

---

Laboratoire : **Géophysique et Évaluation Non Destructive – Ifsttar**  
Directrice de thèse : **Donatienne LEPAROUX (IFSTTAR)** – [donatienne.leparoux@ifsttar.fr](mailto:donatienne.leparoux@ifsttar.fr)  
Co-directeur de thèse : **Odile ABRAHAM (IFSTTAR)** – [odile.abraham@ifsttar.fr](mailto:odile.abraham@ifsttar.fr)  
Encadrant : **Mathieu LE FEUVRE (IFSTTAR)** – [mathieu.le-feuvre@ifsttar.fr](mailto:mathieu.le-feuvre@ifsttar.fr)  
Lieu : Ifsttar – Nantes  
École doctorale : **SPIGA** - Établissement d'inscription : **Ecole Centrale de Nantes**  
Financement : Ifsttar  
Spécialité de la thèse : **Acoustique, Ultrason, Sismique**  
**Procédure de candidature** → <http://www.ifsttar.fr/publication/theses/candidats/index.php>  
**Pour candidater sur ce sujet** → [https://www.ifsttar.fr/offres-theses/sujet.php?num=1854&num\\_session=1](https://www.ifsttar.fr/offres-theses/sujet.php?num=1854&num_session=1)

---

## Imagerie différentielle en ondes de surface sismiques et ultrasonores pour le monitoring de structures anthropiques, d'infrastructures et de leur proche environnement

### Contexte :

Les structures du génie civil sont de plus en plus souvent **instrumentées de façon pérenne**, de façon à mieux appréhender leur évolution — ou celle de leur environnement proche — face au vieillissement, dans un contexte où co-existent le besoin de veiller à la sécurité des populations et la volonté de préserver les ressources et le patrimoine bâti. À mesure que de nouveaux capteurs sont développés, des réseaux communiquant installés, apparaît l'enjeu stratégique de développer de **nouvelles méthodes physiques** intégrant nativement la spécificité de cette instrumentation permanente à disposition.

La mesure des vitesses de propagation des **ondes de surface** permet, après un processus d'inversion, de retrouver les propriétés élastiques du milieu en fonction de la profondeur. Parmi les derniers travaux initiés les plus prometteurs du laboratoire GeoEND, l'approche par **monitoring** permet d'identifier de façon robuste les évolutions relatives du milieu ausculté au cours du temps. La précision est augmentée grâce à l'instrumentation pérenne et/ou très reproductible qui limite les biais liés aux variations de couplage des capteurs au cours du temps. Des premiers résultats ont été obtenus dans le **béton** pour le suivi de l'évolution de gradient de **teneur en eau** (projet ANR EVADEOS) [Abraham et al., 2015] et d'un état de contrainte (projet ANR ENDE) [Garnier et al., 2016], par comparaison d'une succession d'inversions obtenues à différents instants. Cette approche, en dépit de résultats encourageants, se voit limitée en terme de sensibilité par les incertitudes liées au processus d'inversion lui-même [Metais et al., 2015]. En parallèle, des phénomènes d'**intrusion d'eau** ont été observés avec précision dans les **digues** de protection à la mer, par mesure de délai sur les signaux sismiques enregistrés [Le Feuvre et al., 2015, Brevet déposé en janvier 2017]. Mais ce type de mesure ne permet pas de restituer de manière univoque la distribution des variations en profondeur.

Pour obtenir des **informations quantitatives fiables** et une imagerie mieux résolue, il faut repenser la **formulation du problème inverse** associé en se basant sur les variations des observables plutôt que sur leur valeur à chaque temps.

L'approche méthodologique s'appuiera sur des données issues de **modélisation numérique** (codes aux éléments spectraux 2D et 3D) et **expérimentale en laboratoire** (banc de mesure ultrasonore MUSC [Bretaud et al. 2011, Valensi et al., 2015]) et pourra être validée en contexte réel en lien avec des problématiques citées ci-dessus (END du béton, évolution de la teneur en eau dans les sols, évolution de la teneur en eau et de l'état de contrainte dans le béton).

### Objectifs :

Afin d'accroître la qualité des images du sous-sol et des structures dans le cadre d'une instrumentation pérenne, il est proposé de travailler sur une **nouvelle formulation du problème inverse pour les ondes de surface**. Cette formulation prendra en compte des différences entre les observables pour obtenir une visualisation du changement dans le milieu de propagation plutôt qu'un suivi a posteriori par différence des résultats.

tats d'une succession d'inversion. La sensibilité des méthodes sera améliorée ainsi que la qualité des images obtenues. Il sera par exemple possible de suivre en continu des mouvements d'eau dans les sols ou les structures.

#### Profil recherché :

- Propagation d'onde (acoustique, sismique, ultrason)
- Physique des milieux continus
- Problème inverse
- Traitement du signal et des données
- Python, Matlab ou Scilab, C, fortran - ou autres outils pour le calcul scientifique
- Une expérience dans la modélisation numérique (différences finies, éléments finis, éléments spectraux, ...) est recommandée.

#### Références :

- Abraham O., Métais V., Villain G., Plantier G., Le Duff A., Durand O., 'Influence of water gradient on surface wave measurements in concrete', Proceedings of Int. Symp. on NDT-CE, 15-17 sept. 2015, Berlin, Germany.
- Bretaudeau F., Leparoux D., Durand O. and Abraham O. 2011. Small-scale modeling of onshore seismic experiment: A tool to validate numerical modeling and seismic imaging methods. *Geophysics* 76(5), T101-T112.
- Le Feuvre M. , A. Joubert, D. Leparoux, P. Côte, 2015, Passive Multi-channel Analysis of Surface Waves with Cross-correlations and Beamforming. Application to a Sea Dike., *Journal of Applied Geophysics*, 114,PP 36-51.
- Garnier V., J.-M. Henault, H. Hafid, J. Verdier, J.-F. Chaix, O. Abraham,, E. Larose, B. Piwakowski, G. Villain, Z.-M. Sbartai, J.-P. Balayssac, Containment Nuclear Plant Structures Evaluation by Non Destructive Testing: Strategy and Results, TINCE, Paris (France), September 5th – 9th, 2016.
- Metais V., Chekroun M., Le Marrec L., Le Duff A., Plantier G., Abraham O., Influence of multiple scattering in heterogeneous concrete on results of the surface wave inverse problem, *International Journal of Non Destructive Testing and Evaluation*, 79, pp.53-62, 2016.
- Valensi R., Leparoux. D., Durand O., Bretaudeau F., and Côte Ph., 2015, Multicomponent reduced scale seismic modelling: upgrade of the MUSC laboratory with application to polarization observations, *Geophysical Journal International*, vol. 202, no. 3, pp. 1993–2024, Sep. 2015.