

Pieux énergétiques

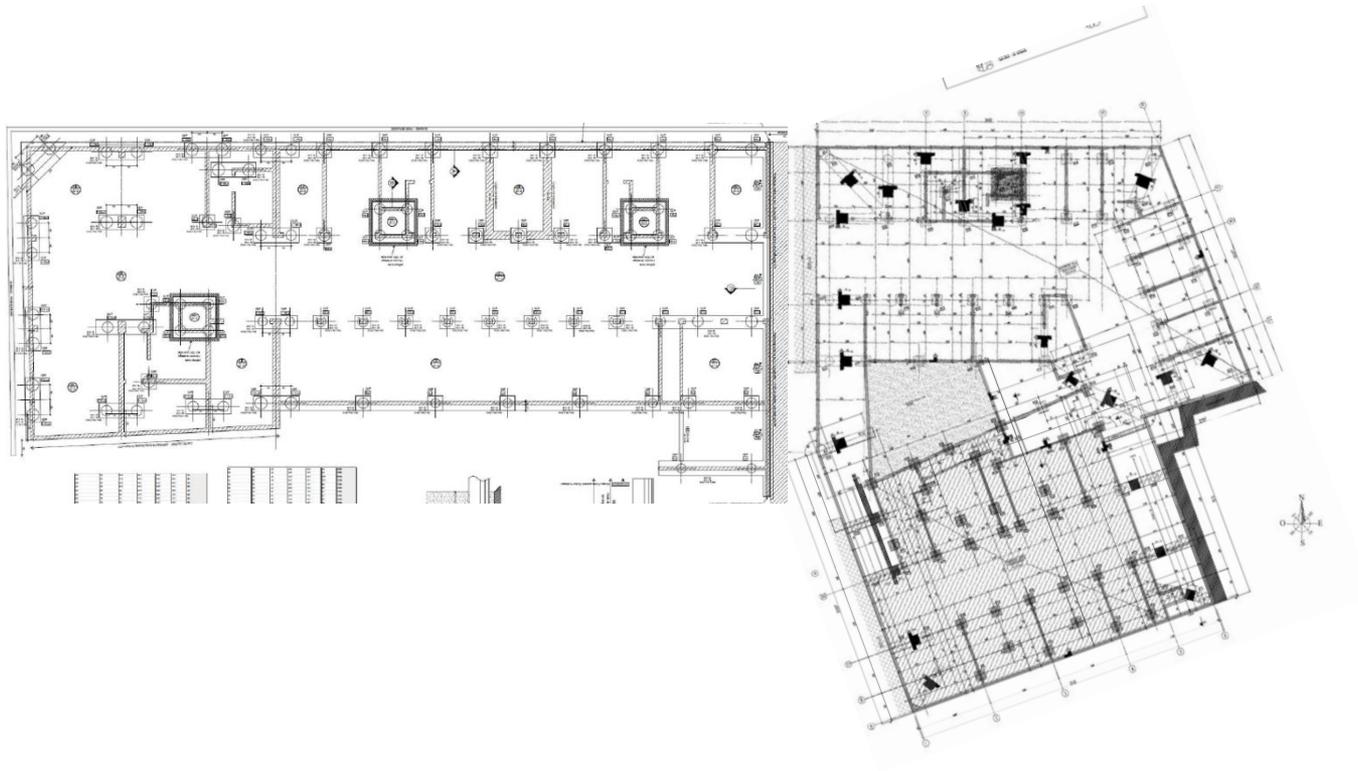
Un exemple d'étude

Arnaud FINIASZ
FONDASOL

21 mai 2014

Le Projet

- Ensemble immobilier comprenant deux bâtiments de 1100 à 1200 m² environ chacun, en R+7 sur un niveau de sous-sol



Mission Fondasol

- **Etude de projet géotechnique (G2 PRO):**
 - Dimensionnement en portance des pieux (statique et sismique)
 - Etude du comportement compte tenu des variations thermiques dans le pieu: $\Delta T = 12^\circ$
- **Principe de l'étude:**
 - Dimensionnement des pieux (diamètre, longueur) à partir de la DDC du BE structures
 - Calcul des efforts thermiques par le BE structures
 - Vérification de portance des pieux en tenant compte des sollicitations thermiques

Première approche du sujet

- Les premières questions qui se posent :
 - Risque de gel du sol ?
 - Efforts parasites de flexion liés aux gradients thermiques ?
 - Faut-il descendre les équipements géothermiques jusqu'à la base des pieux ?
 - Comment intégrer les efforts thermiques et déformations associées dans le calcul du comportement des pieux ?
- Beaucoup de réponses tiennent à la conception du dispositif, plutôt rassurante dans le cas présent, ou à des recherches existantes

