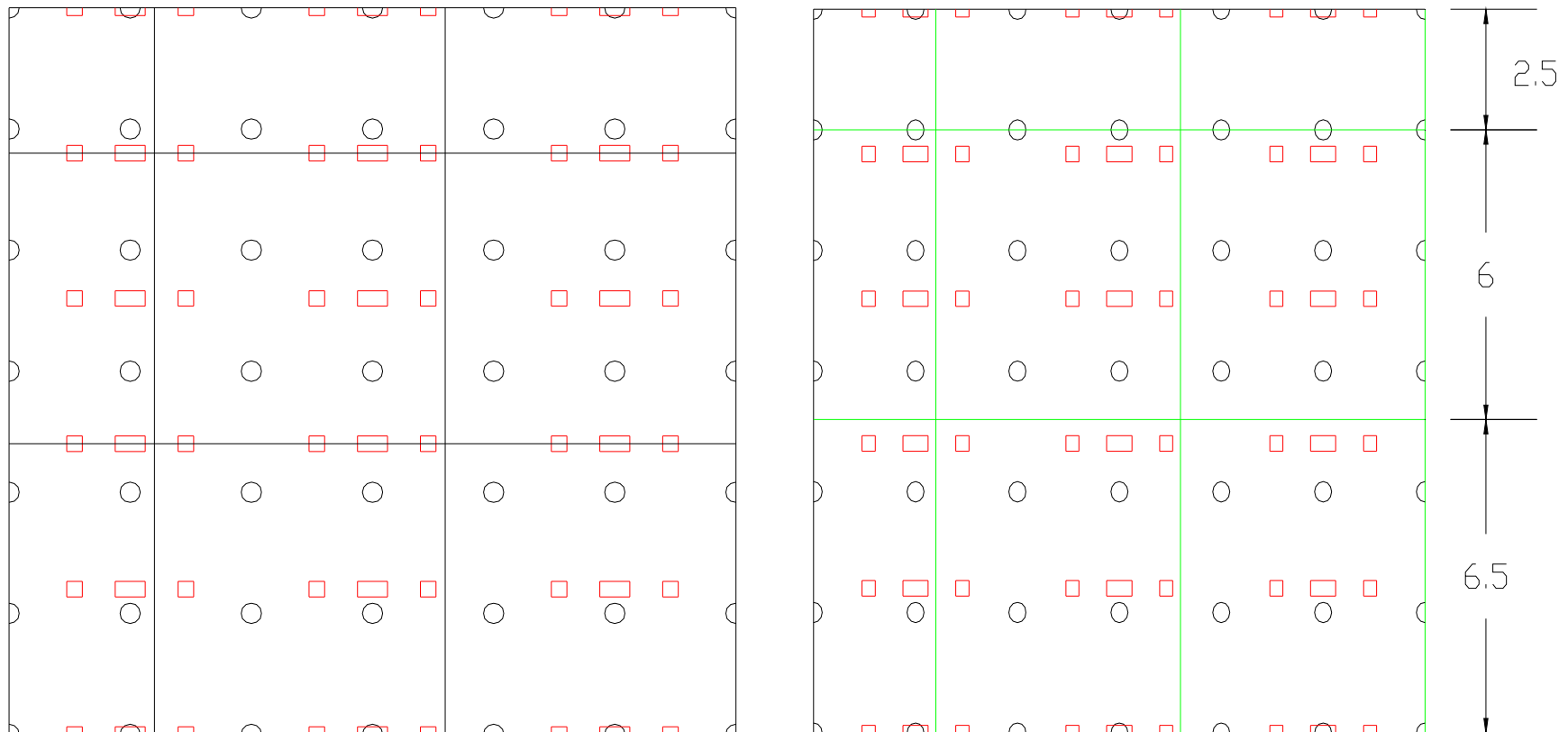
inclusion
matelas
sol compressible 1 hn
sol compressible 2 hn
sol compressible 2 sn
substratum



Itasca Consulting Group, Inc.
Minneapolis, MN USA

Flac^{3D}, 80000 zones

Prise en compte des joints du dallage et des racks



Flac^{3D}, 170 000 zones

My : IR(JT)

FLAC3D

©2006 Itasca Consulting Group, Inc.

