

Exemple de renforcement de fondations par jet-grouting

Renforcement parasismique des constructions existantes

Jeudi 27 novembre 2014



Serge Lambert

► Description du projet

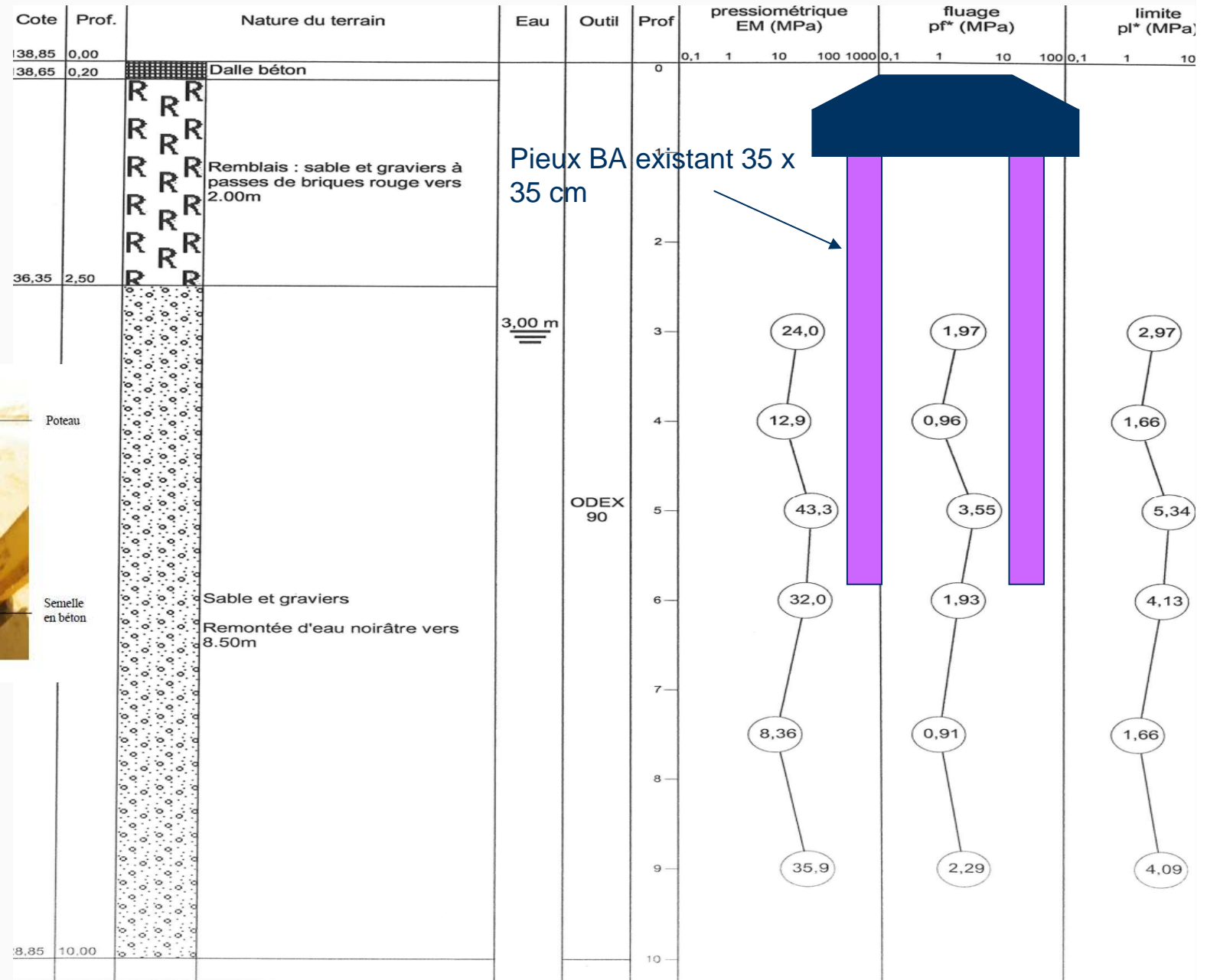
Le projet consiste à réhabiliter un bâtiment existant :

- Augmentation de la surface habitable
 - . Réalisation de 3 niveaux supplémentaires
- Mise au norme parasismique du bâtiment

Les poteaux de ce bâtiment sont fondés sur des semelles coiffant un groupe de pieux préfabriqués en BA battus de section 40 x 40 cm, dont la profondeur est comprise entre 5 et 8 m / TA.



