



Tous crédits DR

# Essais de chargement dynamique et ingénierie de battage de pieux

**LES TECHNOLOGIES D'INSTRUMENTATION DE BATTAGE ET D'ESSAIS DE CHARGEMENT DYNAMIQUE DE PIEUX SONT ENCORE TRÈS PEU UTILISÉES DANS L'INDUSTRIE FRANÇAISE DE LA CONSTRUCTION POUR DES RAISONS HISTORIQUES, MAIS SONT LARGEMENT EXPLOITÉES DEPUIS PLUSIEURS DÉCADES PAR L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE. UN RÉCENT PROJET DE TERMINAL GAZIER (LIQUIFIED NATURAL GAS) ILLUSTRÉ BIEN L'USAGE QUI PEUT EN ÊTRE FAIT.**

saine au battage, et peut, de ce fait, varier considérablement d'un pieu à l'autre. Il est donc essentiel de contrôler les pieux en place aux moyens d'essais de capacité portante : des essais de chargement dynamique principalement, sur environ un tiers des pieux, bien corroborés par un essai Statnamic et un essai de type Osterberg.

## Une double difficulté

La difficulté au niveau de l'ingénierie d'installation est double : d'une part, il s'agit de ne pas endommager les pieux lors du battage au travers de la zone cimentée et de la roche dégradée, et d'autre part, il s'agit de les battre suffisamment pour atteindre la roche saine.

De plus, les pieux sollicités en compression seule peuvent être acceptés sans forage, dans la mesure où leur capacité était démontrée par les essais de chargement dynamique ; ce qui représente un enjeu économique important.

L'assistance à la maîtrise d'ouvrage et la supervision des opérations ont été confiées à Cathie Associates, bureau d'études géotechnique spécialisé dans les structures maritimes et offshore. L'analyse des données des essais de pieux a été effectuée par G-Octopus, spécialiste français des essais de chargement dynamique de pieux.

## La méthodologie d'ingénierie d'installation

La méthodologie d'ingénierie d'installation, telle qu'effectuée par les équipes de Cathie Associates est la suivante. Un premier critère

d'arrêt de battage est établi sur la base d'un modèle numérique de comportement dynamique de sol « raisonnable » pour les types de roches rencontrées. Ce modèle de sol permet d'établir par résolution de l'équation d'onde dans le système marteau/pieu/sol, des critères d'arrêt de battage réalistes pour chaque type de pieu. Les premiers pieux sont installés selon ces critères, et sont instrumentés. Les signaux enregistrés sont analysés

par la méthode par calage. Les résultats de ces premiers essais de chargement dynamique permettent d'ajuster le modèle de comportement dynamique des sols aux conditions particulières du site, et d'obtenir ainsi des critères d'arrêt de battage optimisés dans le but de battre les pieux suffisamment fort pour atteindre la roche saine, et éventuellement éviter un forage, tout en évitant absolument de les endommager en pointe.

Derrière la sophistication de l'analyse de battage et des essais de portance se cachent des enjeux importants : plus d'un quart des pieux ont pu éviter un forage, ce qui représente certes une économie conséquente, mais surtout un gain de temps appréciable pour la mise en route de l'usine. Les essais de chargement dynamique sont de très loin les essais les plus économiques et les plus rapides à effectuer, pour les pieux acier autant que pour les pieux béton. Ils autorisent en général des optimisations substantielles, et des réductions de coefficients de sécurité selon l'Eurocode 7. ■

### LA SOLUTION RETENUE

**EST LE PIEU ACIER  
BATTU-FORÉ-CIMENTÉ :  
D'UNE CAPACITÉ  
REQUISE DE 800  
À 1 800 T ;  
DE 1 200 MM  
DE DIAMÈTRE ET  
16 À 32 MM  
D'ÉPAISSEUR ; FICHÉS  
DANS LA ROCHE-MÈRE  
DE 0 À 25 M SOUS  
LE SOL MARIN.**

**L**e site offre de façon générale un sol compétant pour toutes structures à terre, y compris les réservoirs. Les fondations sur pieux de la jetée en mer représentent en revanche un véritable challenge technique. La jetée, d'une longueur de 800 m, repose au total sur plus d'une centaine de pieux, dans des profondeurs d'eau de 0 à 45 m. Le substratum sur lequel repose la jetée est une roche saine fortement dégradée au niveau de son interface supérieure, et recouverte de 0 à 25 m de sable lâche en surface, localement cimenté.

La solution retenue pour les fondations est le pieu acier, battu-foré-cimenté. Les pieux, dont la capacité requise est de 800 à 1 800 t, sont de 1 200 mm de diamètre, 16 à 32 mm d'épaisseur, fichés dans la roche-mère, de 0 à 25 m sous le sol marin.

## Procédé de mise en place

Le pieu est battu jusqu'à la roche saine, curé, puis foré sous le niveau de la pointe du pieu acier. Une cage d'armature est mise en place avant injection du béton par trémie. La capacité ultime effective de chaque pieu dépend grandement de la capacité d'atteindre la roche