



Journée technique du CFMS du 5 décembre 2017

**« *Pratique de l'interaction sol-structure sous sollicitations  
statiques et sismiques* »**

**Questions fréquentes : ISS**

**Echanges entre géotechniciens et BE structure**

Présentateurs : Dominique ALLAGNAT/Luc BOUTONNIER (Egis Géotechnique)

# Contenu



- Introduction
- Un dialogue nécessaire
- Exemples de problématiques
- Exemples de projets
- Conclusions

# Introduction (1/2): état des lieux



Interaction sols/structure: statique ou dynamique (séisme), avoisinants (déformations, vibrations)

Nombreuses situations de projet :

- Radiers et semelle filantes: plateformes portuaires ou industrielles, grue-portique, etc.
- Fondations d'ouvrages: pieux, micropieux, barrettes, puits, semelles
- Écrans de soutènement (situation plutôt bien gérée)
- Sol renforcé IR (problème géotechnique)
- Ouvrages souterrains (tunnels, caverne)

Structures « portées » par le sol ou structures intégrées au sol

# Introduction (2/2): objectif



Ambition =

Compréhension ISS dans les projets

Encore quelques difficultés/ incompréhension ou approximation  
dans situations simples d'interaction

Présentation =

Exemples de situations types (à éviter)

+

Exemples de projets

# Un dialogue nécessaire (1/2)



L'interaction sol-structure est une histoire de dialogue :

- Dialogue entre la **structure et le sol**
- Dialogue entre les **acteurs**
  - Spécialistes en structure
  - Spécialistes en géotechnique
- Dialogue entre les **outils de calculs**
  - Logiciels de structure (souvent modélisation numérique du type éléments finis: Robot, ANSYS, logiciels spécialisés pour OA...)
  - Calculs géotechnique: manuels (courbe de réaction), logiciels d'interaction simple (FOXTA, RIDO/K-REA,...), modélisations numériques élaborées en 2D ou 3D (Plaxis, FLAC, Cesar)

# Un dialogue nécessaire (2/2)



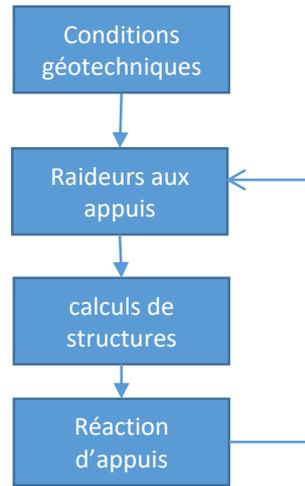
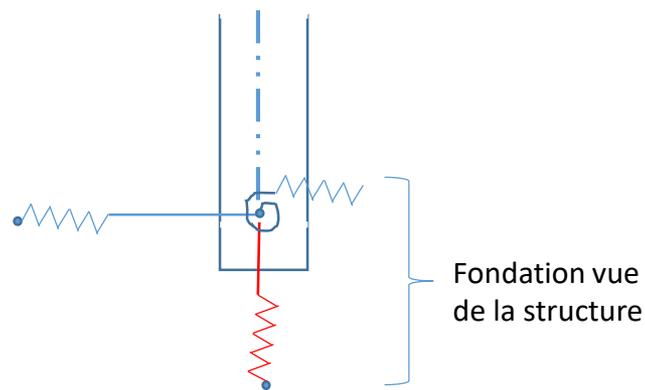
Le retour d'expérience montre que le point le plus important est le dialogue entre les acteurs :

- Structure : « *donnes moi les « ressorts » à appliquer à mon modèle !* »
- ↳ Géotechnique : « *mais cela dépend des sollicitations que tu dois me donner !* »