ILOT Malraux- ICADE



Pieux BA existant 35 x 35 cm



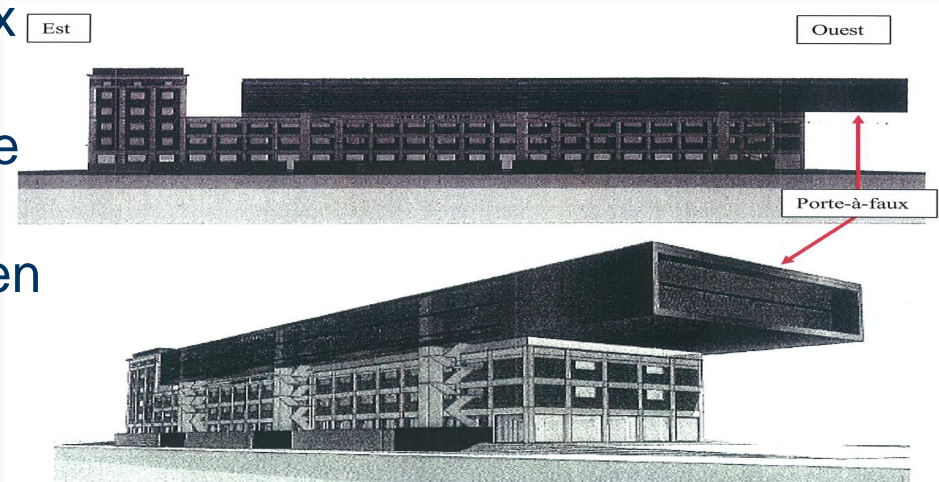
Photo n°9 : reconnaissance Fr A6 - octobre 2011

ILOT Malraux– ICADE

- ◆ Maître d'ouvrage: ICADE
- ◆ Contractant général: KETTERER
- ◆ Bureau d'étude: CTE
- ◆ Délais de travaux: SEPTEMBRE 2012 + 18 mois

- La structure du bâtiment est conservée.
- Surélévation par la mise en place de 3 niveaux de planchers complémentaires
- Nouvelles fondations pour la nouvelle structure

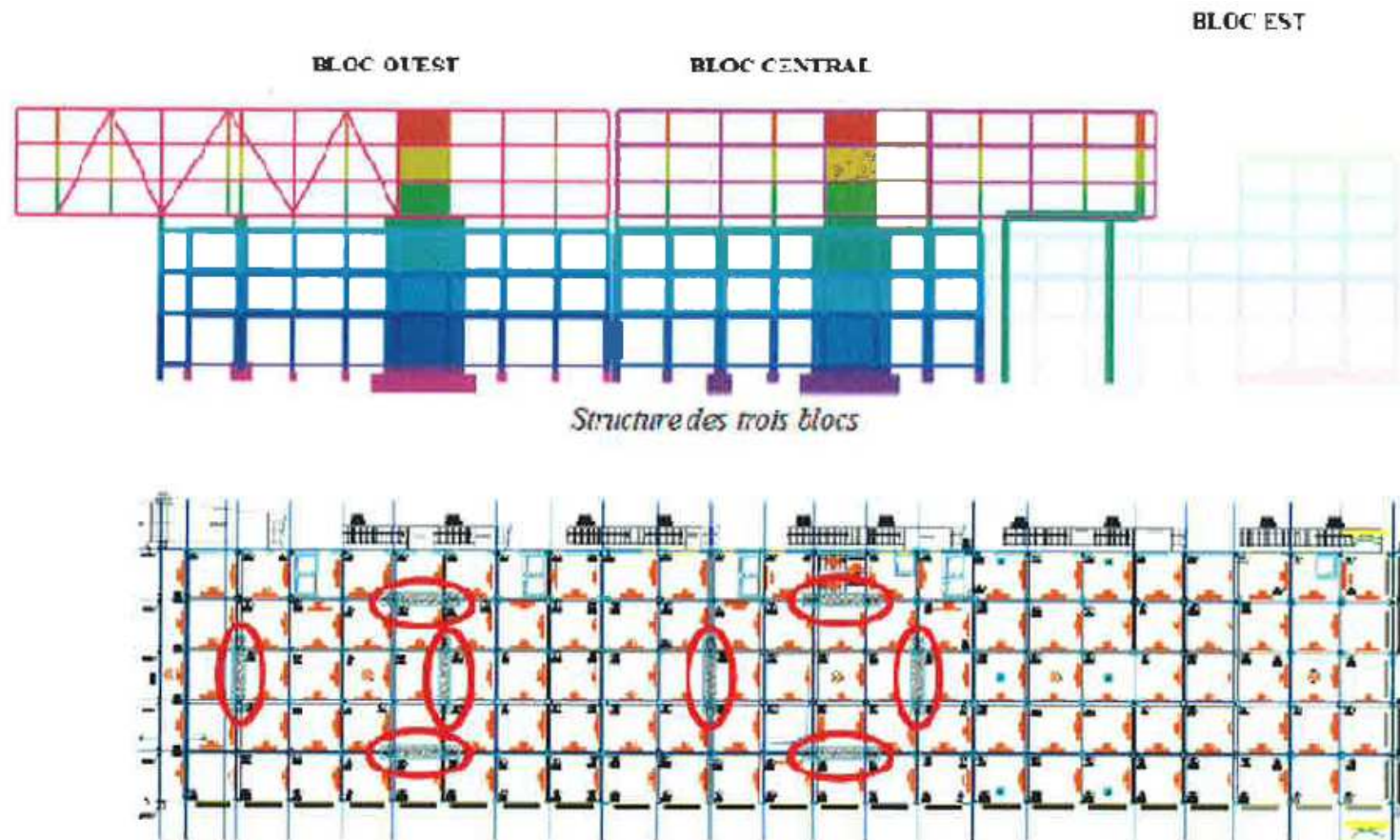
En façade Ouest, cette surélévation sera mise en place sous la forme d'un porte-à-faux d'une quinzaine de mètres de longueur



