



Faisabilité d'un essai de chargement cyclique axial sur un pieu

Modification de l'extensomètre amovible

Adaptation du servo-vérin de chargement et de la centrale de commande d'acquisition

Compte rendu d'essai

Alain Le Kouby, Frédéric Rocher-Lacoste, Françoise Dudouyt
LCPC Paris

Gratien Vincelas, Karl Calmo
CER Rouen



Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer
SOLCYP / FICHE SIGNALÉTIQUE

TITRE : Projet SOLCYP – Faisabilité d'un essai de chargement cyclique axial sur un pieu
RAPPORT :
DATE D'ETABLISSEMENT : Octobre 2009
AUTEURS : A.Le Kouby, F. Rocher-Lacoste, F. Dudouyt, G. Vincelas, K. Calmo
ORGANISME CHARGES DE L'ACTION : LCPC et CER Rouen
THEME DE RATTACHEMENT : thème 3 – essais de pieux
LETTRE DE COMMANDE : LC/09/SOL/01 et LC/09/SOL/08

RESUME

Dans le cadre du national SOLCYP (SOLlicitations Cycliques sur les Pieux), le LCPC est chargé d'organiser la réalisation des essais de chargement cycliques des pieux. Ainsi, un essai de faisabilité a été organisé au CETE de Rouen afin de répondre à deux interrogations. En effet, la première concerne la possibilité d'effectuer un grand nombre de cycles de manière régulière à une fréquence assez rapide (0,5 – 1 Hz) à partir du système de chargement existant, du système de pilotage associé et du système d'acquisition. La seconde concerne la possibilité de mesurer la distribution des efforts le long du pieu au cours des cycles à des vitesses de sollicitation rapides à l'aide de la technique de l'extensomètre amovible, initialement prévue pour le cas du chargement statique uniquement.

Des adaptations ont été réalisées concernant le dispositif de chargement, de pilotage et le système d'acquisition. En outre, en ce qui concerne la technique de l'extensomètre amovible, une préparation supplémentaire pour les tubes en acier est à prévoir.

Le présent rapport rappelle le contexte géotechnique du site et décrit les moyens mis en œuvre pour la réalisation des essais de chargement cycliques et la mesure des grandeurs caractéristiques. L'essai de faisabilité a montré que le système dispositif de chargement – extensomètre amovible fonctionnait correctement dans certaines conditions, que les cycles de chargement étaient bien transmis le long du pieu pour des pieux ayant quatre et cinq tronçons de mesure. Une succession de séquences cycliques a ainsi été effectuée avec des nombres de cycles allant de 10 à 1000 à une fréquence comprise entre 0,01 et 1 Hz. La fréquence de sollicitation privilégiée est de 0,5 Hz pour le grand nombre de cycles.

De plus, les observations montrent qu'il est nécessaire de changer les jauges et les supports (rubans) sur lesquelles elles sont collées au début de chaque séquence de chargement cyclique. En effet, il a été observé que pour que les coefficients de jauge restent constants en traction et compression pendant un certain nombre de cycles, il était nécessaire d'utiliser des tronçons (jauge + ruban) neufs au début de chaque séquence de chargement.

Table des matières

<u>1</u>	<u>INTRODUCTION.....</u>	<u>5</u>
<u>2</u>	<u>PRESENTATION DU SITE</u>	<u>5</u>
2.1	CAMPAGNE DE SOL	5
<u>3</u>	<u>MODIFICATION DU VERIN.....</u>	<u>8</u>
<u>4</u>	<u>EXTENSOMETRE AMOVIBLE.....</u>	<u>11</u>
<u>5</u>	<u>OBJECTIFS ET PROGRAMME DE CHARGEMENT.....</u>	<u>12</u>
<u>6</u>	<u>REALISATION DES PIEUX</u>	<u>15</u>
6.1	PIEUX D’ESSAI.....	15
6.2	PIEUX D’ANCRAGE.....	18
6.3	MESURES DES DEPLACEMENTS	19
<u>7</u>	<u>MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF DE CHARGEMENT</u>	<u>20</u>
<u>8</u>	<u>QUELQUES RESULTATS.....</u>	<u>22</u>
<u>9</u>	<u>CONCLUSIONS</u>	<u>25</u>

1 Introduction

L'objectif de ce travail était de réaliser un essai de faisabilité d'un chargement de pieu sous sollicitations cycliques axiales. Il s'agissait de tester et d'adapter le système de chargement et le système d'acquisition associé à notre application. De plus, l'un des objectifs du projet SOLCYP (SOLlicitations Cycliques sur les Pieux) est d'étudier la dégradation du frottement latéral lors des séquences cycliques. Ainsi, la technique d'acquisition choisie est basée sur l'extensomètre amovible.

Un chantier expérimental a été monté par le LCPC et le CER de Rouen afin de répondre à la demande du projet national SOLCYP. Un essai de chargement a donc été organisé afin de tester la réponse d'un pieu instrumenté à l'aide d'extensomètres initialement prévus pour le chargement monotone.

Deux essais de chargement ont été organisés au Centre d'Expérimentation de Rouen (CER). Les équipes du LCPC et du CER de Rouen ont participé à cette étude.

2 Présentation du site

Le site expérimental se trouve à proximité du CER de Rouen (Figure 1). Un sondage destructif a été réalisé afin d'identifier les couches de sol auxquelles on va être confronté.

2.1 Campagne de sol

Un sondage destructif a été effectué. Une coupe du sol est montrée en Figure 2. Le sondage se situe, après mesures sur le terrain, à environ 18m des pieux d'essai (Figure 1).

- Les résultats de ce sondage disponibles jusqu'à 9m montrent une couche d'argile à silex jusqu'à 8m puis de la craie au-dessous.
- La Figure 3, la Figure 4 et le Tableau 1 présentent respectivement les courbes granulométriques des couches de sol à 1-2m et 5-6m de profondeur ainsi que certaines caractéristiques physiques du sol (W , W_L , W_P , IP).
- Au droit des pieux, on s'est aperçu que le début de la couche de craie altérée se trouve à une profondeur de 5-6.