Dialogue de sourds

# Exemples de problématiques (1/3)



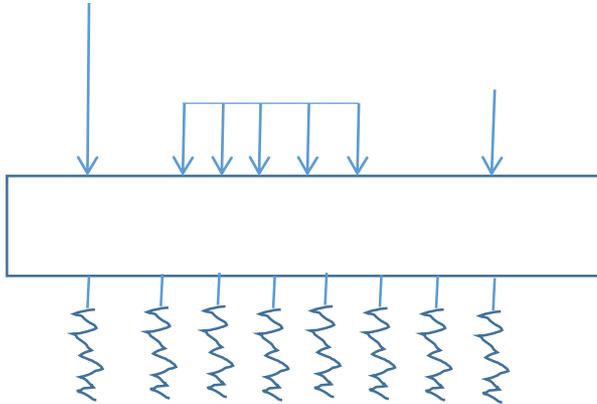
Itération:  
portance,  
tassement,  
raideur



Fondations : difficultés rencontrées:

- Itérations insuffisantes
- Représentation schématique des interactions par des ressorts (approche linéaire)
- Représentation partielle des degrés de liberté
- Calculs en dynamique : impédance dynamique, amortissement

# Exemples de problématiques (2/3)



Structure « filante » ou « surfacique »: difficultés rencontrées

- Réactions linéaires
- Tractions
- Problématique de fatigue

# Exemples de problématiques (3/3)



Les hommes et l'organisation des études et travaux:

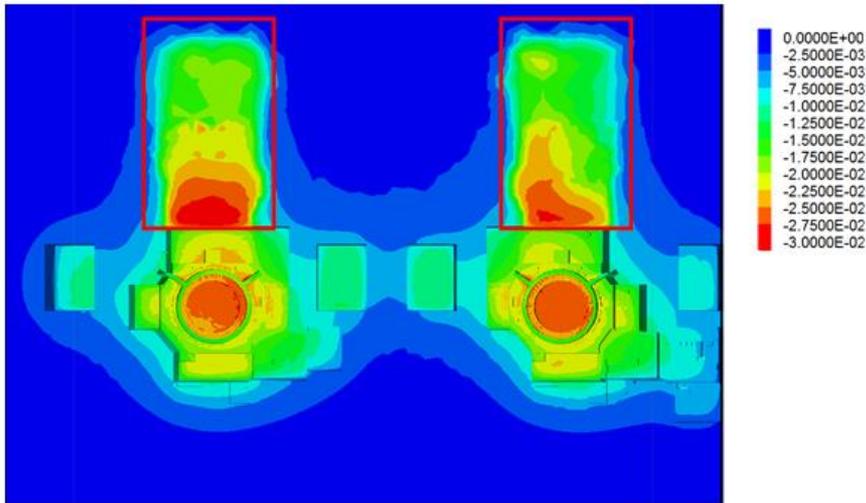
- situation favorisant le dialogue: concepteur de la structure et mission géotechnique G2 (NF P 94500) dans le même contrat
- situation à éviter:
  - étude géotechnique G2 comme entrant de l'étude structure
  - contrat de l'étude G2 soldée lorsque l'étude structure est effectuée
  - Pas de spécialiste en géotechnique pour accompagner l'ingénieur structure



