

# CAMPAGNE MARSITE 2014: INSTALLATION DE RÉSEAUX DE DISTANCIÈMÈTRES ACOUSTIQUES POUR LE SUIVI CINÉMATIQUE DU SEGMENT ISTANBUL-SILIVIRI DE LA FAILLE NORD-ANATOLIENNE

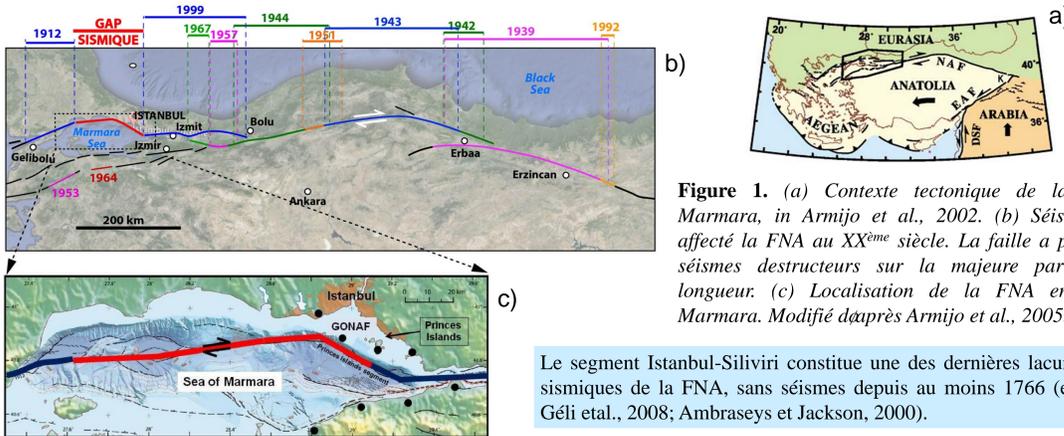
Helen Piété<sup>1</sup>, Anne Deschamps<sup>1†</sup>, Valérie Ballu<sup>2</sup>, Pierre Sakic<sup>2</sup>, Jean-Yves Royer<sup>1</sup>, Ronan Apprioual<sup>3</sup>, Louis Géli<sup>3</sup>, Livio Ruffine<sup>3</sup>, Heidrun Kopp<sup>4</sup>, Dietrich Lang<sup>4</sup>

1. Laboratoire Domaines Océaniques, UMR CNRS/UBO 6538, IUEM, Plouzané, France. 2. Laboratoire Littoral Environnement et Sociétés, UMR CNRS/Université de La Rochelle 7266, La Rochelle, France. 3. Géosciences Marines, Ifremer, Centre de Brest, Plouzané, France. 4. FB4 Dynamik des Ozeanbodens, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung, Kiel, Allemagne

<sup>†</sup> En hommage à la contribution essentielle d'Anne, décédée le 26 décembre 2014

## 1. PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

La région d'Istanbul est fortement exposée au risque sismique du fait de la présence de la Faille Nord-Anatolienne (FNA) en Mer de Marmara.



Le segment Istanbul-Siliviri constitue une des dernières lacunes sismiques de la FNA, sans séismes depuis au moins 1766 (e.g. Géli et al., 2008; Ambraseys et Jackson, 2000).

L'état du segment Istanbul-Siliviri ne fait pas consensus:

- ❖ **Est-il en glissement asismique**, donc sans danger, ce que suggèrent les observations GPS des 20 dernières années (Ergintav et al., 2014)
- ❖ **Ou est-il bloqué**, auquel cas les travaux de modélisation prédiraient alors une très forte accumulation de contraintes, capable de générer un séisme de magnitude supérieure à 7 (e.g. Hergert et Heidbach, 2014; Pondard et al., 2007)

## REMERCIEMENTS

Le projet de géodésie fond mer MARSITE a reçu le soutien du CNRS-INSU (projet EMSO-France) et du LABEX MER. Les campagnes ont été financées par le TGIR UMS Flotte et par l'Institut GEOMAR. Les balises et modem acoustiques ont été financés par la Région Bretagne et les fonds FEDER dans le cadre du projet CPER ODO.