Ce bâtiment est destiné à accueillir du public (ERP): bureaux, restaurant, une brasserie, des cafés, des salles culturelles.

CONCEPTION DES OUVRAGES SISMIQUES

La reprise des efforts sous combinaisons sismiques nécessite la réalisation de palées de contreventement à l'intérieur du bâtiment, selon la figure suivante



Données Sismique:

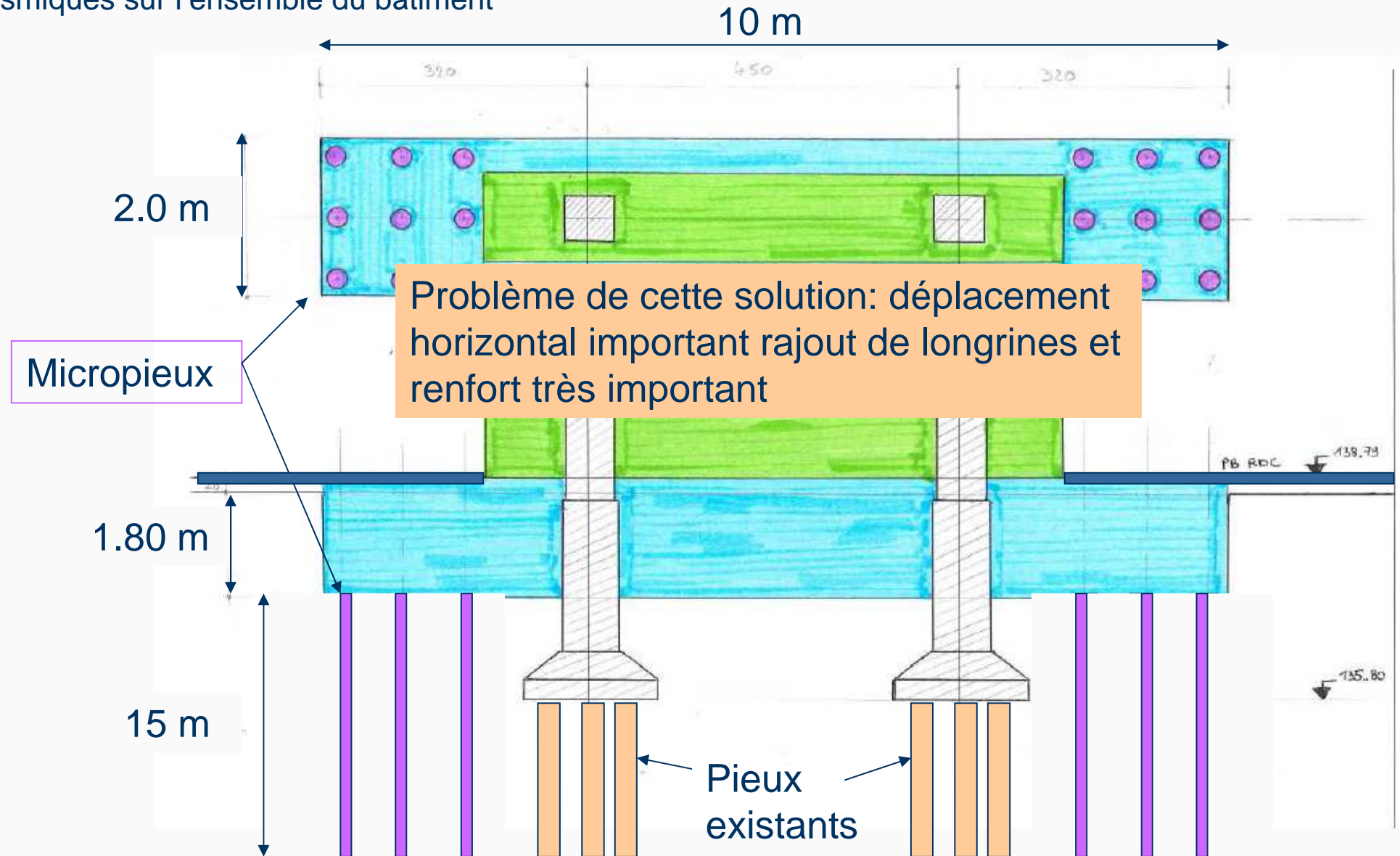
- sol catégorie C

<i>Nature des sols</i>	<i>pt* (MPa)</i>	<i>Module pressiométrique E_M (MPa)</i>	<i>Module de cisaillement G (MPa)</i>
Remblais superficiels hétérogènes	0.23 à 1.19 MPa	2 à 5	15 à 30
« Graviers » lâches entre 4 et 7.5 m	< 0.7 MPa	4 à 7	30 à 50
« Graviers » de compacité moyenne jusqu'à 10.5 m	1 à 2 MPa	7 à 20	50 à 150
« Graviers » très compacts cote < 127.0 IGN69	> 5 MPa	> 35	300 à 500

- Ouvrage catégorie 3.