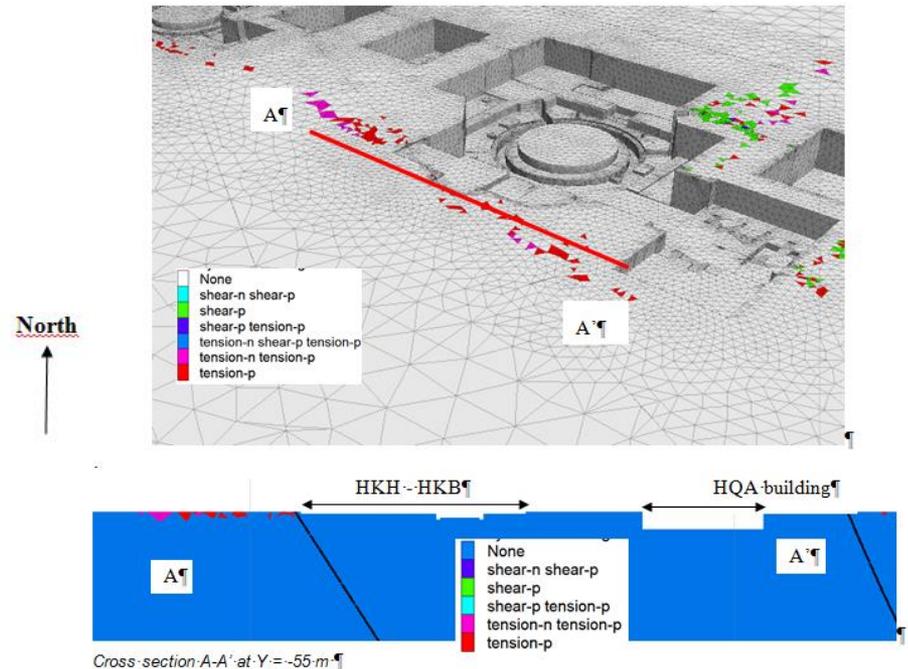
# Exemple EPR (2/2)



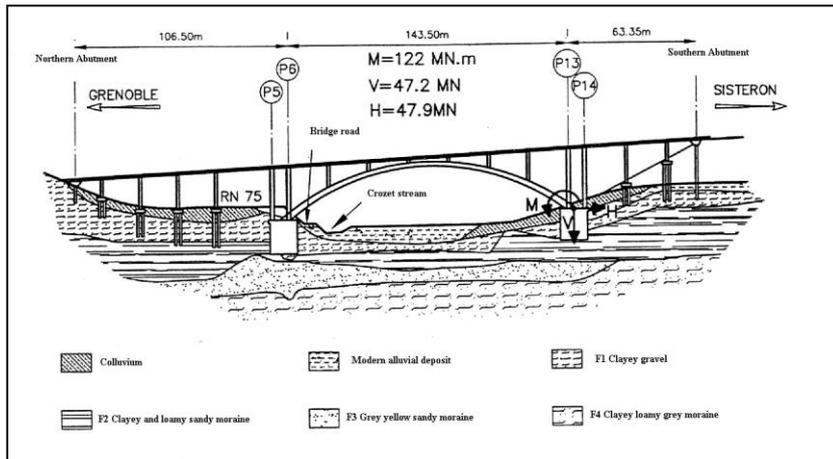
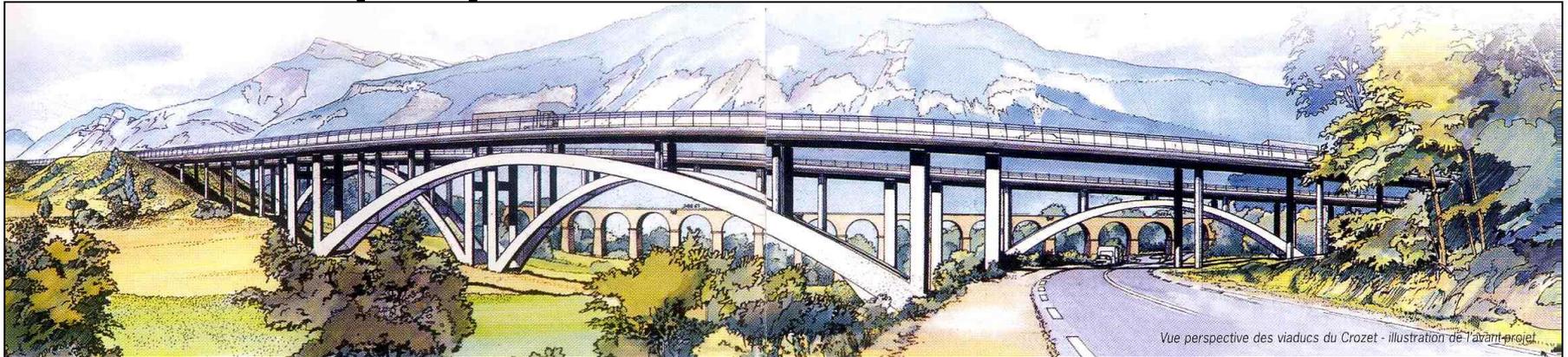
Présence de failles → vérification linéarité  
Nombreux bâtiments + phasage construction et sollicitations non connues → matrice de souplesse (voir exemple sur autre présentation de la journée)



