

Rapport d'activité pour l'année 2013

Etude de la génération de séismes et de la propagation des ondes sismiques

Projet : c2013046700

Responsable : AOCHI Hideo

BRGM/DRP/RSV, 3 avenue Claude Guillemin, BP36009, Orléans 45060 Cedex 2, France

Allocation

CINES SGI ICE Jade : [100 000] heures scalaires

Consommation à la date du 2 Octobre

CINES SGI ICE Jade : [80 558] heures scalaires

Résultats scientifiques

Dans les divers projets de recherches (ANR, FP7), nous avons pu progresser les simulations de tremblements de terre, appliquant nos codes, BIEM (Méthodes d'Equation Intégrales = Boundary Integral Equation Method (Aochi et al., Pageoph, 2000) et FDM (Méthode de Différences Finies = Finite Difference Method (Aochi and Madariaga, BSSA, 2003 ; Dupros et al., 2008), notamment pour comprendre le mécanisme de tremblement de terre et la rayonnement conséquent des ondes.

L'étude du séisme de Tohoku (Mw9.0) est toujours le cœur de nos recherches depuis 2011. Nous avons pu modéliser le processus de la rupture sismique lors de ce séisme en implémentant l'hétérogénéité en multi-échelle avec la BIEM. Nous avons aussi varié les paramètres par la loi de distribution Weibull et démontré comment l'incertitude des paramètres joue un rôle dans une simulation déterministe. Le calcul au CINES atteint typiquement 23 heures de calcul sur 1024 cœurs (pour 23896 éléments et 800 étapes). Ensuite, le mouvement sismique dû à ce séisme est systématiquement étudié à l'aide de la simulation par la FDM (voir Figure 1). Nous avons trouvé que l'hétérogénéité spatiale de la contrainte résidu est plus dominante que l'hétérogénéité dans le seuil de rupture. Le calcul au CINES nécessite 8 heures sur 512 cœurs (6 millions grilles et 20000 étapes de temps). Le résultat est publié (Ide and Aochi, Tectonophys., 2013 ; Aochi et al., JPCS, 2013) et autres publications sont en cours de préparation.

La Mer de Marmara devient un nouveau chantier de notre activité dans les projets européens (FP7 REAKT, MARSITE). Un grand séisme est attendu la longue la faille North Anatolian et la prévention du risque sismique est incontournable pour la région d'Istanbul. Nous avons commencé notre simulation préliminaire pour modéliser la possibilité de rupture cascade sur les failles segmentée (Figure 2). Nous envisageons continuer la modélisation du mouvement fort afin d'améliorer l'évaluation d'aléa et de prendre en compte de l'incertitude des scénarios.

En outre, nous avons commencé introduire une source explosive à taille finie afin de répondre au mouvement sismique et à la déformation quasi-statique dans le contexte volcanique (projet européen NEMOH). Nous avons testé les problèmes classiques avec la solution analytique ou/et d'autres calculs (Figure 3). Nous avons dû raffiner le maillage afin d'écrire le volume de source avec suffisamment de mailles. Il a été possible d'implémenter un volume de source sous réserve de l'hypothèse si ce volume est subi de déformation élastique ou pas. Dans l'exemple donné, nous n'avons pas autorisé la déformation en interne du volume de source. Nous envisageons ensuite introduire une description cinématique de source volcanique (injection de magma, changement de volume/pression).

