

Méthodes numériques pour l'imagerie sismique

Hélène Barucq, INRIA Bordeaux Sud-Ouest, Equipe-Projet Magique 3D - LMA UMR 5142

Caroline Baldassari, INRIA Bordeaux Sud-Ouest, Equipe-Projet Magique 3D - TOTAL

Henri Calandra, TOTAL

Julien DIAZ, INRIA Bordeaux Sud-Ouest, Equipe-Projet Magique 3D - LMA UMR 5142

L'imagerie sismique est utilisée par les pétroliers à des fins d'exploration et production. Cette technique repose sur le phénomène de réflexion sismique qui est généré par des ondes artificielles se propageant dans le sous-sol. Ces ondes rencontrent les hétérogénéités du milieu, sont réfléchies et les réflexions sont enregistrées par des récepteurs qui peuvent être placés à la surface du domaine ou en profondeur. À partir des enregistrements ainsi obtenus, on peut produire une image du sous-sol qui fournit des indications sur la présence potentielle d'hydrocarbures dans la région imagée. Le principe d'imagerie s'appuie sur la réversibilité en temps du phénomène de propagation d'ondes qui permet de migrer les ondes réfléchies pour appliquer une condition d'imagerie. Depuis les travaux d'Hemon [4] dans les années 70, la communauté géophysique s'accorde à dire que l'imagerie précise de milieux complexes repose sur la résolution de l'équation des ondes. Pendant très longtemps, les géophysiciens ont plutôt considéré des équations d'ondes approchées, obtenues le plus souvent par des approximations haute-fréquence. La résolution de l'équation des ondes reposait ainsi sur des méthodes mathématiques simples et les calculs nécessaires étaient très rapides, ne nécessitant pas de stocker énormément de données. Aujourd'hui, grâce aux progrès réalisés par le calcul scientifique et en particulier le développement d'algorithmes à haute résolution, on peut imager le sous-sol à partir de la résolution de l'équation des ondes complète mais il reste encore du travail à faire car on doit considérer des milieux de propagation de plus en plus complexes. La difficulté actuelle à laquelle sont confrontés les numériciens est liée au fait que les zones à explorer sont soit de plus en plus profondes car les nappes en surface ont déjà été exploitées, soit de plus en plus difficiles à exploiter car difficiles d'accès, ce qui explique qu'elles n'ont pas encore été forées. Il faut donc concevoir des méthodes numériques pour lesquelles la précision est garantie tout en générant des coûts de calcul réduits. Cet exposé entend illustrer ce problème en décrivant les différentes techniques qui sont utilisées à ce jour, indiquant leurs avantages et inconvénients. En particulier, on illustrera les performances d'une méthode d'approximation par éléments finis discontinus qui est utilisée dans un logiciel que nous avons développé et qui est utilisé à TOTAL [2]. Cette méthode, proposée tout d'abord par Grote et al. [3] utilise des maillages tétraédriques qui sont bien adaptés à la prise en compte de la topographie du site qui peut être très accidentée, notamment dans les régions nouvellement explorées. On montrera aussi que la réduction des coûts de calcul nécessite d'appliquer de nouveaux schémas en temps qui permettent au pas de discrétisation en temps de s'adapter parfaitement au pas de discrétisation en espace en utilisant la méthode proposée dans [1]. Toutes ces questions seront illustrées par des images du sous-sol produites par notre logiciel.

Références

- [1] CAROLINE BALDASSARI, *Modélisation et simulation numérique pour la migration terrestre par équation d'ondes*, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2009
- [2] CAROLINE BALDASSARI, HÉLÈNE BARUCQ, HENRI CALANDRA, BERTRAND DENEL ET JULIEN DIAZ, *The reverse time migration technique coupled with finite element methods*, in *Ultrasonic Wave Propagation in Non Homogeneous Media*, Springer Proceedings in Physics, vol. 128, 2008
- [3] M. J. GROTE, A. SCHNEEBELI, ET D. SCHÖTZAU, *Discontinuous galerkin finite element method for the wave equation*, SIAM J. on Numerical Analysis, 44:2408-2431, 2006.
- [4] C. HEMON, *Equations des ondes et modèles.*, Geophysics Prospecting, Vol. 26, 790-821.

Hélène Barucq, **Caroline Baldassari**, **Julien DIAZ**, Equipe-projet INRIA Magique-3D, LMA UMR 5142
Bâtiment B1, Avenue de l'Université, 64013 Pau Cedex
helene.barucq@inria.fr, caroline.baldassari@inria.fr, henri.calandra@total.com
Henri Calandra, TOTAL, Centre Scientifique et Technique Jean-Feger
Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex
henri.calandra@total.com