



## Proposition de sujet de thèse (rentrée universitaire 2013)

### ***Validation de codes de propagation d'ondes et d'imagerie à partir de benchmarks expérimentaux de laboratoire en environnements complexes***

*(Validation of wave propagation and imaging codes by means of laboratory experimental benchmarks in complex environments)*

**Directrice de thèse :** Nathalie Favretto-Cristini (favretto@lma.cnrs-mrs.fr)

**Co-Directeur :** Paul Cristini (cristini@lma.cnrs-mrs.fr)

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), Marseille

**Mots-clé :** Simulations numériques, expérimentations, ondes sismiques, acoustique

#### **Contexte et objectifs**

Certains besoins sociétaux majeurs dans le domaine de l'environnement ou de l'énergie, comme par exemple la reconnaissance de réservoirs candidats au stockage du CO<sub>2</sub> ou l'exploration de nouveaux gisements énergétiques, nécessitent une imagerie et une caractérisation fines du sous-sol. Or, dans les zones géologiques complexes il est souvent difficile de retrouver à partir des profils sismiques la vraie géométrie des structures géologiques. Pour résoudre ce problème (inverse), il est nécessaire de maîtriser le problème direct et donc d'être capable de modéliser de manière réaliste la propagation des ondes sismiques en 3D.

En géophysique, différents codes basés sur différentes techniques numériques ont été développés et sont, à des fins de validation, généralement confrontés à d'autres méthodes «validées» sur une configuration synthétique test. Cette démarche, bien que courante, possède néanmoins des limitations, en particulier lorsque la propagation des ondes se produit dans un environnement complexe pour lequel il est difficile de savoir au final quel code s'approche au mieux de la « vraie » solution.

Une autre démarche couramment utilisée en géophysique consiste à valider ces codes via une confrontation directe aux données réelles acquises in situ. Malheureusement, la mauvaise connaissance de l'environnement géologique rend difficile l'interprétation des résultats. Aussi, le fait de disposer de mesures de référence calibrées acquises dans des configurations très complexes, mais contrôlées, constituerait une alternative particulièrement intéressante pour la validation de ces codes numériques. L'objectif du projet international BENCHIE est précisément d'apporter cette alternative originale en proposant d'éprouver différentes familles de méthodes numériques par des benchmarks expérimentaux de laboratoire en environnements complexes (mais contrôlés). Ces environnements présentent des topographies irrégulières qui sont connues pour générer la plupart des cas problématiques rencontrés en configuration sismique (zones d'ombre, propagation d'ondes

latérales, diffractions, caustiques...). L'approche expérimentale basée sur des mesures ultrasonores permet ainsi de cerner au mieux les phénomènes physiques impliqués grâce à la parfaite connaissance du modèle.

Le sujet de thèse proposé ici s'inscrit clairement dans le projet international BENCHIE porté par le LMA et dans lequel sont actuellement impliqués des laboratoires norvégiens et russes, et à court terme des laboratoires américains et hollandais. Il s'agira essentiellement de comparer simulations numériques de propagation d'ondes et benchmarks expérimentaux, et ainsi de mettre en lumière les qualités et défauts respectifs des différentes familles de méthodes numériques (en collaboration avec les laboratoires étrangers). Un des objectifs visés est de définir une stratégie d'évolution de ces méthodes vers une simulation plus performante de la propagation des ondes (problème direct) et de l'imagerie sismique (problème inverse), en vue d'applications environnementales appliquées et industrielles. Le (la) candidat(e) participera aussi bien à la mise en place des expériences qu'à l'obtention de résultats numériques via la mise en œuvre du logiciel SPECFEM3D.

### **Publications associées**

N. Favretto-Cristini, P. Cristini, and E. de Bazelaire. What is a seismic reflector like ? *Geophysics*, 74(1) :T13–T23, 2009. (Article référencé comme BrightSpot dans The Leading Edge).

Cristini P. & Komatitsch D. (2012) *Some illustrative examples of the use of a Spectral-Element Method in ocean acoustics*. *Journal of the Acoustical Society of America* 131(3).

Paul Cristini, Nathalie Favretto-Cristini, Anastasia Tantsereva, Bjorn Ursin, Arkady Aizenberg, and Dimitri Komatitsch (2012) *Laboratory benchmarks vs. Synthetic modeling of seismic wave propagation in complex environments (BENCHIE Project): Results for a spectral-element method and the Tip Wave Superposition Method*. POMA Volume 17, pp. 070024 (November 2012).

**Débouchés :** Recherche, Industrie

### **English version**

Accurate simulations of seismic wave propagation in complex geological structures with great and rapid variations of topography are of primary interest for environmental and industrial applications. Unfortunately, difficulties arise for such complex environments, due essentially to the existence of shadow zones, head waves, diffractions and edge effects. Usually, methods and codes are tested against "validated" ones, but one might wonder which method/code ultimately approaches the "real" solution. An original approach for seismics is to compare synthetic seismic data to controlled laboratory data for a well-described configuration, in order to analyze the respective limitations of each method/code. This is one of the objectives of this PhD proposal, in collaboration with laboratories in Norway, Russia and probably more, where the candidate will have to conduct controlled laboratory experiments in a tank and perform numerical simulations, with a software called SPECFEM3D which is available at the laboratory.