

Titre en français : Atténuation des ondes sismiques dans une couche de sol aléatoire stratifiée horizontalement

Titre en anglais : Attenuation of seismic waves in a horizontally-stratified random soil layer

Nom du directeur de thèse : Régis Cottureau

Tel : 04 84 52 42 49

E-Mail : cottureau@lma.cnrs-mrs.fr

Laboratoire : Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique

Financement : demandé

Type de financement : Allocation doctorale

Résumé en français : Pour rendre l'évaluation du risque sismique plus fiable et espérer diminuer les effets dramatiques des tremblements de terre, il est nécessaire d'améliorer la compréhension des phénomènes de propagation d'ondes dans les milieux très hétérogènes. En particulier, dans les bassins sédimentaires et plus largement à l'échelle du globe, les propriétés de la Terre présentent une claire stratification horizontale (due aux processus géologiques de formation de la Terre) et des fluctuations importantes à une échelle de l'ordre de la longueur d'onde. Ce projet de thèse de doctorat se concentre donc sur un modèle de propagation d'ondes élastiques dans un milieu dont les propriétés sont représentées par des champs aléatoires stratifiés horizontalement. En régime haute fréquence (longueur d'onde petite devant l'épaisseur de la couche), une analyse asymptotique permet de modéliser la propagation d'onde sous forme d'équation différentielle stochastique (en la variable de profondeur). Un premier objectif de la thèse consiste à obtenir, pour le cas difficile du couplage des modes de compression et de cisaillement et au moins à la limite des grandes épaisseurs, des formules analytiques des coefficients de transmission (en fonction des statistiques des propriétés de la couche hétérogène) pour évaluer le spectre sismique transmis à travers la couche. L'erreur entre cette estimation et le spectre exact doit être évaluée finement, en fonction des paramètres guidant l'homogénéisation (rapport des longueurs caractéristiques du problème et amplitude des hétérogénéités) et de l'épaisseur de la couche hétérogène, pour en évaluer la pertinence dans le cadre du risque sismique. Un deuxième objectif consiste à proposer un schéma numérique pour l'approximation des équations différentielles stochastiques considérées, et d'en faire l'analyse, afin de dégager des estimateurs d'erreur en fonction des paramètres numériques (discrétisation en espace, en temps, nombre d'échantillons aléatoires) et physiques. Enfin, une comparaison des résultats obtenus avec des spectres sismiques mesurés à la surface de la Terre sera effectuée (à partir d'enregistrements disponibles dans des bases de données ouvertes).

Cette thèse sera co-encadrée par Caroline Bauzet (bauzet@lma.cnrs-mrs.fr)

Résumé en anglais : To improve the evaluation of seismic risk and lessen the dramatic impact of earthquakes, it is necessary to refine our understanding of the phenomena of wave propagation in heterogeneous media. In particular, in sedimentary basins or at the scale of the globe, material properties of the Earth display a clear horizontal layering (due to geological processes that created the Earth) and large fluctuations at a scale of a wavelength. This PhD project hence focuses on modeling elastic wave propagation in media whose properties are modeled as horizontally-stratified random processes. In a high-frequency regime (small wavelength relative to the layer thickness), asymptotic analysis allows to derive a stochastic differential equation (in the depth variable) that drives wave propagation. A first objective of the PhD project consists in deriving, in the difficult case of coupled compression and shear modes, and at least in the limit of large thicknesses, analytical formulas for the transmission coefficients (as a function of the statistics of the material properties of the heterogeneous layer) to evaluate the seismic spectrum transmitted through the layer. The

error between this approximation and the exact spectrum will be evaluated precisely, as a function of the homogenization parameters (ratio of characteristic lengths of the problem and amplitude of fluctuations) and thickness of the heterogeneous layer, to evaluate its relevance in the context of seismic risk. A second objective of the PhD project is to propose a numerical scheme for the approximation of the stochastic differential equations of interest, and to analyze it, so as to obtain error estimations as a function of the numerical (space and time discretization, number of random samples) and physical parameters. Finally, a comparison will be performed between the approximate and some real spectra measured at the surface of the Earth (gathered from open source databases of experiments).

This PhD project will be co-supervised with Caroline Bauzet (bauzet@lma.cnrs-mrs.fr)

Profil du candidat recherché : Le profil recherché est un étudiant en mathématiques appliquées ou en mécanique théorique ou numérique. Des compétences en mécanique stochastique serait évaluées positivement, mais pas obligatoires.

Publications sur le sujet :

J.-P. Fouque, J. Garnier, G. Papanicolaou, and K. Solna. Wave propagation and time reversal in randomly layered media, volume 56 of Stochastic Modelling and Applied Probability. Springer, 2007.

S. A. Shapiro, and P. Hubral. Elastic waves in random media. Springer, 1999.

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée