



## Tour Carpe Diem, Paris - La Défense Paroi de pieux forés en double rotation

Présenté par François Dekoker  
CFMS-GBMS Journée Franco-Belge  
- 12 mai 2011 - Polytech'Lille -  
Soutènements



## Tour Carpe Diem

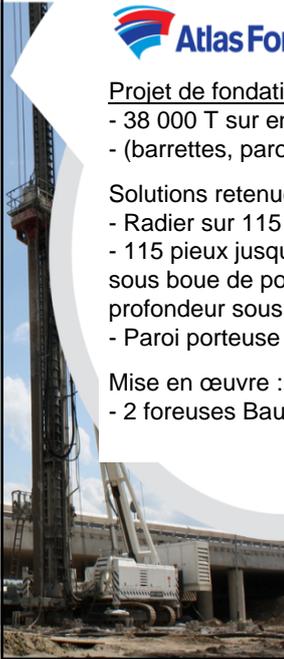


Tour CBX-AFNOR-Europlaza (ancien bâtiment Ftelecom)



Description du projet :

- Investisseur : Aviva
- Maître d'ouvrage délégué : Hines France
- Maître d'œuvre : SRA
- Entreprise générale : groupement Spie-Besix
- bet structure : Terrell
- be sol : Hydro Géotechnique
- bc Socotec
- Fondations : groupement Atlas Fondations – Franki Foundations Belgium
  
- 165m, 35 étages, 44 000 m<sup>2</sup> de bureaux
- Certifications : HQE, THPE, Leed niveau Gold
  
- Projet de 160 M€ dont 2 M€ pour les travaux spéciaux de fondation et soutènement
- Pénalités de retard 70 K€ par jour



Projet de fondations profondes :

- 38 000 T sur environ 1500m<sup>2</sup>,
- (barrettes, paroi moulée)

Solutions retenue :

- Radier sur 115 appuis jusque 1450T
- 115 pieux jusqu'au diamètre 1500 forés sous boue de polymères jusque 19m de profondeur sous la plate-forme du sous-sol
- Paroi porteuse

Mise en œuvre :

