

Sujet de thèse

Détection acoustique en environnement urbain par capteurs synchrones

Compétences requises pour l'étudiant Master en acoustique / traitement du signal / mécanique des fluides Anglais nécessaire NB : Candidat de l'Union européenne
Laboratoire d'accueil : Institut Franco-Allemand de Recherches de Saint-Louis (ISL, Haut-Rhin), En partenariat avec une université française. Le partenaire universitaire peut être convenu avec l'étudiant(e), ou bien suivre notre suggestion. La réalisation d'une partie du travail chez un partenaire universitaire peut être envisagée. Financement acquis, 50% ISL, 50% DGA, attribution avant le 13 Mai 2016.
Point de Contact / encadrant à l'ISL: Sylvain CHEINET (Chercheur ISL, HDR), sylvain.cheinet@isl.eu , 03 89 69 58 40

Résumé

L'ISL a récemment proposé une approche innovante pour localiser des sources acoustiques impulsionnelles en prenant en compte les effets 3D de la propagation en environnement urbain. La thèse a pour objectif général d'élargir les champs d'application de l'approche : sources continues, nombre de microphones réduit, réponse en temps réel, classification de la source. Le travail inclut la conception, l'évaluation et l'exploitation des outils scientifiques pour cet objectif : modélisation numérique de la propagation, algorithme pour la détection / localisation, et vérification expérimentale.

Contexte de la thèse

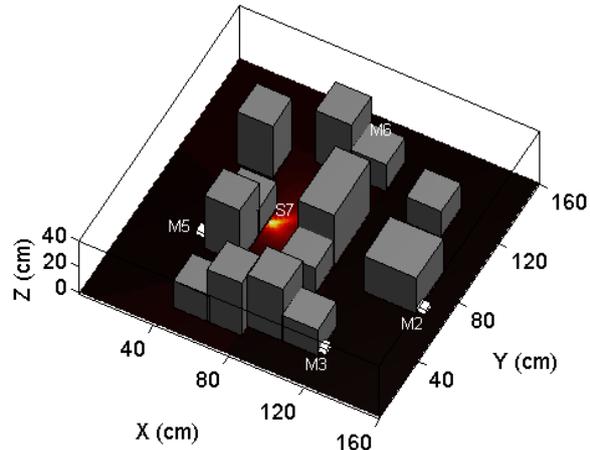
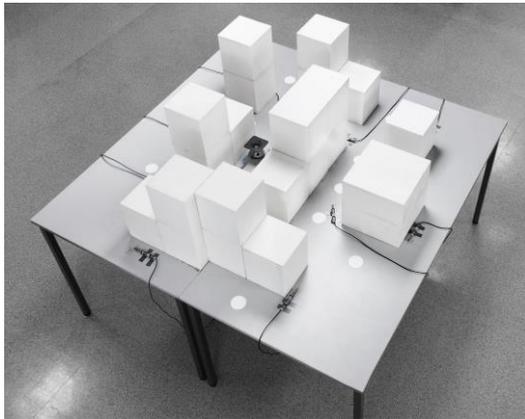
La détection / localisation des événements d'intérêt dans les environnements urbains est un thème d'application très large (conception d'infrastructures, surveillance passive, sécurité routière). Les signaux d'intérêt sont très altérés par le canal de propagation urbain. Dans ces contextes urbains, l'acoustique permet de restituer des informations sur l'origine du signal, y compris dans des configurations visuellement masquées (dans lesquelles les techniques optiques sont inopérantes), à condition de prendre en compte ces effets complexes de propagation. Les systèmes de détection / localisation acoustiques peinent encore à intégrer ces effets [2].

Nous avons récemment proposé un concept original de détection/localisation, basé sur la comparaison entre les temps d'arrivée des signaux mesurés par des modules synchrones, et ceux simulés par un modèle numérique 3D-temps décrivant les effets de propagation (équations d'Euler linéarisées, voir les descriptions données dans [4, 5]). Cette approche s'avère très efficace pour localiser une source acoustique impulsionnelle en présence d'obstacles urbains [1]. Nous avons en outre développé des modules d'acquisition acoustique synchrones à bas coût.

Ce travail a été effectué dans le cadre d'un projet soutenu par la DGA au travers du dispositif ASTRID. Les applications visées concernent notamment le contexte défense – sécurité, avec la surveillance de zones urbaines limitées dans lesquelles des capteurs distribués (fixés à l'avance, ou attachés à des fantassins ou des véhicules) acquièrent des signaux acoustiques.