Déplacement vertical



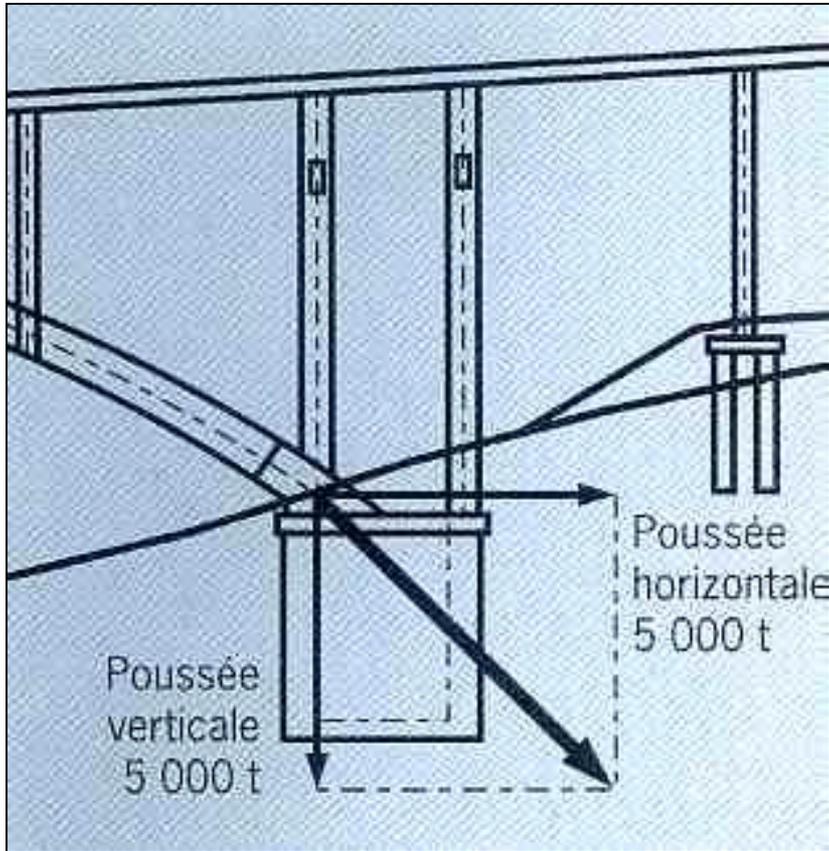
# Viaduc en arc sur puits: Modèle « nœud-barre » calé sur modèle EF (1/3)



## Contexte géologique :

- Terrasse de dépôts fluvioglaciers
- Moraines argilo-sableuses (Riss) compactes
- Substratum calcaire marneux à P > 45 m
- Zone sismique IB

