



Essais Non destructifs de Contrôle de Micropieux

« Nouvelle Méthode pour le Contrôle de la Portance au Service de Micropieux »

René Matias Calvente^(1,2), Roland Gourvès⁽¹⁾, Miguel Angel Benz-Navarrete⁽¹⁾

Pierre Breul⁽²⁾, Claude Bacconnet⁽²⁾

Jean Paul Volcke⁽³⁾, Pierre Lebouc⁽³⁾

Philippe Gotteland⁽⁴⁾

*(**) Résultat d'une Thèse CIFRE intitulée "Méthodologie de contrôle en place de la capacité portante des micropieux à partir d'essais dynamiques »*

Contexte Général

Objectif

« Développement d'une méthodologie de contrôle de la portance des micropieux non destructive et systématique »

Contraintes de la méthode développée

- ✓ Matériel facilement transportable,
- ✓ Mise en œuvre rapide et aisée,
- ✓ Economiquement réaliste,
- ✓ Méthode systématique et non traumatisante pour le micropieu.

« Méthode Sol-Solution-FNTF-UBP »



Essai de chargement dynamique sur un micropieu (Gomez et al. 2004)

Historique du Projet

Historique

Phase Opportunité : PRD & MSc - Septembre 2008 – Décembre 2009

Phase Faisabilité : Thèse CIFRE – 2010/2014

Doctorant : René Matias CALVENTE – Ing. Civil en Thèse à Sol Solution

Financement : Sol Solution – FNTP & Institut Pascal UBP

Directeur de Thèse : Pierre Breul (Institut Pascal – UBP)

Groupe de travail – Encadrement :

FNTP Philippe Gotteland, Jean Paul Volcke, Pierre Lebouc, Pierre Vezole...

Sol Solution Roland Gourvès, Younès Haddani, Miguel Benz

Institut Pascal Pierre Breul, Claude Bacconnet

Développement du Projet

Phases R&D

Phase Opportunité (2008-2009)

- ✓ Etat de l'art, recherche bibliographique ...
- ✓ Modélisation numérique discrète de l'essai

Phase Faisabilité (2010-2014)

- ✓ Proposition de la méthode : hypothèses & fondements
- ✓ Réalisation et mise au point prototype expérimental
- ✓ Terrain expérimental & construction micropieux modèles
- ✓ Réalisation des essais comparatifs SLT & DLT

Phase Validation (2013)

- ✓ Essais comparatifs en conditions de chantier
- ✓ Mise au point de la méthode de contrôle
- ✓ Cahier de charges version pré-industrielle

Nouvelle Méthode de Contrôle

Présentation

Principe de l'essai



Figure : Essai Dynamique sur Micropieux
Méthode Semi Automatique

Description

- ✓ Essai dynamique à faible énergie (0,2 – 0,5% Q_{ELU})
- ✓ Essai à énergie variable : 5 paliers de chargement

