

Méthodes inverses adaptatives pour l'identification d'évènements sismo-acoustiques

Nadège POLETTE

CEA DAM DIF, Mines Paris PSL

Contexte

La lutte contre la prolifération nucléaire passe en premier lieu par le contrôle du respect des traités internationaux. Dans ce contexte, des outils numériques sont développés afin de surveiller l'environnement et d'analyser les évènements géophysiques. En particulier, lorsqu'un séisme se produit, le déplacement du sol est enregistré par des sismomètres.

Objectifs

L'identification précise d'un évènement n'est pas évidente car, d'une part, cela nécessite la résolution d'un problème inverse qui admet plusieurs solutions plausibles et, d'autre part, les observations à notre disposition ainsi que les modèles de champ de vitesse utilisés pour la simulation comportent des incertitudes. L'objectif de la thèse est de développer des méthodes originales pour améliorer les estimations en quantifiant la précision des résultats et en diminuant le coût calculatoire.

Cadre mathématique

On s'intéresse dans un premier temps à l'inférence d'un champ de vitesse à partir des temps d'arrivée des ondes enregistrés à des capteurs. Afin de prendre en compte les erreurs de mesures et d'estimer les incertitudes sur le résultat, on se place dans un contexte bayésien : l'objectif est d'échantillonner le champ de vitesse selon sa probabilité étant donné des observations indirectes grâce à un algorithme de Monte-Carlo. Cette probabilité est directement liée à la vraisemblance des temps d'arrivée vis à vis du champ, qui nécessite l'évaluation d'un modèle direct coûteux. Ici, on remplace ce modèle par un modèle de substitution grâce à des expansions en polynômes de chaos [1]. De plus, la dimension de l'espace à échantillonner est réduite en considérant la décomposition Karhunen-Loève du champ. Cette décomposition introduit des hyperparamètres, difficiles à déterminer a priori. On développe une méthode voisine à

[2] pour permettre une estimation de ces valeurs durant l'inférence.

Cas d'application

La méthode développée a été testée sur le cas d'un champ de vitesse unidimensionnel inspiré d'une coupe du modèle de vitesse réaliste Amoco Tulsa Research Lab développé par O'Brien en 1994.

La distribution postérieure du champ de vitesse est comparée à sa vraie valeur sur la Fig. 1. Il est à noter que cet exemple permet de montrer un des principaux intérêts de l'exploration de l'espace des hyperparamètres : lorsqu'on effectue la même inférence en fixant les hyperparamètres a priori, la distribution résultante ne comporte pas entièrement le vrai champ.

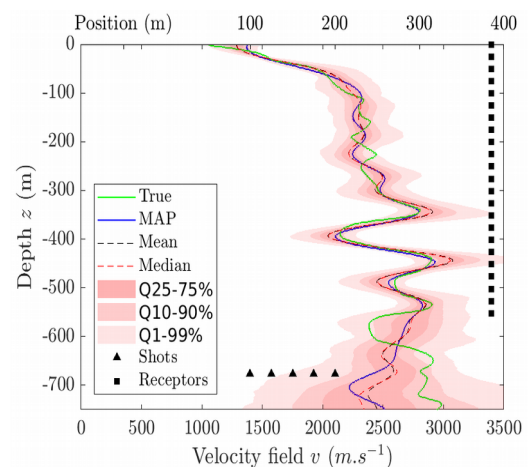


Fig. 1. Résultat de l'inférence . (vert : vrai champ, rouge : quantiles de l'estimation a posteriori)

Références bibliographiques :

- [1] Sochala P., Gesret A., and Le Maître O., Polynomial surrogates for Bayesian travelttime tomography, GEM, International Journal of Geomathematics, 2021.
- [2] I. Sraj, O. P. Le Maître, O. M. Knio, and I. Hoteit. Coordinate transformation and polynomial chaos for the bayesian inference of a gaussian process with parametrized prior covariance function. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 298:205–228, 2016.