Contexte géotechnique- Paramètres

- Remblais (mort-terrain) sur 4,5m d'épaisseur
- Alluvions: sables et graviers moyennement denses jusqu'à 10,3m de profondeur
- Alluvions très denses au-delà
- Pour des pieux forés tubés :

| Sols | Côte base | PI* | q_s | K_p | E_M |
|--------------------------|-----------|---------|--------|-------|-------|
| TN | 139m | | | | |
| Mort terrain | 134.5m | - | 0 | - | 1MPa |
| Alluvions compactes | 128.7m | 1.85MPa | 80kPa | - | 15MPa |
| Alluvions très compactes | - | 3.9MPa | 120kPa | 2.6 | 31MPa |

Caractéristiques des pieux

- Les pieux sont forés tubés (tubage récupéré).
 - Leur arase supérieure est à -4,5m / TN
 - Leur longueur est globalement homogène de 7,5m, soit 1,7m d'ancrage dans les alluvions très denses
 - Les diamètres : 500 à 800mm

| Diamètre des pieux | $Q_{ELS,cara}$ | $Q_{ELU,comp}$ | $Q_{ELU,traction}$ |
|--------------------|----------------|----------------|--------------------|
| 500mm | 1 078kN(*) | 1 782kN | -787kN |
| 600mm | 1 576kN | 2 378kN | -944kN |
| 700mm | 2 022kN | 3 053kN | -1 102kN |
| 800mm | 2 521kN | 3 808kN | -1 259kN |

(*) Capacité portante limitée par la contrainte limite du béton

Hypothèses d'entrée (PN GECKO)

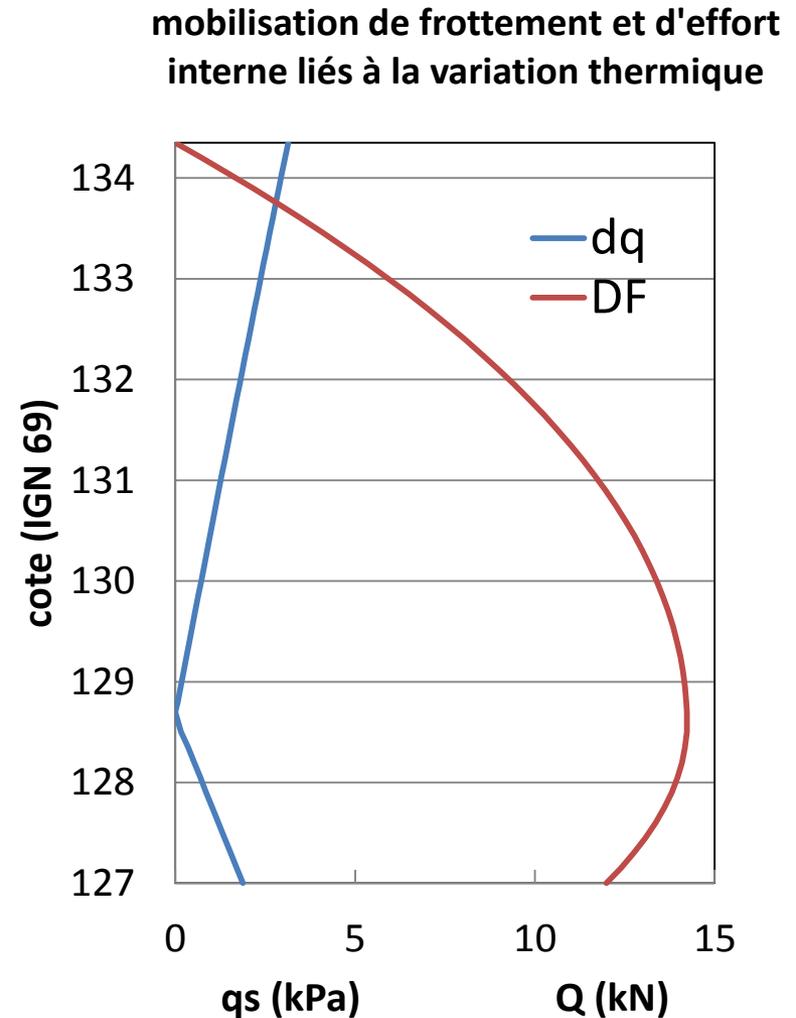
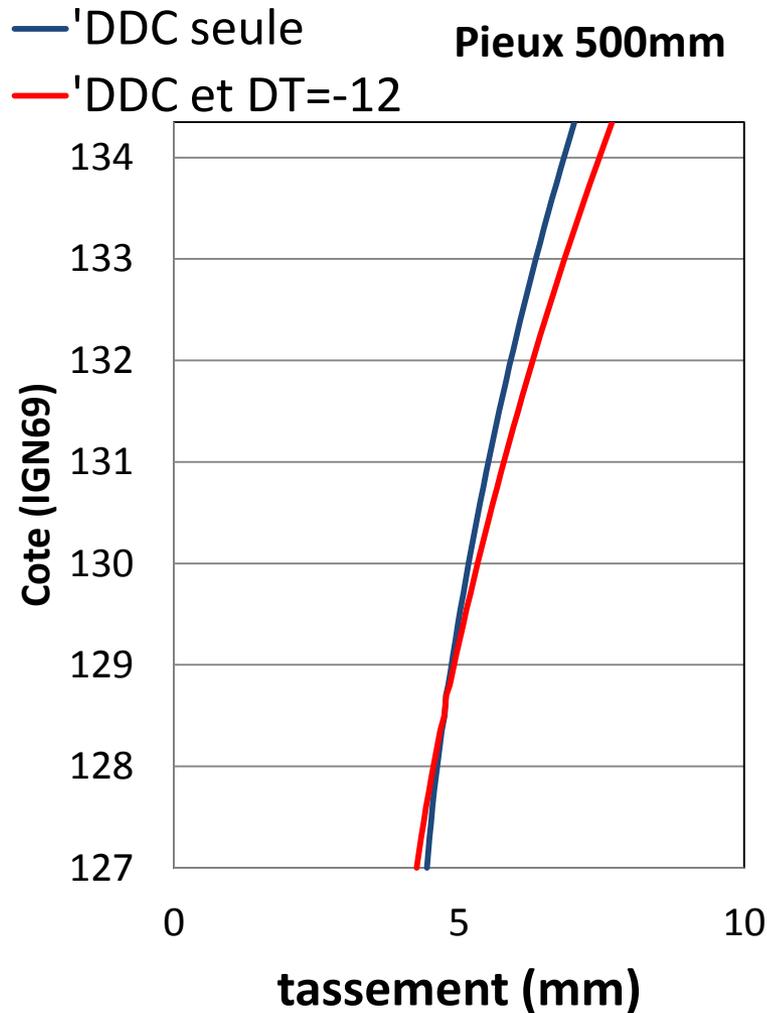
- Effet négligeable des variations de température sur la mobilisation du cisaillement à l'interface sol/pieu, pour la plage de température considérée
- Effet négligeable du phénomène cyclique de variation thermique sur la portance compte tenu de l'ordre de grandeur des efforts
- Les lois de mobilisation de Frank et Zhao restent applicables pour appréhender les phénomènes