Exploitation & Expression de résultats

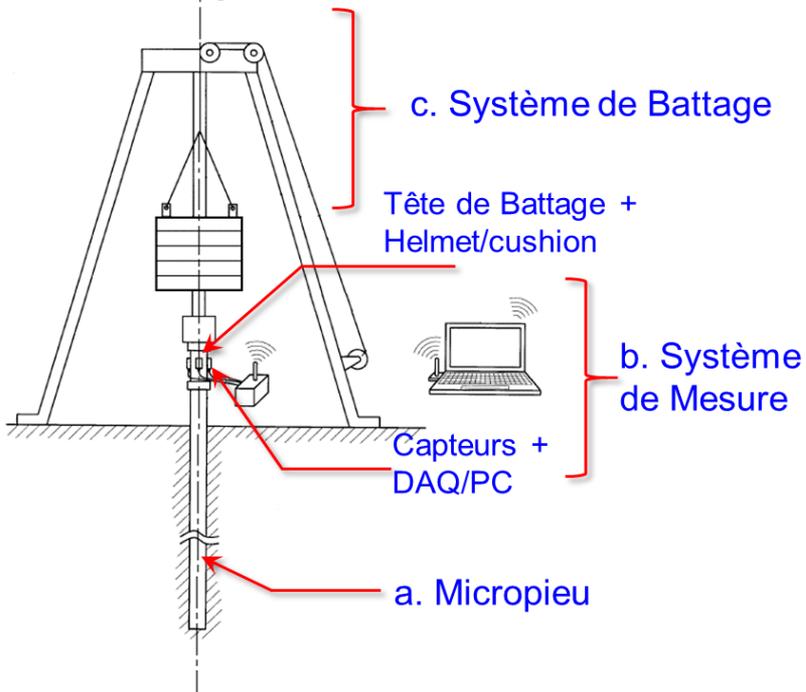
- ✓ Analyse vibratoire (temps, fréquence) des mesures
- ✓ Force statique équivalente & déplacement
- ✓ Ajustement de la courbe de charge-déplacement :
Modèle Elastique non Linéaire (*Duncan et al. 1970, Frank et Zhao, 1982; Fahey et Carter, 1973*)
- ✓ Résultats en temps réel

Nouvelle Méthode de Contrôle

Présentation

Principe de l'essai – Mode opératoire

I. Principe



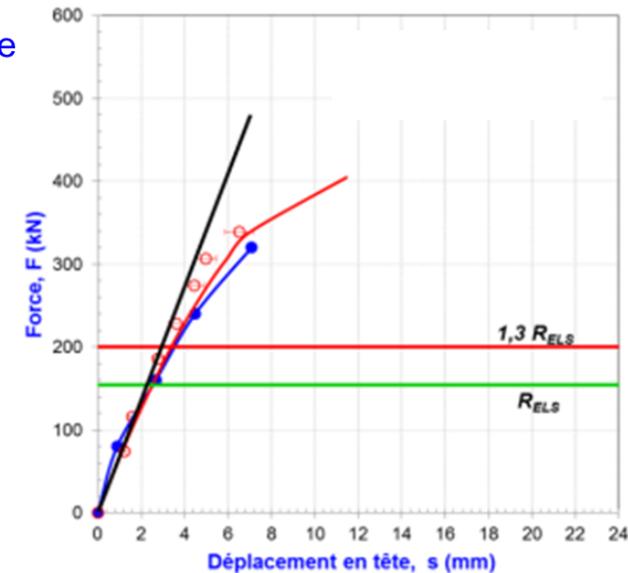
II. Procédure

- Sollicitation Dynamique (Impacts) à énergie croissante
i.e $H=0,10$ vers $H 1,20m$