- 2 foreuses Bauer BG36



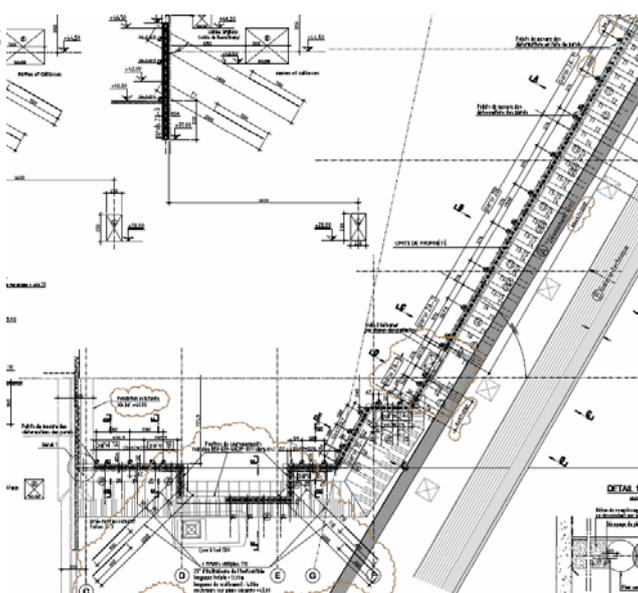


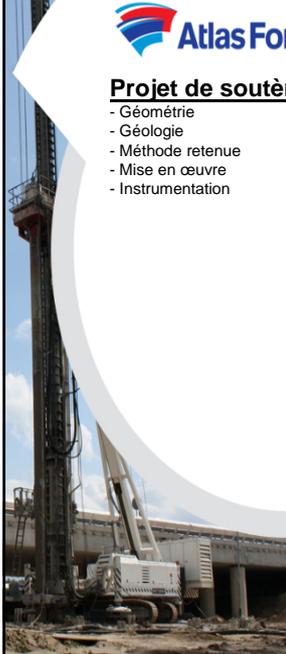




**Projet de soutènement :**

- Géométrie
- Géologie
- Méthode retenue
- Mise en œuvre
- Instrumentation

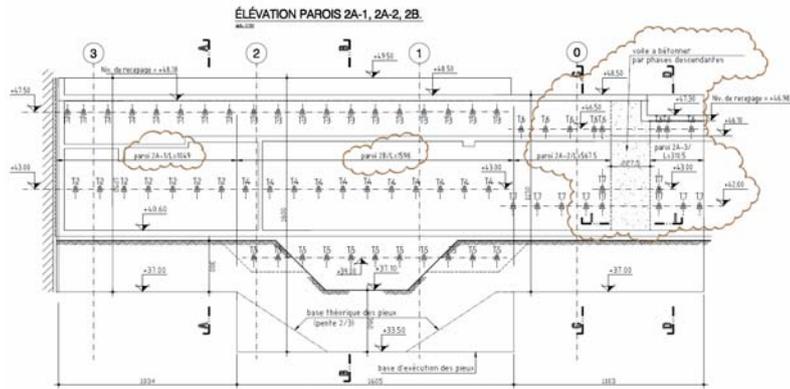
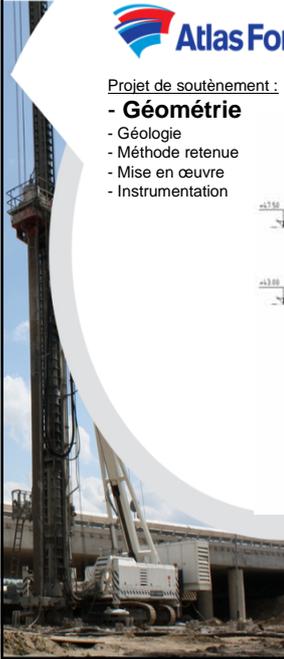




CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille - Soutènements 8

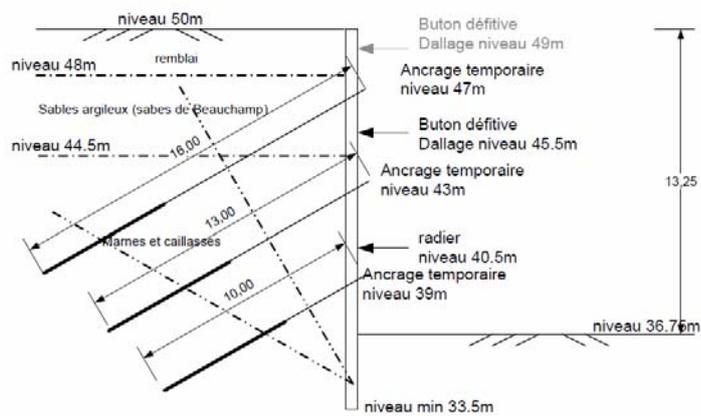
Projet de soutènement :

- **Géométrie**
- Géologie
- Méthode retenue
- Mise en œuvre
- Instrumentation



Projet de soutènement :

- **Géométrie**
- Géologie
- Méthode retenue
- Mise en œuvre
- Instrumentation



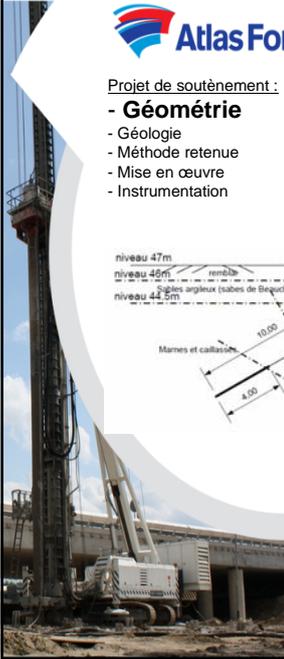
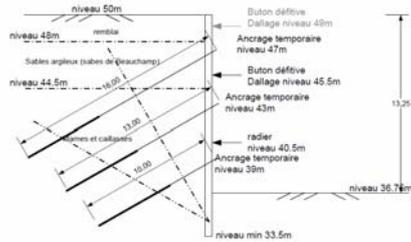
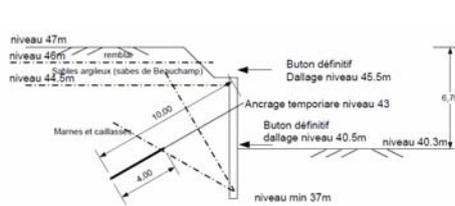
Déplacement maximal autorisé : 2cm voire 1cm en zone sensible (majoritaire : boulevard circulaire de La Défense)

