



## Objectifs

Il existe deux techniques principales pour fonder les pieux et les palplanches : le battage et le vibrofonçage. Les Projets Nationaux se sont intéressés à ces techniques pour les promouvoir, en faciliter l'utilisation et en optimiser le choix. A la suite de TUBA consacré à la technique très ancienne de fonçage de pieux par battage (logiciel CALYPSO de prévision et d'interprétation de mise en place par battage), le Projet National VIBROFONÇAGE a été consacré à la technique, de développement beaucoup plus récent, de vibrage d'éléments linéaires dans le sol. Un des objectifs du PN était aussi d'éditer, en fonction des résultats, un Guide Technique du Vibrofonçage, simultanément en français et en anglais, publication largement diffusée depuis aux utilisateurs de cette technique qui est en développement continu.

Les axes de recherche suivants ont été retenus pour atteindre les objectifs :

- prévision de l'enfoncement par vibrage des pieux,
- estimation de la capacité portante des pieux foncés par vibrage sans surbattage,
- influence sur l'environnement : nuisances, vibrations transmises...

# Projet National VIBROFONÇAGE

## Programme réalisé

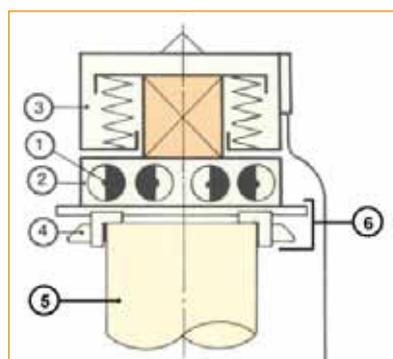
Les études et travaux du **Projet National VIBROFONÇAGE** ont été réalisés en trois tranches comportant chacune plusieurs phases :

- **Tranche 1** : enquête sur les pratiques, synthèse des recherches antérieures et préparation de la tranche 2 avec des essais sur site et des expérimentations ;
- **Tranche 2** : réalisation d'essais instrumentés de vibrofonçage et de chargement de pieux sur sites, et d'essais en chambre d'étalonnage en laboratoire ;
- **Tranche 3** : analyse et interprétation des résultats des expérimentations, mise au point d'un code de calcul de prévision de vibrofonçage (logiciel BRAXUUS), rédaction d'un guide technique, valorisation des résultats (organisation de Transvib 2006).

## Les expérimentations de la tranche 2 ont eu lieu sur quatre sites :

Les essais de **Montoir** réalisés en Août 2001. Deux tubes métalliques fermés à la base et instrumentés (jauges de contraintes, accéléromètres) ont été foncés par vibrage. L'un des pieux a été surbattu après vibrofonçage pour apprécier sa portance par un essai dynamique. Un essai de chargement statique à été réalisé sur l'autre pieu, pour comparaison avec les résultats d'un essai de chargement statique réalisé sur un pieu battu semblable sur le même site en 1999 .

Les essais de **Dunkerque** réalisés en Janvier 2002. Trois tubes ouverts à la base ont été foncés par vibrage. La tête des pieux a été équipée de jauges de déformation et d'accéléromètres (équipement de contrôle de battage développé par TNO).



- ① Masselottes excentrées
- ② Bloc exciteur
- ③ Bloc isolateur
- ④ Pincettes
- ⑤ Profilé ou tube
- ⑥ Casque

Schéma de principe du vibrateur  
Crédit photo : ICE France.





Vibrofonçage de pieux en béton armé. Crédit photo : © NGE.

“**Quand il permet d'obtenir le résultat recherché, le fonçage par vibration est plus rapide et plus économique que le battage.**”



**Essai de chargement**  
Site de Merville. Crédit photo :  
Projet National Vibrofonçage.



**ICE 815 et tube diamètre 508**  
Site de Merville. Crédit photo :  
Projet National Vibrofonçage.

Les essais du **Havre** réalisés en décembre 2002. Deux tubes ouverts (diamètre 508 mm, longueur 12 m), une palplanche PU16 (longueur 14 m) et une sonde provenant d'une expérimentation antérieure (sonde SIPDIS) ont été mis en place. La sonde était instrumentée à trois niveaux, la palplanche en tête et en pied, un tube en tête et en pied, l'autre en tête seulement. Des mesures de vitesses particulières en surface du sol ont été effectuées pendant la mise en place des deux tubes et de la sonde.

