



SOLCYP

Projet National de R&D

SOLlicitations CYcliques dans les fondations Profondes

TRAITEMENT DES RESULTATS DES ESSAIS ET LEUR INTERPRETATION

Contrat Cifre : M. BENZARIA

Fugro France

LC/11/SOL/17
et LC/11/SOL/18
R/11/SOL/005
Décembre 2011

- ◆ Président : Alain PECKER - alain.pecker@geotechnique.com - Tél : 01 46 65 00 11
 - Directeur Technique : Alain PUECH - a.puech@fugro.com - Tél : 01 55 69 14 02
 - Gestion administrative et financière :
- IREX - 10 rue Washington - 75008 PARIS - Tél. : 01 44 13 32 77 - Fax : 01 43 59 41 93 - irex@wanadoo.fr
- Site Internet : <http://www.pnsolcyp.org/>



FICHE SIGNALÉTIQUE

TITRE : Participation du projet au contrat cifre pour M. BENZARIA thésard en charge du traitement des résultats des essais et leur interprétation

RAPPORT N° : R/11/SOL/005

DATE D'ETABLISSEMENT : Décembre 2011

AUTEUR / PUECH et BENZARIA:

ORGANISME(S) CHARGE(S) DE L'ACTION : FUGRO

AXE DE RATTACHEMENT : Thème 6 traitement des résultats et interprétation

LETTRE DE COMMANDE : LC/11/SOL/17 et LC/11/SOL/18



CONVENTION CIFRE¹ N° 444/2009
ENTREPRISE : FUGRO FRANCE
DOCTORANT : OMAR BENZARIA

RAPPORT D'ACTIVITES A L'ISSUE
DE LA 2^{ème} ANNEE DE THESE²

Merci de présenter succinctement les travaux réalisés au cours de l'année écoulée. Préciser l'avancement des recherches par rapport au planning initial, l'évolution par rapport au projet initial et les éventuels problèmes rencontrés (intégration à l'équipe de recherche, adaptation aux contraintes du milieu industriel, ...).

La deuxième année a été centrée sur la réalisation et l'interprétation de deux campagnes d'essais de chargements cycliques axiaux de pieux réels sur les sites expérimentaux de Merville (argile des Flandres) et Dunkerque (sables denses). Les données constituent le fondement du travail de thèse.

L'étude bibliographique effectuée la première année a permis d'élaborer un programme de chargement en se basant sur l'ensemble des résultats expérimentaux de chargements cycliques axiaux sur pieux réels disponibles dans la littérature (battus et forés dans différents terrains argileux ou sableux) et sur modèles réduits (chambre d'étalonnage et centrifugeuse) obtenus dans le cadre du projet SOLCYP.

J'ai ensuite supervisé la phase d'installation des pieux et conduit la phase de réalisation des essais. Les pieux de Merville ont été mis en place en mars 2011 et la période des essais a duré du 9 mai 2011 jusqu' au 24 juin 2011.

On a effectué une série d'essais de chargement en compression et d'arrachement statique et cyclique sur trois types de pieux (battus, forés et vissés):

- une série d'essais statiques de référence
- une série d'essais statiques rapide
- une série d'essais cycliques en compression
- une série d'essais cycliques en traction
- une série d'essais cycliques alternés

Cette campagne d'essais a été suivie par la phase de dépouillement et d'interprétation des résultats d'essais. Il s'agit d'une phase délicate compte tenu de la quantité de données à manipuler et traiter.

L'installation des pieux dans le sable de Dunkerque a eu lieu début Novembre 2011 et la réalisation des essais démarrera le 27 Février 2012.

Merci de préciser la répartition du temps passé en entreprise et au laboratoire.
Cette répartition vous convient-elle ? Va-t-elle évoluer ?
Rappeler les interruptions longues de travail (ex : congé maternité, accident, ...)

1 Rappeler le numéro de convention (*année de la demande / numéro de dossier*)

2 Rayer la mention inutile. Attention, dans certains cas particuliers, les conditions d'octroi stipulent qu'un rapport doit être fourni tous les 6 mois.

La répartition entre le temps passé en entreprise et au laboratoire est variable notamment lors des phases de préparation et de réalisation des essais sur sites. En dehors de ces périodes, la moyenne est de l'ordre de 4 jours par semaine en entreprise.