- Zone de sismicité 3: **agr** = 1.1 m/s² et a = 0.21.g

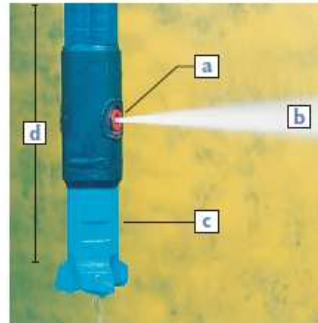
Ilot Malraux– ICADE

SOLUTION INITIALE: Réalisation de 18 micropieux par contreventement (144 u) + longrines parasismiques sur l'ensemble du bâtiment

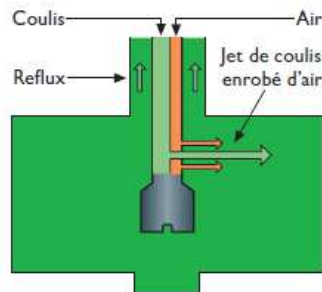


Jet-Grouting procédé Soilcrete double jet

Outil de jet grouting



- a – Buse
- b – Jet haute pression
- c – Taillant
- d – Moniteur

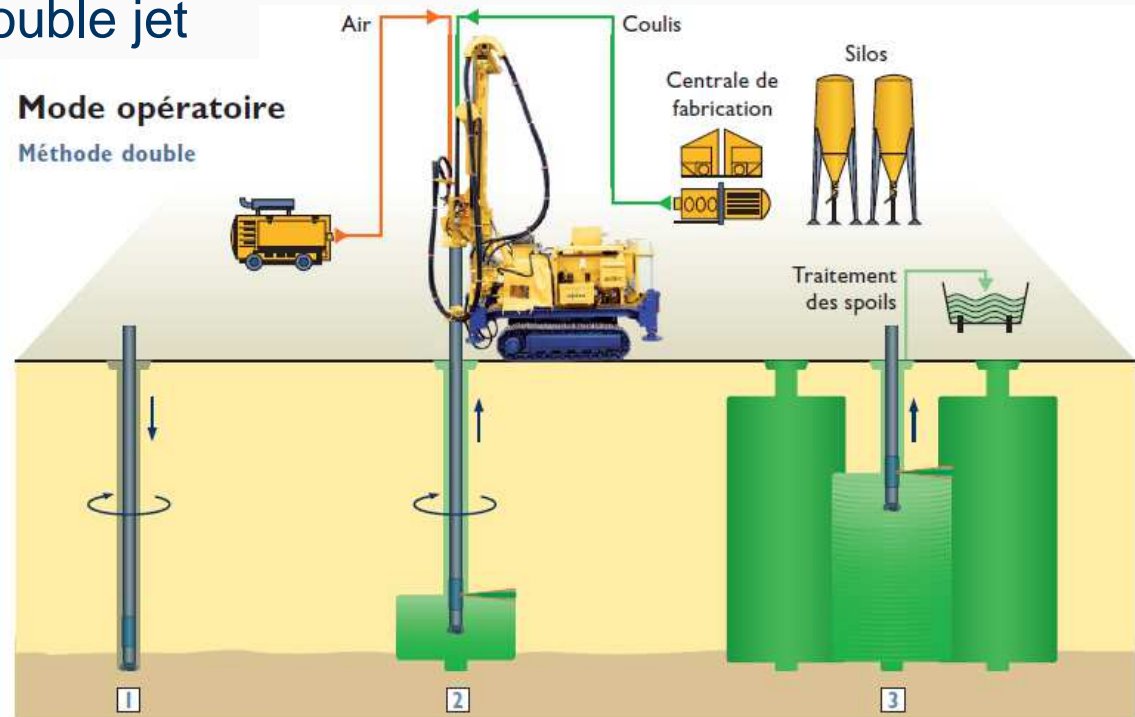


C'est le «jet double haute énergie» ou Soilcrete® D

Foreuses adaptées aux différentes contraintes des sites

Mode opératoire

Méthode double



Les étapes sont les suivantes :

1 Forage

Le forage, à l'eau ou au coulis, est exécuté par un taillant spécifique en bout de moniteur.
Un carottage ou un préforage peuvent être nécessaires pour traverser les maçonneries ou le béton.