Les essais de **Merville** réalisés de mars à juin 2003. Ils ont eu pour but de mesurer comparativement les comportements d'éléments battus et foncés par vibration dans l'argile des Flandres. Deux tubes ouverts de diamètre 508 mm et deux paires de palplanches AU16 ont été mis en place. Pour chaque type d'élément, l'un a été foncé par vibration au moyen d'un vibreur ICE 815 et l'autre battu à la même profondeur avec un marteau IHC S70.

Les éléments étaient instrumentés en tête et en pied. La force de retenue, la longueur de la fiche, la pression et le débit du groupe hydraulique pour le vibrofonçage, l'énergie du marteau pour le battage, et les vitesses particulières à la surface du sol à des distances de 5, 10 et 15 mètres de l'élément ont été mesurés en continu au cours de leur enfoncement. Chacun d'eux a ensuite été soumis à un essai de chargement statique instrumenté afin de comparer précisément la portance obtenue pour chacune des deux types de mise en place.

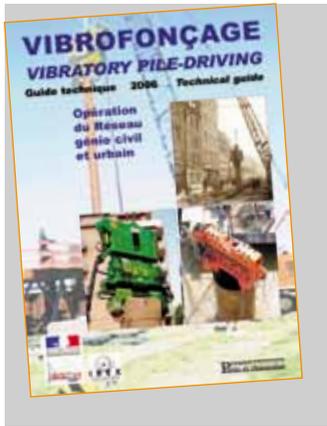
En complément, des essais de modélisation physique du processus de fonçage par vibration ont été menés dans la chambre d'étalonnage du CERMES au laboratoire de l'ENPC à Marne la Vallée. Ils avaient pour but de mieux comprendre les mécanismes qui contrôlent le processus. Une sonde prototype par vibration, qui peut être enfoncée dans un massif de sable reconstitué en chambre d'étalonnage grâce à un servovérin hydraulique, a été développée.

La sonde, d'une section droite de 10 cm<sup>2</sup> (standard pénétrométrique) est instrumentée pour mesurer la résistance en pointe mobilisée lors des sollicitations appliquées, ainsi que le frottement local sur un manchon spécifique. Elle est, de plus, équipée d'un accéléromètre en pointe.

“**Quand on fonce un pieu par vibration, on ne risque guère de l'endommager, mais on ne peut pas le ficher dans tout type de sol.**”

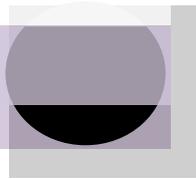
Crédit photo : PTC groupe Fayat





L'étude paramétrique réalisée a mis clairement en évidence l'influence des paramètres de base sur le déroulement du processus. Même si les essais en chambre d'étalonnage ne sont pas réellement un modèle réduit de l'essai sur site, ils constituent néanmoins un modèle physique qui peut être simulé à l'aide de logiciels et, en particulier, du logiciel BRAXUUS, développé au cours du Projet National VIBROFONÇAGE.

Les résultats des essais sur site et en laboratoire ont été présentés de manière synthétique, commentés et interprétés dans l'Annexe B du **Guide Technique 2006**.



## Organisation

### La Direction du Projet

- Président : Pierre MONADIER
- Directeur Technique : Henri GONIN
- Suivi IREX : Pierre LE TIRANT

### Les partenaires

- ARCADIS - ARCELOR - Bouygues Offshore (puis SAIPEM) - CEBTP - CSTC (Belgique) - CERMES/ENPC - EMCC - ENSAIS - FNTP - FUGRO-France - GTM-Construction - ICE-France - INSA-Strasbourg - LCPC - Leduc - MCCF - NORPAC - Port Autonome de Bordeaux - Port Autonome de Dunkerque - Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire - Port Autonome du Havre - PTC - QUILLE - Rincen-BTP - SNCF - VNF - Université Louis Pasteur de Strasbourg



## Durée Budget

Le Projet National VIBROFONÇAGE a été lancé à la suite d'une étude exploratoire (mars 1998), puis d'une étude de faisabilité (janvier 1999). Les conclusions du PN ont été présentées en septembre 2006. La journée de restitution était associée à la conférence TRANSVIB 2006.

