



Association régie par la loi
du 1.07.1901

Comité Français de Mécanique des Sols
et de Géotechnique

le **cnam**
école sciences industrielles &
technologies de l'information



Augmentation de la portance des pieux existants du Data Center à Pantin

Serge Lambert



Présentation du projet

- ◆ Avenue du Général Leclerc
- ◆ Data Center de 11 400 m² de salles informatiques
- ◆ Restructuration d'un centre de Tri Postal de Pantin en 3 phases.

- ◆ **Maitre d'ouvrage:** SODEARIF
- ◆ **Architecte :** Reid Brewin Architectes
- ◆ **Entreprise:** BREZILLON
- ◆ **BE:** TERRASOL
- ◆ **Bureau de contrôle:** Veritas
- ◆ **Entreprise Fondations:** Keller



Sodéarif a développé le premier Data Center vendu en Vente en l'Etat Futur d'Achèvement

ANCIEN CENTRE DE TRI DE LA POSTE

Ancien centre de messagerie de la poste situé entre Pantin et Bobigny (93) au croisement de l'avenue du Général Leclerc et du chemin des Vignes

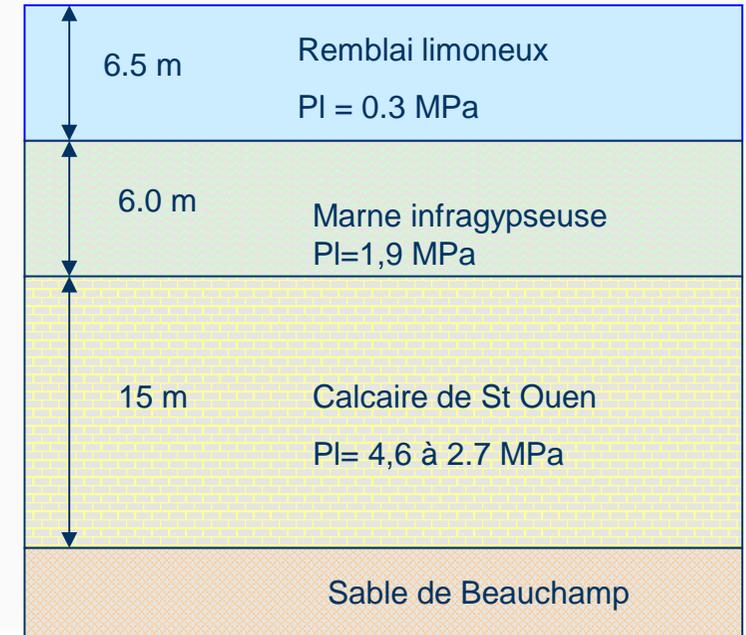


b

ANCIEN CENTRE DE TRI DE LA POSTE

D'après les sondages pressiométriques réalisés, la stratigraphie des terrains est la suivante (de haut en bas) :

- **Remblais** divers et limons jusqu'à 6,5 m de profondeur ;
- **Marnes infragypseuses** sur environ 6 m, jusqu'à 12 m à 13 m de profondeur ;
- **Calcaire de Saint-Ouen** sur environ 15 m, jusqu'à 27 m de profondeur ;
- **Sables de Beauchamp** au-delà.