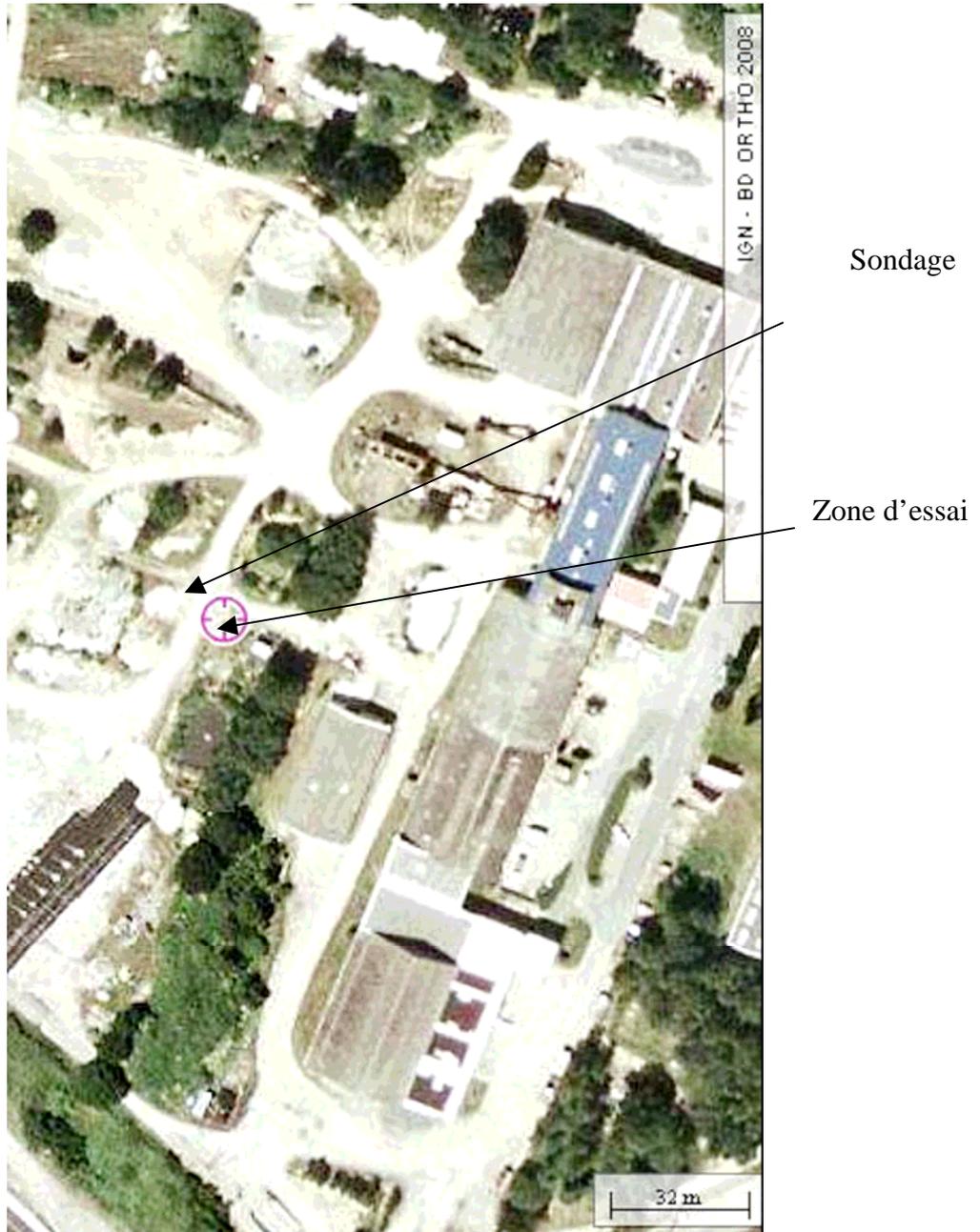


Figure 1 vue aérienne du site du CER de Rouen et implantation du sondage SP1 par rapport aux pieux d'essai

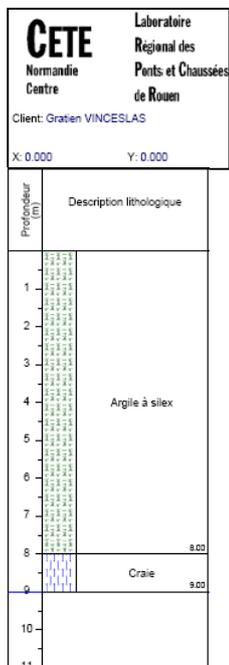


Figure 2 Coupe de sol – sondage destructif

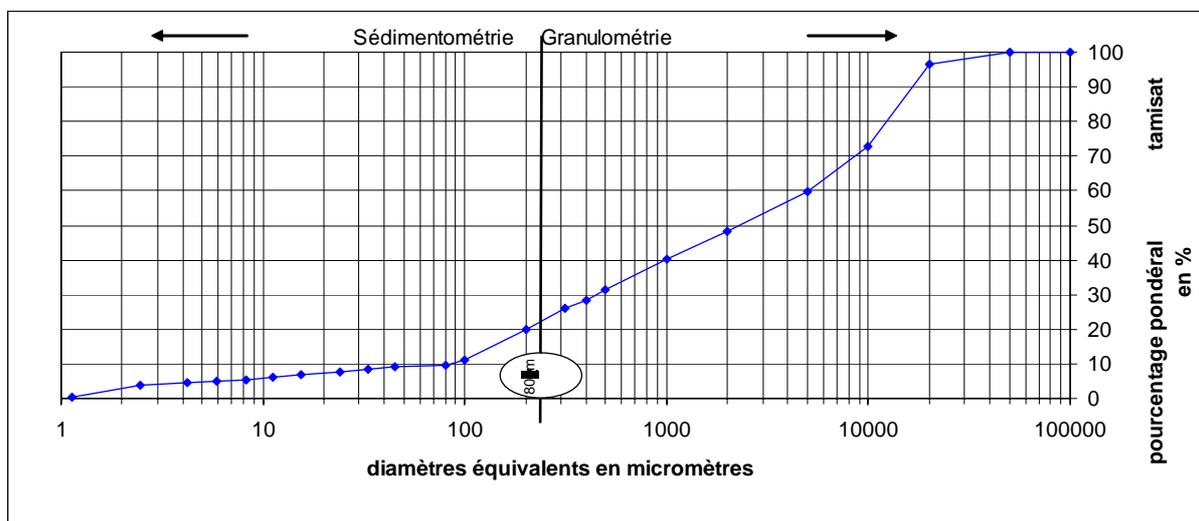


Figure 3 Courbe granulométrique du sol à 1-2m de profondeur

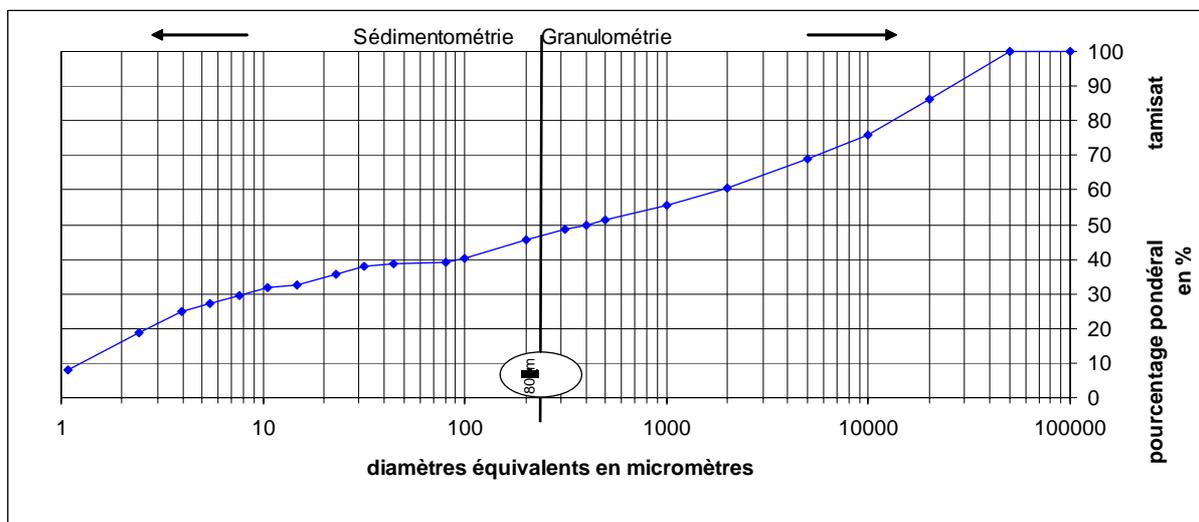


Figure 4 Courbe granulométrique du sol à 5-6m de profondeur (début de la couche de craie)

Tableau 1 Caractéristiques du sol à la base des pieux

Profondeur	W %	W _L %	W _P %	IP %
5-6m	6-14 %	20-21	17-18	3,5 - 4

3 Modification du vérin

Le vérin hydraulique disponible a été adapté afin de réaliser des essais cycliques sur les pieux. Il a une capacité de 100 tonnes et une course de 200mm et permet d'appliquer des efforts en traction (70t) et en compression (100t). Il peut également effectuer des essais cycliques à de faibles fréquences (0,05 à 2 Hz).