Projet de soutènement :

- **Géométrie**

- Géologie
- Méthode retenue
- Mise en œuvre
- Instrumentation

75 ml de paroi pour une hauteur de fouille de 6-7 à 13-14m soit environ 750m<sup>2</sup> d'élévation



Projet de soutènement :

- **Géométrie**

- Géologie
- Méthode retenue
- Mise en œuvre
- Instrumentation

couche 1: de 50m à 48m (coupe 2A et 2B); de 48m à 47m (coupe 1A et 1B): remblai, alluvions anciennes

frottement interne:  $\phi := 20\text{-deg}$

cohésion:  $c := 0\text{-kPa}$

réaction de sol:  $k := 12500 \frac{\text{kPa}}{\text{m}}$

couche 2: de 48m à 44.5m (coupe 2A et 2B); de 47m à 44.5m (coupe 1A et 1B): sable de beauchamp:

frottement interne:  $\phi := 30\text{-deg}$

cohésion:  $c := 0\text{-kPa}$

réaction de sol:  $k := 39000 \frac{\text{kPa}}{\text{m}}$

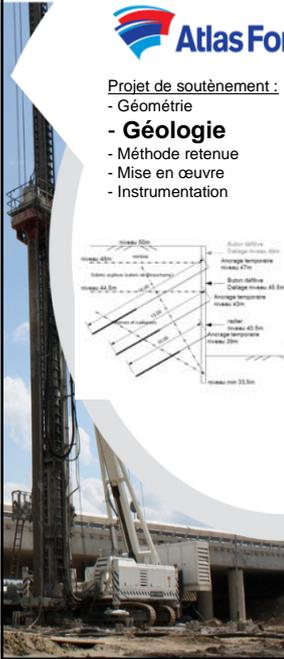
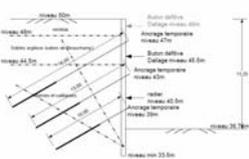
couche 3: de 44.5m à <31m: marnes et caillasse ( $p_i > 1.71$  à  $7.01\text{MPa}$ )

frottement interne:  $\phi := 33\text{-deg}$

cohésion:  $c_{LT} := 10\text{-kPa}$

réaction de sol:  $k := 250000 \frac{\text{kPa}}{\text{m}}$

Cohésion négligée en tête



Projet de soutènement :

- Géométrie
- Géologie
- **Méthode retenue**
- Mise en œuvre
- Instrumentation

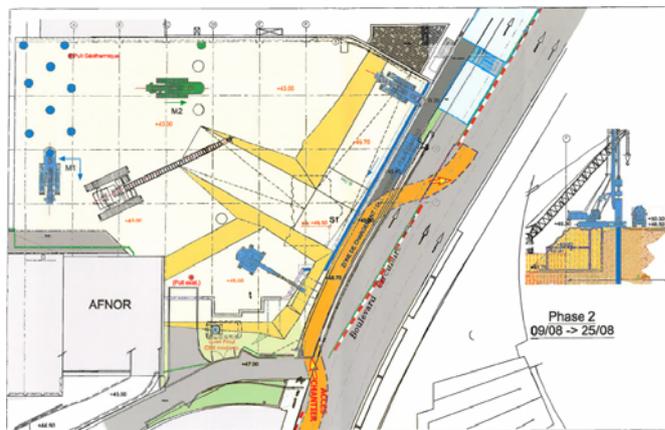
- Phasage complexe
- Paroi de pieux sécants (forés par double rotation)
- Paroi de micro-pieux (singularité cause environnement difficile, non détaillé)
- Tirants (autoforés),



Projet de soutènement :

- Géométrie
- Géologie
- **Méthode retenue**
- Mise en œuvre
- Instrumentation

- Phasage complexe :
  - Bd circulaire en pente
  - Déviation câbles fibre optique
  - Accès pour pieux de la tour/accès général chantier/démolitions encore en cours



Projet de soutènement :