Principes de calcul

- Les efforts thermiques sont des efforts internes au pieu
 - Les variations thermiques génèrent des efforts de traction/compression avec du frottement sur les sols
- Les pieux sont supposés libres en tête et en pied
 - Efforts si les pieux étaient bloqués en tête et en pied:

| Diamètre | 500mm | 600mm | 700mm | 800mm |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| Traction | 236kN | 339kN | 462kN | 603kN |

Effet de $\Delta T = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$



Bilan pour un pieu 500 mm

| | 0° | -12° | Bilan |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Effort en tête (kN) | 1 050 | 1 050 | 0 |
| Déplacement en tête (mm) | 7,0 | 7,7 | 0,7 |
| Effort en pied (kN) | 258 | 246 | -12 |
| Déplacement en pied (mm) | 4,4 | 4,2 | -0,2 |

- L'effet de la variation thermique est négligeable sur le comportement des pieux, il joue essentiellement sur la répartition entre frottement latéral et terme de pointe

Bilan pour un pieu 800 mm

| | 0° | -12° | Bilan |
|--------------------------|------|------|-------|
| Effort en tête (kN) | 2520 | 2520 | 0 |
| Déplacement en tête (mm) | 13,6 | 14,3 | 0,7 |
| Effort en pied (kN) | 1015 | 1000 | -15 |
| Déplacement en pied (mm) | 10,9 | 10,7 | -0,2 |

- Les incidences en termes de tassements sont à mettre en balance avec les tassements différentiels prévisibles

| Diamètre | Charge min | Charge max | Tassement min | Tassement max |
|----------|------------|------------|---------------|---------------|
| 600mm | 50t | 137t | 1.8mm | 5.7mm |
| 700mm | 81t | 175t | 1.6mm | 7.3mm |
| 800mm | 77t | 203t | 1.5mm | 8.0mm |

Questions posées par l'étude

- Comment combiner les actions thermiques pour le dimensionnement des pieux ?
- Validité du modèle dans le cas des pieux en traction ?
- Comment traiter le cas du pieu défailant ou les équipements partiels, sollicitations accidentelles ?
- Qu'en serait il pour des pieux plus long ?