



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **14 octobre 2021**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur PAGANI Colin**

Titre de la thèse : « *Quantification probabiliste des taux de déformation crustale, par inversion bayésienne de données GPS* »

Résumé



Au cours du cycle sismique, la déformation accumulée par la lithosphère terrestre peut être relâchée de manière anélastique lors de séismes provoquant de nombreuses pertes humaines et matérielles. L'analyse du risque sismique passe par l'étude de cette déformation lors des différentes étapes du cycle sismique. En particulier, l'étude géodésique du déplacement de la surface terrestre permet de comprendre et de localiser l'accumulation de la déformation élastique lors des phases intersismiques.

Avec l'expansion des réseaux GNSS, il est devenu possible d'obtenir le tenseur du taux de déformation à partir des vitesses de déplacement surfacique dans le but d'étudier et de contraindre la déformation crustale. Or, calculer une surface continue de gradient de déformation à partir de données GNSS discrètes consiste en un problème inverse dont la solution est fortement non-unique. De ce fait, de nombreuses méthodes aux caractéristiques diverses ont vu le jour au cours des dernières décennies, chacune comportant ses avantages et ses inconvénients propres. Cependant, certaines limitations des schémas d'inversion direct employés jusqu'alors persistent et compromettent la fiabilité des résultats. En particulier, la nécessité d'employer des paramètres *ad hoc* définis par l'opérateur tel qu'un paramètre de lissage, la sensibilité à la géométrie du réseau GNSS et la difficulté à déterminer de manière robuste les incertitudes associées aux résultats, pourtant nécessaires à l'intégration des cartes de déformation dans les méthodes d'analyse du risque sismique.

Afin de pallier ces lacunes dans les modèles existants, nous développons une nouvelle méthode bayésienne transdimensionnelle permettant d'inverser des données GNSS discrètes afin d'obtenir le champ 2D continu de vitesse, son gradient et le tenseur de déformation associés. Le champ de vitesse est décrit par une paramétrisation reposant sur la triangulation de Delaunay, et la distribution a posteriori est échantillonnée grâce à un algorithme de Metropolis-Hasting à saut réversible, qui appartient à la classe des MCMC. Cet algorithme dispose d'un maillage adaptatif qui prend en compte les hétérogénéités spatiale, de vitesse et de niveau de bruit présentes dans les données. Contrairement aux méthodes d'inversion classiques qui proposent un modèle unique, la solution est une fonction de distribution de probabilité complète pour chaque composante du champ de vitesse de déformation.

Des tests synthétiques permettent de comparer l'approche proposée à un schéma d'interpolation en spline bicubique standard. Cette méthode s'avère plus résistante à la présence d'outliers dans les données ainsi qu'à une répartition spatialement hétérogène de celles-ci, tout

en fournissant des incertitudes associées aux vitesses et aux taux de déformation récupérés. Elle est ensuite appliquée au sud-ouest des États-Unis, une région fortement étudiée et surveillée, ce qui permet d'obtenir les taux de déformation probabilistes le long des principaux systèmes de failles, y compris celui de San Andreas, à partir de l'inversion des vitesses intersismiques GNSS. Les caractéristiques de plusieurs points clefs de cette région sont représentées grâce à l'exploitation des fonctions de distribution de probabilité *a posteriori* des différents paramètres inversés.

Les limitations actuelles ainsi que les différentes perspectives d'amélioration de cette méthode sont discutées en conclusion de cette thèse.