

Résolution du problème de propagation d'ondes en fréquence par méthode itérative pour l'inversion des formes d'ondes

Okba HAMITOU, ISTerre, Université Grenoble Alpes

Ludovic MÉTIVIER, LJK, CNRS, Université Grenoble Alpes

Stéphane LABBÉ, LJK, Université Grenoble Alpes

Romain BROSSIER, ISTerre, Université Grenoble Alpes

Jean VIRIEUX, ISTerre, Université Grenoble Alpes

Mots-clés : propagation d'ondes sismiques, CGMN, préconditionnement, second membre multiple

La résolution de l'équation des ondes acoustiques et élastiques en 3D dans le domaine fréquentiel représente un enjeu important dans le cadre de l'inversion des formes d'ondes pour l'imagerie haute résolution de cibles crustales. Après discrétisation, ce problème revient à résoudre un système linéaire à valeurs complexes, creux, de grande taille (plus de 10^9 degrés de liberté), non défini et mal conditionné

$$Ax = b. \tag{1}$$

Les méthodes d'inversion sismique requièrent la solution du système (??) pour l'évaluation du problème direct pour un grand nombre de sources (plusieurs dizaines de milliers). Dans l'approximation acoustique, les méthodes directes sont privilégiées [?]. La matrice A est factorisée en un produit de deux matrices triangulaires pleines L et U . Les solutions associées à chaque second membre sont ensuite obtenues de manière efficace par simple descente et remontée. Cependant, le coût mémoire de ces méthodes les rendent inutilisables pour résoudre les problèmes élastiques 3D. En raison de leur plus faible coût mémoire, les méthodes itératives sont donc considérées pour l'élastodynamique. Cependant, une convergence rapide passe par des préconditionneurs adaptés. Par ailleurs, les stratégies pour résoudre des systèmes linéaires avec des seconds membres multiples ne sont pas aussi efficaces que les méthodes directes.

Bjorck et al. [?] ont proposé d'utiliser la méthode de Kaczmarz pour transformer un système linéaire mal conditionné en un système symétrique, positif qui peut être résolu en utilisant les méthodes du type gradient conjugué (CG). Cette méthode, appelée CGMN, a été appliquée avec succès dans le cas élastique 2D et 3D avec de fortes variations des propriétés du milieu [?]. Dans ce dernier cas, la méthode CGMN se révèle être extrêmement robuste alors que les méthodes itératives standards basées sur les sous-espaces de Krylov telles que GMRES et BiCGSTAB ne convergent pas dans ces configurations. Malgré les bonnes propriétés de la méthode CGMN, le nombre d'itérations nécessaires pour atteindre une précision suffisante reste élevé.

Dans cette étude, nous présentons une stratégie de préconditionnement adaptée au problème de propagation d'ondes et à la méthode CGMN. Une méthode second membre multiple appelée "Seed method" est également présentée. Toujours pour réduire les coûts de calcul, cette méthode est combinée avec CGMN. Nous présentons l'application de ces méthodes dans l'approximation 2D visco-acoustique pour la propagation d'ondes dans des milieux réalistes.

Références

- [1] S. OPERTO AND R. BROSSIER AND L. COMBE AND L. MÉTIVIER AND A. RIBODETTI AND J. VIRIEUX, *Computationally-efficient three-dimensional visco-acoustic finite-difference frequency-domain seismic modeling in vertical transversely isotropic media with sparse direct solver*, *Geophysics*, 5, 79, T257-T275, 2014.
- [2] BJÖRCK, ÅKE AND ELFVING, TOMMY, *Accelerated projection methods for computing pseudoinverse solutions of systems of linear equations*, *BIT Numerical Mathematics*, 2, 145-163, 19, 1979.
- [3] YANG LI AND LUDOVIC MÉTIVIER AND ROMAIN BROSSIER AND BO HAN AND JEAN VIRIEUX, *2D and 3D frequency-domain elastic wave modeling in complex media with a parallel iterative solver*, *Geophysics*, Accepted, 2014.