Step 6786956 Model Pe
17:56:59 Sun Oct 10 201

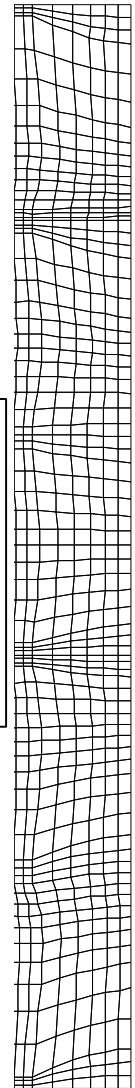
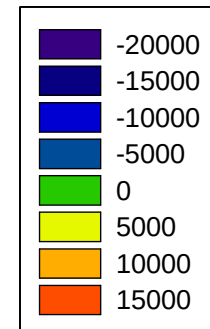
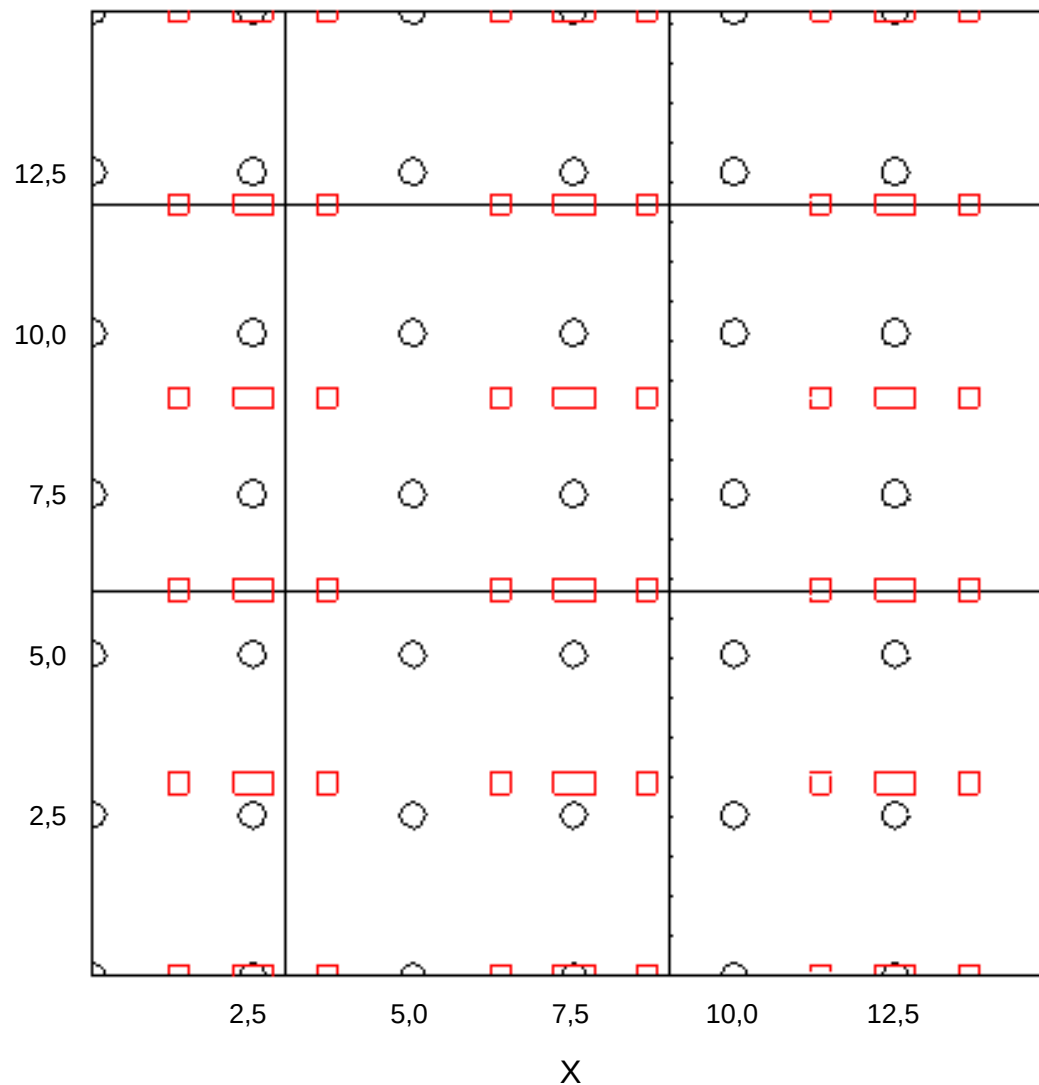
Center: R
X: 7.442e+000 X
Y: 7.706e+000 Y
Z: -4.758e+000 Z
Dist: 4.898e+001 M
Ar