Au début, il était prévu pour d'autres types de structure (Figure 5). Les modifications apportées sont décrites sur la Figure 6.

La partie supérieure a été démontée et remplacée par une pièce spécialement fabriquée pour effectuer le contact entre la poutre de chargement et le vérin. Cette pièce est en contact avec le peson et doit permettre de reprendre une charge inclinée jusqu'à un maximum de 15° justifiant une rotule (Figure 7).

Pour la partie inférieure, la partie ronde (φ170mm) a été démontée et une pièce adaptée a été réalisée pour assurer le contact entre le vérin et la tête de pieu.

Sur la Figure 8, un schéma de synthèse est fourni pour le cas du chargement en compression. Pour le cas du chargement en traction, des modifications supplémentaires seront effectuées. Ces dernières dépendront du type de poutre choisi pour le bâti de réaction.

Des essais de vérification du vérin ont été également effectués (Figure 9) pour le chargement monotone de 0 à 100 tonnes et pour le chargement cycliques pour des fréquences de 0,05 à 2 Hz.

Le système d'acquisition a été prévu pour pouvoir enregistrer en continu une dizaine capteurs (effort en tête, déplacements (4 capteurs), les jauges de l'extensomètre amovible) pour un grand nombre de cycles et pour récupérer une trentaine de points par capteur et par cycle pour des chargements à des fréquences de 0,5-2 Hz.