- Arrêt du contrôle

III. Résultat

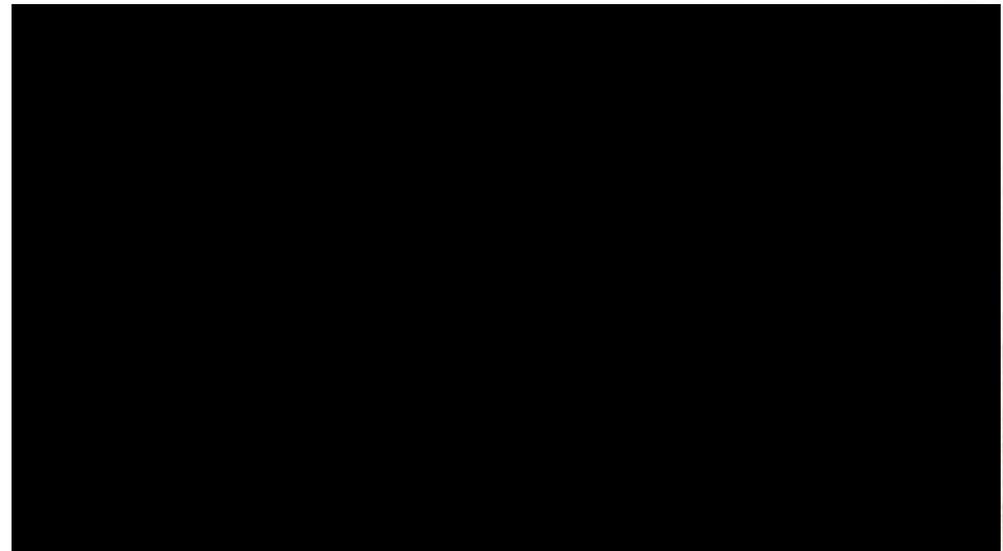
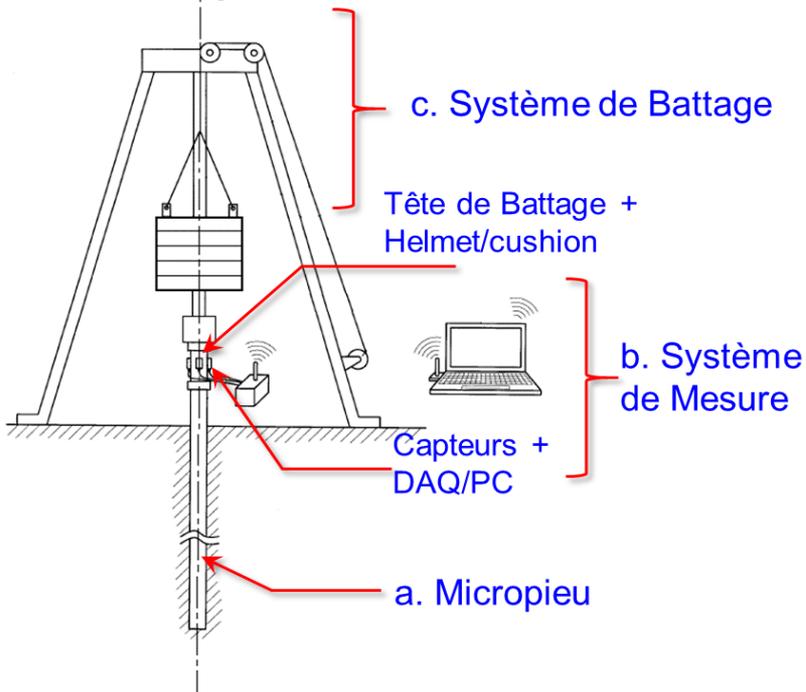


Nouvelle Méthode de Contrôle

Présentation

Principe de l'essai – Mode opératoire

I. Principe



Mise au point de la Méthode

Présentation

Site expérimental : Micropieux Modèles

- ✓ Site expérimental à Gerzat – Puy de Dôme (Auvergne)
- ✓ Argiles sablo-limoneuse, argiles Marneuse & marnes (Nombreux Essais In-Situ)
- ✓ Réalisation de 18 Micropieux
 - 3 Types différents : I, II & III + Compensation d'essorage & Gravitaire
 - Rapport C/E : 2 & 2,4
 - Longueur : 3m, 6m & 9m
- ✓ Réalisation des essais de contrôle Statiques & Dynamiques