2 Jetting : réalisation de la colonne

Découpage hydraulique d'un volume de sol selon un diamètre, une forme et une longueur choisis : la colonne de béton de sol est créée en érodant le sol par un coulis de ciment. Cette action se fait par une remontée régulière et oscillation du train de tiges, associée à des pompes haute pression (300 à 500 bars) et à un débit très important (200 à 350 l/mn).
Évacuation continue et contrôlée des rejets de découpage (spoils).
Un prédécoupage peut être réalisé si nécessaire dans les terrains raides ou cohésifs, pour assurer les diamètres et résistances recherchés pour les colonnes.

3 Phasage et réalisation de la forme géométrique recherchée

Les colonnes sont réalisées suivant un phasage adapté au chantier, et suivant les formes recherchées : lamelles, demi-colonnes, colonnes pleines...

Ilot Malraux– ICADE

Solution retenue: 4 micropieux une colonne de jet-grouting de 2 m de diamètre

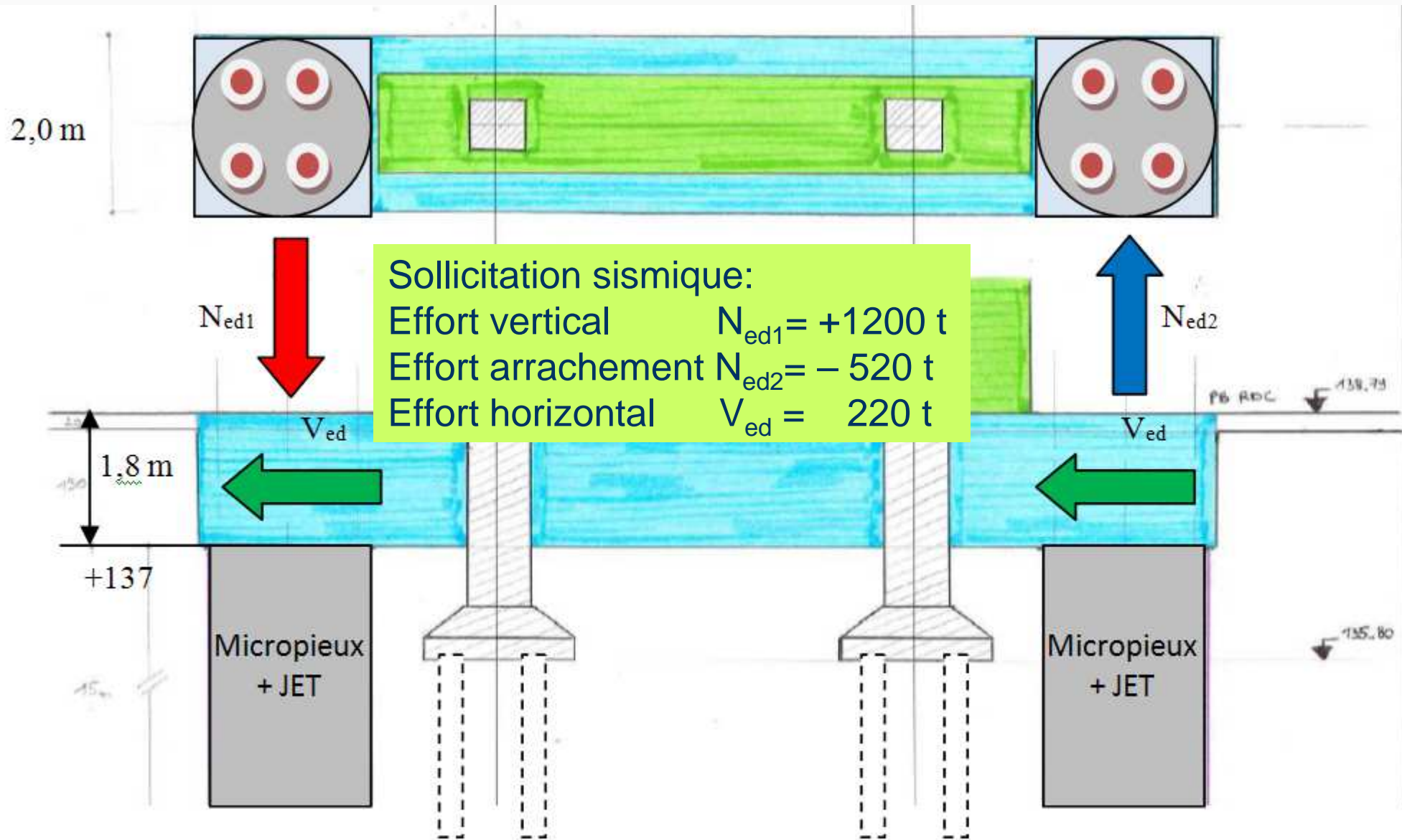
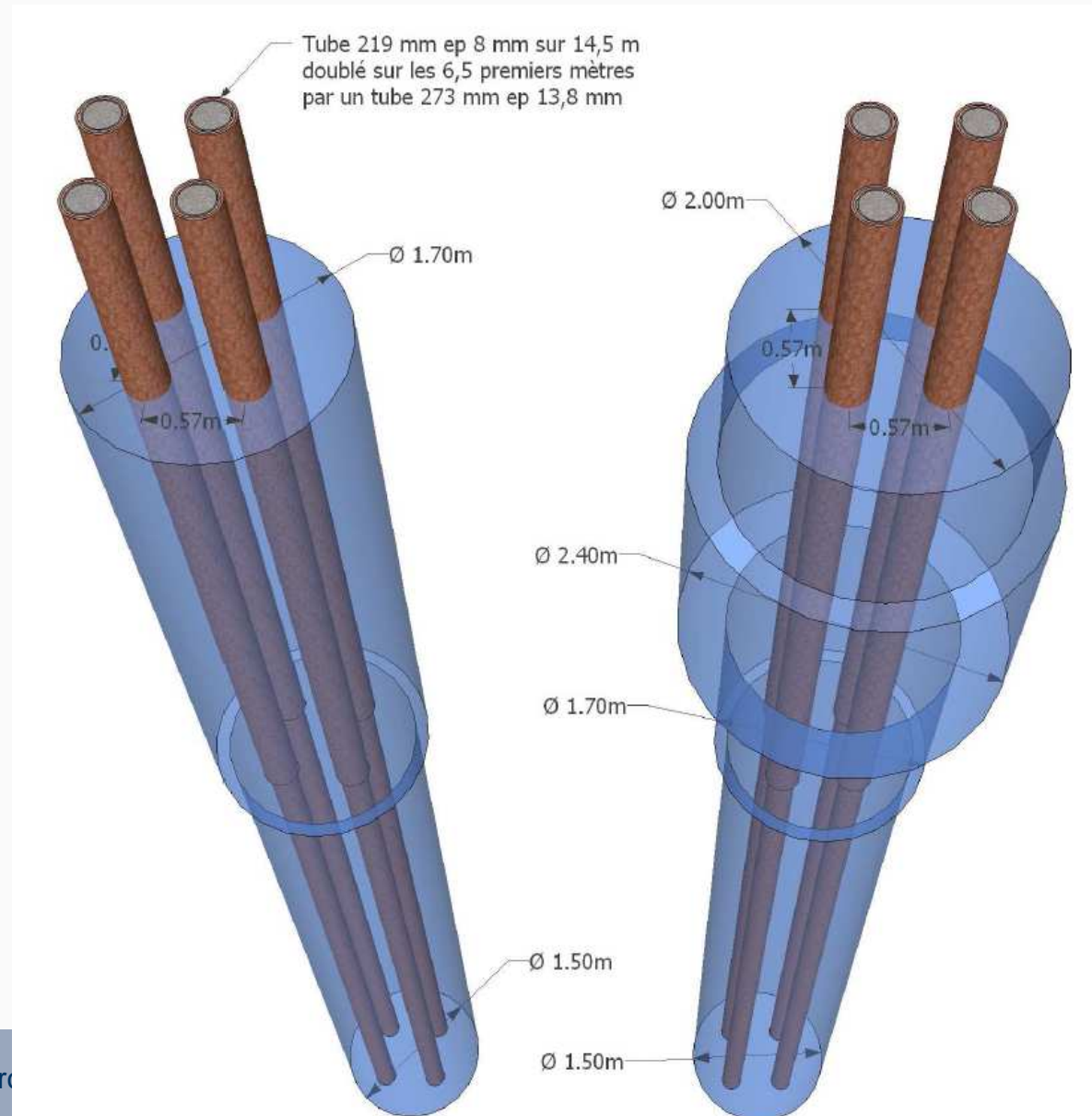


Figure 1 : Principe du contreventement reposant sur les micropieux et les colonnes de Jet Grouting