Avez-vous bénéficié de formation(s) au cours de l'année écoulée ? Merci d'en préciser le thème et l'organisateur.

Catégorie : Séminaires transversaux

* Formation du logiciel Matlab (3 heures).

* Formation de réalisation de Poster (15 heures).

Vos travaux ont-ils donné lieu à publication, présentation à un congrès, poster ou encore à dépôt de brevet au cours de l'année écoulée ? Merci de préciser les auteurs, le titre, les références complètes du journal, des actes (...), la date, les pages et notamment le caractère international des communications.

Un article a été publié au *XVème Congrès Européen de Mécanique des Sols et de Géotechnique* qui a eu lieu à Athènes, Sept. 2011 :

- Benzaria O., Le Kouby A., Puech A. « Étude expérimentale et numérique du comportement de deux pieux isolés sous chargement cyclique axial »

Un article a été accepté à la *7th International Conference on Offshore Site Investigation and Geotechnics*, London, Sept. 2011 :

- Benzaria O., Le Kouby A., Puech A. « Cyclic axial load tests on driven piles in overconsolidated clay ».

Trois résumés d'articles ont été proposés à la *18ème Conférence Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique* qui se tiendra à Paris en Septembre 2013 ;

- Benzaria O., Puech A., Le Kouby A. « Essais cycliques axiaux sur des pieux forés dans une argile surconsolidée »
- Benzaria O., Le Kouby A., Puech A. « Essais cycliques axiaux sur des pieux battus et forés dans des sables denses »
- Puech A. et Benzaria O. « Effet du mode de mise en place sur la réponse statique et cyclique de pieux dans l'argile surconsolidée des Flandres »

Quelles sont vos perspectives pour l'année à venir ?

- Réaliser les essais de chargements cycliques de pieux sur le site sableux de Dunkerque (mars 2012).
- Terminer le traitement des résultats des essais de chargements cycliques axiaux de pieux sur le site argileux de Merville (avril 2012).
- Dépouiller, traiter et interpréter les résultats des essais de Dunkerque (avril-mai 2012)
- Finaliser les méthodes d'ingénierie et rédiger le mémoire (mai-août 2012)

Dans l'état actuel d'avancement de vos travaux, envisagez-vous de soutenir votre thèse dans les délais impartis ?

Le programme établi devrait me permettre de soutenir ma thèse dans les délais impartis même si le retard pris pour les essais de Dunkerque (dus à des difficultés de financement puis à des risques liés à la présence possible d'engins non explosés) rendra la rédaction très serrée.

Commentaires et appréciations du responsable scientifique dans l'entreprise

Omar Benzaria s'est totalement investi dans son travail de thèse non seulement en tant que thésard pour ce qui concerne les aspects scientifiques mais également en tant qu'ingénieur dans la réalisation des essais sur site.

Il a montré une grande détermination lors de la préparation des essais et une étonnante maîtrise dans la conduite des opérations sur chantier.

Il fait preuve d'initiatives pertinentes dans l'interprétation des essais et aborde la deuxième phase expérimentale avec une vue claire des objectifs à atteindre.

Il n'existe aucun doute sur sa capacité à mener à bien son travail. Il est regrettable que le retard accumulé avant le démarrage des essais à Dunkerque (dont il n'est en aucun cas responsable) soit de nature à rendre difficile la phase de finalisation malgré son enthousiasme et sa volonté d'aboutir.

Commentaires et appréciations du directeur de thèse

Ce champ doit nécessairement être renseigné.

Nom du doctorant	Nom et fonction du responsable scientifique en entreprise	Nom et titre du directeur de thèse
Omar BENZARIA	Alain PUECH Directeur Technique	Philippe MESTAT
E-mail :	E-mail :	E-mail :
o.benzaria@fugro.com	a.puech@fugro.com	philippe.mestat@lpc.fr
Date et signature	Date, cachet et signature ³	Date, cachet et signature ³

Ce document est à retourner à : ANRT – Service CIFRE, 41 bd des Capucines, 75002 Paris.