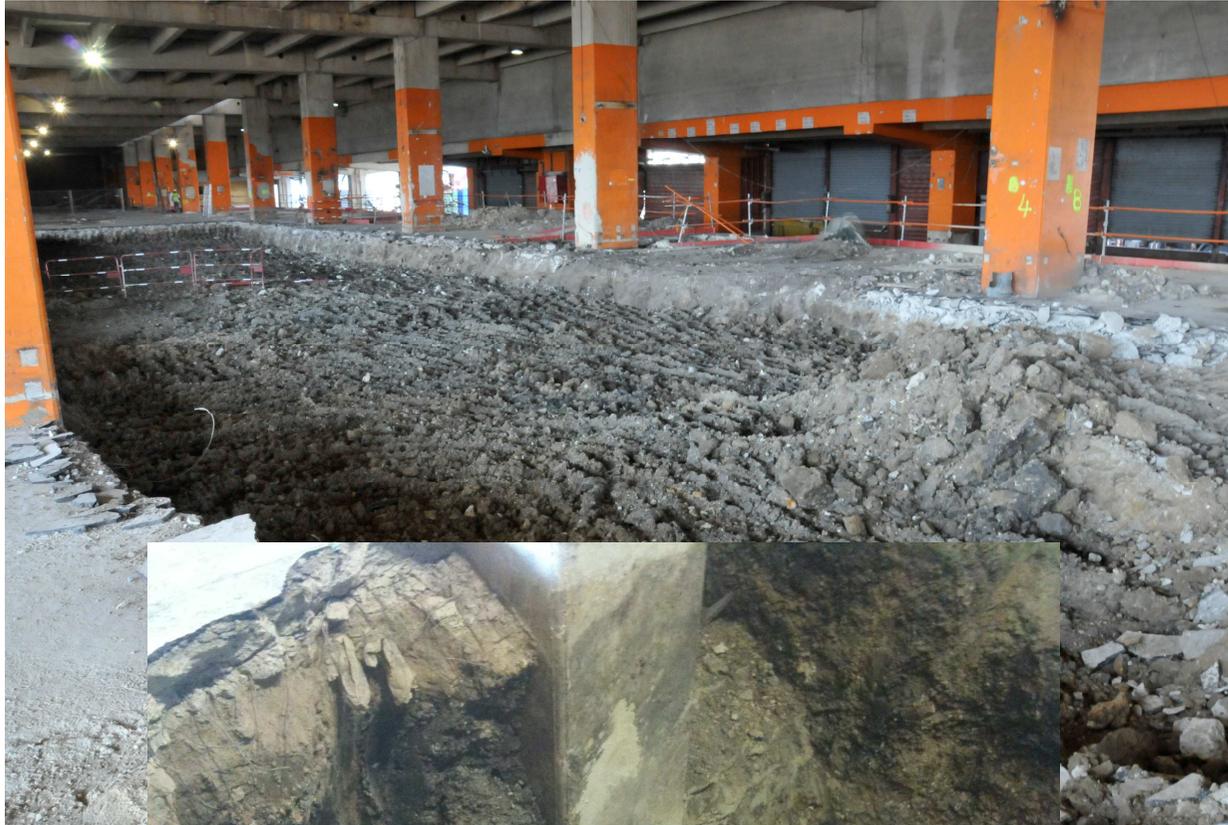
	Cote base (NGF)	Epaisseur (m)	Nb	E _M (MPa)			p _i (MPa)			E _m /p _i
				Min	Max	Moy *	Min	Max	Moy **	
Remblai	46,0	6,5	18	0	22	2	0,0	2,6	0,3	5,5
Marnes infra.	40,0	6,0	23	5	66	14	0,5	4,5	1,9	7,5
Calcaire SO	32,0	8,0	22	17	396	61	2,6	6,9	4,6	13,2
Calcaire SO	-	-	16	7	312	24	0,6	6,8	2,7	9,6

* Moyenne harmonique

** Moyenne géométrique

Nappe à – 9 m / cote 0.00

ANCIEN CENTRE DE TRI DE LA POSTE



Pieux BA diamètre 0,9 et 1,5 m
longueur homogène de 10 m environ

Têtes de pieu à 2 niveaux différents
(au RDC et au SS à – 2 m / 0.00)

ANALYSE DE LA PORTANCE DES PIEUX EXISTANTS

Propriétés des pieux existants: béton $f_c = 42$ à 49 MPa (à partir de carottage) soit une résistance de

$$\sigma_{max} = \frac{0,3 \times R_c}{k_1 \times k_2}$$

soit $9,7$ MPa mais limité à $5,5$ MPa maxi

Les pieux existants sont ancrés:

- dans les Marnes Infragypseuses: pieux du rdc
- dans le Calcaire de Saint-Ouen: pieux du Sous-sol

D'après le DTU 13.2. pieux forés béton

	Cote base (NGF)	E_M (MPa)	p_i (MPa)	k	q_s (kPa)	
					Cas a	Cas b
Remblai	46,0	2	0,3	-	-	-
Marnes infra.	40,0	14	1,9	1,6 (cat. 2)	150 (C)	163 (E)
Calcaire SO	32,0	61	4,6	1,6 (cat. 2)	150 (C)	249 (E)