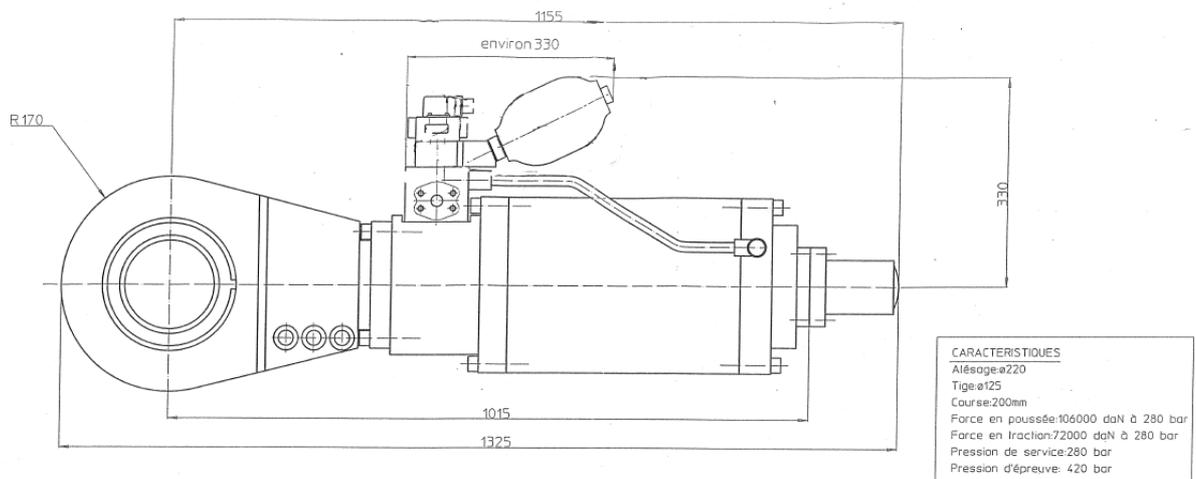


Figure 5 Vérin hydraulique avant modification

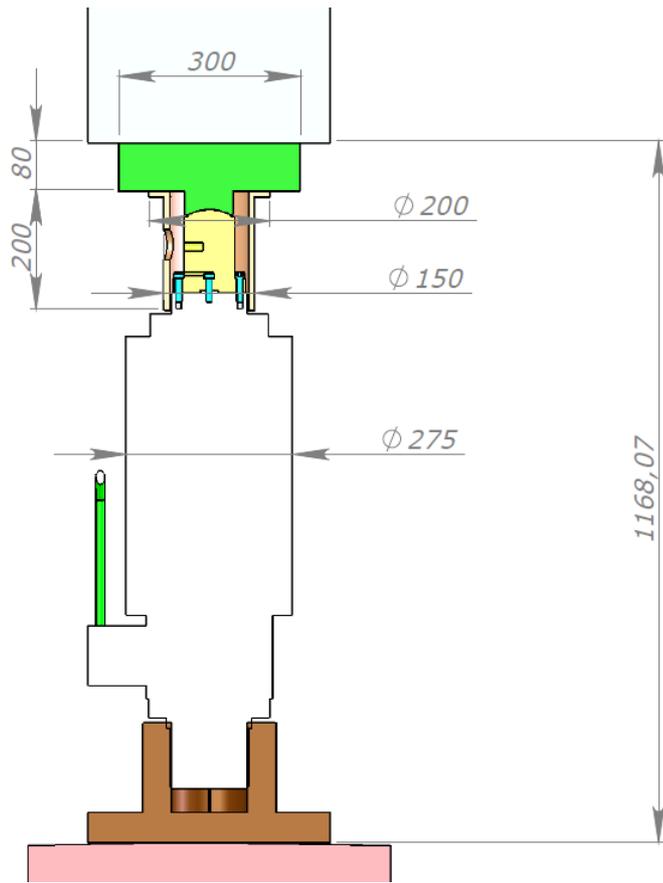


Figure 6 Vérin hydraulique après modifications

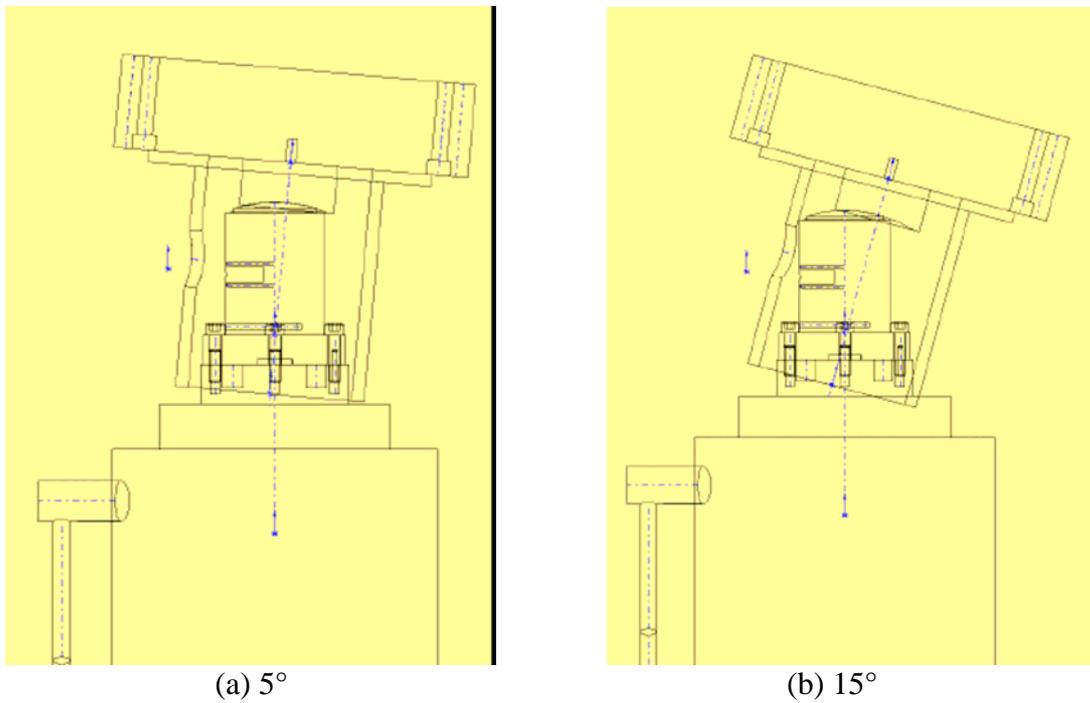


Figure 7 Pièce supérieure du vérin

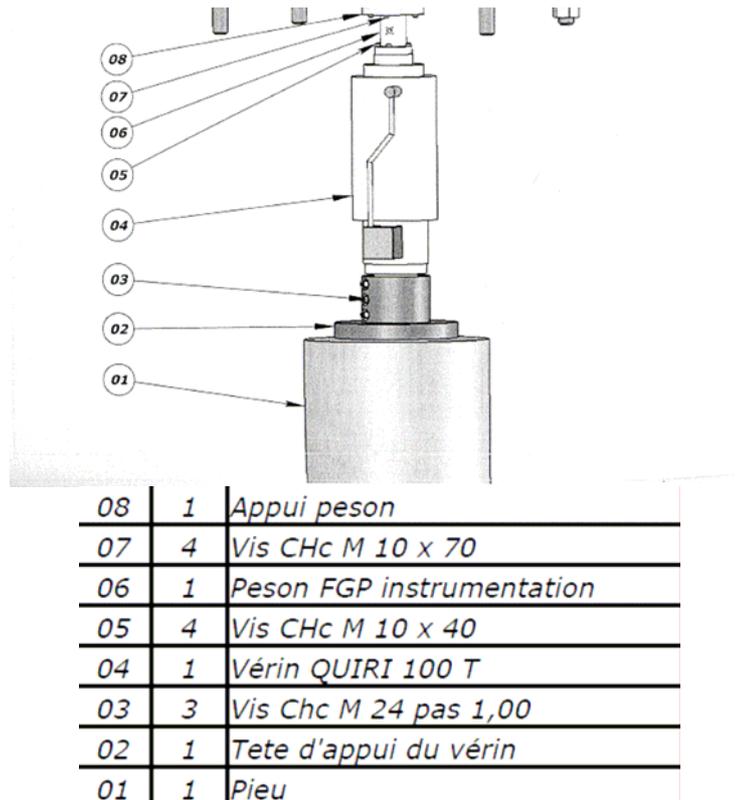


Figure 8 Schéma de principe du chargement en compression



Figure 9 Photo – Vérin de chargement, essai de vérification

4 Extensomètre amovible

Pour l'extensomètre amovible, ces essais de chargements avaient pour objectifs de déterminer si pour les fréquences de chargement utilisées, la réponse du système sol-pieu répondait aussi bien que dans le cas du chargement monotone. En effet, ce système prévu pour le chargement monotone a une vitesse de réaction (déformation des jauges) assez limitée. Mais, on a supposé que pour la fréquence de 0,05-2 Hz, il n'y avait pas de problèmes, c'est ce qui va être testé. De plus, le risque est également de voir, les tubes enfoncés dans le béton lors de sa fabrication, glisser par rapport au béton en raison de la vitesse de chargement plus élevée que d'habitude. Deux systèmes ont été prévus pour augmenter et améliorer la surface d'accroche ou l'adhérence des tubes avec le béton du pieu. Le premier système (Figure 10) a consisté à souder des morceaux d'armatures le long du tube (tube de gauche par rapport au tube de droite classique) et le second (Figure 11) à enrouler une tige d'armature autour du pieu et à la souder en différents points. Le premier système étant le plus simple à mettre en œuvre, c'est celui qui a été testé pour ce chantier.



Figure 10 Tube en acier , chantier de Rouen



Figure 11 Tube en acier, autre chantier

5 Objectifs et Programme de chargement

L'essai de chargement cyclique nécessite une instrumentation particulière avec l'enregistrement en continu des paramètres des comparateurs, des jauges et de la charge appliquée. Les données sont ainsi collectées par une centrale d'acquisition mais visualisées au cours de l'essai afin de veiller à son bon déroulement.

Pour cet essai, la centrale de mesure n'a pas tenu compte des pertes câbles ; il fallait alors les ajouter lors du dépouillement des mesures brutes. Il est possible de paramétrer la centrale pour que la perte due aux câbles soit mesurée et intégrée directement dans les valeurs de sortie des jauges.

Les pieux d'essai et les pieux d'ancrage ont été fabriqués à l'aide d'une machine de forage généralement utilisée pour la réalisation de sondages pressiométriques. Pour les pieux d'essai et d'ancrage, le diamètre de pieu choisi est de 200mm et la longueur est de 6m.

Les longueurs des pieux d'ancrage ont été choisies en fonction des règles du fascicule 62 avec la prise en compte des coefficients relatifs aux pieux forés et pour un sol de type argile à silex. De plus, il a fallu prendre quelques précautions étant donné que les pieux d'ancrage allaient être sollicités en traction et de manière cyclique ; un cas que l'on sait assez défavorable.

Dans les pieux d'essai, l'instrumentation nécessitait des tubes 53/60.3 mm d'au moins 6m de long, fermés en pied. Les pieux d'ancrage étaient renforcés par des armatures de type barres GEWI 35mm pouvant reprendre au moins 20 tonnes chacune, permettant ainsi de reprendre les efforts de traction lors du chargement en compression des pieux d'essai. Le bâti de réaction reprend donc les efforts appliqués en tête d'un pieu à l'aide de quatre pieux d'ancrage. Le plan d'implantation des pieux est montré sur la Figure 12.

On a veillé à respecter un éloignement suffisant (supérieur à 1,20m) entre les pieux d'essais et les pieux d'ancrage. Cette distance mesurée est de 1,35m, ce qui est suffisant pour éviter l'influence des pieux entre eux.

- 2 pieux d'essai (contenant le tube extensométrique)
- 4 pieux d'ancrage (contenant les barres métalliques) pour assurer le maintien de la charge
- 1 pieu pour carottage du béton

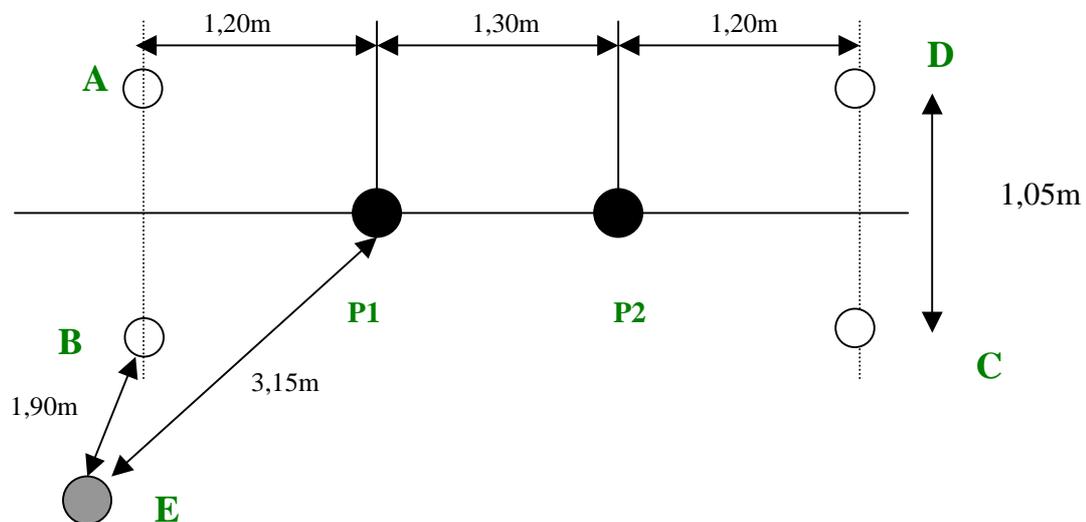


Figure 12 Schéma d'implantation des pieux

En ce qui concerne la réponse des pieux d'essai, elle se caractérise par une distribution des efforts le long du pieu d'essai. L'extensomètre permet de mesurer cette distribution. Chacun des pieux d'essai a été instrumenté à l'aide de tronçons constitué de rubans en métal et de jauges. Le nombre de tronçons permet d'avoir une distribution plus ou moins précise des efforts dans le pieu. Le nombre de tronçons (de longueur 0,75 ou 1m) dépend du type de sol et de la longueur de tube qu'il a été possible de mettre lors de la fabrication des pieux d'essai.