CONVENTION CIFRE¹ N° 444/2009
ENTREPRISE : FUGRO FRANCE
DOCTORANT : OMAR BENZARIA

**RAPPORT D'ACTIVITES A L'ISSUE
DE LA 1^{ère} ANNEE DE THESE²**

**Si ce n'est déjà fait, pensez à joindre
la dernière attestation d'inscription en doctorat (2^{ème} ou 3^{ème} année)**

Merci de présenter succinctement les travaux réalisés au cours de l'année écoulée. Préciser l'avancement des recherches par rapport au planning initial, l'évolution par rapport au projet initial et les éventuels problèmes rencontrés (intégration à l'équipe de recherche, adaptation aux contraintes du milieu industriel, ...).

La première étape de mon travail a consisté à effectuer une étude bibliographique de la problématique des fondations sous chargements cycliques. Cette phase a englobé trois parties :

- la réponse des sols aux sollicitations cycliques. Cet aspect a été étudié à la fois au travers des essais de laboratoire (essais triaxiaux cycliques, cisaillement simple, cisaillement direct, etc.) et au travers des essais in situ (pressiomètre MENARD, pressiomètre autoforeur cyclique, pénétromètre),

- le comportement des interfaces sol-pieu qui a été abordé tant du point de vue expérimental (essais de frottement sol-acier et sol-béton) que du point de vue modélisation,

- le comportement sous chargement cyclique du système global sol-pieu. J'ai passé en revue l'ensemble des résultats expérimentaux de chargements cycliques axiaux sur pieux réels (battus et forés dans différents terrains argileux ou sableux) et sur des modèles réduits (chambre d'étalonnage et centrifugeuse).

En parallèle, je me suis familiarisé avec les méthodes de dimensionnement des fondations offshore et la prise en compte des effets cycliques dans l'ingénierie des embases gravitaires, des ancrages à succion et des pieux d'ancrage ou de fixation de structures métalliques fixes. Deux logiciels existants conçus pour l'ingénierie des pieux de fondations offshore et basés sur des méthodes simplifiées - RATZ (Randolph, 2003) et SCARP (Poulos, 1989) - ont été évalués en tentant de modéliser des essais de chargement cyclique sur des modèles réduits de pieu en centrifugeuse et sur les pieux in situ de Cran et de Plancoët (essais IFP qui ont été mis à disposition).

Le cœur de mon sujet de thèse repose sur la réalisation et l'interprétation de deux campagnes d'essais de chargements cycliques axiaux de pieux réels sur des sites expérimentaux (Merville, argile des Flandres et Dunkerque, sables). Les essais de Merville ont subi un retard de quelques mois mais sont maintenant programmés en Avril 2011. Ceux de Dunkerque sont envisagés à l'Automne 2011. Une part importante de mon activité sur les dernières semaines a été consacrée à la reconnaissance des sites, à la conception des essais, à l'élaboration du programme de chargement et à la gestion des relations avec l'entreprise en charge de la réalisation des pieux.

Merci de préciser la répartition du temps passé en entreprise et au laboratoire.

Cette répartition vous convient-elle ? Va-t-elle évoluer ?

Rappeler les interruptions longues de travail (ex : congé maternité, accident, ...)

Le temps passé en entreprise a été en moyenne de l'ordre de 4 jours par semaine. Cette répartition est souple et pourra évoluer selon les besoins lors des phases de préparation et de réalisation des essais sur sites.

¹ Rappeler le numéro de convention (année de la demande / numéro de dossier)

² Rayer la mention inutile. Attention, dans certains cas particuliers, les conditions d'octroi stipulent qu'un rapport doit être fourni tous les 6 mois.

Avez-vous bénéficié de formation(s) au cours de l'année écoulée ? Merci d'en préciser le thème et l'organisateur.

Catégorie : Réunion d'information

* Journée d'accueil Sciences, Ingénierie et Environnement - SIE Université Paris-Est.

Catégorie : Séminaires transversaux

* Enseigner : incarner un rôle – formation de l'université Paris-Est (15 heures).

Catégorie : Séances techniques du Comité Français de Mécanique des Sols

* Rôle de la géotechnique dans les grands projets, 13/10/2010.

* Liquéfaction des sols sous séismes, 24/03/2010.

* Essais de pieux et leur application, 27/01/2010.

Vos travaux ont-ils donné lieu à publication, présentation à un congrès, poster ou encore à dépôt de brevet au cours de l'année écoulée ? Merci de préciser les auteurs, le titre, les références complètes du journal, des actes (...), la date, les pages et notamment le caractère international des communications.