Sketch

Magfac = 0.000e+000
Live mech zones show
Linestyle

Interface Locations

>



Itasca Consulting Group,
Minneapolis, MN USA

A.S.T.M.

Projet National

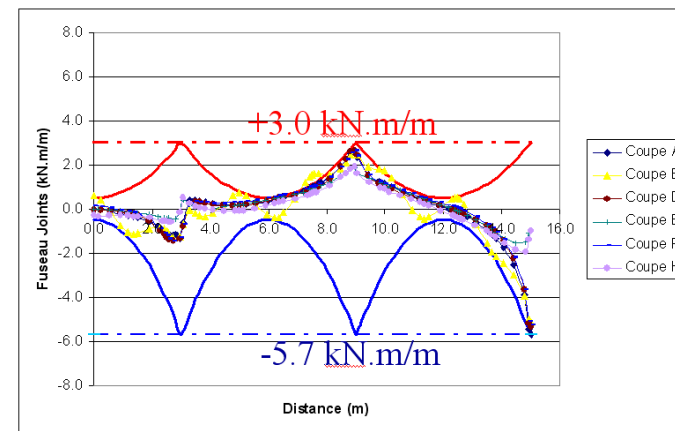
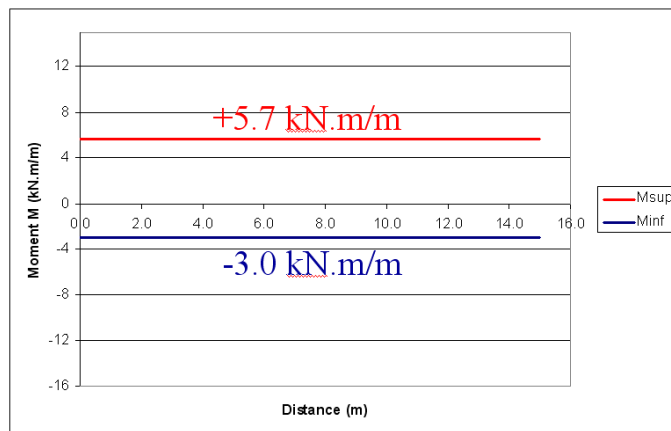
Amélioration des Sols par Inclusions Rigides