Ilot MALRAUX- ICADE -

Variante Keller : réalisation de micropieux dans une colonne de jet

Le jet augmente la raideur du sol et donc diminue les efforts dans les longrines

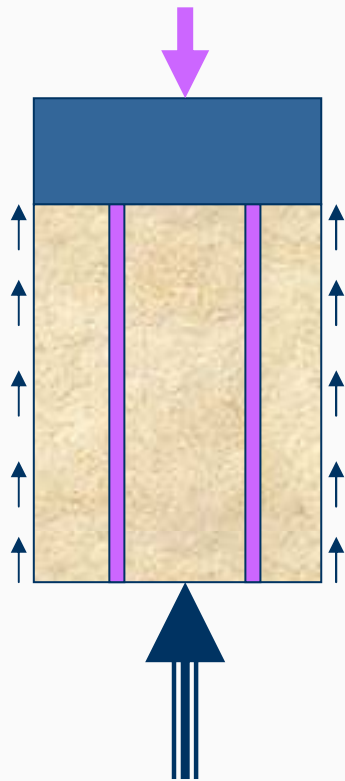


Renfort sur les 5 premiers mètres



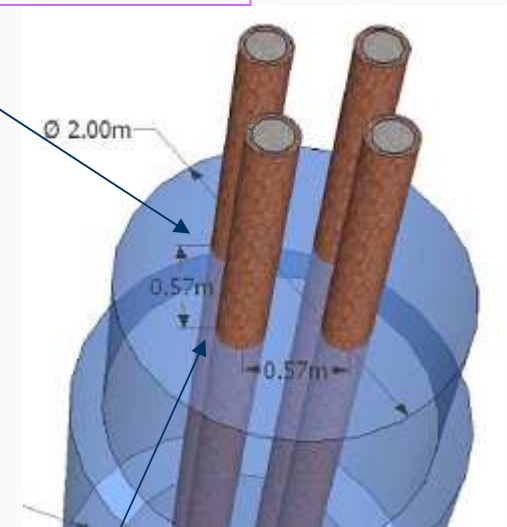
Dimensionnement

CAPACITE PORTANTE DES MICROPIEUX



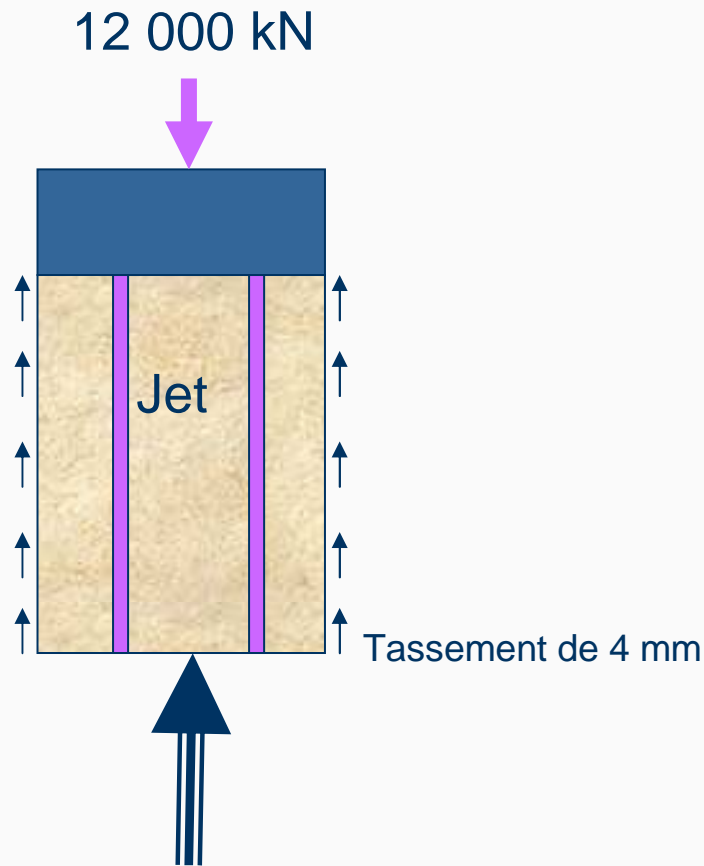
La portance des micropieux est étroitement liée à la résistance du massif de Jet Grouting. Cette dernière doit rester supérieure à celle des micropieux.

