

# Traitement statistique du signal pour les sources infrasonores.

## Mots clés :

- **Directeur de thèse** : karim ABED-MERAIM
- **Co-encadrant(s)** :
- **Unité de recherche** : Laboratoire Traitement et Communication de l'Information
- **Ecole doctorale** : École Doctorale Informatique, Télécommunications, Électronique de Paris
- **Domaine scientifique principal**: Divers

## Résumé du projet de recherche (Langue 1)

Contexte: Dans le cadre de ses missions de surveillance, le CEA/DASE exploite en routine les données du SSI (Système de Surveillance International) mis en place dans le cadre de la vérification du TICE (Traité d'Interdiction Complète des Essais). A ce jour, plus de 70% des stations infrasons du SSI sont opérationnelles. Chaque station est constituée de plusieurs capteurs basse fréquence distants de ~100 m à 1 km. Pour certaines stations, plus de 10 ans d'enregistrements continus très basses fréquences (0.02-4 Hz) sont maintenant disponibles. Pour localiser une source, un des problèmes principaux est la détection en temps réel de la présence du signal dans du bruit ainsi que l'estimation de sa direction d'arrivée et de sa vitesse de propagation. Le front d'onde qui traverse la station est supposé plan. Le traitement est essentiellement basé sur l'estimation des décalages temporels entre capteurs de la station. Un algorithme utilisé est PMCC (Progressive Multi-Channel Correlation). Il est basé sur l'ajout progressif des capteurs en considérant des configurations triangulaires de dimensions croissantes [1]. Cette méthode est à ce jour une référence internationale pour la détection et l'estimation des caractéristiques des signaux infrasonores [5]. Objectif de la thèse: Les retours d'expérience sur l'utilisation de PMCC montrent que les résultats sont parfois erronés. Les causes en sont notamment que l'algorithme de détection a été développé et optimisé pour des stations à géométrie optimale (nombre important de capteurs répartis de façon uniforme). Dans des situations dégradées, le traitement s'effectue avec un nombre réduit de capteurs qui ne sont pas uniformément répartis. Fin 2010, le CEA a soumis une étude à Telecom-ParisTech, sous forme d'une collaboration de 6 mois, dans le but d'améliorer le détecteur existant et de considérer de nouvelles approches. Pour la détection, on s'est intéressé au rapport de vraisemblance généralisé et pour l'estimation du couple azimuth-vitesse horizontale, un estimateur du maximum de vraisemblance. Les algorithmes proposés sont à rapprocher d'algorithmes qui ont fait l'objet de publications récentes [2], [3], [4], [6], [7]. Sur la base des résultats déjà obtenus, l'objectif de la thèse est de proposer des pistes d'amélioration de PMCC, parmi lesquelles l'amélioration de l'estimation des écarts de temps d'arrivée et la prise en compte de la topologie du réseau pour minimiser les erreurs d'estimation. Déroulement de la thèse: Dans la continuité des travaux déjà réalisés, plusieurs pistes d'amélioration et méthodes alternatives seront explorées : \* estimation par corrélation temporelle des inter-délais entre capteurs, \* approche adaptative du calcul des seuils de détection, éventuellement approche de type CFAR (Constant False Alarm Receiver), \* approche fréquentielle, \* méthodes de fusion des résultats obtenus sur plusieurs cellules temps-fréquence, \* analyse statistique des méthodes de maximum de corrélation, prenant en compte un a priori sur le contenu spectral des signaux d'intérêt, \* estimation/détection en présence de bruit coloré. Dans un premier temps, pour évaluer les performances des différentes méthodes et critères de détection proposés, des bases contrôlées de signaux synthétiques et réels seront constituées. Elles seront représentatives des conditions réelles de détection, tant concernant la diversité des signaux que la variabilité du bruit de fond. Il sera alors demandé d'établir systématiquement des courbes ROC (Receiver Operating Characteristics) en dégradant progressivement la configuration des stations. Dans un second temps, ces méthodes seront évaluées sur des bases historiques d'enregistrements continus. Compétences requises: Ce sujet convient à des étudiants intéressés par le traitement des données (traitement du signal, statistiques, méthodes d'inversion et d'optimisation), la propagation des ondes acoustiques et la géophysique. De bonnes aptitudes à la programmation sont appréciées. Ce travail se situant à la frontière entre plusieurs disciplines, il nécessite une capacité à interagir avec des experts de différents domaines. Débouchés éventuels: Ce travail de thèse permettra à l'étudiant d'acquérir une expérience importante dans le domaine du traitement du signal, de la géophysique, et de la surveillance de l'environnement. S'effectuant en étroite liaison avec des réseaux scientifiques nationaux et internationaux, il devrait permettre au post doctorant de nombreux contacts pouvant offrir des débouchés dans le monde académique et industriel.