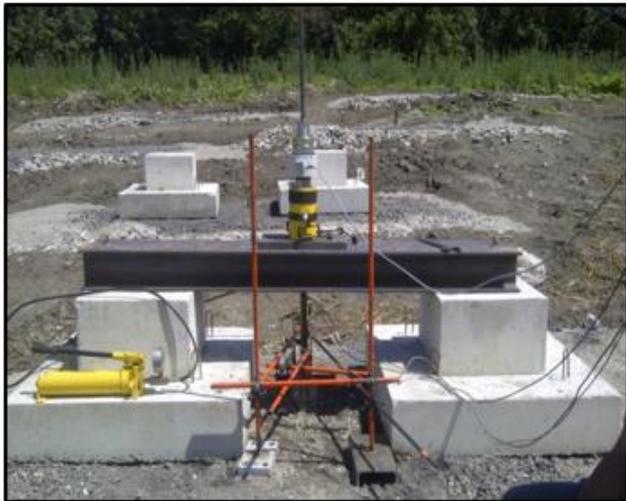


Mise au point de la Méthode

Présentation

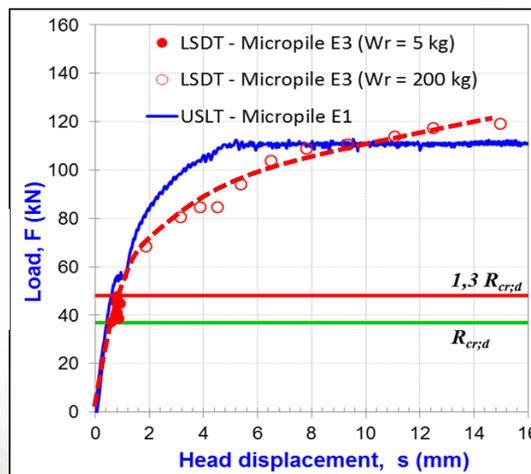
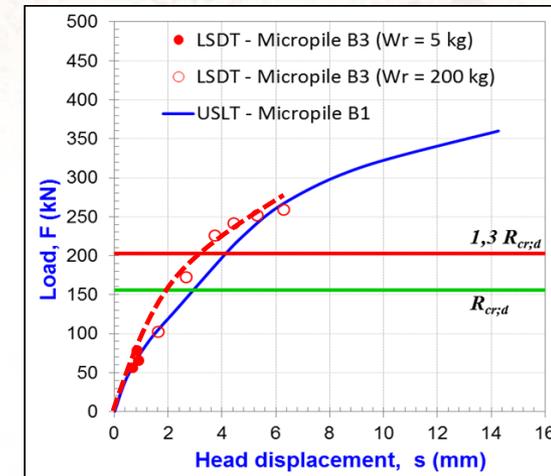
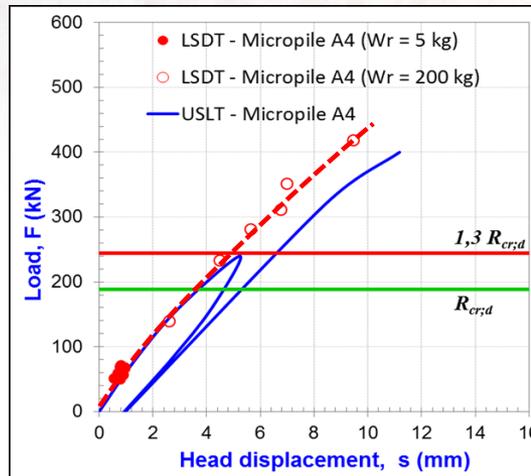
Site expérimental : Micropieux Modèles

Résultats à Gerzat



Comparatif essai de Référence sur Terrain
Expérimental à Gerzat (Puy de Dôme)

- Essai de chargement dynamique
- ◆ Essai de chargement statique en traction



- ✓ Résultats répétables
- ✓ Résultats satisfaisants
- ✓ Bonne correspondance SLT vs Méthode Dynamique

Validation sur Site de la Méthode

Validation

Essais en conditions réelles : Chantier à Metz



- ✓ **Type** : Micropieu de Type III (Méthode Autoforée)
- ✓ **Diamètre** : 153 mm - **Longueur** : 10 m
- ✓ **Armature** : barre de 51 mm de diamètre
- ✓ **Charge de calcul aux ELS** : **28 T**
- ✓ **Procédure de validation** :
 - ✓ Essai avec le marteau de 5 kg
 - ✓ Essai avec le marteau de 195 kg

 - ✓ Essai de chargement statique en traction
(Validation)



