

Proposition de sujet de stage M2

Apport des mesures infrason sous ballon stratosphérique pour la détection de sources explosives

Contexte : Pour répondre à sa mission de surveillance des essais nucléaires, le CEA s'appuie sur un réseau international de surveillance infrason (SSI) composé de plus de 50 stations au sol réparties sur les cinq continents. Equipées de capteurs de pression à haute fréquence (20 Hz), ces stations permettent de détecter les ondes acoustiques émises lors de telles explosions et, à l'aide de méthodes de simulation de la propagation de ces ondes dans l'atmosphère, de localiser précisément et de caractériser finement leurs sources. Des travaux récents suggèrent que des instruments embarqués sous ballons volant en altitude dans la stratosphère (20 km) pourraient compléter avantageusement le réseau de surveillance au sol.

Le projet Stratéole-2 a pour objectif d'étudier la région de la tropopause tropicale à l'aide de ballons volant jusqu'à trois mois dans la basse stratosphère tropicale (18-21 km). Située à l'interface entre la troposphère et la stratosphère, la tropopause tropicale représente un défi pour les modèles de climat et de prévision numérique du temps. Les ballons ont la particularité d'être transportés par les vents autour de la ceinture tropicale et ainsi de nous renseigner au plus près sur la dynamique atmosphérique. Lors de la dernière campagne Strateole-2 en 2021-2022, les mesures de pression à haute fréquence (1 Hz) à bord ont notamment permis d'enregistrer la séquence éruptive du volcan sous-marin Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, qui a culminé le 15 janvier 2022 par une explosion paroxystique ayant éjecté le panache volcanique jusqu'à 58 km d'altitude et généré un large spectre d'ondes atmosphériques également observé par les stations SSI.

Objectifs : Ce projet vise à évaluer la complémentarité des mesures infrason au sol et en altitude avec les ballons Stratéole-2 pour caractériser les sources explosives ainsi que l'impact de la dynamique atmosphérique sur la propagation et la détection des signaux. Les capteurs embarqués sous ballon bénéficient d'être situés dans un guide de propagation des ondes mais aussi d'une exposition réduite aux bruits générés par les turbulences atmosphériques, grâce au déplacement du capteur avec le vent. Le projet s'intéressera en particulier à la séquence éruptive du volcan sous-marin Hunga Tonga-Hunga Ha'apai en 2021-2022. Une première étude focalisée sur la phase paroxystique de l'éruption le 15 janvier a montré un meilleur rapport signal sur bruit en altitude qu'au sol ainsi qu'une meilleure détection des arrivées multiples associées aux révolutions successives des infrasons autour du globe dans les jours suivant l'éruption. L'origine de ces différences et les contributions relatives de la nature de l'éruption, ainsi que la localisation des ballons dans le guide d'onde restent à quantifier. Des analyses comparatives des différents trains d'ondes émis à des altitudes variées au cours de la séquence éruptive débutée dès décembre 2021 et incluant des outils de modélisation permettront d'avancer sur ces questions.

Compétences requises : Intérêt pour la géophysique, modélisation, méthodes statistiques, l'analyse et traitement des données. Aptitude à travailler en équipe. Niveau d'anglais (lu/écrit) correct souhaité. Expérience requise en programmation (Python, Matlab...).

Mots-clefs : propagation, acoustique, méthodes statistiques, traitement du signal.

Poursuite en thèse : possible, sur l'étude des infrasons observés sous ballon émis par des sources variées (houle océanique, autres explosions)

Lieu de travail : CEA/DAM/DIF, F-91297 Arpajon. Prévoir un délai de 1 mois pour les procédures d'habilitation du CEA.

Contact : alexis.le-pichon@cea.fr; aurelien.podglajen@lmd.ipsl.fr

Références :

[1] Vergoz et al. (2022), IMS observations of infrasound and acoustic-gravity waves produced by the January 2022 volcanic eruption of Hunga, Tonga: a global analysis, Earth. Planet. Sci. Lett., <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2022.117639>.

[2] Podglajen et al. (2022), Stratospheric balloon observations of infrasound waves from the January 15 2022 Hunga eruption, Tonga, accepted in Geophysical Research letters, <https://www.essoar.org/doi/10.1002/essoar.10511570.2>.