## 2. CONTEXTE DE LA CAMPAGNE

Soutenu par l'Union Européenne et coordonné par l'Observatoire de l'Université de Kandilli (KOERI, Istanbul), le programme MARSITE a pour but la surveillance sismique au niveau de la région d'Istanbul. L'un des objectifs est la détermination de l'état de blocage du segment Istanbul-Siliviri de la NAF.

## 3. LA DISTANCIÈMÈTRIE ACOUSTIQUE

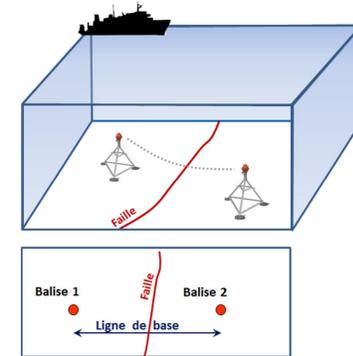


Figure 2. Principe de la distancimétrie acoustique. Les transpondeurs acoustiques (balises) déterminent, de manière répétée dans le temps, les temps de trajet de signaux acoustiques entre instruments. Connaissant la célérité du son dans le milieu, on en déduit la distance entre chaque paire de balises, ou ligne de base (e.g. Bürgmann et Chadwell, 2014), par la relation suivante:

$$\text{distance} = \frac{\text{temps de trajet aller/retour}}{2} \times \text{célérité}$$

Mesure directe des déplacements horizontaux le long du segment de faille Istanbul-Siliviri, immergé

## 4. DÉPLOIEMENT, 28 OCTOBRE - 17 NOVEMBRE 2014 (CAMPAGNE MARSITE, NO POURQUOI PAS)

Installation de 2 réseaux de distancimétrie acoustique de part et d'autre du segment Istanbul-Siliviri: 1 réseau Laboratoire Domaines Océaniques (LDO, IUEM, Brest) + 1 réseau GEOMAR (Kiel, Allemagne)

- ❖ Mesure de 14 lignes de base, dont
  - 7 recoupent la faille selon des directions différentes
  - 5 sont redondantes entre les deux réseaux.
- ❖ Fréquence des mesures: 1h (réseau LDO) ou 2h (réseau GEOMAR)

Début des mesures: 29-30 octobre 2014

Durée de l'expérience: 3 à 5 ans

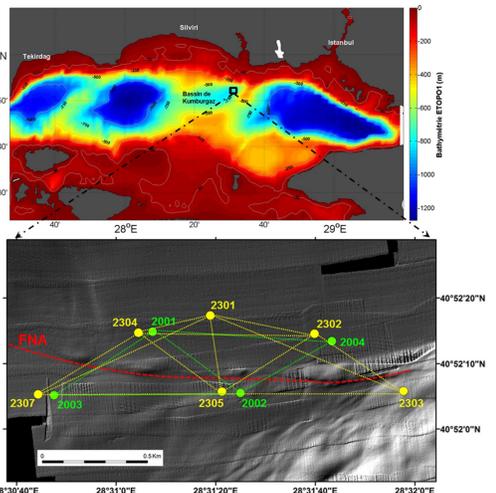


Figure 3. Localisation des réseaux de distancimétrie acoustique du Laboratoire Domaines Océaniques et de GEOMAR déployés lors de la campagne MARSITE, les 29 et 30 octobre 2014. Les réseaux ont été installés dans une zone où le tracé de la faille est avéré (e.g. Sengor et al., 2014) et apparaît clairement sur la bathymétrie AUV de l'Ifremer. La géométrie du réseau a été définie de manière à favoriser la détection de mouvements en décrochement, et selon les contraintes imposées par la topographie et la propagation acoustique (voir figure 4).

Figure 3. Localisation des réseaux de distancimétrie acoustique du Laboratoire Domaines Océaniques et de GEOMAR déployés lors de la campagne MARSITE, les 29 et 30 octobre 2014. Les réseaux ont été installés dans une zone où le tracé de la faille est avéré (e.g. Sengor et al., 2014) et apparaît clairement sur la bathymétrie AUV de l'Ifremer. La géométrie du réseau a été définie de manière à favoriser la détection de mouvements en décrochement, et selon les contraintes imposées par la topographie et la propagation acoustique (voir figure 4).