Validation sur Site de la Méthode

Validation

Essais en conditions réelles : Chantier à Metz



1. Essai avec marteau de 5kg et Masse tombante de 195 kg (durée : 25mn)

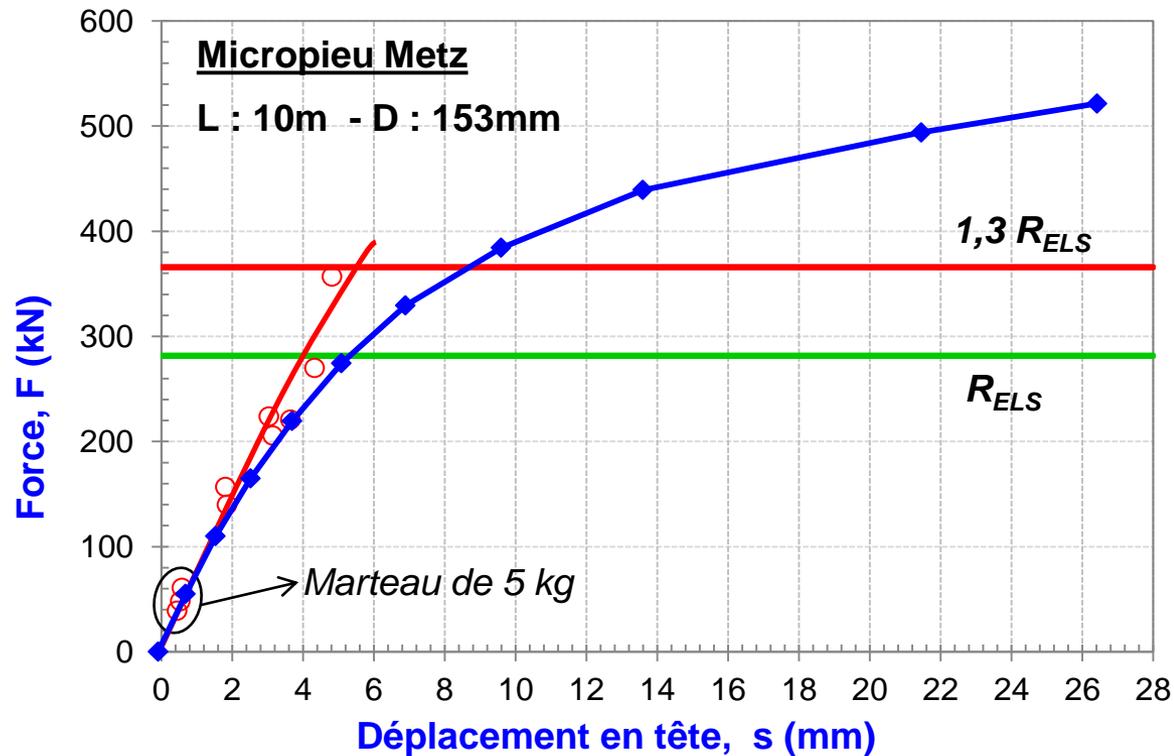


Figure – Sollicitations Dynamiques au marteau et à la masse tombante (Trépied)