Par exemple, pour le pieu P1, quatre niveaux de jauges (trois tronçons de 1 m et un tronçon de 1,10m) ont été prévus car le tube n'a pu être enfoncé que de 4,575m. En revanche, le second tube pour le pieu P2 a pu être enfoncé de 5,70 m nous permettant de prévoir cinq niveaux d'instrumentation (quatre tronçons de 1m et un tronçon de 1,40m).

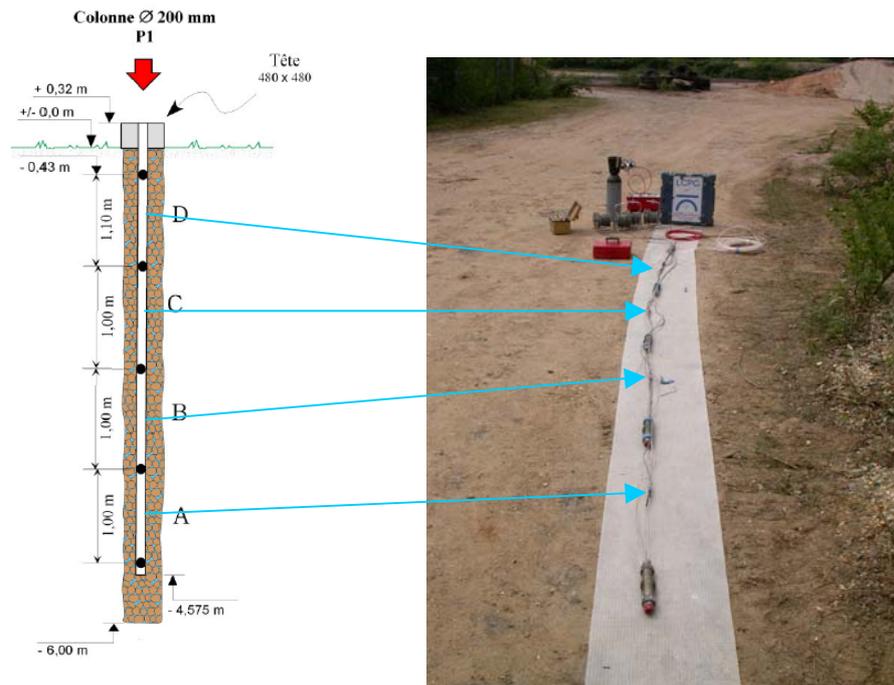


Figure 13 Pieu P1 – quatre niveaux de mesures

Il est important de noter que la géométrie des pieux P1 et P2 n'est sûrement pas identique ainsi que leur rigidité respective en raison de légères différences dans la mise en place du béton, les dosages, ainsi que la profondeur de chacun de ces pieux.

Le programme de chargement réalisé est montré dans le Tableau 2. Il a consisté à appliquer un certain nombre de séquences cycliques avec des efforts croissants et à différentes fréquences. Ainsi, on a pu tester le bon asservissement du système, la réponse du système sol-pieu, l'effet de la vitesse sur la réponse des capteurs, la vitesse d'acquisition du système. Le pieu 2 a été utilisé pour tester quelques séquences de chargement jusqu'à 1000 cycles.

Tableau 2 Programme de chargement pour les pieux P1 et P2

pieu 1						
	type de chargeme	charge en tête kN	durée mn	fréquence Hz	mesures/seconde	nbre cycles
palier 25	statique	25	5	0	1 mesure/minute	
palier 30	statique	0-60		0	1	
palier 50	statique	50	15	0	1 mesure/30s	
palier 100	cycles	75-125		0,5	10	20
	cycles	50-150		0,2	10	26
	cycles	37-168		0,1	10	30
	stabilisation	108				
déchargement non enregistré						
remise à zéro des comparateurs et jauges						
palier 150	montée en charge	0-150	7	0	50	
	cycles	95-175		0,08	50	10
	cycles	100-200		0,08	50	20
	cycles	105-170		0,08	50	15
	cycles	100-170		0,08	50	50
	stabilisation	150	5	0	50	70
palier 200	montée en charge	206	7		50	
	cycles	140-245		0,08	50	40
	stabilisation	237			50	
	cycles	140-245		0,01	50	40
palier 300	statique non stable		10		1	
palier 324		324	10		1	
palier 350		350	10		1	
palier 400		400	8,5		1	
palier 450		450			1	
pieu 2						
	type de chargemen	charge en tête kN	durée mn	fréquence Hz	mesures/seconde	nbre cycles
palier 50	statique	0-44		?	1	
	statique	49-51	15	0	1	
palier 100	statique	80-105	15	0	1	
palier 150	statique	150	15	0	1	
palier 150 02	cycles	100-200	1h23 environ	0,2	10	1000
	statique		3	0	10	
palier 200	statique	200	15	0	1	
palier 250	statique	250	15	0	1	
palier 250 005	cycles	150-350	35	0,05	5	100
palier 250 05	cycles	120-375	15	0,5	50	450
palier 250 1	cycles	180-309	17	1	50	1000
palier 350	statique	350	15	0	1	
palier 350 005	cycles	270-455	17	0,05	5	50
palier 400	statique	400	5	0	1	
palier 450	statique	450	10	0	1	
palier 500	statique	500	15	0	1	
palier 550	statique	550	15	0	1	
palier 600	statique	600	15	0	1	
palier 650	statique	650	15	0	1	
palier 700	statique	700	15	0	1	
palier 750	statique	750	15	0	1	

Note : La fréquence de 2 Hz a été testée sur des efforts assez faibles et pendant un temps très court. L'essai a montré que ça marche. Trop peu de données sont disponibles mais cette fréquence de chargement est possible.

6 Réalisation des pieux

Les pieux ont été réalisés le 24 et 25 avril 2008, suivant la configuration présentée sur la Figure 12.

Les pieux ont tous été forés au moyen d'une tarière de type 1 (sans enregistrement de paramètres) de diamètre 170 mm (figure 5a et b).



Figure 14 Tarière utilisée pour la fabrication des pieux

Le béton a été fabriqué avec la composition approximative suivante :

250g de sable pour 70kg de ciment (CEM III/A CP1, A 09/04/08 B 09/07/08) pour obtenir un mélange d'environ 400kg/m³. Le mélange a été effectué en plusieurs fois (Figure 15). Le



(a)



(b)

Figure 15 Malaxage du béton

6.1 Pieux d'essai

Les 2 tubes de 53 mm de diamètre intérieur et de 6 m de longueur ont été nettoyés juste avant le forage du 1^{er} pieu puis immédiatement bouchés par un bouchon en bois. La plaque bouchant les tubes était déjà soudée lors du nettoyage. Le calibre dans les 2 a été passé pour vérifier le passage correct des bloqueurs lors de l'essai.

Les deux pieux d'essai ont été réalisés le 24 avril après midi comme suit :

- Forage de 6 m de profondeur
- Remplissage d'échantillons de béton avant coulage.

- Coulage du béton.
- Insertion du tube
- Centrage du tube et vérification de la verticalité
- Mise en place de la réhausse
- Coulage du béton dans la réhausse
- Insertion d'une aiguille vibrante



Figure 16 Installation du tube en acier 52/60 mm pour les pieux d'essai

Pour le pieu d'essai 1 le tube de logement n'a pas pu être insérer que de 4,575m (Figure 17).



