



Encadrement

Stéphanie Chaillat-Loseille (POEMS, ENSTA)

Modélisation des données sismiques marines par méthode d'éléments de frontière accélérée

Objectif

La modélisation de la propagation des ondes sismiques dans des milieux de très grande taille est un problème central dans de nombreux domaines comme l'étude du risque sismique (étude des effets de site ou de l'interaction sol-structure) ou la géophysique (imagerie sismique). Ce sujet de stage s'inscrit dans une démarche de développement d'outils de simulation performants pour traiter des problèmes réalistes relatifs à la propagation des ondes sismiques.

Ces problèmes réalistes imposent de traiter le sol comme un demi-espace infini dans lequel se propagent des ondes (visco)élastiques. Il existe plusieurs méthodes numériques pour modéliser ces problèmes. L'avantage de la méthode d'éléments de frontière (*boundary element method*, ou BEM) est que les formulations intégrales sur lesquelles elle repose intègrent intrinsèquement la condition de radiation à l'infini. Elle permet donc d'éviter la troncature artificielle du domaine de calcul (avec des PMLs ou des conditions absorbantes) et de mailler de grands domaines 3D homogènes. La BEM sous sa forme classique conduit cependant à des matrices d'influence pleines, limitant fortement son champ d'application en termes de complexité géométrique ou de fréquence. Des travaux récents ont conduit à la définition de versions accélérées de la BEM (visco)élastodynamique reposant sur (i) la méthode multipôle rapide (FMM) ou (ii) les \mathcal{H} -matrices. Ces méthodes ont permis non seulement une réduction très importante du temps de calcul, mais également une forte augmentation de la taille des modèles BEM permis. Elles ouvrent ainsi la porte à la simulation de problèmes réalistes.

Ce stage sera réalisé dans le cadre d'une collaboration avec le **Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique** de Marseille pour modéliser des données sismiques marines. Dans le cas où les structures géologiques ont des topographies simples et des propriétés physiques continûment variables, les méthodes standards comme les tracés de rayons ou les méthodes de différences finies sont très efficaces. Cependant, ces méthodes ont plus de difficultés dans les zones géologiques complexes où les variations de topographie et des propriétés physiques des milieux sont rapides et parfois abrupts. Il a en effet été observé des différences importantes entre les résultats des diverses méthodes sur des configurations tests représentant un environnement géologique typique. L'originalité de ce travail est de comparer les méthodes numériques non seulement entre elles mais également avec des résultats expérimentaux. Pour éviter le problème de la connaissance imprécise des milieux réels, des mesures expérimentales sont réalisées au LMA sur une maquette reproduisant des relevés sismiques en mer (avec la présence d'obstacle particulièrement difficiles pour les méthodes numériques).

Au niveau de la BEM accélérée, l'originalité est de développer un couplage fluide acoustique-milieu élastique permettant de simuler des configurations réalistes. La comparaison avec les résultats expérimentaux permettra d'évaluer les niveaux de performance (capacité, précision et coûts de calcul) des BEM accélérées pour modéliser la propagation des ondes acoustiques / sismiques et l'imagerie à base d'ondes dans des environnements réels complexes.

Travail proposé

Le stage se décompose en trois étapes principales :

- l'étude bibliographique des méthodes d'éléments de frontière pour les problèmes de fluide acoustique et les problèmes d'élastodynamique ainsi que leurs méthodes d'accélération (Fast Multipole Method ou matrices hiérarchiques) ;
- la mise en place et validation d'un couplage acoustique-élastique dans le code BEM COFFEE développé à POEMS ;
- la comparaison des résultats numériques avec les mesures expérimentales et les résultats numériques obtenus avec le code d'éléments spectraux développé au LMA.

La partie bibliographique peut (et cela est souhaité) faire l'objet du projet de recherche antérieur au stage. Des déplacements à Marseille pourront être organisés.

Contact

stephanie.chaillat@ensta.fr

01 81 87 20 83