○ Essai de chargement dynamique

◆ Essai de chargement statique en traction

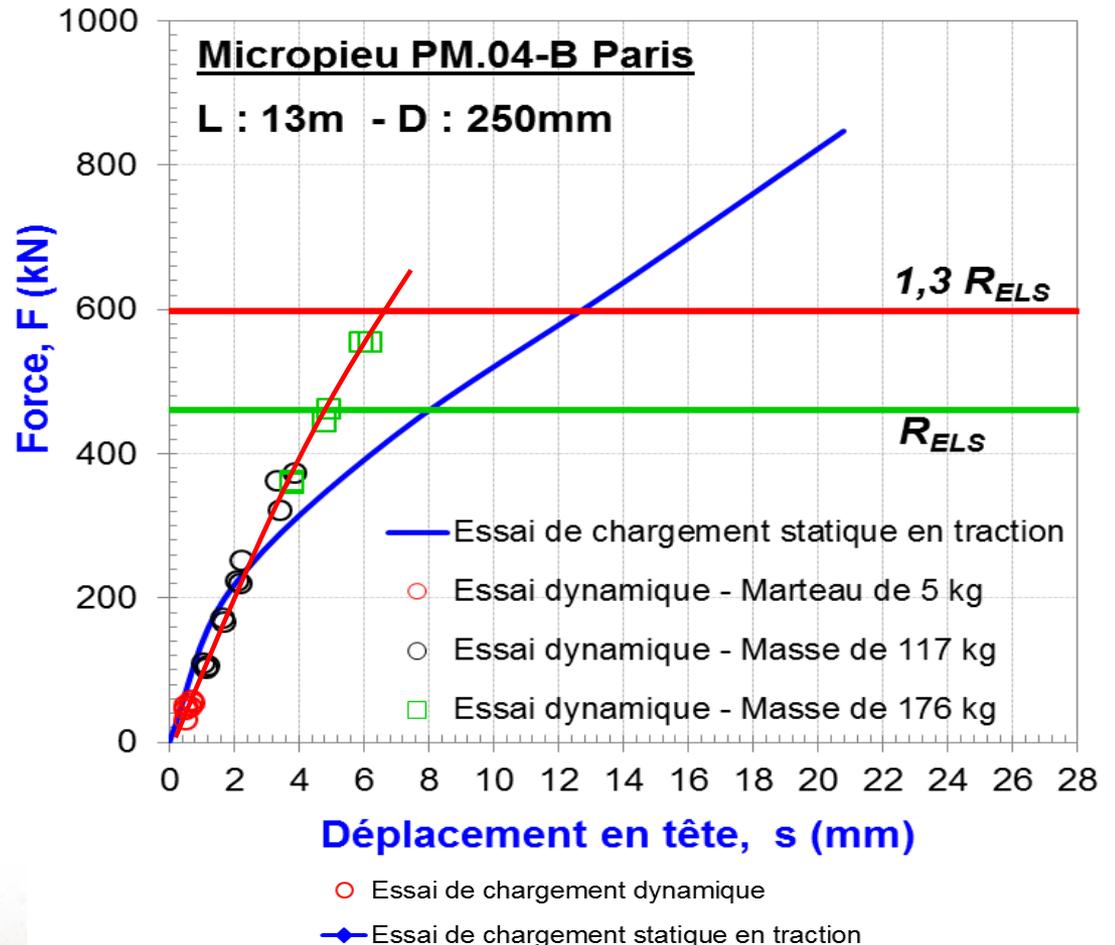
Validation sur Site de la Méthode

Validation

Essais en conditions réelles : Chantier à Paris



Comparatif essai de Référence sur Chantier à Paris



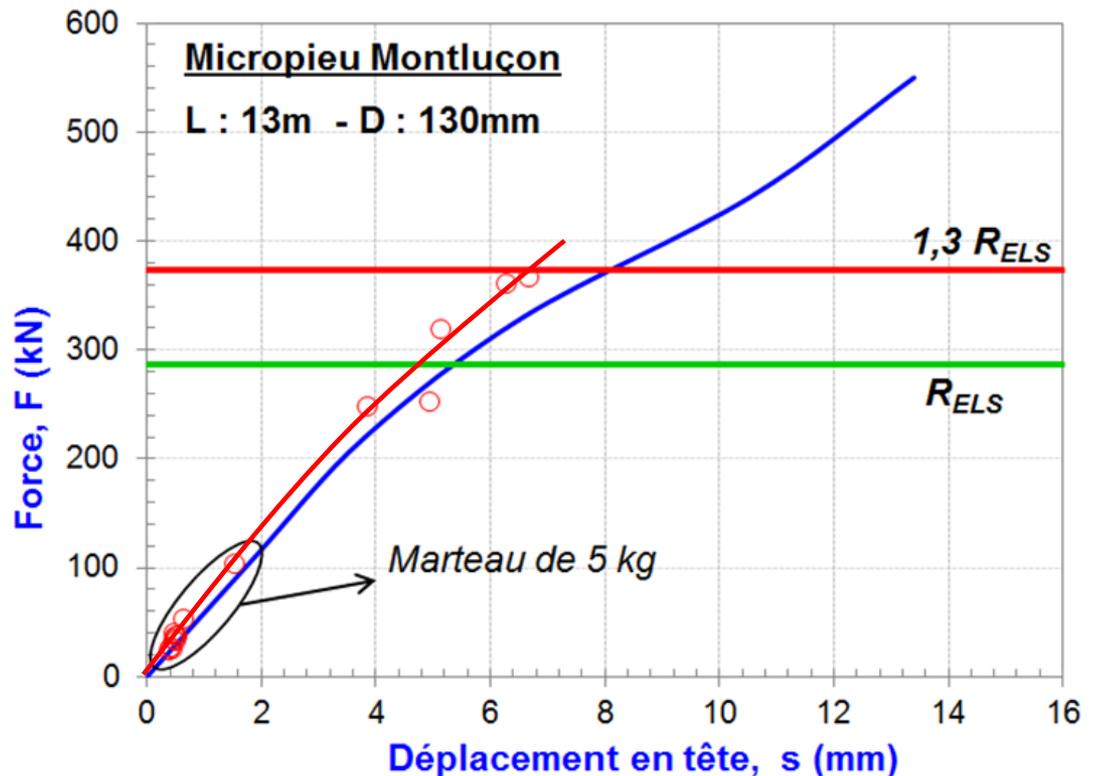
Validation sur Site de la Méthode

Validation

Essais en conditions réelles : Chantier à Montluçon



Comparatif essai de Référence sur Chantier à Montluçon



- Essai de chargement dynamique
- ◆ Essai de chargement statique en traction

Validation sur Site de la Méthode

Validation

Chantier à Dunkerque : Etude de l'effet « ageing »

Laboratoire 3SR (Grenoble), Imperial College of London (R. Jardine)



Essais dynamiques à faible contrainte



Essais statiques en traction



Laboratoire 3SR, ICL & Sol Solution

- ✓ 29 Micropieux métalliques ont été installés à énergie variable
- ✓ Chargements statiques et dynamiques dans le temps

Validation sur Site de la Méthode

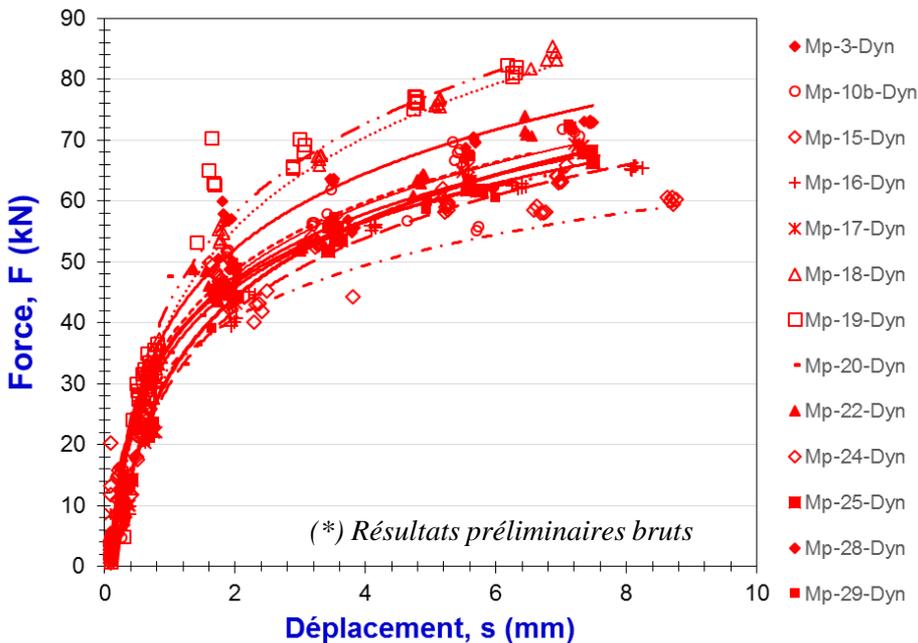
Validation

Chantier à Dunkerque : Etude de l'effet « ageing »