Figure 17 Blocage du tube de logement dans le pieu 1

On a dû procéder différemment pour le pieu 2 afin d'éviter le problème de l'insertion du tube de logement. On a ajouté une pointe en métal au bout du tube pour facilité son insertion dans le béton(Figure 18) et on a placé le tube dans le forage dès le début du coulage du béton. Le tube du pieu 2 a ainsi pu descendre jusqu'à 5,70 m environ de profondeur.



Figure 18 Pointe soudée au bout du tube de logement du pieu 2

Ensuite une rehausse creuse en béton préfabriquée de dimension 480 x 480x 32 mm a été mise en place (Figure 19), centrée par rapport au forage et au tube, et enfin on a procédé à la vérification de l'horizontalité.



Figure 19 Mise en place de la rehausse du pieu 1

Des tiges en acier ont été disposées entre le fût du pieu et la tête pour éviter la désolidarisation, insertion d'un morceau de bois pour faire une rainure dans la tête de pieu afin de permettre le passage des câbles (Figure 20 et Figure 21).



Figure 20 Détail de la tête du pieu 1 avant le coulage

Nous avons procédé au coulage de la fin du bétonnage et le béton a été répartie au moyen d'une aiguille vibrante.



(a) Tube de logement dans la rehausse du pieu 1 (b) Tube de logement dans la rehausse du pieu 2

Figure 21 Tube de logement du pieu 1 (a) et du pieu (2) avant les avoir découpé
Chaque tube de logement a été coupé afin ne pas dépasser de la tête de pieu.

Les échantillons de sol ont été récupéré pour essai d'identification au LCPC. Des carottes de béton ont également été effectuées afin de réaliser des essais R_c et déterminer des modules de béton.

6.2 Pieux d'ancrage

Les pieux d'ancrage ont été réalisés le 24 (pieux A, B) et le 25 avril (pieux C et D) comme suit :

- Forage de 5 m de profondeur.
- Mise en place de la barre GWI 35mm ancrage de 5 m environ avec au moins 1 mètre hors du sol.
- Bétonnage en insérant un tube plastique dans le pieu pour facilité la pose de la barre (Figure 22).



Figure 22 Dispositif utilisé pour le bétonnage des pieux d'ancrage

- Retrait du tube plastique au fur et à mesure du bétonnage.
- Mise en place de l'aiguille vibrante.
- Centrage de la barre par rapport au forage (Figure 23).



Figure 23 Détail de maintien à la verticale de la barre GEWI

On note pour le pieu d'ancrage B, un forage difficile par la présence de géotextile vers 1.5m-2m. Le diamètre du forage du pieu B est bien supérieur à 200mm ; la quantité de béton préparée étant insuffisante, la fin du bétonnage a été complété l'après midi avec le mélange du pieu d'essai n°1.

Le Tableau 3 récapitule les données concernant des pieux fabriqués.

Tableau 3 Caractéristiques des pieux fabriqués

Pieu n°	Utilisation	Diamètre (m)	Longueur pieu (m)	Longueur du tube ancré(m)	Longueur des ancrages (m)	Craie	Rc ciment échantillons
1	Ancrage	0,20	5,00		5,00		
2	Ancrage	0,20	5,00		5,00	Craie mouillée vers 5m	
A	Pieu d'essai n°1	0,20	6,00	5,00		craie grise mouillée vers 5m puis craie blanche vers 6m	2 Ø100mm 1 Ø110mm
B	Pieu d'essai n°2	0,20	6,00	5,70			2 Ø100mm
C	Ancrage	0,20	5,00		5,00		
D	Ancrage	0,20	5,00		5,00		
E	Carottage	0,20	5,00				

6.3 Mesures des déplacements

Les bases fixes, utiles pour la mesure de l'enfoncement de la tête de pieu, ont été ancrées dans le sol et éloignées le plus possible du pieu. Ainsi les mesures des comparateurs ne seraient pas trop perturbées par les vibrations du sol dues aux cycles.

7 Mise en œuvre du dispositif de chargement

Après la réalisation des pieux, le montage du dispositif de chargement est effectué. La poutre de chargement est posée sur des blocs de béton (Figure 24). Puis, la poutre est solidarifiée avec les pieux d'ancrages à l'aide de traverses grises (Figure 25) sur lesquelles les barres GEWI vont être bloquées.



Figure 24 Vue d'ensemble du chantier ; système de chargement, groupe électrogène, centrale hydraulique, bungalow (système d'acquisition),



Figure 25 Système de chargement prêt pour l'essai

Puis, l'extensomètre est installée dans le tube en acier mis en place au cours de la fabrication des pieux (Figure 26). Une plaque métallique est mise en place afin de s'assurer que le vérin appuiera bien sur une surface plane (Figure 27 – partie gauche). Les quatre comparateurs sont ensuite installés sur les quatre côtés de la tête de pieu. Ils sont ensuite fixés à un point fixe (Figure 27, partie droite).

Le système de pilotage du vérin et le système d'acquisition des différents capteurs sont montrés sur la Figure 28



Figure 26 Installation de l'extensomètre



Figure 27 Préparation de la tête de pieu



Figure 28 Système d'acquisition (vérin, capteurs de déplacement et jauges extensométriques) et système de pilotage du vérin hydraulique

8 Quelques résultats

Les résultats des essais vont nous permettre ou pas de valider le dispositif expérimental choisi et non pas de proposer des résultats sur le comportement des pieux sous sollicitations cycliques axiales. En effet, le mode de réalisation des pieux, les programmes de chargement choisis, la succession de séquences cycliques ne sont pas ceux qui seront adoptés lors des expérimentations en vraie grandeur sur les sites de Merville et de Dunkerque. Ces essais ne constituent qu'une première approche pour l'étude des pieux sous sollicitations cycliques.

Toutefois, on notera quelques résultats intéressants.

Sur la Figure 29, on a représenté la réponse monotone des deux pieux en considérant chaque déplacement à la fin des séquences cycliques pour un effort maximum donné. Cette courbe ne tient pas compte de l'effet des séquences cycliques qui sont différentes pour chacun des deux pieux. Par exemple, le programme de chargement du pieu P2 est décrit sur la Figure 30 et sur le Tableau 2. Le programme de chargement du pieu P1 est différent ce qui peut se traduire par un effet sur la capacité portante statique des pieux.

On remarque notamment que le pieu P2 semble avoir une capacité portante plus importante que le pieu P1. Ces différences peuvent notamment être dues à la méthode de réalisation des pieux P1 et P2 ainsi que de leur géométrie finale.