Encadrants: Karim Abed-Meraim et Maurice Charbit (Telecom-ParisTech) Alexis le Pichon (CEA) Références: [1] Cansi, Y., An automatic seismic event processing for detection and location: the PMCC method, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 1021-1024 (1995). [2] Arrowsmith, S., R. Whitaker, S. Taylor, R. Burlacu, B. Stump, M. Hedlin, G. Randall, C. Hayward and D. ReVelle, Regional monitoring of infrasound events using multiple arrays: application to Utah and Washington State, *Geophys. J. Int.*, 175, pp. 291-300 (2008). [3] Howard, W., K. Dillion, and F. Shields, Detecting blast-induced infrasound in wind noise, *J. Acoust. Soc. Am.*, 127, 3, pp. 1244-1250 (2010). [4] Shumway, R., Detection and location capabilities of multiple infrasound arrays, 23rd Seismic Research Review proceedings (2001). [5] Le Pichon, A., E. Blanc and A. Hauchecorne, *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, Springer-Verlag New York Inc. (2009). [6] Selby, N., Improved Teleseismic Signal Detection at Small-Aperture Arrays, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 101, 4, pp. 1563-1575 (2011). [7] Arrowsmith, S., R. Whitaker, C. Katz, and C. Hayward, The F-Detector Revisited: An Improved Strategy for Signal Detection at Seismic and Infrasound Arrays, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 99, 1, pp. 449-453 (2009).

## Résumé du projet de recherche (Langue 2)

Déroulement de la thèse: Dans la continuité des travaux déjà réalisés, plusieurs pistes d'amélioration et méthodes alternatives seront explorées : \* estimation par corrélation temporelle des inter-délais entre capteurs, \* approche adaptative du calcul des seuils de détection, éventuellement approche de type CFAR (Constant False Alarm Receiver), \* approche fréquentielle, \* méthodes de fusion des résultats obtenus sur plusieurs cellules temps-fréquence, \* analyse statistique des méthodes de maximum de corrélation, prenant en compte un a priori sur le contenu spectral des signaux d'intérêt, \* estimation/détection en présence de bruit coloré. Dans un premier temps, pour évaluer les performances des différentes méthodes et critères de détection proposés, des bases contrôlées de signaux synthétiques et réels seront constituées. Elles seront représentatives des conditions réelles de détection, tant concernant la diversité des signaux que la variabilité du bruit de fond. Il sera alors demandé d'établir systématiquement des courbes ROC (Receiver Operating Characteristics) en dégradant progressivement la configuration des stations. Dans un second temps, ces méthodes seront évaluées sur des bases historiques d'enregistrements continus.

Compétences requises: Ce sujet convient à des étudiants intéressés par le traitement des données (traitement du signal, statistiques, méthodes d'inversion et d'optimisation), la propagation des ondes acoustiques et la géophysique. De bonnes aptitudes à la programmation sont appréciées. Ce travail se situant à la frontière entre plusieurs disciplines, il nécessite une capacité à interagir avec des experts de différents domaines.