Opération du Réseau Génie Civil et Urbain

Inclusions rigides : calculs en éléments finis

Objectif : méthode simple

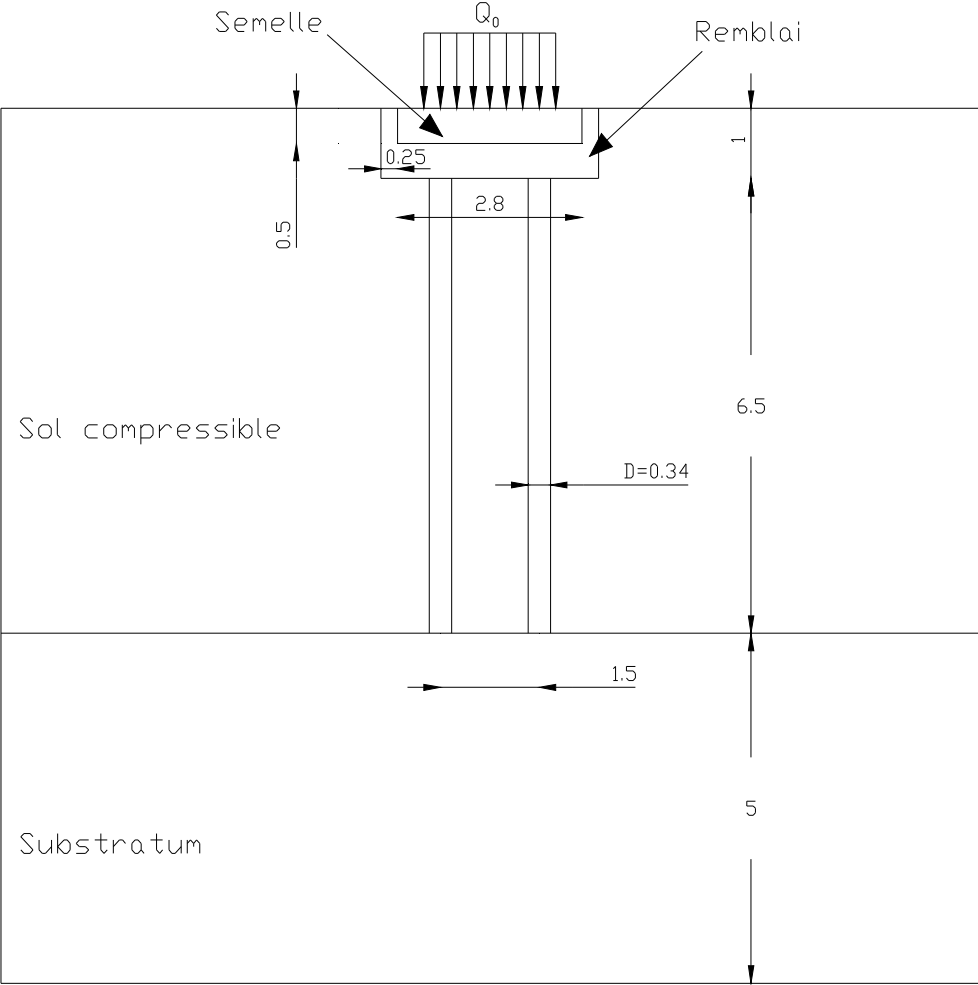
- Les calculs ont permis de mettre en évidence 3 termes isolés :
 - modèle avec joints reposant sur un sol homogénéisé équivalent
 - l'influence des Inclusions Rigides sur le moment de flexion d'un dallage sans joint,
 - l'interaction entre Inclusions Rigides et joints



