

## Rapport d'activité pour l'année 2014

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

**Projet :** c2014046700

**Responsable :** AOCHI Hideo

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

#### **Allocation**

CINES SGI ICE Jade : [96 000] heures scalaires

#### **Consommation à la date du 19 Septembre**

CINES SGI ICE Jade : [91 000] heures scalaires

#### **Résultats scientifiques**

Dans le cadre de plusieurs projets de recherches (ANR, FP7), nous avons continué nos travaux d'études de tremblements de terre en appliquant nos codes basés sur les méthodes 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)]. Nous nous efforçons de mieux comprendre les mécanismes de ces phénomènes, en étudiant notamment le rayonnement des ondes.

En 2014, nous avons fait des progrès sur des modélisations de séismes potentiels le long de la faille Nord Anatolienne à côté d'Istanbul, en Turquie. Cet endroit est connu comme une zone à très haut risque sismique, qui pourrait se rompre dans les prochaines années. La probabilité de scénarios possibles dans cette zone a été discutée statistiquement en utilisant une approche probabiliste pour la détermination des paramètres du modèle (y compris la géométrie de faille, voir Figure 1). Une vingtaine de simulations ont été conduites (Figure 2). Idéalement, une centaine de calculs permettrait de mieux couvrir la bande probable des paramètres. Le résultat est riche d'informations : il y a peu de chances de générer un séisme modéré ( $M_w$  entre 6 et 7), mais la rupture peut facilement casser la partie centrale sous la mer de Marmara et finir avec une magnitude 7,3 en moyenne (résultats présentés à l'EGU et l'ECEEES. Depuis, un article a été soumis). A cause des limites de ressources, nous avons limité notre résolution à une taille de maille de 400 m (environ 10000 éléments de frontière = quelques heures sur 256-512 cœurs). En prévision de calculs plus fins, nous avons vérifié la convergence du modèle jusqu'à une maille de 200 m (environ 50 000 éléments de frontières = plus que 24 heures sur 1024 cœurs). Notez que le temps de calcul n'est pas linéaire car le domaine de convolution s'étend et la condition de bord (loi de frottement) est non-linéaire.

Suite à notre simulation dynamique, nous étudions également la propagation des ondes autour de la mer de Marmara. Nous avons construit un modèle 3D en combinant différents modèles (1D/3D). Nous testons la fiabilité de ce

modèle, qui doit être calibré. Une vingtaine de simulations à partir des différents scénarios calculés nous a permis d'analyser statistiquement le mouvement fort dans la région. La Figure 3 montre le résultat de certaines de ces simulations via le PGV (Peak Ground Velocity, 3 composantes). Les simulations sont souvent effectuées avec une maille de 200 m ou 250 m (1-2 heures sur 128 cœurs), ce qui permet de ne pas trop consommer de ressources. Cependant cette résolution ne permet pas d'utiliser la forme d'ondes jusqu'à 0.5 Hz pour les receveurs sur terre et encore moins pour les receveurs sous la mer (certains appareils sont installés sous la mer afin de faire des mesures plus précises car proches des sources sismiques). L'existence sous la mer notamment de couches à faible vitesse des ondes (y compris la mer elle-même) ne facilite pas la modélisation. Ce sera un sujet de recherche à aborder prochainement.

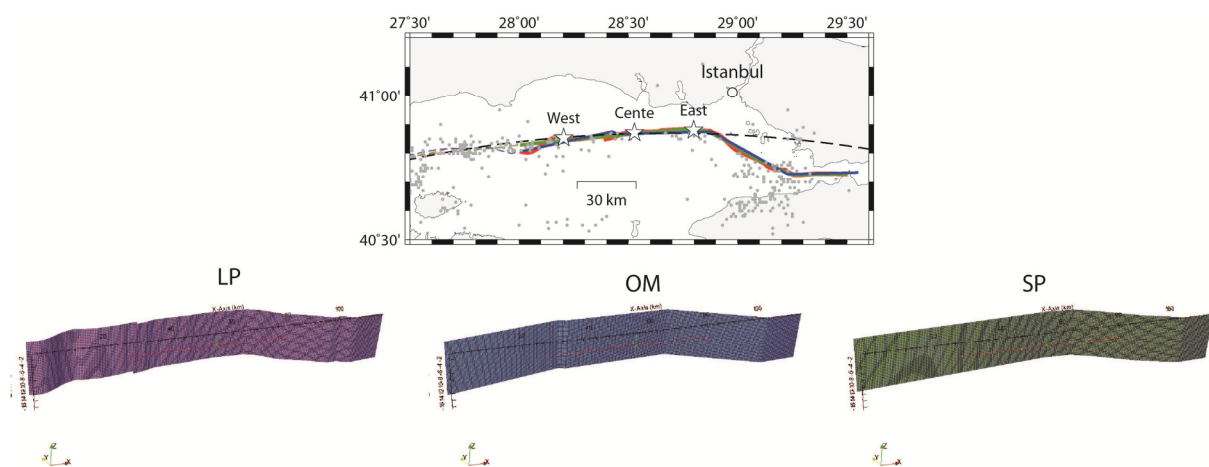


Figure 1: Map of the Marmara region. Three different fault geometry models are prepared for the purpose of dynamic rupture simulations. They are represented on the map and illustrated separately below, designated “LP”, “SP” and “OM” (see text for the detail). The Marmara/Eurasia pole of rotation is indicated by a black dashed circle (Le Pichon et al., 2003). Grey dots show seismicity from the KOERI catalogue ( $M > 3$ , 2000/01/01 – 2013/10/14). Three different hypocenters (stars) are assumed for each simulation. The simulations are carried out for bold-line portions, potentially considered as a seismic gap

Page 3 sur 4

*cross for each model and the surface trace ruptured in the dynamic simulation (Figure 2) is plotted as grey lines.(presented in ECEES, Aochi et al. (in preparation for BSSA))*

## **Publication**

Aochi, H. and S. Ide, Ground motions characterized by a multi-scale heterogeneous earthquake model, *Earth Planets and Space*, 66:42, doi:10.1186/1880-5981-66-42, 2014.

Ulrich, T. and H. Aochi, Rapidness and robustness of finite source inversion from elliptical patches method using continuous GPS and acceleration data: 2011 Mw9.0 Tohoku earthquake, published online, *Pageoph*, doi:10.1007/s00024-014-0857-0, 2014.

Ide, S. and H. Aochi, Modeling earthquakes using fractal circular patch models with lessons from the 2001 Tohoku-Oki earthquake, *J. Disaster Research*, 9(3), 264-271, 2014.

Aochi, A probable earthquake scenario near Istanbul determined from dynamic simulations, submitted to *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2014.

## **Publication en préparation**

Aochi, H., T. Ulrich and D. Michéa, Ground motion estimation based on the probability of dynamic rupture scenarios: Application to the Sea of Marmara and Istanbul, in preparation for BSSA, 2014.

## **Conférences**

Aochi, H. and T. Ulrich, Dynamic rupture and and ground motion simulations in the Sea of Marmara, 2<sup>nd</sup> European Conference on Earthquake Engineering and Seismology (ECEES), Istanbul, Turkey, August 2014.

Aochi, H., Probabilistic approach for earthquake scenarios in the Marmara region from dynamic rupture simulations, European Geoscience Union General Assembly, Vienna, Austria, May 2014.