Frottement
armature/coulis

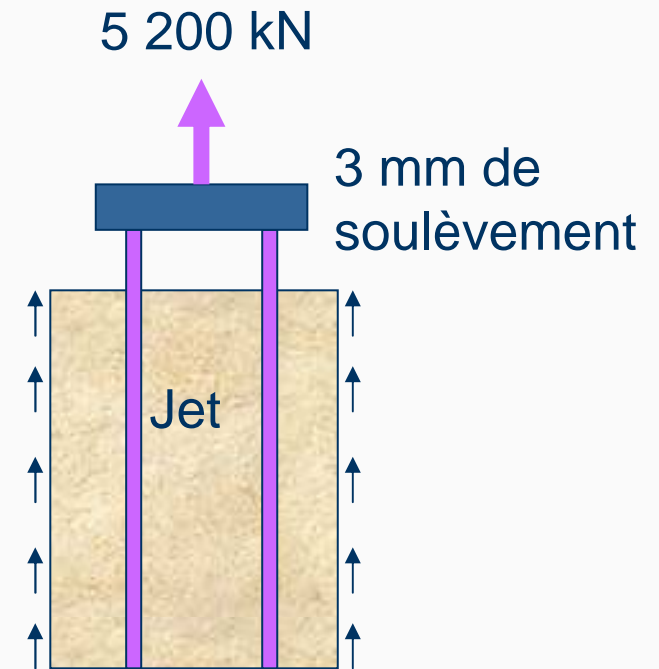


Frottement
coulis/jet-grouting

Dimensionnement CALCUL DES RAIDEURS



La raideur à la compression est de 3 370 MN/m



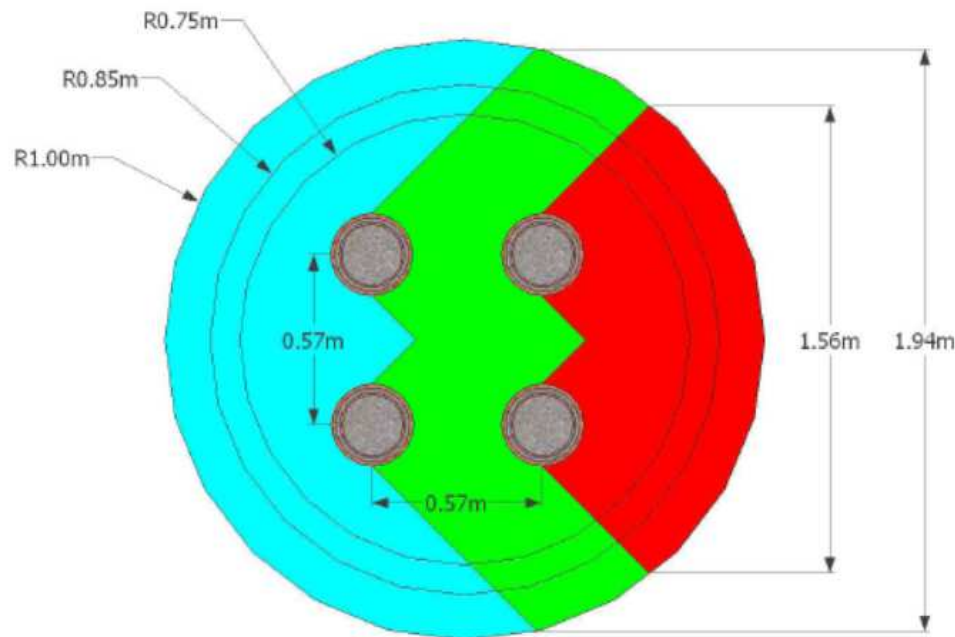
La raideur à la traction est de 1 997 M/m

Dimensionnement déplacement du massif

Nous modéliserons la fondation mixte micropieux/jet en considérant deux situations :

Situation 1 : la colonne de Jet Grouting reste intègre et son produit d'inertie est calculée en considérant la colonne entière ; largeur de butée avec le sol 2 m

Situation 2 : la colonne de Jet Grouting se désagrège et ne se comporte plus que comme un sol de très bonne qualité dans lequel les contraintes appliquées par les micropieux se diffusent (largeur de butée plus faible)



	Déplacement horizontal	Raideur horizontale
Colonne intègre	4 mm	460 MN/m
Colonne désagrégée	9 mm	20,3 MN/m

ILOT Malraux– ICADE

► Réalisation d'un plot d'essai

- Objectif N°1 valider la technique de forage pour mise en place des barres
 - Jet frais à J+1 avec un tri-lames
 - Jet dur à J+ 5 au marteau de fond de trou



- ◆ Objectif N°2 valider les qs sol / jet et jet / armature



Essai sur une barre traction = 215 t

Essai sur la colonne diam 900 traction = 300 t

ILOT Malraux– ICADE

◆ chantier



► Mise en place des tubes



◆ Scellement des tubes



CONCLUSION

- La rigidification du sol par du jet-grouting a permis de réduire le déplacement des fondations du contreventement dans un rapport de 10 et réduire ainsi les sollicitations dans les longrines,
- Ce chantier reste une référence autant du point de vue ingénierie que travaux,
- Il ouvre de nouvelles perspectives dans les fondations d'ouvrages à réhabiliter où les emprises sont limitées,
- les colonnes de jet-grouting de gros diamètre avec un élancement inférieur à 3 peuvent être considérées comme du béton de rattrapage et non pas besoin d'être armé,
- Autre application: le jet-grouting permet de remédier au problème de liquéfaction par solidification du sol.



KELLER

**Merci pour votre
attention !**

www.keller-france.com