

Rapport sur la Thèse de Mr David Pisa sur le thème:

## Etude des émissions électromagnétiques enregistrées par le satellite DEMETER

Le manuscrit traite du difficile sujet qu'est l'existence de signaux électromagnétiques précurseurs de séismes de magnitude importante (supérieure à 5.0). Il s'agit d'un thème où nombre de débats restent ouverts. Deux grands champs d'investigation s'offrent aux recherches. L'un est constitué par l'ensemble des mesures faites au sol à proximité des failles, et le second est composé par des études réalisées au moyen de satellites.

Le second champ d'investigation apporte une vision plus globale à l'échelle de la Terre, et permet de traiter statistiquement les observations sur plusieurs années. C'est dans ce cadre que Monsieur Pisa place ses recherches. Il utilise les données du microsatellite DEMETER lancé par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) en juin 2004, dont l'objectif était l'étude des perturbations de l'ionosphère. Monsieur Pisa concentre donc son mémoire sur les mesures des ondes électromagnétiques et la densité du plasma au voisinage de forts séismes.

Le manuscrit est très bien rédigé. Sa présentation est nette et précise et le lecteur en apprécie la qualité. Il reflète un travail d'importance, fait sérieusement et avec rigueur.

Il se compose de 5 chapitres et de plusieurs annexes.

Le chapitre 1 fait état des connaissances actuelles des effets associés à l'activité sismique. Ce court chapitre rappelle les principales observations réalisées à partir de satellites. Cette partie met en exergue qu'un grand nombre d'observations ont montré que l'ionosphère pouvait être perturbée à l'approche de séismes. La grande variabilité des résultats ne permet cependant pas d'en déduire des caractéristiques générales de modifications de l'ionosphère face à un ensemble de séismes. Monsieur Pisa termine ce chapitre en invoquant les différents mécanismes qui pourraient expliquer la propagation d'un signal libéré en région épiscopale jusqu'à l'ionosphère ou encore la succession de phénomènes qui se relaient jusqu'à l'ionosphère.

Le second chapitre reprend les caractéristiques du microsatellite, son fonctionnement et les différents modes d'enregistrement des capteurs embarqués. L'existence de ce chapitre réside dans la nécessité de décrire les instruments de bord et leurs caractéristiques pour mieux appréhender la qualité des observations.

Le troisième chapitre est une étude exhaustive des signaux précurseurs enregistrés jusqu'à 17 jours avant le séisme de magnitude 8.8 du 27 février 2010 au Chili. L'étude est fondamentale car il s'agit de l'un des plus grands séismes survenus pendant le fonctionnement du satellite (juin 2004 à Décembre 2010). Monsieur Pisa montre que par trois fois (10, 16, et 18 février), une forte augmentation temporaire de la densité du plasma. Les perturbations sont indubitables et se produisent en l'absence de forte agitation magnétique. Pour assurer ces résultats, Monsieur Pisa refait la même étude sur les 4 années précédentes et montre que la densité de plasma n'a évolué que dans la période qui a précédé le séisme de magnitude 8.8. Il s'agit là d'un très beau résultat bien que le mécanisme d'interaction avec l'ionosphère reste inexpliqué.

Suit ensuite un chapitre d'une quarantaine de pages se focalise sur l'étude statistique dans la gamme TBF.

Monsieur Pisa s'intéresse à la composante électrique des ondes électromagnétiques dont la fréquence est inférieure à 10 kHz. L'étude statistique qui est développée se base sur la comparaison de périodes avec et sans activité sismique (méthode des époques superposées). Plus de 13000 séismes de magnitude au moins égale à 5.0 sont pris en compte. En outre, Monsieur Pisa entreprend une étude multidimensionnelle où intervient la fréquence, les latitudes et longitudes géomagnétiques, l'activité géomagnétique et la saison dans l'année. De ces études, des résultats très conséquents sont obtenus:

- Pour des séismes de magnitude supérieure ou égale à 5.0 et de profondeur inférieure à 40 km, une diminution de densité normalisée à la fréquence de 1.7 kHz prend place jusqu'à 4h avant le séisme.
- La zone affectée par les séismes se limite à des distances inférieures à 440 km pour des fréquences comprises entre 1620 et 1740 Hz.

Puis Monsieur Pisa poursuit l'étude en élargissant les fenêtres de paramétrages. Cette nouvelle paramétrisation lui permet de montrer que le pic de décroissance de l'intensité de probabilité est obtenue pour une distance de 110 à 220 km à l'épicentre.

Enfin, Monsieur Pisa propose différentes analyses de sélection de données aléatoires, de tests de signification statistique, pour assurer ses résultats. Là encore, Monsieur Pisa fait preuve de rigueur pour mener à bien ses raisonnements.

Suit ensuite un travail approfondi sur la propagation des ondes EBF/BF dans le guide d'ondes Terre-Ionosphère. La fréquence de coupure de ce guide d'onde correspond à cette fréquence de 1.7 kHz, et Monsieur Pisa suggère que cette fréquence interfère avec les ondes électromagnétiques observées par DEMETER. La thèse se poursuit en montrant une dépendance saisonnière de la diminution de l'intensité des ondes proches des séismes, qui serait à rapprocher du phénomène de guide d'onde Terre-Ionosphère. Enfin, Monsieur Pisa confirme que les effets ionosphériques ne sont observés que de nuit quand l'activité dans l'ionosphère est atténuée.

Les résultats apportés par le travail de Monsieur Pisa sont importants dans l'étude des séismes et la recherches de signaux précurseurs à partir de données dans l'ionosphère. Il est certain que ces résultats intéresseront toute la communauté scientifique.

En conséquence, Monsieur Pisa est digne du titre de Docteur de l'Université d'Orléans.

Fait le 24 septembre 2012

A handwritten signature in black ink, reading "J. Zlotnicki", enclosed within a large, hand-drawn arrow pointing to the right.

Jacques Zlotnicki  
Directeur de Recherches au CNRS