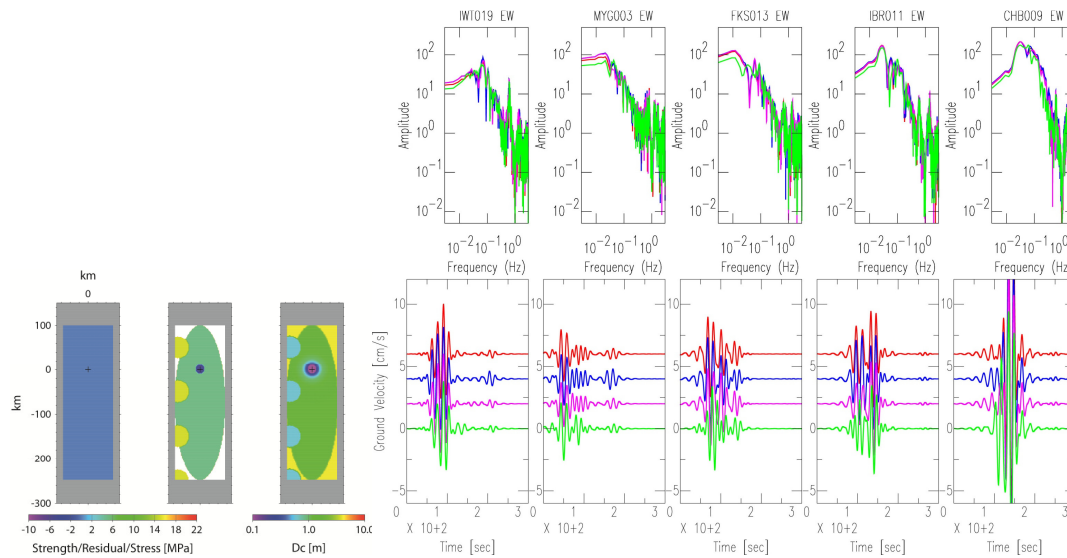
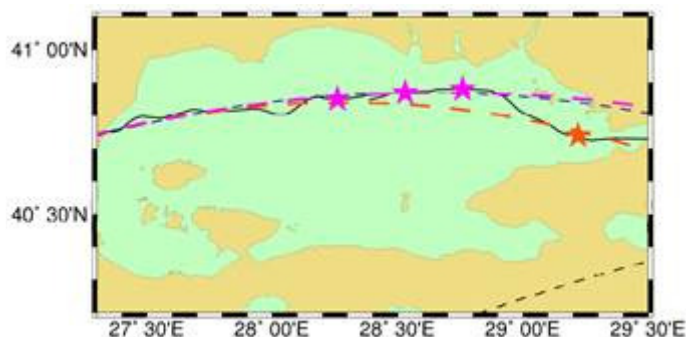


Figure 1: Ground motion examples at the given five stations, calculated according to the parameter studies in initial shear stress on the target fault, a sequent simulation of dynamic rupture propagation using BIEM and wave propagation using FDM. Red: no heterogeneity. Blue: Small patches of small fracture energy added. Pink & Green: Heterogeneity is added on fault strength on small patches (twice in pink, triple in green). In the case in pink, the rupture onset is slightly delayed on smaller patches, but the difference in seismograms is very small. In the case of green, the rupture never begins on the smaller patches, and the difference in ground motion get visible. (presented in Aochi & Ide, IASPEI, 2013; a peper in prepartaion)