Figure 4. (a) Balises de distancimétrie acoustique de l'expérience MARSITE, en préparation sur le pont du NO Pourquoi Pas. Les supports ont été conçus de manière à s'affranchir de l'effet de la topographie des fonds sur la propagation acoustique. (b) Exemple de synthèse d'une simulation de propagation acoustique entre balises, pour la définition de la géométrie du réseau et de la hauteur des supports.

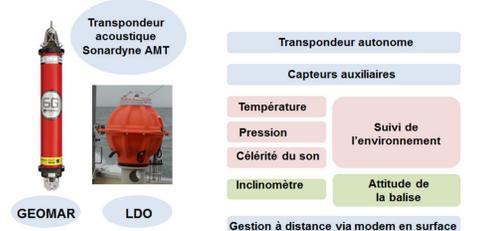
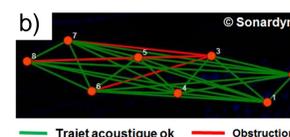


Figure 5. Transpondeurs acoustiques utilisés pour l'expérience de distancimétrie MARSITE.

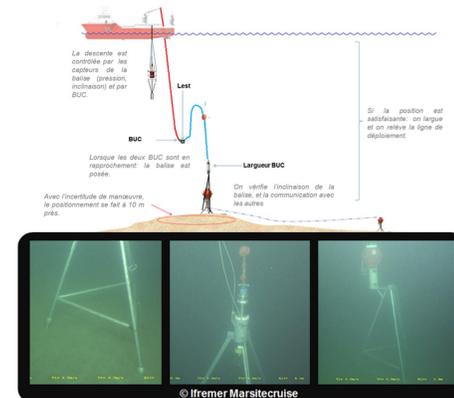


Figure 6. Déploiement des balises, et visite de contrôle par le ROV à l'issue de l'installation des réseaux. Les balises se sont enfoncées d'une dizaine de cm dans les sédiments meubles, et présentent une inclinaison de 0 à quelques degrés suivant l'unité.

## 5. PREMIÈRE RELÈVE DE DONNÉES, 25 AVRIL 2015 (CAMPAGNE POS484, GEOMAR): RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

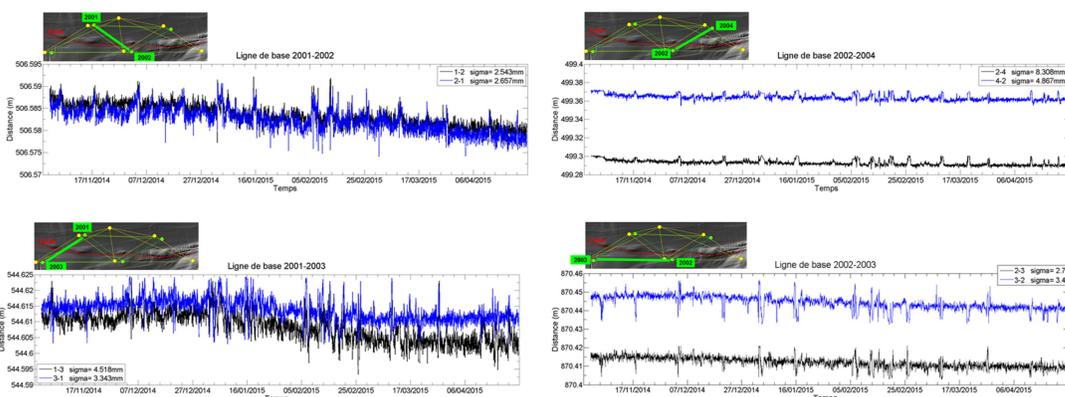


Figure 8. Evolution des lignes de base mesurées par le réseau de distancimètres du LDO pendant la période 29 octobre 2014 - 25 avril 2015. La célérité utilisée pour la conversion des temps de trajet en distances a été recalculée à l'aide de la formule de Del Grosso (1974), à partir des mesures de température et pression, et d'une salinité constante. Les écart-types sur les distances sont de 2.5 à 8 mm. Un traitement plus poussé (notamment correction de l'effet de dérive des capteurs) permettra d'améliorer la résolution de la méthode.

## Quelques séries temporelles acquises par le réseau LDO

Figure 9. Evolution de la température et de la pression de l'eau de mer. On observe des pulses d'eau froide récurrents, qui perturbent le champ de célérité, et impactent les lignes de base.