# Viaduc en arc sur puits: Modèle « nœud-barre » calé sur modèle EF (2/3)

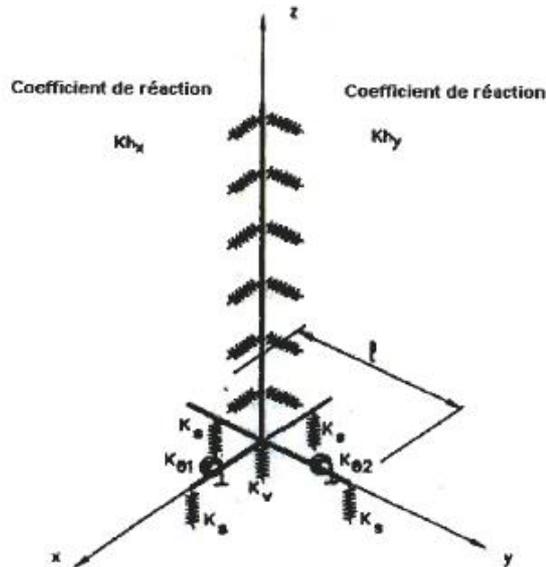


## Objectifs :

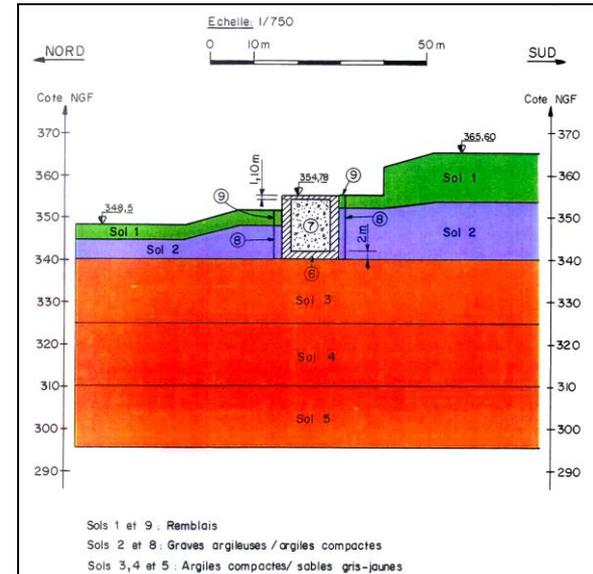
- Encastrement dans les moraines compactes.
- Stabilité sous les efforts horizontaux statiques et dynamiques ( $\Delta h$  d'ordre centimétrique, sous efforts  $V=H$ ).
- Conditions de réalisation permettant de conserver la raideur du sol.

## *Conception des fondations des arcs*

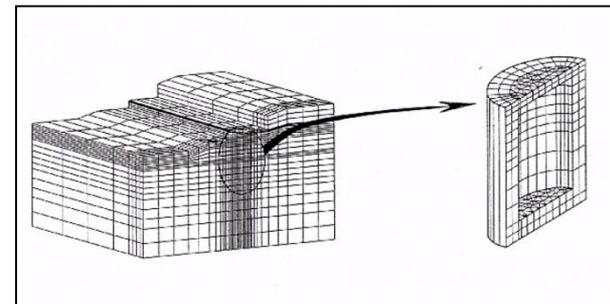
# Viaduc en arc sur puits: Modèle « nœud-barre » calé sur modèle EF (3/3)



*Modèle nœud-barre utilisé pour les fondations*



**Modèle géotechnique**

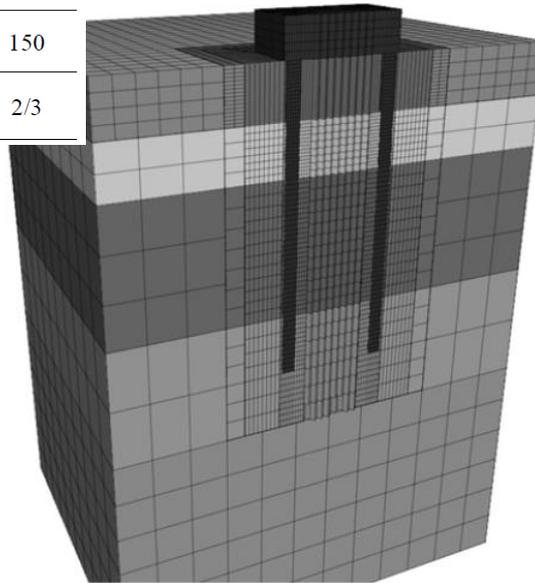


**Modélisation**

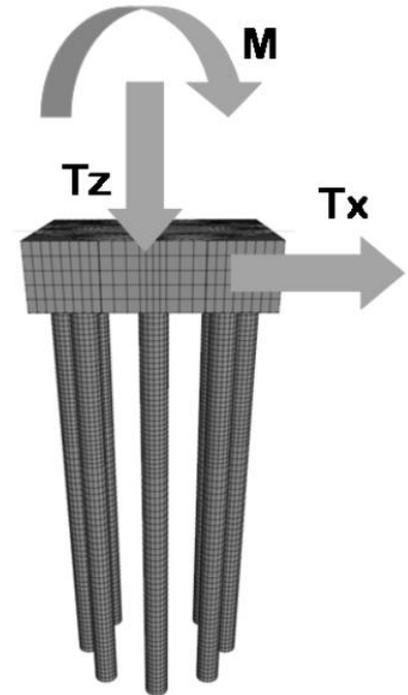
# Stade de Lille – impédances (1/2)



|                                   | Craie tendre | Craie sableuse | Marne 1     | Marne 2    |
|-----------------------------------|--------------|----------------|-------------|------------|
| Epaisseur (m)                     | 7            | 8              | 8           | -          |
| $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )       | 1800         | 1900           | 2000        | 2000       |
| $V_s$ (m/s)                       | 510          | 870            | 830         | 640        |
| <b><math>G_{max}</math> (MPa)</b> | <b>470</b>   | <b>1440</b>    | <b>1380</b> | <b>820</b> |
| $\nu$ (-)                         | 0.38         | 0.38           | 0.42        | 0.44       |
| $E_m$ (MPa)                       | 50           | 120            | 150         | 150        |
| $\alpha$ (-)                      | 1/2          | 2/3            | 2/3         | 2/3        |



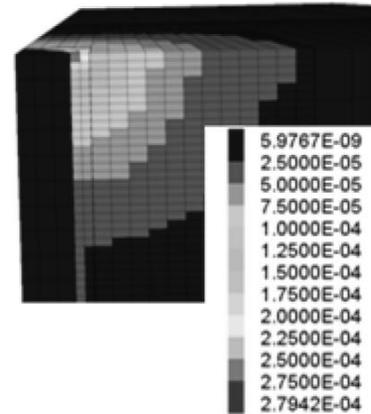
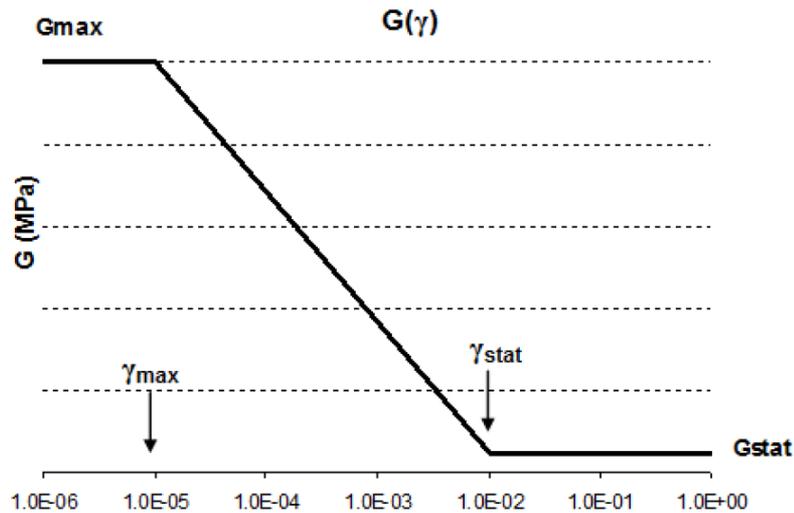
$$K = \frac{P}{U}$$