Le budget global de ce projet était de 1 152 000 € HT, dont une subvention de la DRAST de 246 000 € HT, le solde en apports en nature et cotisations des partenaires. La plus grande part de ce budget a été consacrée aux expérimentations et mesures sur sites.



## Publications

- Guide technique 2006 : Vibrofonçage – Vibratory pile driving, Presse des Ponts et Chaussées.

Ce guide comprend un texte en français et en anglais décrivant les matériels, leurs choix, les logiciels de calcul existant, une analyse des essais de fonçage et de portance, une bibliographie et une liste des normes et des recommandations ainsi que des rapports internes du Projet National.

L'annexe A rassemble des éléments théoriques.

L'annexe B présente la synthèse des expérimentations en grandeur réelle et en laboratoire.

L'annexe C présente les logiciels de prévision de vibrofonçage et en particulier le logiciel BRAXUUS du Projet National (fourni sur un CDrom avec le guide technique).

L'annexe D présente les documentations de constructeurs partenaires du projet.

- HOLEYMAN A., VANDEN BERGHE J.-F., CHARUE N. (2002) TRANSVIB 2002 : Vibratory pile driving and deep soil compaction, Balkema.
- GONIN H., HOLEYMAN A., ROCHER-LACOSTE F. (2006) TRANSVIB 2006 : Actes du Symposium International sur le Vibrofonçage et la Vibrocompaction, publiés par le LCPC.

TRANSVIB est un symposium international réunissant périodiquement toutes les personnes et organismes intéressés par le vibrofonçage des pieux et des palplanches et le compactage en profondeur des sols. Il donne lieu à la publication d'actes. Le premier a eu lieu en 2002 en Belgique à Louvain-la-neuve, le second en 2006 en France à Paris pour la valorisation et dans la continuité du Projet National VIBROFONÇAGE.

# Applications et retombées du Projet National

**Le guide technique 2006 Vibrofonçage donne des réponses, à la lumière des connaissances actuelles et des résultats expérimentaux, aux questions que se posent les utilisateurs de la technique du vibrofonçage :**

- comment choisir au mieux la technique et le matériel pour foncer des pieux ou palplanches,
- comment prévoir la fiche des éléments foncés et les rendements (logiciel BRAXUUS),
- comment apprécier les nuisances possibles des travaux dans l'environnement,
- comment estimer, si nécessaire, la portance des éléments après leur mise en place. Les données recueillies par le projet ont été utilisées pour la rédaction de la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 : dimensionnement et justification des fondations profondes (P94-262).

■ Dans la sphère du Projet National, des travaux de recherche se poursuivent au Laboratoire des Ponts et Chaussées (France), au Centre Scientifique et Technique de la Construction (Belgique) et à la Faculté des Sciences, de la Technologie et de la Communication (Luxembourg).

Ces travaux ont donné, ou donneront lieu, à la publication des thèses de doctorat suivantes :

- HANUS V. (2010) Analysis and modeling of the noise generation during vibratory pile driving and determination of the optimization potential, Université du Luxembourg.
- ROCHER-LACOSTE F. (2008) Etude expérimentale en vraie grandeur et étude numérique des pieux vibrofoncés : Vibrations dans l'environnement et capacité portante, ENCP, France.
- WHENHAM V. (2011) A study on energy transfers during pile vibratory driving, Université Catholique de Louvain & CSTC, Belgique.

“ Les nuisances pour l'environnement (bruit, impacts, vibrations) sont en règle générale moindres avec le vibrage qu'avec le battage. ”

Crédit photo : © ASCO-TP/Daniel Vandros



Site de Montoir de Bretagne.  
Crédit photo : Projet National Vibrofonçage.