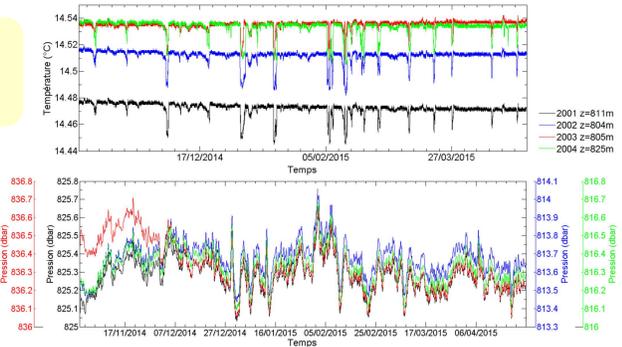
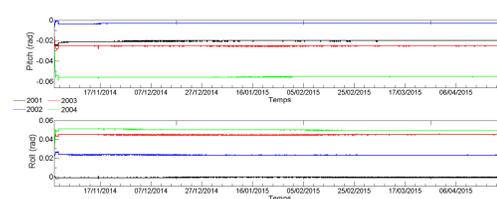


Figure 10. Attitude des quatre balises LDO. Les structures sont quasi verticales et présentent une bonne stabilité, avec des variations d'attitude inférieures à la résolution du capteur (1 mrad).

## RÉFÉRENCES

Ambraseys, N.N. et J.A. Jackson (2000). Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1500. *Geophysical Journal International*, 141, F1-F6. Armijo, R., Pondard, N., Meyer, B., Uçarkus, G., Mercier de Lepiney, B., Malavieille, J., Dominguez, S., Gutscher, M.A., Schmidt, S., Beck, C., Çagatay, N., Sakic, Z., Imren, C., Eris, K., Natalin, B., Özalaybey, S., Tolun, L., Lefève, I., Seeber, L., Gasperini, L., Rangin, C., Emre, O. et K. Sarikavak (2005). Submarine fault scarps in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault): Implications for seismic hazard in Istanbul. *Geochemistry, Geophysics, and Geosystems*, 6, 1-11. Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S., King, G. et A. Barka (2002). Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: a due to propagation processes of the North Anatolian Fault? *Terra Nova*, 14, 80-86. Bürgmann, R. et D. Chadwell (2014). Seafloor geodesy. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 42, 509-546. Del Grosso, V.A. (1974). New equation for the speed of sound in natural waters (with comparisons to other equations). *Journal of the Acoustical Society of America*, 56, 1084-1091. Ergintav, S., Reilinger, R.E., Çakmak, R., Floyd, M., Sakic, Z., Dogan, U., King, R.W., McClusky, S. et H. Öner (2014). Istanbul's earthquake hot spots: Geologic constraints on strain accumulation along faults in the Marmara seismic gap. *Geophysical Research Letters*, 41, L04304. Henry, P., Zitter, T., Dupré, S., Tron, M., Çagatay, M.N., Mercier de Lepiney, B., Le Pichon, X., Sengör, A.M.C., Görür, N., Natalin, B., Uçarkus, G., Özeren, S., Volter, D., Gasperini, L., Bernard, P., Bourlange, S., the Marmat Scientific Party (2008). Gas emissions and active tectonics within the submerged section of the North Anatolian Fault zone in the Sea of Marmara. *Earth and Planetary Science Letters*, 274, 34-39. Hergert, T. et O. Heidbach (2010). Slip-rate variability and distributed deformation in the Marmara fault system. *Nature Geoscience*, 3, 100-104. Pondard, N., Armijo, R., King, G.C.P., Meyer, B., et F. Flérier (2007). Fault interactions in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault): earthquake clustering and propagating earthquake sequence. *Geophysical Journal International*, 171, 1185-1197. Sengör, A.M.C., Grall, C., Imren, C., Le Pichon, X., Görür, N., Henry, P., Karabulut, H., et M. Şiyako (2014). The geometry of the North Anatolian transform fault in the Sea of Marmara and its temporal evolution: implications for the development of intracontinental faults. *Canadian Journal of the Earth Science*, 51, 222-242.