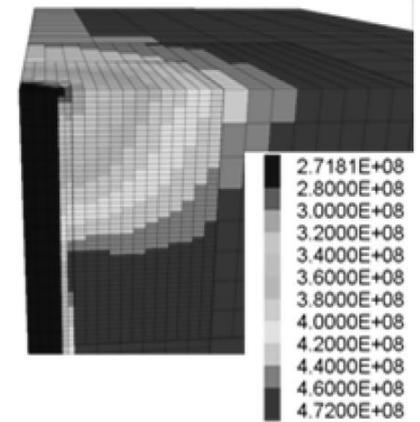
# Stade de Lille – impédances (2/2)



Comment prendre en compte la non linéarité? → choix du module en fonction de la sollicitation (efforts inertiels / interaction cinématique)

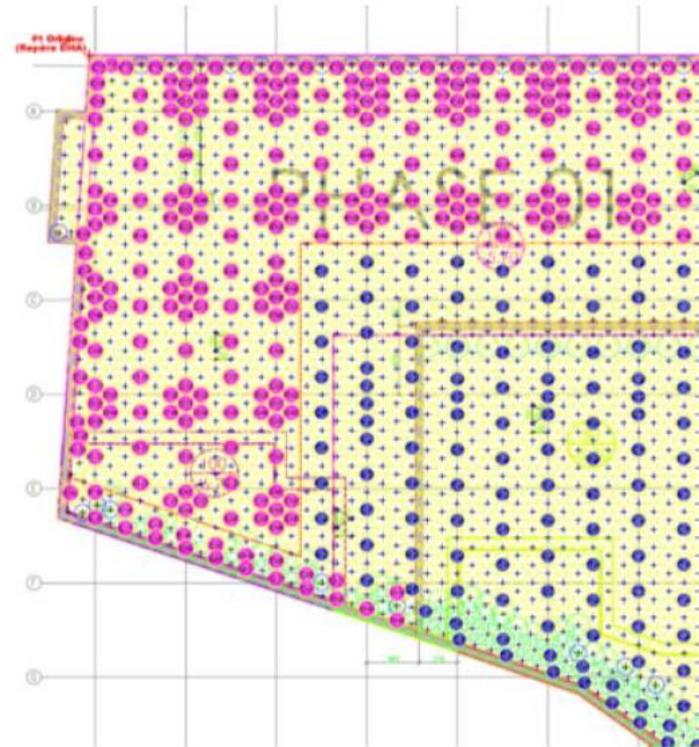
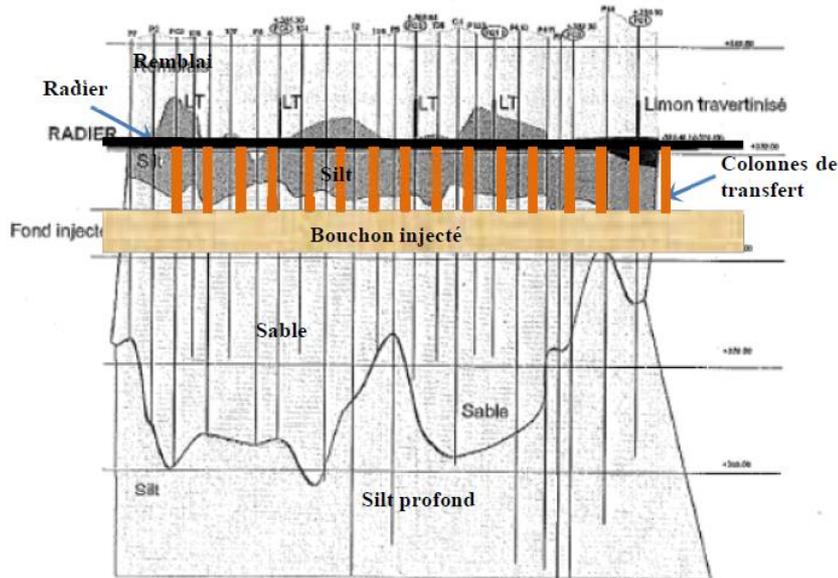