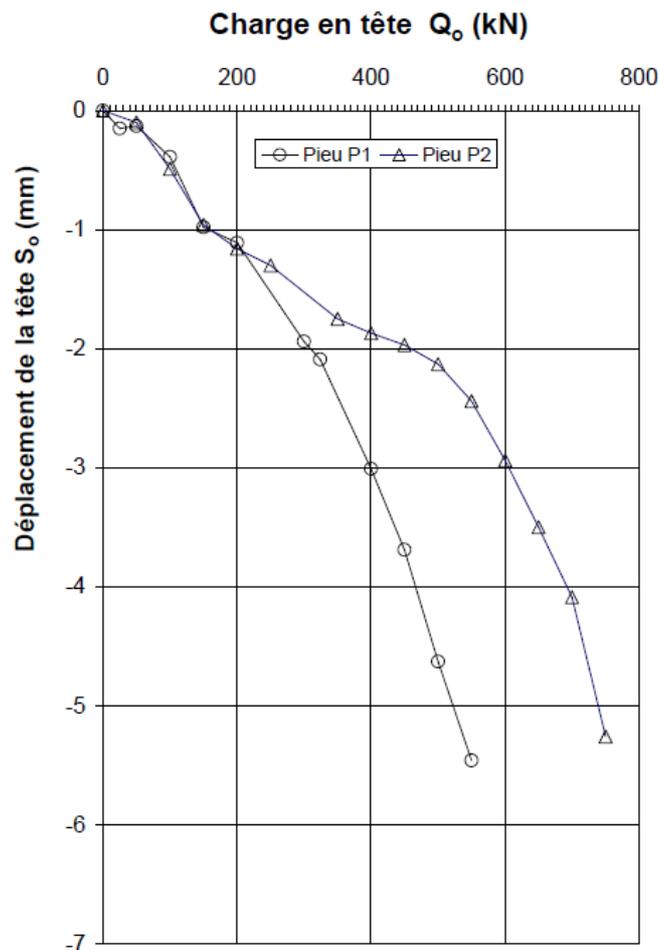


Figure 29 Courbes Force-Déplacements pour les deux pieux d'essai P1 et P2 (chargement monotone)

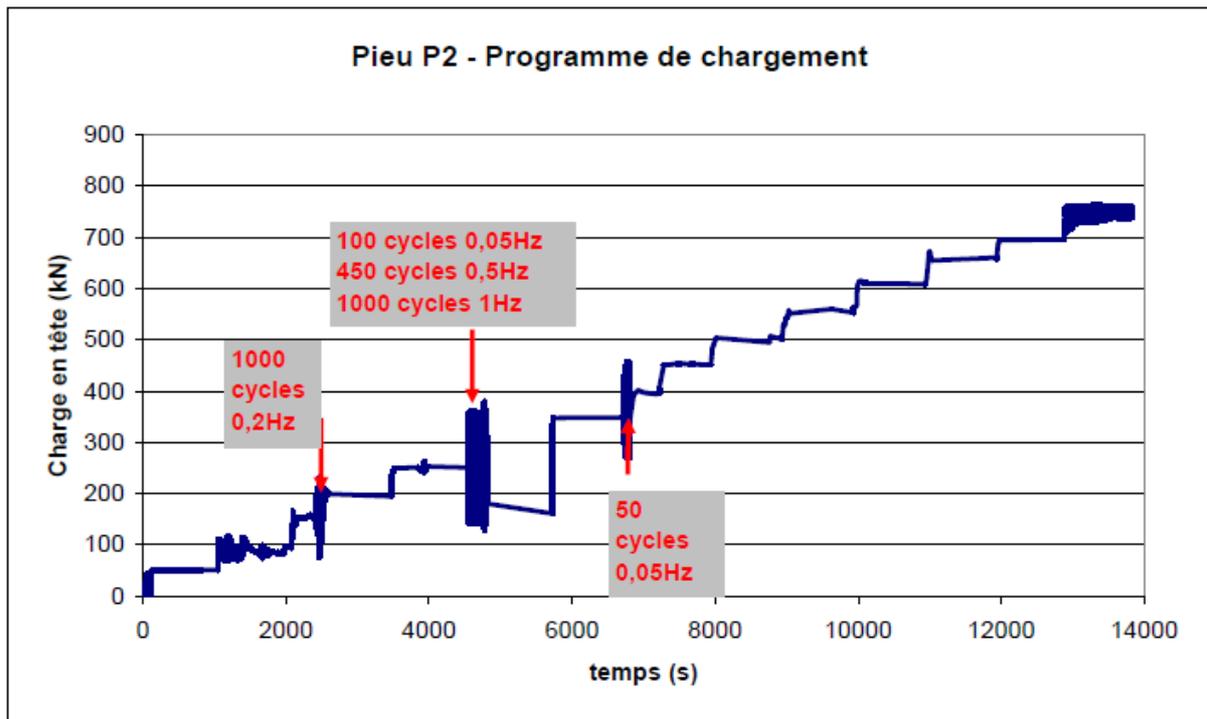


Figure 30 Programme de chargement du pieu P2

En ce qui concerne la réponse du pieu au chargement cyclique, la Figure 31 montre que pour un effort appliqué en tête du pieu, la réponse des tronçons de pieu sont satisfaisantes. Le long du pieu, on a représenté l'ordre de grandeur des microdéformations.

Pour l'analyse des données lors des essais en vraie grandeur, il faudra décider si on fait l'hypothèse d'un module du béton constant ou pas pendant le chargement cyclique.

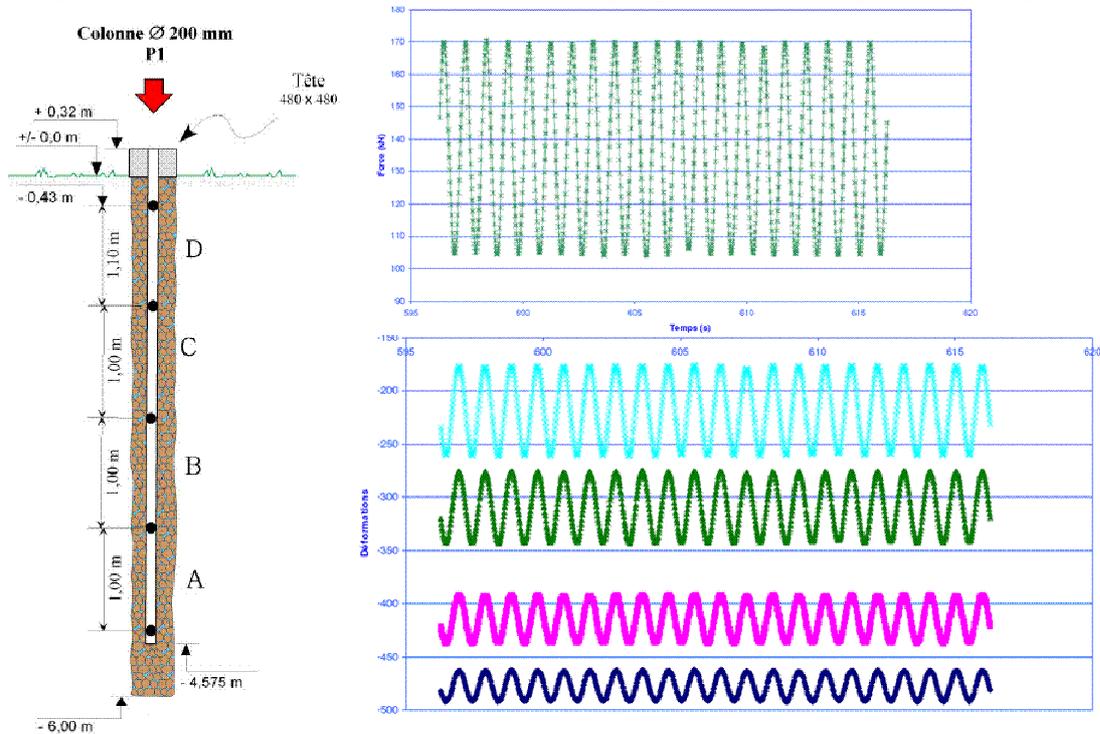


Figure 31 Pieu 1 - Résultats typiques (séquence cyclique 105 kN - 170 kN)

Pour le pieu P2, un résultat intéressant est présenté sur la Figure 32 qui montre que une succession de séquences cycliques à des niveaux de chargement similaires ne semble pas être influencé par la fréquence de chargement car la courbe ne montre pas de changement de pente significatif. Néanmoins, lorsque l'on représente la même courbe en semi-log (Figure 33), on remarque un net changement de pente dans l'accumulation des tassements. Ces résultats sont bien entendus dus au type de pieu et au type de sol.