- Mise au point d'une méthode dite des moments additionnels

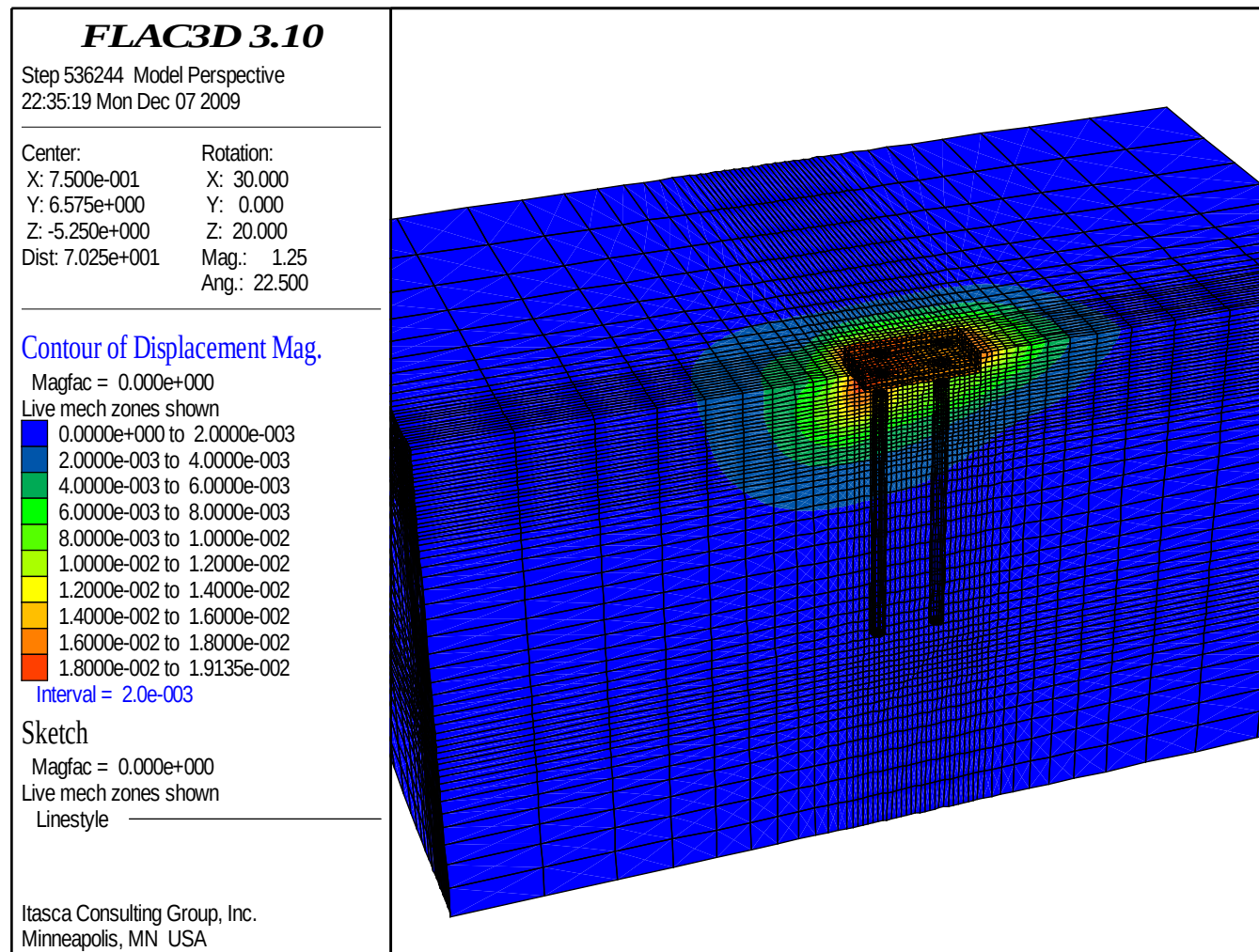
Semelles

Modélisation des semelles



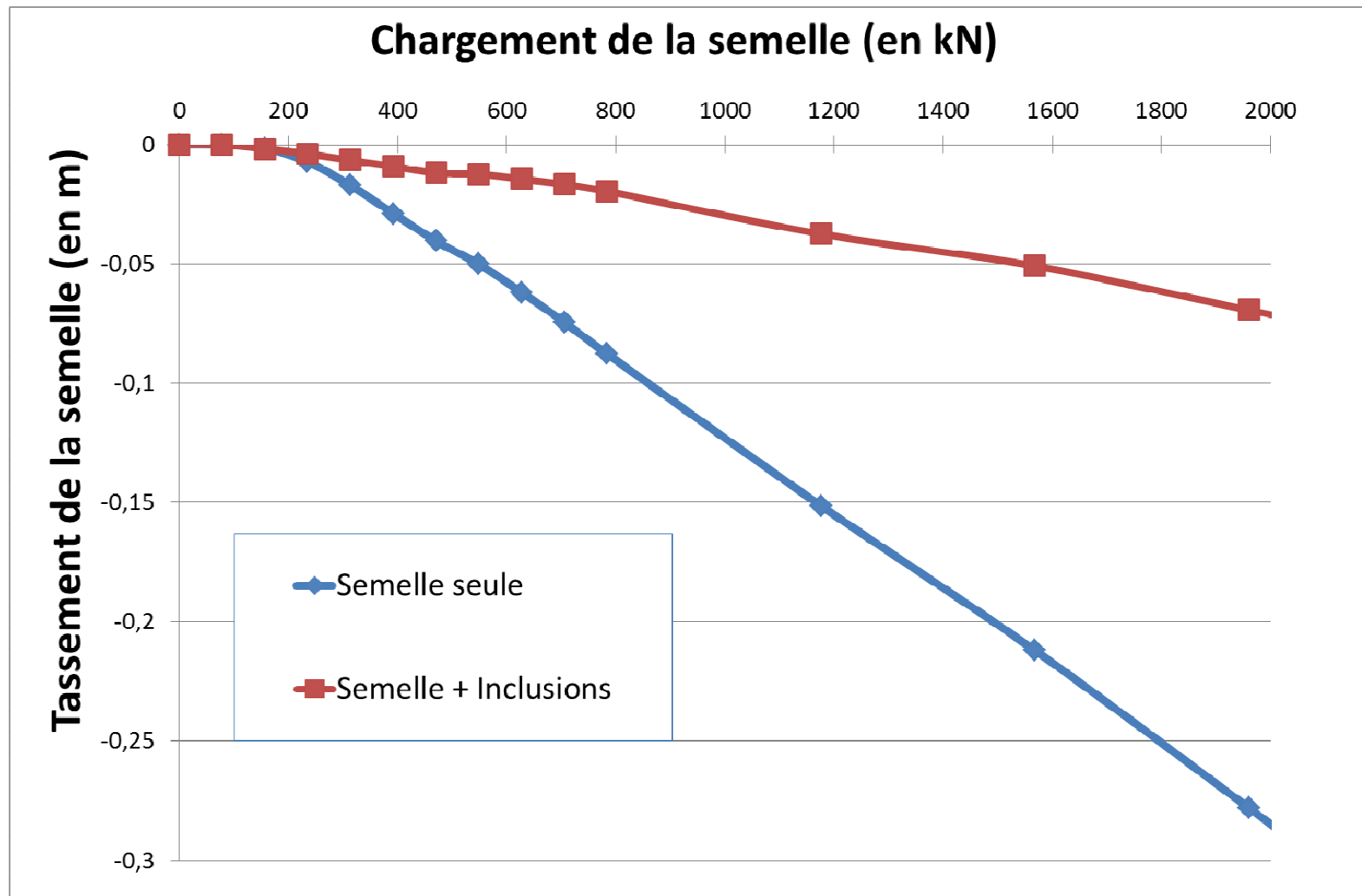
Problème 3D d'interaction sol/structure 3D (Semelle sous 4 inclusions)