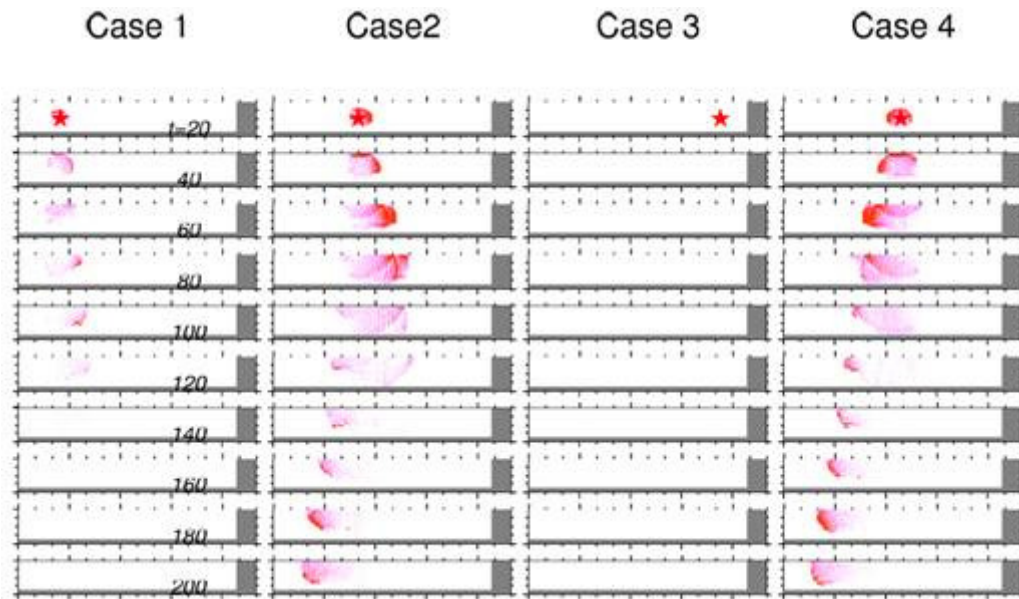


Figure 2 : Numerical simulation of dynamic rupture propagation along the North Anatolian fault in Turkey. We suppose nonlinear fault geometry (black line in map), and vary the hypocenter locations. The rupture cascade-like growth is deeply affected. (non published work, but reported in project periodic report)

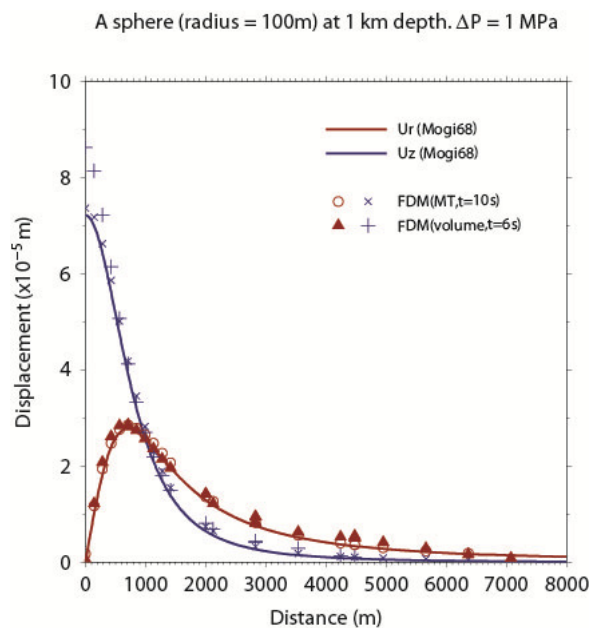


Figure 3: comparison of ground surface deformation for an embedded spherical source with a pressure change. The lines represent analytical static solutions in the semi-infinite, homogeneous medium for radial and vertical components, respectively. The calculations are carried out with the FDM for an equivalent point source (Moment Tensor) and for a volume source, and extracted the displacement field after the wave passage for comparing with the static solutions.(non published work, but will be presented in Trovato et al., AGU, 2013)

Publication

Aochi, H., T. Ulrich, A. Ducellier, F. Dupros, D. Michea, Finite difference simulations of seismic wave propagation for understanding earthquake physics and predicting

ground motions: *Advances and challenges*, J. Phys: Conf. Ser., 454, 012010, doi: 10.1088/1742-6596/454/1/012010, 2013.

Ide, S. and H. Aochi, Historical seismicity and dynamic rupture process of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Tectonophys.*, 600, 1-13, doi: 10.1016/j.bbr.2011.03.031., 2013.

Aochi, H., A. Ducellier, F. Dupros, M. Delatre, T. Ulrich, F. de Martin and M. Yoshimi, Finite difference simulations of the seismic wave propagaion for the 2007 Mw6.6 Niigata-ken Chuetsu-Oki earthquake: Validity of models and reliable input ground motion in the near field, *Pure appl. Geophys.*, 170, 43-64, doi: 10.1007/s00024-011-0429-5, 2013.

Publication en préparation

Aochi, H., and S. Ide, Ground motion characteristics generated by multi-scale heterogeneous earthquake model, in preparation for BSSA, 2013.

Conférences

Aochi, H. and S. Ide, Ground motion scenario based on multi-scale mapping of fault heterogeneity, IASPEI, Göteborg Sweden, juillet 2013.

Trovato, C., H. Aochi, F. de Martin, Verification test for classical volcano-seismological problems by spectral element method (SEM), AGU Fall Meeting, décembre 2013.