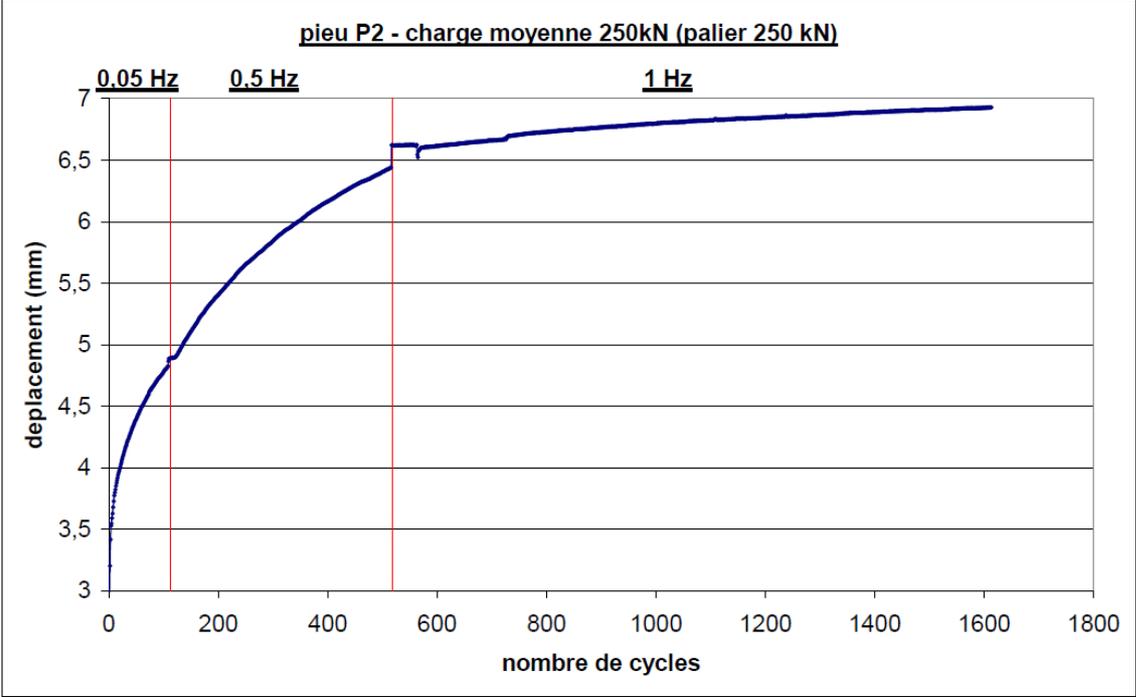


Figure 32 Pieu P2 - Evolution du tassement en fonction du nombre de cycles, influence de la fréquence

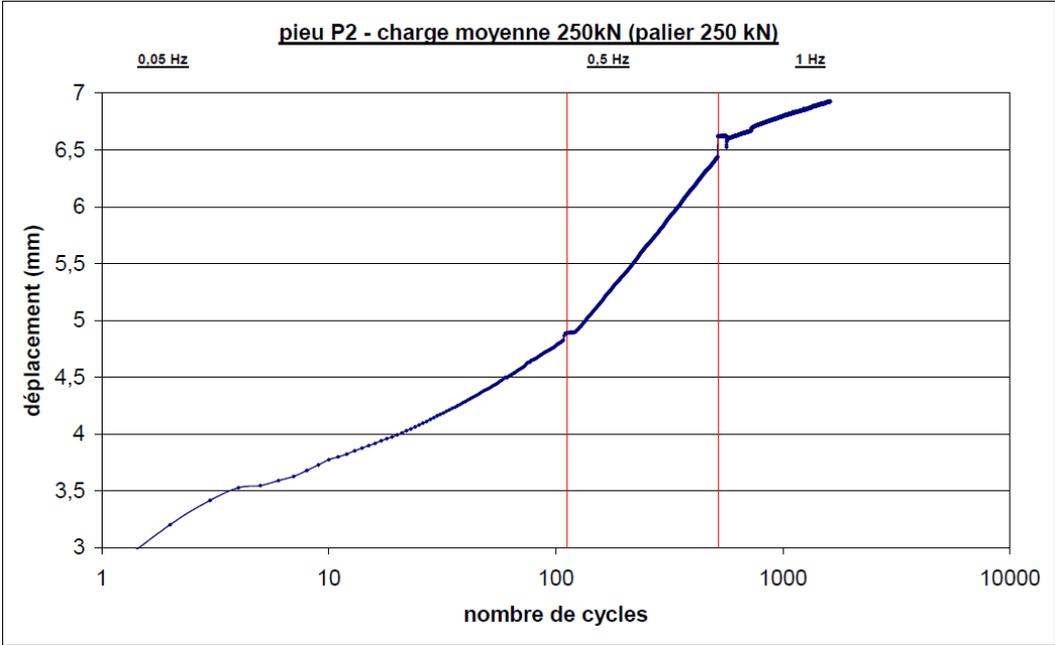


Figure 33 Pieu P2 - Evolution du tassement en fonction du nombre de cycles, influence de la fréquence

Des observations relatives au matériel utilisé montrent que :

- La rigidité de la poutre doit être suffisamment importante pour éviter que la flèche ne soit trop importante au niveau du point d'application de l'effort. Nous avons rencontré cette difficulté lors des fréquences supérieures à 0,1 Hz. ne pas que
- Il est important de mettre la référence de mesure des tassements le plus loin possible du point d'application de la charge afin d'éviter les problèmes de vibration sur les mesures de déplacements (Figure 25).

9 Conclusions

Ce chantier expérimental avait pour objectif de répondre aux demandes du projet national SOLCYP à savoir :

- Disposer d'un vérin de chargement et du système de pilotage associé afin de pouvoir réaliser des essais de chargement cyclique axial sur des pieux. Un système d'acquisition pouvant acquérir un grand nombre de données pour des vitesses de chargement acceptables pour le projet. Les fréquences de sollicitations comprises entre 0,01 et 1 Hz semblent satisfaisantes.
- Mesurer la distribution des efforts le long d'un pieu lors de l'application d'un chargement cyclique axial.

En ce qui concerne les caractéristiques du chargement, il a été constitué d'une succession de séquences de chargement cycliques pour des nombres de cycles allant de 10 à 1000 et des fréquences comprises entre 0,01 et 1 Hz. Les conclusions qui suivent, sont pour le moment limitées à ce type d'essai.

Pour le vérin hydraulique, des adaptations ont été effectuées et sont décrites dans ce rapport. L'acquisition de données pour les grands nombres de cycles, qui est un des objectifs majeurs du projet SOLCYP, pourra être effectuée grâce au système d'acquisition qui a été utilisé lors de ce chantier expérimental

Pour mesurer la distribution des efforts le long du pieu, la technique basée sur l'extensomètre amovible donne des résultats satisfaisants jusqu'à une fréquence de 0,5 - 1Hz. Nous privilégions, pour le système dont nous disposons, une fréquence de 0,5 Hz pour le grand nombre de cycles.

De plus, les observations montrent qu'il est nécessaire de changer les jauges et les supports (rubans) sur lesquelles elles sont collées au début de chaque séquence de chargement cyclique. En effet, il a été observé que pour que les coefficients de jauge restent constants en traction et en compression pendant un certain nombre de cycles, il était nécessaire d'utiliser des tronçons (jauge + ruban) neufs au début de chaque séquence de chargement.

Pour une fréquence supérieure (de l'ordre de 2 Hz, maximum avec le vérin disponible), des tests préliminaires de faisabilité seront à effectuer pour le type de pieu, le type de sol du site d'essai. Les nombres de cycles devront être limités.

La surface de contact tube-béton devra être élargie afin de limiter les risques de glissement tube-béton lors des charges cycliques. Ce chantier expérimental a permis de mettre en évidence ces différents aspects.