Objectifs de la thèse

La figure illustre l'état de l'art de cette approche. La source acoustique est une impulsion émise par le haut-parleur noir (les disques blancs indiquent d'autres positions de source testées), les microphones (gris) sont synchrones. La localisation obtenue à partir des mesures grâce à l'algorithme de [1] permet de retrouver la position de la source à quelques centimètres près. Cette localisation utilise les 4 microphones indiqués, qui sont tous hors ligne de vue pour la position de source considérée. Le modèle de propagation utilisé est le modèle 3D+temps.



(Gauche) Maquette de laboratoire utilisée pour acquérir des signaux acoustiques en environnement urbain, et (Droite) Carte de localisation obtenue à partir des mesures avec l'algorithme décrit dans [1].

La thèse proposée est une suite à ces travaux, et a pour objectif d'élargir les champs d'application de cette approche. Des développements seront menés pour étendre l'approche opérante pour d'autres sources acoustiques (sources continues telles que les véhicules ou avions etc), pour la combinaison de plusieurs sources (impulsionnelles et/ou continues), avec des temps de réponse plus rapides (comment accéder au temps-réel ?), avec moins de microphones (pourrait-on n'utiliser qu'un seul microphone ?), avec des capacités de restitution augmentées (accès à la reconnaissance / identification de la source, c'est-à-dire, peut-on distinguer une explosion d'un véhicule, voire le type de véhicule?).

Outils à mettre en œuvre

Ces extensions demanderont l'examen d'approches complémentaires de traitement des signaux et leur évaluation expérimentale, en exploitant des informations non traitées pour l'instant sur les signaux, par exemple les angles d'arrivée des signaux, leur composition fréquentielle, les arrivées tardives etc. Ces travaux seront mis dans la perspective des approches existantes dans la littérature, de type *matched-field processing* et/ou formation de voie. La sensibilité des résultats au bruit ambiant sera investiguée.

Outre les aspects directement liés à l'algorithme de détection, la thèse contribuera au développement des outils de recherche amont pertinents pour les objectifs ci-dessus.

- En simulation, il s'agira de consolider le modèle numérique 3D-temps (calcul parallèle sur cluster) pour la propagation en environnement urbain : conception d'expériences numériques, vérification des simulations. Le travail inclut aussi de proposer et/ou valider des modélisations simplifiées (p. ex. tracé de rayon), afin d'accélérer le temps de calcul tout en maintenant les informations utiles sur la propagation.
- Un travail expérimental sera mené, pour concevoir et réaliser des expériences acoustiques: validation des capteurs – avec p. ex. le recours à des capteurs acoustiques vectoriels si nécessaire, caractérisation des sources acoustiques permettant de tester les algorithmes. L'usage de maquettes (voir figure) sera complété par des expérimentations en milieu urbain réel.

Le croisement de ces outils, avec une thématique appliquée bien définie, font que cette thèse est valorisable dans le contexte académique tout en étant potentiellement porteuse d'innovations technologiques.

Programme de la thèse

Le programme de la thèse suivra ces objectifs, avec les grandes lignes suivantes :

- 1) La prise en main des outils et de l'état de l'art (bibliographie),
- 2) Une étape spécifique sur la localisation des sources continues,
- 3) La construction et la validation d'un algorithme capable de localiser et classifier différentes sources,
- 4) L'évaluation de l'algorithme et son optimisation (temps de calcul, nombre de capteurs).

Références bibliographiques significatives

1. Cheinet, S., Ehrhardt L. and Th. Broglin, 2016, Impulse source localization in an urban environment: time reversal versus time matching, *J. Acoust. Soc. Am.*, 139, 128-140.
2. Cheinet, S. and Th. Broglin, 2015, Sensitivity of shot detection and localization to environmental propagation, *Appl. Acoust.*, 93, 97-105.
3. Cheinet, S. 2014, Long-term, global-scale statistics of sound propagation, *J. Acoust. Soc. Am.*, 135, 2581-2590.
4. Ehrhardt, L., S. Cheinet, D. Juvé and Ph. Blanc-Benon, 2013, Evaluating a linearized Euler equations model for strong turbulence effects on sound propagation, *J. Acoust. Soc. Am.*, 133, 1922-1933.
5. Cheinet, S., L. Ehrhardt, D. Juvé and Ph. Blanc-Benon, 2012, Unified modeling of turbulence effects on sound propagation, *J. Acoust. Soc. Am.*, 132, 2198-2209.