



# ED 398 Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement

## Proposition de sujet de thèse pour la rentrée universitaire 2020-2021

### 1. Modalités d'encadrement

Unité(s) de recherche au sein de laquelle le doctorat est réalisé :

**MINES ParisTech - PSL Research University**  
**Centre de Géosciences**  
**35 rue Saint-Honoré**  
**77305 Fontainebleau Cedex**

Directeur de l'unité : **Lagneau, Vincent, professeur**

Directeur(s)\* de thèse (HDR ou équivalent) : **Gesret, Alexandrine, maître assistant**

Co-directeur\* de thèse (HDR ou équivalent) : **Le Maître, Olivier, CNRS, Ecole Polytechnique (CMAP)**

Co-encadrant (non HDR) : **Sochala, Pierre, BRGM**

*Responsabilités spécifiques de chaque encadrant :*

**A. Gesret : aspects géophysique, tomographie**

**P. Sochala : aspects mathématiques appliquées, méta-modèles**

**O. Le Maître : aspects mathématiques appliquées, décomposition modale**

**\* Si un seul directeur de thèse est déclaré, il endosse 100% de la responsabilité de la thèse au regard de l'ED. Si 2 directeurs sont déclarés, ils partagent cette responsabilité à 50%. Le taux de responsabilité maximal est fixé à 300%. Les co-encadrants n'entrent pas dans le décompte, quel que soit leur rôle effectif**

**2. Titre : Modèles parcimonieux pour les incertitudes en tomographie sismique**

**Title : Parsimonious models for uncertainty in seismic tomography**

**3. Adresse courriel du contact scientifique : [alexandrine.gesret@mines-paristech.fr](mailto:alexandrine.gesret@mines-paristech.fr), [p.sochala@brgm.fr](mailto:p.sochala@brgm.fr), [olivier.le-maitre@polytechnique.edu](mailto:olivier.le-maitre@polytechnique.edu)**

### 4. Description du projet de thèse.

La tomographie sismique est une approche d'imagerie du sous-sol très largement utilisée en géophysique. Le modèle de vitesse obtenu est nécessaire pour mener d'autres analyses, il est donc primordial d'estimer des modèles de vitesse précis avec les incertitudes associées afin de pouvoir interpréter les résultats de manière fiable. Les algorithmes de type Monte-Carlo par Chaînes de Markov qui échantillonnent l'espace des paramètres sont généralement appréciés pour répondre à cette problématique [1]. Cependant, le temps de calcul reste élevé dû au grand nombre d'évaluations du problème direct pour calculer les temps de trajet, bien que le solveur utilisé soit très efficace [2]. Des travaux récents [3] ont montré l'intérêt d'utiliser des modèles d'approximation statistique ou surrogates (type polynômes de chaos) pour remplacer le modèle direct et accélérer ainsi drastiquement la résolution du problème inverse. Même avec ces modèles de substitution, les approches de tomographie stochastique ne peuvent actuellement être appliquées qu'avec un nombre restreint de paramètres du modèle de vitesse. Afin de

remédier à cette difficulté, nous proposons d'explorer deux approches différentes pour construire des relations efficaces entre le modèle de vitesse et les temps d'arrivée. La première approche consiste à chercher une représentation creuse des temps d'arrivée étant donné un modèle de vitesse de grande dimension. Il s'agira en particulier d'exploiter l'indépendance des observations vis-à-vis des parties du champ qui ne sont pas traversées par les rayons sismiques pour concentrer l'effort dans les zones pouvant être bien résolues. La seconde approche propose de construire un modèle de vitesse ayant un nombre limité de paramètres afin de décroître la taille de l'espace paramétrique d'identification. Nous utiliserons des approches de décomposition modale (type Karhunen-Loeve) pondérée par la densité locale des rayons sismiques. Nous traiterons d'abord la situation d'un champ de vitesse avec des variations régulières avant de considérer des cas plus complexes avec hétérogénéités.

La tomographie permet d'estimer les vitesses de propagation des ondes sismiques, à partir de mesures de temps de trajet. Des premiers résultats montrent que l'utilisation de surrogates est efficace pour représenter ces temps de première arrivée des ondes sismiques [1]. Ces résultats prometteurs permettent d'envisager d'introduire d'autres observables que les temps de première arrivée dans la tomographie stochastique. En effet, la simulation de la direction de propagation des ondes ou de leurs amplitudes requiert un temps de calcul trop important pour intégrer ces attributs dans une tomographie stochastique alors que l'utilisation de surrogates pourrait permettre l'ajout de ces observables et ainsi réduire les incertitudes sur le modèle de vitesse.

[1] A. Bottero, A. Gesret, T. Romary, M. Noble, and C. Maisons, Stochastic seismic tomography by interacting Markov chains. *Geophys. J. Int.*, 207, 374–392 (2016).

[2] M. Noble, A. Gesret, and N. Belayouni, Accurate 3-d finite difference computation of traveltimes in strongly heterogeneous media, *Geophys. J. Int.*, 199, 1572–1585 (2014).

[3] P. Sochala, A. Gesret, and O. Le Maître: Sparse grid polynomial surrogates for Bayesian travelttime tomography in layered velocity models, submitted to *Geophys. J. Int.*

## 5. Compétences et connaissances requises

Formation solide en mathématiques appliquées, physique ou en géophysique. Compétences en probabilités/statistiques. Bonnes connaissances en programmation informatique requises.

## 6. Conditions matérielles de réalisation du projet de recherche

Financement spécifiques obtenus pour le projet : **[Oui]**, si oui lesquels ? **[Contrat doctoral + BRGM]**

Financement des missions nécessaires pour la réalisation du projet : **[Non]**

Accès à des bases de données spécifiques : **[Non]**

Accès à des ressources documentaires spécifiques : **[Non]**

Accès à des plateformes : **[Non]**

Accès à des grands instruments : **[Non]**

## 7. Précisions sur les objectifs de valorisation des travaux issus du projet de recherche :

**Publications dans des revues internationales et participation à un congrès international**