Un article a été publié aux Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur JNGG2010 à Grenoble le 7-9 juillet 2010 : « Benzaria O., Le Kouby A., Puech A., (2010) **Modélisation physique et numérique du comportement des pieux sous chargement cyclique axial** ».

Un résumé a été accepté au XV^e an Congrès européen de mécanique des sols et de géotechnique qui aura lieu à Athènes, Sept. 2011 : « Benzaria O., Le Kouby A., Puech A., **Étude expérimentale et numérique du comportement de deux pieux isolés sous chargement cyclique axial** »

Quelles sont vos perspectives pour l'année à venir ?

- Réaliser les essais de chargements cycliques axiaux de pieux sur le site argileux de Merville (avril- mai 2011).
- Réaliser les essais de chargements cycliques de pieux sur le site sableux de Dunkerque (Automne 2011).
- Dépouiller, traiter et interpréter les résultats de ces essais (fin 2011)

Dans l'état actuel d'avancement de vos travaux, envisagez-vous de soutenir votre thèse dans les délais impartis ?

Le programme établi devrait me permettre de soutenir ma thèse dans les délais impartis.

Commentaires et appréciations du responsable scientifique dans l'entreprise

M. Benzaria s'est totalement investi dans son travail de thèse et parfaitement intégré dans la vie de la société. Il a acquis une bonne maîtrise de la problématique des chargements cycliques dans les sols.

La réalisation des campagnes d'essais de pieux du Projet National SOLCYP qui doivent servir de base à l'élaboration de son mémoire a été retardée pour des raisons indépendantes de sa volonté mais cette période a pu être mise à profit pour rédiger la partie bibliographique et s'intéresser aux approches d'ingénierie existantes.

La partie expérimentale entre maintenant en phase active sous son pilotage direct et devrait se dérouler en totalité durant l'année 2011. L'alternance entre phases de terrain et phases de bureau lui permettra de procéder à l'interprétation simultanée des résultats expérimentaux.

Le premier semestre 2012 devrait être plutôt consacré à un travail de synthèse et au développement de procédures d'ingénierie des pieux sous chargements cycliques.

La soutenance de son mémoire à l'automne 2012 est tout à fait envisageable. Il n'existe aucun doute sur sa capacité à mener ce travail à terme.

Commentaires et appréciations du directeur de thèse

Les recherches menées par monsieur Omar Benzaria avancent de façon très satisfaisante et respectent le planning prévu. Au cours de cette première année, il a réalisé une importante étude bibliographique, s'est familiarisé avec deux logiciels de calcul spécialisés et les a évalués sur des cas expérimentaux connus. Un autre point fort est la conception des plans d'expérience pour les essais sur site qui seront réalisés en 2011.

Ces activités correspondent parfaitement à l'objectif essentiel de la thèse. A cet égard, le travail réalisé est déjà conséquent.

Nom du doctorant <hr/> Omar BENZARIA E-mail : <hr/> o.benzaria@fugro.com	Nom et fonction du responsable scientifique en entreprise <hr/> Alain PUECH Directeur Technique E-mail : <hr/> a.puech@fugro.com	Nom et titre du directeur de thèse <hr/> Philippe MESTAT E-mail : <hr/> philippe.mestat@lcpc.fr
Date et signature 27/01/2011 	Date, cachet et signature ³ 31/01/2011   FUGRO FRANCE SAS 39, bd des Capucines Tél. 01 47 85 50 50 - Fax 01 47 85 50 60 Siret : 418 276 986 00076 - TVA FR 73418276986	Date, cachet et signature ³ 31/01/2011   RÉPUBLIQUE FRANÇAISE INSTITUT FRANÇAIS DES SERVICES ET TECHNOLOGIES DES TRANSPORTS DE L'AIR Décret N° 2010-1702 du 30.12.2010

Ce document est à retourner à : ENRT - Service CIFRE, 31 bd des Capucines, 75002 Paris

³ Conformément à l'article 6 des conditions générales d'octroi d'une CIFRE, si le rapport n'est pas signé par les deux responsables, il ne sera pas valide. En conséquence, le paiement de la subvention sera interrompu.