

Inversion 2D de données sismiques de puits

Ludovic METIVIER, Université Paris 13, Institut Français du Pétrole

Florence DELPRAT-JANNAUD, Institut Français du Pétrole

Laurence HALPERN, Université Paris 13

Patrick LAILLY, Institut Français du Pétrole

Mots-clés : problème inverse non linéaire, indétermination, état adjoint, optimisation emboîtée.

La problématique d'imagerie sismique est une figure emblématique de la famille des problèmes inverses. A partir de l'enregistrement de la réponse du sous-sol à une excitation produite par l'explosion d'une ou plusieurs sources en surface, une estimation des propriétés élastiques du sous-sol est recherchée. Les méthodes actuellement utilisées pour résoudre ce problème se basent sur des modèles de propagation d'ondes linéaires, qui permettent d'expliquer les réflexions du front d'onde sur les discontinuités des propriétés mécaniques du sous-sol.

Cependant, la demande croissante d'images plus précises du sous-sol par certaines applications conduit à s'intéresser à des méthodes non linéaires d'inversion de données sismiques, permettant d'obtenir des résultats haute-résolution. Des études ont en effet montré la nécessité de considérer les non-linéarités de l'opérateur de modélisation du problème direct de propagation d'ondes pour pouvoir retrouver les variations des propriétés mécaniques du sous-sol à petite échelle [2]. Ce faisant, les problèmes inverses deviennent très sensibles par rapport à la source générant les données sismiques [3]. Celle-ci étant en général mal déterminée, une nouvelle méthodologie doit être mise en place pour résoudre le problème inverse non linéaire. Il est alors intéressant de se pencher sur la possibilité de résoudre un problème inverse portant à la fois sur les propriétés mécaniques du sous-sol et la source. Le problème devient alors largement sous-déterminé, dans le cadre de l'inversion de données sismiques de surfaces (récepteurs placés en surface). Cependant, si les récepteurs sont placés dans un puits, la connaissance de la source n'est plus nécessaire, grâce à la détermination au cours de l'inversion de la condition de pression au niveau du premier récepteur. Cette méthode d'inversion de données de puits repose actuellement sur une modélisation 1D de la propagation des ondes et du sous-sol. Il est donc intéressant de se pencher sur l'adaptation multi-D de cette technique.

Une méthodologie 2D a donc été développée, se basant sur les résultats acquis pour le problème 1D [1], [4]. La propagation d'ondes acoustiques dans le sous-sol est modélisée en utilisant, pour représenter l'infini, une formulation PML (de type Bérenger) des équations d'Euler [5]. Le problème inverse est posé comme la minimisation d'une fonctionnelle quadratique. Le gradient de cette fonctionnelle est calculé par la méthode de l'état adjoint, et la résolution numérique est assurée par un algorithme d'optimisation emboîtée couplant une procédure de type quasi-Newton, pour retrouver les propriétés acoustiques du milieu, à un gradient conjugué, pour retrouver la source. Le problème est cependant fortement indéterminé, et nous étudions des méthodes conduisant à sa stabilisation par ajout d'information sur la régularité des données.

Références

- [1] A.BAMBERGER, G.CHAVENT, P.LAILLY, *About the stability of the inverse problem in 1D wave equations - application to the interpretation of seismic profiles*, Appl. Math. Optim. **5**, 1-47, 1979
- [2] F.DELPRAT-JANNAUD, P.LAILLY, *The insidious effect of fine-scale heterogeneity in reflections seismology*, Journal of seismic exploration, **13**, 39-84 2004.
- [3] F.DELPRAT-JANNAUD, P.LAILLY, *A fundamental limitation for the reconstruction of impedance profiles from seismic data*, Geophysics, **70**, n1, R1-R14, 2005.
- [4] D.MACÉ, P.LAILLY, *Solution of the VSP one-dimensionnal inverse problem*, Geophysical Prospecting, **34**, 1002-1021, 1986.
- [5] S.PETIT-BERGEZ, *Problèmes faiblement bien posés : discrétisation et applications*, Thèse de doctorat, 2006.