Taux de distorsion  $\gamma(-)$



Module cisaillement  $G$  (Pa)

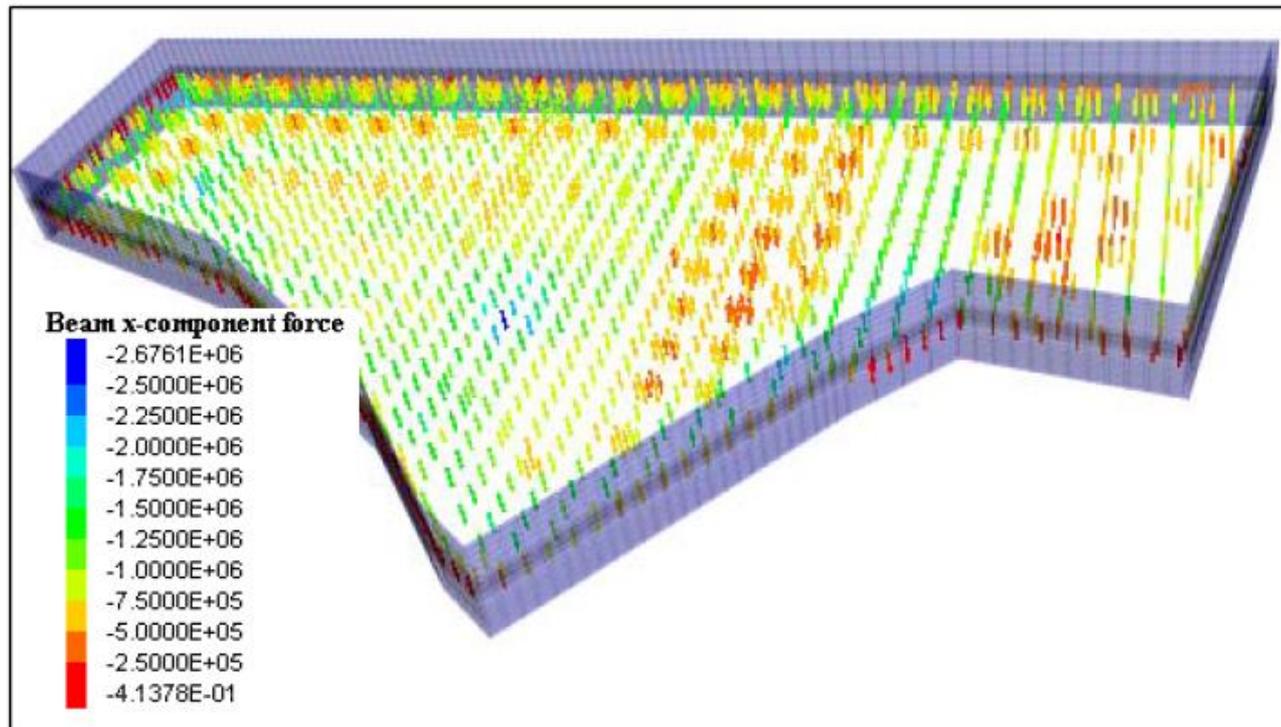
# Complexe immobilier Clermont-Ferrand – radier sur colonnes de jet (1/2)



# Complexe immobilier Clermont-Ferrand – radier sur colonnes de jet (2/2)



Problématique d'itérations avec le calcul structure du radier  
calcul 2D G2 PRO → calcul global 3D n°1 → calcul global 3D n°2



# Conclusions



On sait traiter le sujet de l'ISS statique avec:

- une bonne compréhension du sujet
- un dialogue constructif entre spécialités « géotechnique » et « structure »
- une bonne maîtrise des outils mis à disposition
- une méthodologie élaborée



**Merci de votre attention  
(questions ?)**