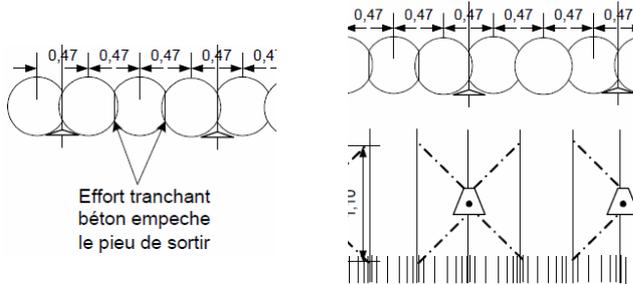
- Géométrie
- Géologie

**- Méthode retenue**

- Mise en œuvre
- Instrumentation



**- Paroi de pieux sécants (forés par double rotation)**



Effort tranchant  
béton empeche  
le pieu de sortir

- 140 pieux double rotation de diamètre 540, entraxe 470,
- Longueur 8 à 17m,
- Seuls les pieux secondaires sont armés (max 7HA25),
- Tirants intermédiaires 1 sur 3 -> vérification à l'effort tranchant à la jonction entre les pieux.

Projet de soutènement :

- Géométrie
- Géologie

**- Méthode retenue**

- Mise en œuvre
- Instrumentation



**- Tirants(auto-forants)**

- 1 à 3 lignes de tirants, espacement 1.4m,
- 75 tirants Ischebeck 30/11 longueur 10 à 16m,
- Longueur libre avec tube PVC graissé,
- Plaque trapézoïdale, pas de lierne (sauf paroi en micro-pieux)

Projet de soutènement :

- Géométrie
- Géologie
- Méthode retenue
- **Mise en œuvre**
- Instrumentation

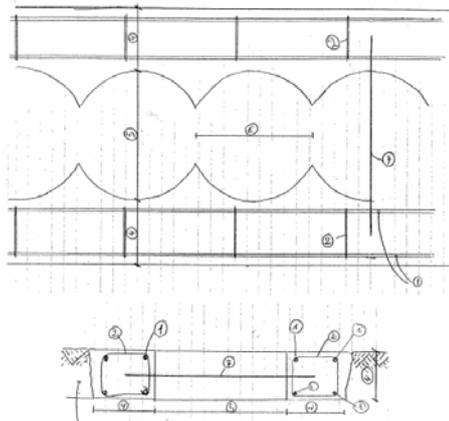
- Guidage des pieux,
- Pieux sécants double rotation,
- Tirants auto-forés,



Projet de soutènement :

- Géométrie
- Géologie
- Méthode retenue
- **Mise en œuvre**
- Instrumentation

- Guidage des pieux  
Double poutre armée (murets guides) avec  
réservation polystyrène







Projet de soutènement :

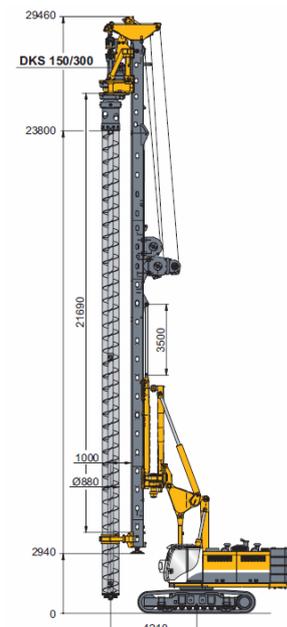
- Géométrie
- Géologie
- Méthode retenue
- **Mise en œuvre**
- Instrumentation

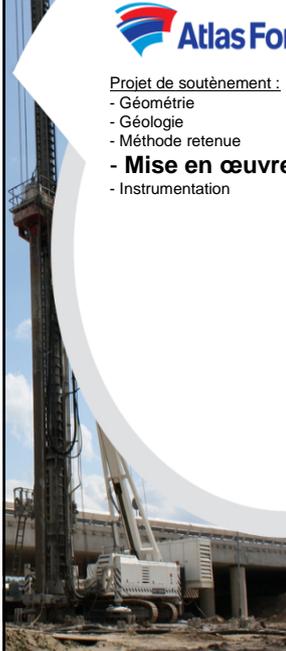
- Pieux sécants double rotation

Foreuse RTG RG 25

- 95 T en service
- 760 chevaux
- 40 T d'arrachement (rupt.)
- Jusque 19<sup>5</sup>T.m de couple (tube)
- Jusque 38 tr.min<sup>-1</sup> (tarière)

- Cadence moyenne 6p/j (phasage contraignant, coactivité), en pointe 15/j (200ml/j)





CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille - Soutènements 20



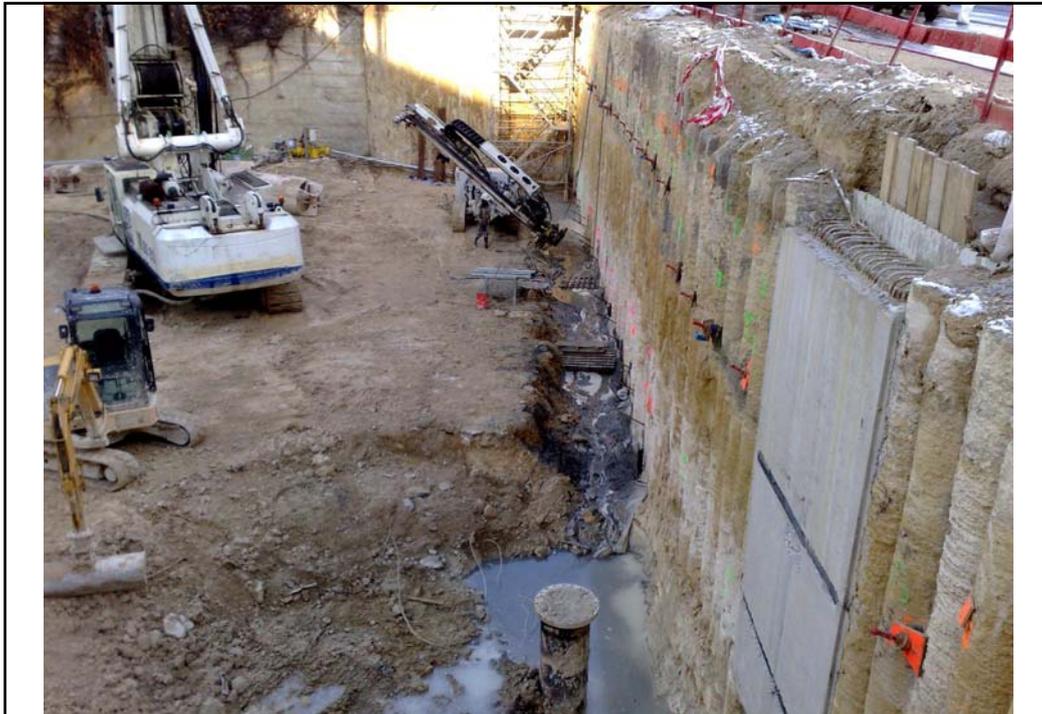


Projet de soutènement :

- Géométrie
- Géologie
- Méthode retenue
- **Mise en œuvre**
- Instrumentation

- Tirants d'ancrage auto-forants

Une Soilmec SM8 et une Klemm 802-2  
Technique auto-forante un peu optimiste  
(flambement des tiges), une partie des tirants  
réalisés en forage tube-tige.



Projet de soutènement :

- Géométrie
- Géologie
- Méthode retenue
- Mise en œuvre

**- Instrumentation**

- 7 tirants équipés d'une gauge Glötzl



-18 points de contrôle topographiques xyz sur et au voisinage de la paroi.

Fréquence de lecture et mesure : 1j/2 en moyenne

Projet de soutènement :

- Géométrie
- Géologie
- Méthode retenue
- Mise en œuvre

**- Instrumentation**

Synthèse précise préalables des déplacements et charges (tirants) attendues

Définition des seuils d'alerte et d'arrêt (10 et 20%)

Déplacement maximal mesuré au 22/04 : 3.1mm  
Pour un déplacement horizontal maximal calculé de l'ordre de 10mm

Tension maximale dans les tirants entre 50 et 99% de la charge admissible soit 9 à 15T



Bilan :

Large conformité (sécurité) des déplacements observés par rapport aux prévisions.

Matériel puissant et technique de pieux sécants pointue  
-> forages rapides (malgré l'environnement) et précis (déviation maximale observée : 8.5cm)

Tirants auto-forants à la limite de la faisabilité -> correction de la méthode au fur et à mesure -> on fera mieux la prochaine fois

+ utilisation de boues de polymères pour le forage des fondations profondes

Technicité globale singulière. Beaucoup de justifications ont dû être produites pendant les travaux.

Délai tenu. Satisfaction du client.

CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille - Soutènements 29



Présenté par François Dekoker  
CFMS-GBMS Journée Franco-Belge  
- 12 mai 2011 - Polytech'Lille -  
Soutènements