Modélisation des semelles

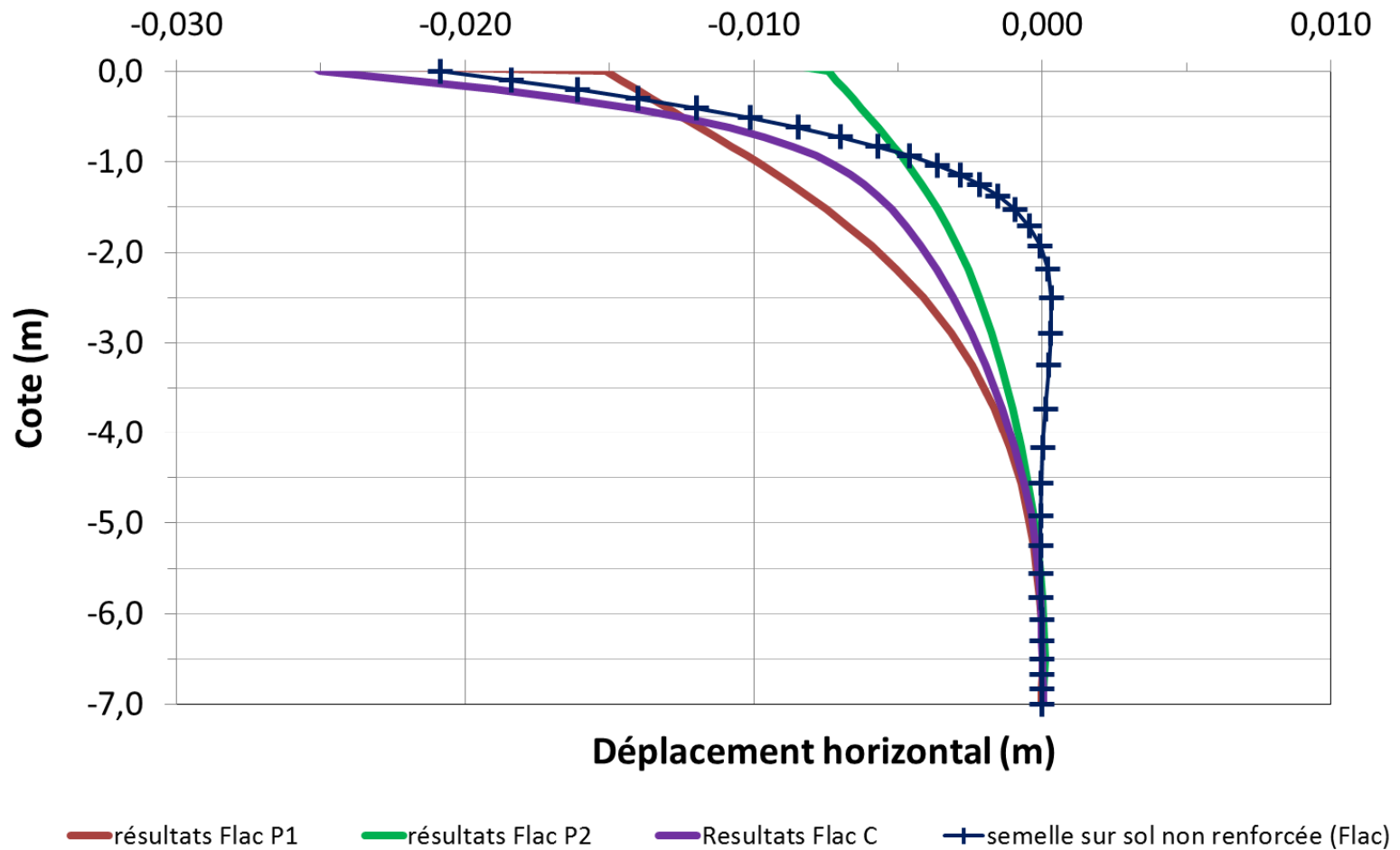


Interfaces => temps de calculs très importants (2 à 3 semaines si chargement NTM)