Tableau 2 : Propriétés moyennes des terrains en place

Cas a: pieux exécutés de manière standard

Cas b: pieux exécutés de manière soignée

ANALYSE DE LA PORTANCE DES PIEUX EXISTANTS

A partir des descentes de charges de l'ouvrage existant

Pieu	D (m)	Cote pointe du pieu (NGF)	Capacité portante ELS (T)	Capacité portante ELU (T)	Charge initiale appliquée (T)	Dépassement ELS (%)	Tassement (mm)
C3	1,20	41,45	250	376	483	93	28,8
A2	1,15	39,99	368	552	697	89	21,9

« Ce calcul montre que le dépassement de la capacité portante ELS ainsi que les tassements obtenus sont incompatibles avec l'état actuel du bâtiment. Les caractéristiques mécaniques moyennes utilisées dans ces calculs sont ainsi sous-estimées par rapport à la réalité. » cf. rapport Terrasol

A partir des différents rétro-calculs et estimations réalisés

	Cote base (NGF)	E _M (MPa)	p _i (MPa)	k	q _s (kPa)	
					Cas a	Cas b
Remblai	46,0	2	0,3	-	-	-
Marnes infra.	40,0	14	2,7	2	150 (C)	180 (E)
Calcaire SO	32,0	61	4,6	2	150 (C)	249 (E)

Extrait Terrasol

Cas a: pieux exécutés de manière standard

Cas b: pieux exécutés de manière soignée

Les calculs inverses réalisés permettent de déterminer des capacités portantes plus réalistes compte tenu de l'absence des désordres sur la structure actuelle du bâtiment.

TYPES DE SOLUTION ETUDIEE (G5 de Terrasol)

Les charges additionnelles venant du DATA Center peuvent aller jusqu'à 300 t

$$\text{Nombre de pieux à rajouter} = \frac{(\text{Charge totale} - \text{Capacité portante du pieu existant})}{\text{Capacité portante du nouveau pieu}}$$

Pieux

Diamètre de pieu B	Longueur (m)	Distance d/B	Effet de groupe Ce	Capacité portante ELS (t)	Nombre de pieux à rajouter
600 mm	16.5 m	1,7	0.72	188/227	2

Extrait Terrasol

Avantages:

- Capacité portante élevée

Inconvénients:

- Difficile à réaliser avec une hauteur libre 7 à 8 m
- recouvrement des têtes de pieux par un massif de ceinturage précontraint

TYPES DE SOLUTION ETUDIEE (G5 de Terrasol)

$$\text{Nombre de pieux à rajouter} = \frac{\text{Charge totale} - \text{Capacité portante du pieu existant}}{\text{Capacité portante du nouveau pieu}}$$

Micropieux

Diamètre du micropieu	Longueur (m)	Distance d/B	Ce	Tube	Capacité portante ELS (t)	Nombre de micropieux à rajouter
0,2 m	16.5 m	1.7	0.78	114/12	66/78	4

Extrait Terrasol

Avantages:

- foreuse de petit gabarit

Inconvénients:

- Portance faible,
- recouvrement des têtes de micropieux par un massif de ceinturage précontraint

