



# ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2013

---

## **TITRE du SUJET : Inversion des signaux ionosphériques associés aux tsunamis et des paramètres de couplages dynamiques entre l'atmosphère et l'ionosphère.**

Directeur: Philippe LOGNONNE, Pr Univ. Paris Diderot, IPGP, France,  
lognonne@ipgp.fr

Co-directeur: Emile OKAL, Pr (Univ. Northwestern, USA),

Equipe d'accueil :- **IPGP- Equipe de Géophysique spatiale et Planétaire – UMR7154**  
**-Université de Northwestern, USA**

Financement : **Contrat Doctoral**

---

*Plus de renseignement voir : <http://ed109.ipgp.fr>, Rubrique : Offres\_de\_thèse*  
*Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale*

---

Développement du Sujet : (1 à 2 pages)

Depuis une dizaine d'année, les observations des signaux atmosphériques et ionosphériques associés à la propagation des ondes sismiques et des ondes de tsunamis générées par les grands séismes se sont multipliées [1,2]. Les techniques de modélisation de ces signaux se sont également développées. Ces dernières intègrent maintenant tout à la fois le couplage entre la Terre Solide, l'océan et l'atmosphère [3], mais également le couplage entre l'atmosphère et l'ionosphère, car ces signaux sont détectés en général à plus de 200 km d'altitude.

Les nouveaux défis de cet axe de recherche aux frontières de la géophysique interne et externe visent à inverser ces signaux, afin :

- de pouvoir prédire la hauteur, voir la forme et l'évolution spatio-temporelle du tsunami à la surface de l'océan à partir de données de télédétection (GPS ou imageurs airglow)
- de pouvoir mieux imager les processus de rupture du séisme
- de pouvoir, lorsque des données ont été conjointement acquises à la surface de la Terre (par exemple par des réseaux de sismomètres ou de capteurs GPS) et dans l'ionosphère (avec des données de sondage ionosphérique par GPS ou d'autres sondeurs ionosphériques), inverser la structure de l'atmosphère et les coefficients de couplages entre atmosphère neutre et ionisée.

L'objectif de cette thèse est non seulement d'inverser le signal tsunamigénique atmosphérique, afin de reconstituer à partir de ce dernier l'amplitude du tsunami au niveau de l'eau, puis d'inverser aussi les paramètres de couplages et de propagation des ondes acoustiques et/ou de gravité depuis la surface de la Terre jusqu'à l'ionosphère. Ce dernier volet permettra de mieux mesurer la viscosité et la densité de la très haute atmosphère. La thèse sera réalisée dans le cadre du projet de Recherche TWIST (Tsunami Warning and Ionospheric Seismic Tomography) financé par l'Office of Naval Research (ONR, USA) dans les deux équipes d'accueil (Planétologie et Sciences Spatiales, IPGP- Université Paris Diderot, France et Department of Earth and Planetary Sciences, University of Northwestern, USA)

Les données utilisées dans cette thèse seront essentiellement des données GPS mesurant le contenu électronique total et des données d'airglow [4], qui renseignent également sur le contenu électronique total via la luminescence dans le rouge de l'ionosphère. Des données plus originales seront acquises spécifiquement pour cette thèse par des patrouilleurs maritimes Orion de l'ONR, afin de démontrer la faisabilité de l'inversion de l'amplitude d'un tsunami par les GPS équipant des avions. Ceci permettrait alors une amélioration significative des systèmes d'alerte de tsunami, en particulier lorsque les bouées de détection de tsunami sont en panne ou trop lointaines.

Les inversions, tant pour l'amplitude des tsunamis que pour la structure de l'atmosphère, se feront par une approche de modes propres de vibration [3]. Le formalisme des modes propres devra cependant être modifié pour prendre en compte le couplage entre l'atmosphère neutre et l'ionosphère. Une analyse critique sur la propagation des ondes sera menée, en particulier pour quantifier l'importance de la propagation du signal dans l'ionosphère sous la forme d'onde d'Halfvens. Ces inversions seront testées puis validées sur les enregistrements des perturbations ionosphériques générées par le tsunami de Tohoku de Mars 2011 [2].

La thèse sera co-encadrée par les Pr P.Lognonné (IPGP) et E.Okal (Université de Northwestern, USA). Des séjours à l'Université de Northwestern sont prévus lors de la Thèse, ainsi que des fortes interactions vers les équipes américaines associées à TWIST (Los Alamos National Laboratory et University of Illinois)

Un monitorat pourra être associé à cette thèse. La mission correspondant à ce monitorat sera alors associée à l'encadrement des stages de L3 et de M1 des étudiants de l'Université Paris Diderot contribuant au développement du projet de nano-satellite Etudiant UnivEarth-1 et plus particulièrement à l'intégration dans ce satellite d'un récepteur GPS bi-fréquence permettant la réalisation de mesures du contenu électronique total en occultation. Dans la mesure où le développement de ce satellite est prévu durant la période 2013-2016 et en raison des synergies avec le sujet de thèse, cette activité instrumentale spatiale pourra être intégrée à la thèse.

Pour candidater à cette thèse, contacter, avant le 15 avril 2013 P.Lognonné ([lognonne@ipgp.fr](mailto:lognonne@ipgp.fr)) avec une lettre de motivation et un CV. Cette thèse, dont le début est prévu en septembre 2013, est ouverte à tout(e) candidat(e) motivé(e), ayant de solides bases en physique et ou géophysique et ayant obtenu une mention B au Master 2. La nationalité (ou une des nationalités pour des binationaux) du candidat(e) doit être celle d'un pays de la Communauté Européenne (y compris Suisse), de l'OTAN, du Commonwealth ou du Japon.

Le Laboratoire d'accueil est situé dans le campus Paris Rive Gauche de l'Université Paris Diderot, dans le 13<sup>ème</sup> arrondissement parisien. La rémunération prévue sera celle d'un allocataire de recherche ou allocateur de recherche moniteur, soit environ un salaire net de 1375€/mois ou 1650€/mois pour un contrat de 3 ans. Les débouchés de cette thèse, alliant recherche fondamentale et technologies innovantes sont multiples et tout à la fois vers la recherche académique que vers la recherche spatiale appliquée.

#### Références :

- [1] Voir par exemple <http://www.insu.cnrs.fr/terre-solide/catastrophes-et-risques/seismes/des-chercheurs-detectent-pour-la-premiere-fois-des-pert>
- [2] Rolland, L.M., P.Lognonné., E.Astafyeva, E. A. Kherani, N. Kobayashi, M. Mann and H. Munekane, The resonant response of the ionosphere imaged after the 2011, Tohoku-Oki earthquake, **63**, 853-857, *Earth Planet. Sci.*, 2011.
- [3] Lognonné, P., C. Clévéde and H. Kanamori, Normal mode summation of seismograms and barograms in an spherical Earth with realistic atmosphere, *Geophys. J. Int.*, **135**, 388-406, doi : [10.1046/j.1365-246X.1998.00665.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.1998.00665.x), 1998.
- [4] Makela, J.J., P.Lognonné, H.Hébert, T. Gehrels, L. Rolland, S. Allgeyer, A. Kherani, G.Occhipinti, E.Astafyeva, P.Coisson, A.Loebenbruck, E.Clévéde, M.C. Kelley, J.Lamouroux, Imaging and modeling the ionospheric airglow response over Hawaii to the tsunami generated by the Tohoku Earthquake of 11 March 2011, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L00G02, doi: [10.1029/2011GL047860](https://doi.org/10.1029/2011GL047860)