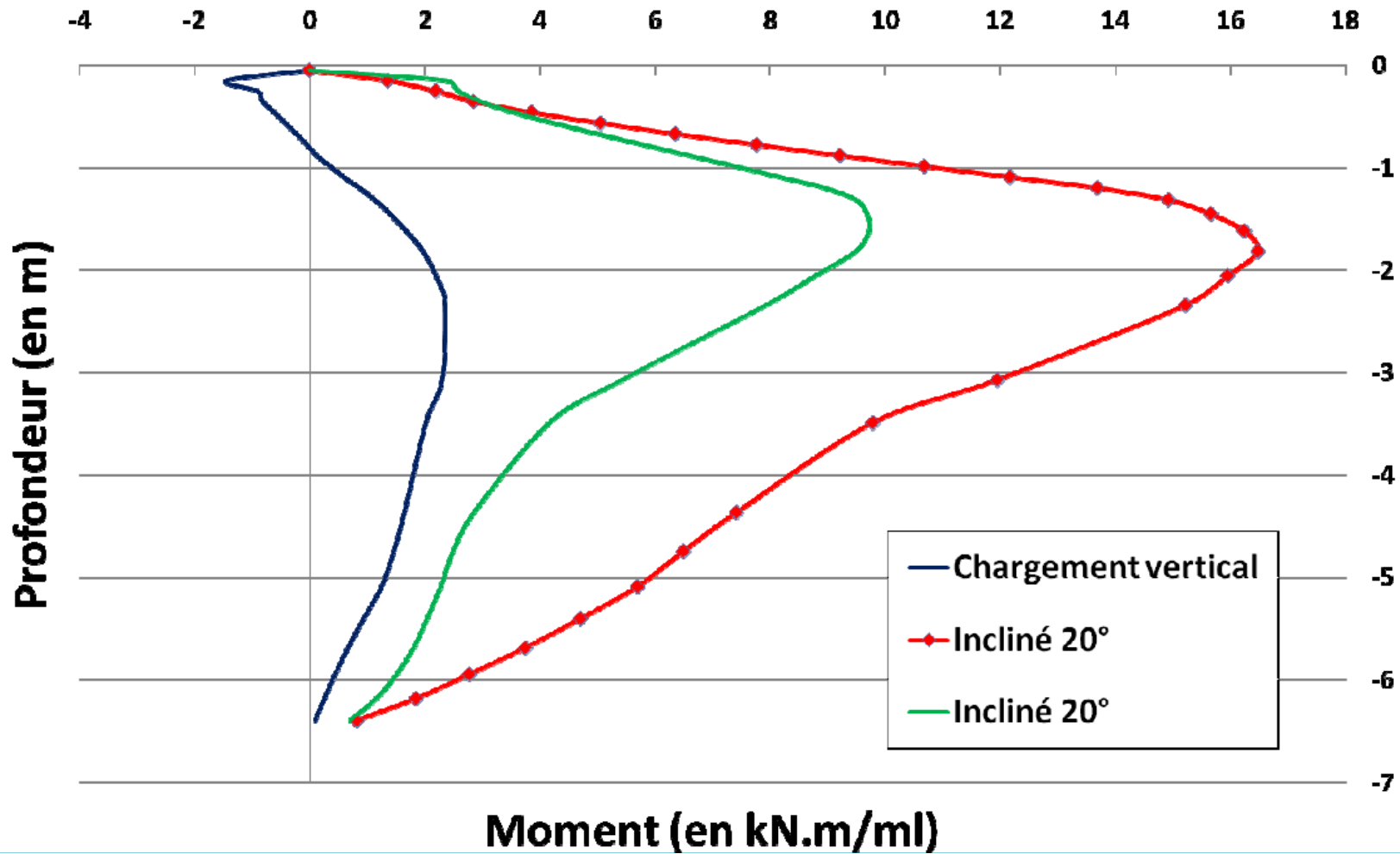
Chargement vertical



Chargement NTM (200kPa à 10°)



Chargement N & NTM (150kPa)



Merci de votre attention



Amélioration des Sols par Inclusions Rigides
Opération du Réseau Génie Civil et Urbain

Inclusions rigides : calculs en éléments finis