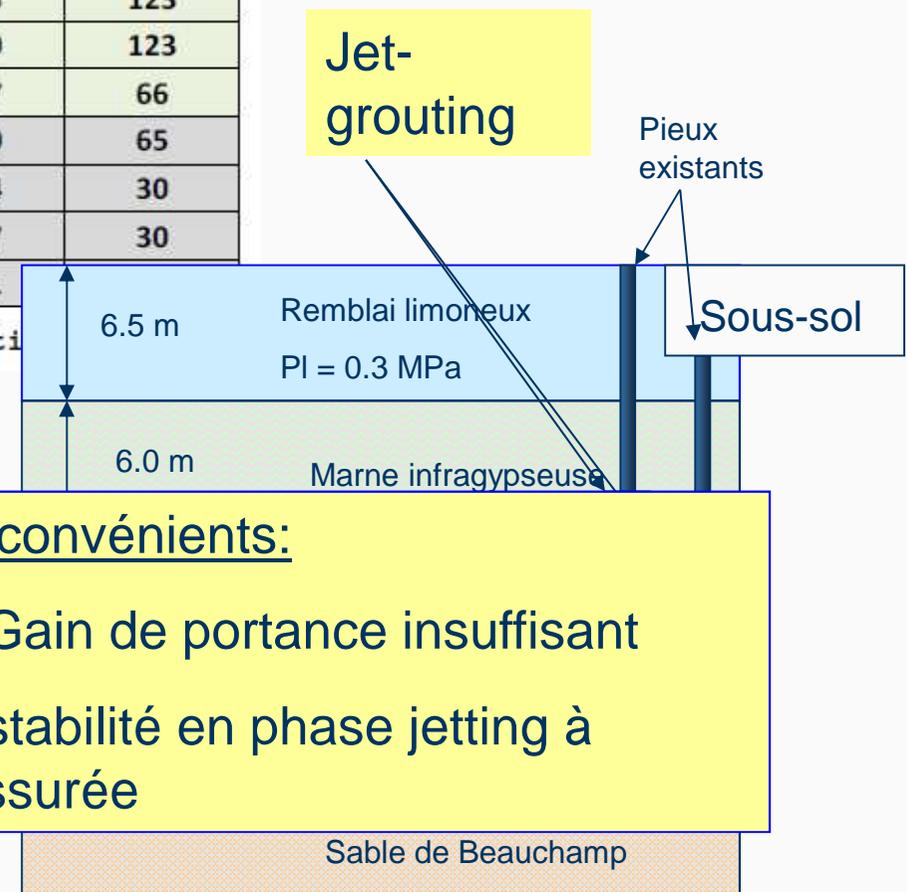
TYPES DE SOLUTION ETUDIEE (G5 de Terrasol)

Renforcement de la pointe des pieux par Jet-Grouting

Couche traversée	Arase inférieure du pieu existant	Portance sans JG Q (T)		Portance avec JG Q (T)		Gain (T)
		ELU	ELS	ELU	ELS	
Marnes infragypseuses	NGF	ELU	ELS	ELU	ELS	ELS
	42.0	509	337	769	509	172
	41.5	534	354	795	526	172
	41.0	619	410	805	533	123
	40.5	645	427	830	550	123
Calcaire SO	40.0	741	491	840	557	66
	39.5	776	515	876	580	65
	39.0	896	594	941	624	30
	38.5	931	617	976	647	30
	38.0	966	641	1012	671	

Tableau 18 : Amélioration de la portance par jet-grouting

Extrait Terrasol



Avantages:

- pas d'effet de groupe,
- aucun ceinturage précontraint

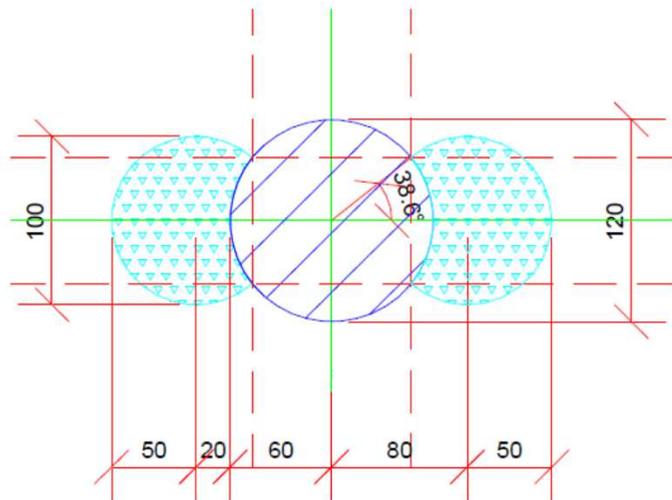
Inconvénients:

- Gain de portance insuffisant
- stabilité en phase jetting à assurée

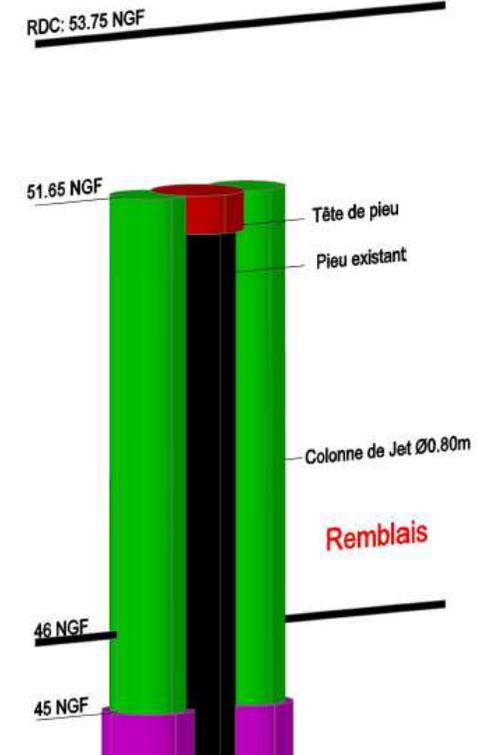
Solution retenue: colonnes de SOILCRETE®