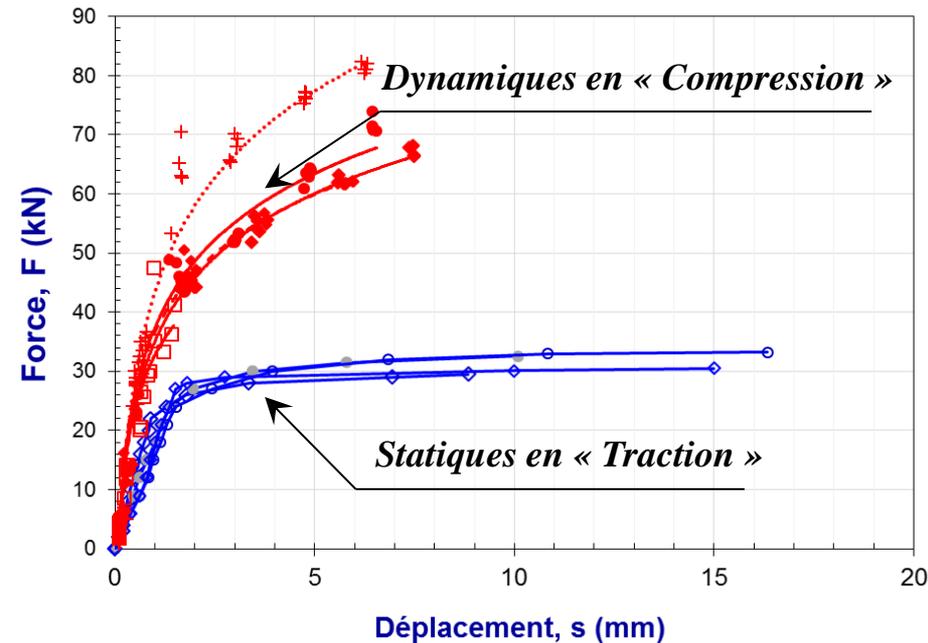
Laboratoire 3SR (Grenoble), Imperial College of London (R. Jardine)



Résultats préliminaires



Courbes Charge-Déplacement dynamiques à faible contrainte



Comparaison courbes charge-déplacement dynamiques et statiques en traction

Caractéristiques de la Méthode

Bilan

- Faisabilité de la Méthodologie proposée en conditions réelles
- Rapidité de réalisation et obtention des résultats,
- Fiabilité et répétabilité des résultats



Caractéristiques de la Méthode

- ✓ Dynamique & Non Destructive
- ✓ Simple et « Tout Terrain »
- ✓ Facilement transportable (PT < 500kg)
- ✓ Systématique
- ✓ Rapide (1 micropieux testé < 20 mn)
- ✓ Economiquement « très intéressante »

Caractéristiques de la Méthode

Conclusions

Mise au point d'une nouvelle méthodologie innovante pour le contrôle des micropieux non destructive et systématique.

Valorisation industrielle : un brevet à été déposé (2014) et différents communications ont été réalisées en France et à l'étranger

Actuellement les travaux (transfert technologique, sensibilisation à la méthode, développement industriel...) se poursuivent.

Transfert technologique & sensibilisation à la méthode : *des chantiers ou de sites « test » sont les bienvenus*

Remerciements : ANRT, Mairie de Gerzat (Terrain), entreprise Sotraisol Fondations (réalisation des micropieux et sites de validation), Laboratoire 3SR (Grenoble) ...



Essais Non destructifs de Contrôle de Micropieux

« Nouvelle Méthode pour le Contrôle de la Portance au Service de Micropieux »

René Matias Calvente^(1,2), Roland Gourvès⁽¹⁾, Miguel Angel Benz-Navarrete⁽¹⁾

Pierre Breul⁽²⁾, Claude Bacconnet⁽²⁾

Jean Paul Volcke⁽³⁾, Pierre Lebouc⁽³⁾

Philippe Gotteland⁽⁴⁾

*(**) Résultat d'une Thèse CIFRE intitulée "Méthodologie de contrôle en place de la capacité portante des micropieux à partir d'essais dynamiques »*