La capacité portantes des pieux augmentée par 2 colonnes de jet-grouting de gros diamètre collées au pieu existant

Vue en plan en pointe à 43 NGF :



$$S_{\text{Jet}} = 1.302 \text{ m}^2$$
$$S_{\text{Pieu}} = 1.13 \text{ m}^2$$



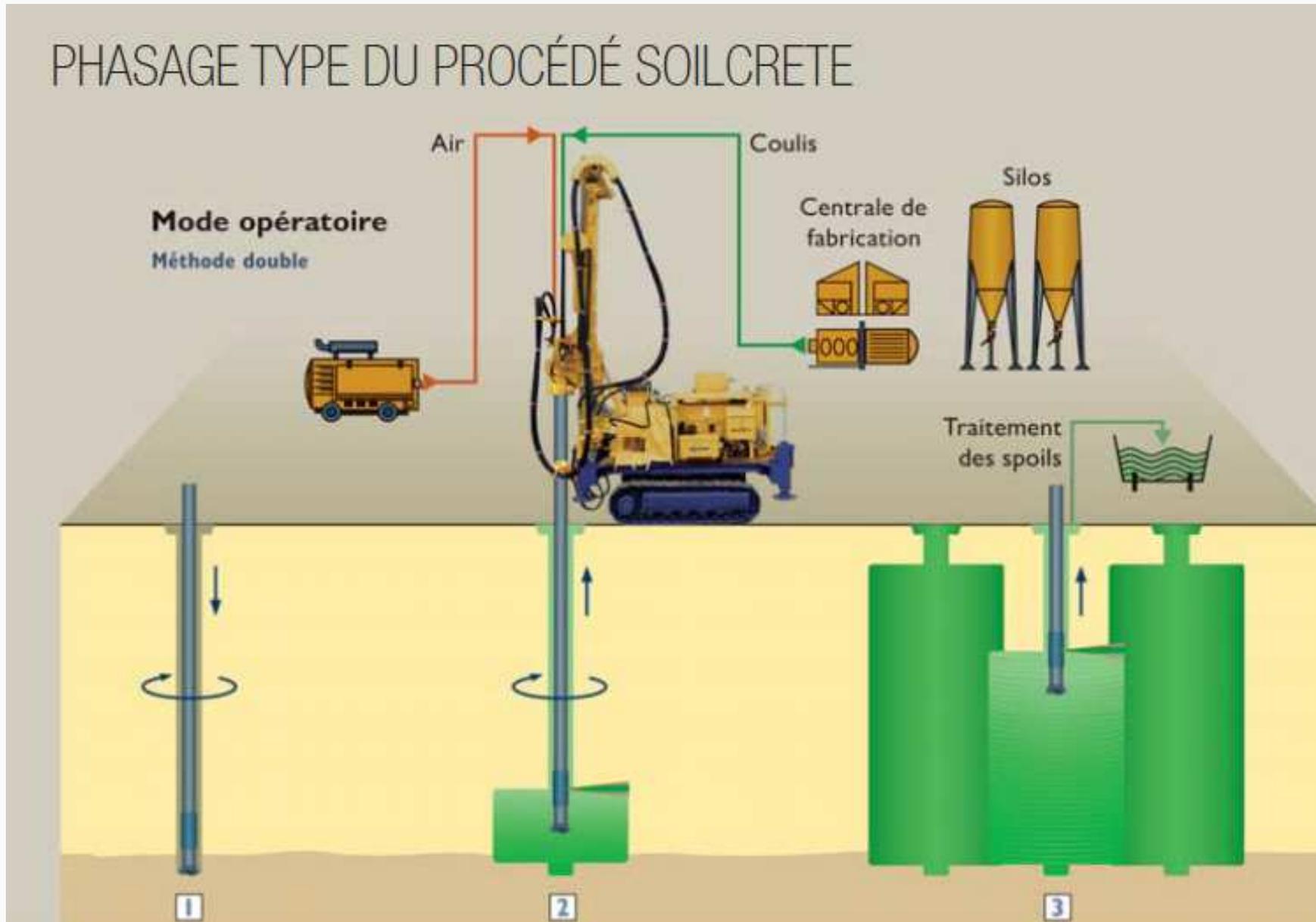
Avantages:

- pas d'effet de groupe,
- aucun ceinturage précontraint
- gain en capacité portante plus important qu'en pointe
- Phase jetting moins risquée

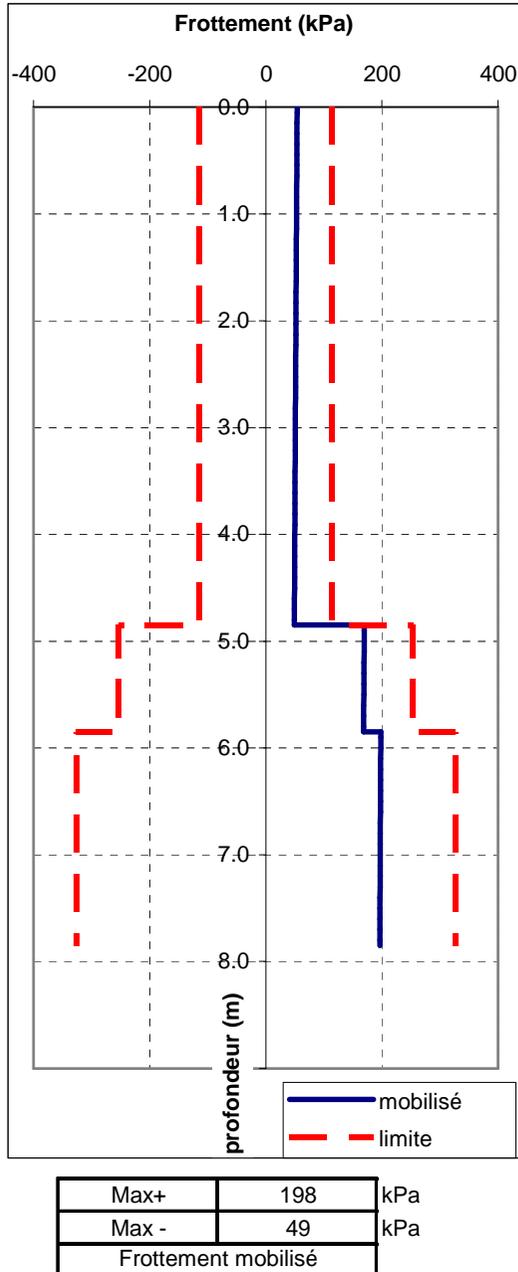
Inconvénients:

- Contact jet-pieu à contrôler
- stabilité du pieu en phase jetting à vérifier

Solution retenue: colonnes de SOILCRETE®

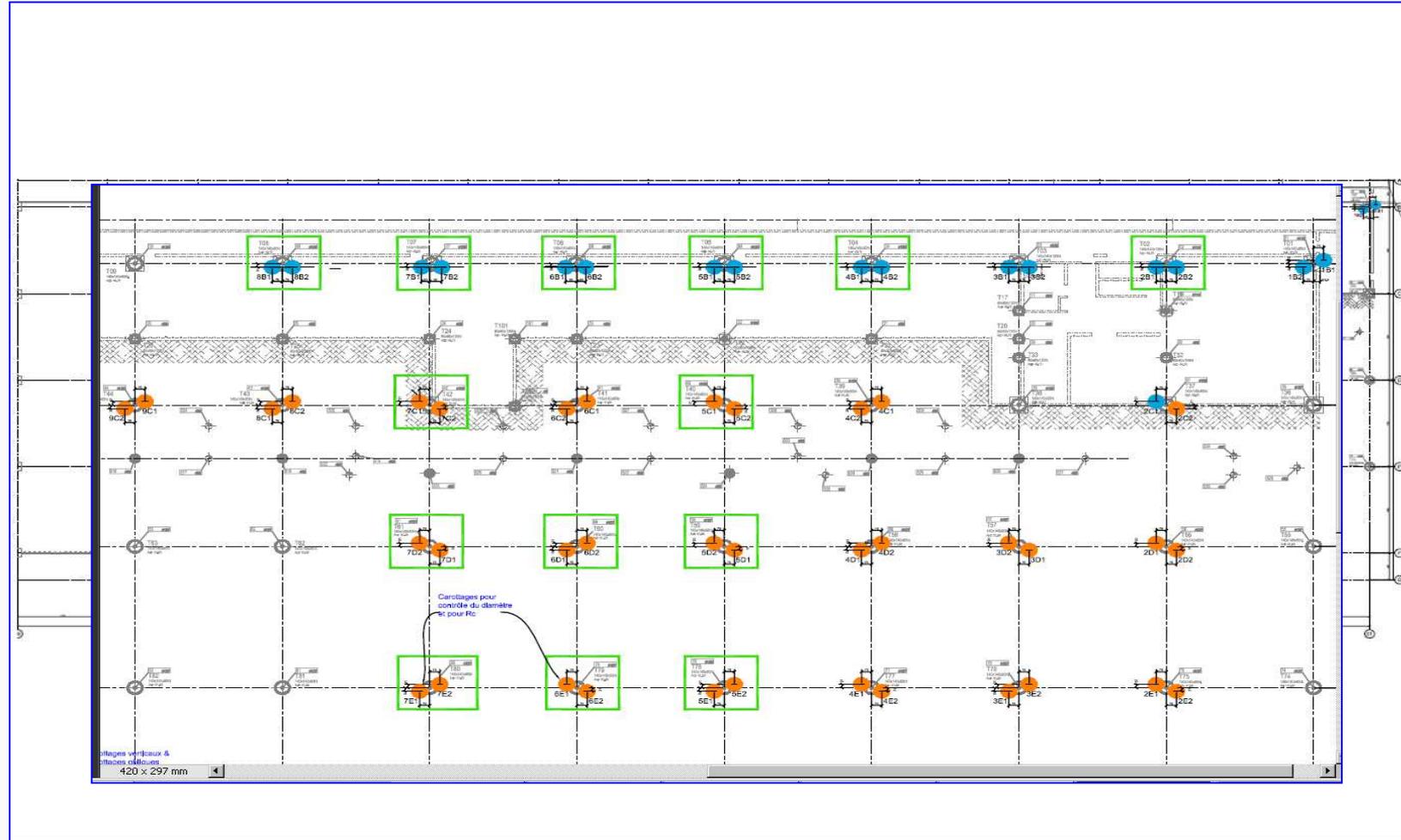


Principe du dimensionnement



- Vérifier la portance du complexe Pieux/Jet en phase provisoire et définitive ;
- Evaluer les tassements après la construction et la mise en service de l'ouvrage,
- Vérifier les portances du Jet et des pieux ainsi que leur interaction ;
- Vérifier les contraintes intrinsèques dans la colonne de Jet-grouting

Vue en plan



CONTROLES

Les contrôles ont consisté en :

- Une colonne de jet dégarnie sur 3 m et une vérification des diamètres en profondeur par mise en place de tiges Pegel.
- 4 carottages de colonnes, permettant notamment de vérifier la bonne interface jet/pieu.
- Vérification des R_c des spoils, des coulis et des carottes, vérifiant $R_c > 3$ à 5 MPa.
- Programme soutenu de vérification de l'obtention des diamètres minimums par la mise en place d'une tige Pegel pour 10 poteaux en phase travaux.
- Mesure systématique des déplacements de poteaux pendant leur reprise par jet.
Aucun mouvement significatif n'a été observé.



Colonnes d'essai



LE CHANTIER



LE CHANTIER



IT'S NOT THE VIEW. IT'S THE VISION.

Le renforcement des 64 pieux concernés a été réalisé en deux interventions de 3 semaines (en 2011 et en 2012), ce qui a permis un gain de délai non négligeable.



CONCLUSION

- ◆ L'augmentation de la capacité portante des pieux existants plutôt que la réalisation de nouvelles fondations semble une solution très compétitive notamment lorsque les charges complémentaires sont très élevées
- ◆ Le jet-grouting haute énergie de type Soilcrete D[®] a permis de réaliser cette solution par l'exécution de colonne de gros diamètre dans des sols relativement compact,
- ◆ L'approche de colonnes de jet-grouting adjacentes au pieu telle que proposée sur le DATA CENTER de Pantin est certainement une première en France.



**Merci pour votre
attention !**

www.keller-france.com