# Détection, localisation et identification de sources le Cham acoustiques avec un capteur compact

Aro Ramamonjy<sup>(a,b)</sup>, Eric Bavu<sup>(a)</sup>, Alexandre Garcia<sup>(a)</sup>, Sébastien Hengy<sup>(b)</sup> <sup>(a)</sup>Laboratoire de mécanique des structures et des systèmes couplés (LMSSC), Cnam, 75003 Paris, France <sup>(b)</sup>Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis (ISL), 68300 Saint-Louis, France Thèse DGA démarée le 01/10/2015

aroramamonjy@gmail.com

## Introduction

- Émergence de l'utilisation des drones aériens  $\rightarrow$  nécessité de leur surveillance
- Conception d'un capteur acoustique pour la détection, la localisation, le suivi et l'identification de sources acoustiques
- Constitution d'un réseau de capteurs pour la localisation de sources multiples avec une portée de détection étendue





• Application à la surveillance contre les drones aériens

## Localisation et suivi

Estimation de direction à partir d'une mesure ponctuelle de la vitesse particulaire et de la pression acoustique



Exemple de figure de directivité obtenue avec notre capteur • Formation de voie à variance minimale (MVDR)





#### (C) Description des sons mesurés



#### Description :

- Spectrale et temporelle
- Harmonique basée sur le produit spectral pour le suivi de pâles

Le signal de pression est utilisé pour résoudre l'ambiguïté entre la direction de la source et son opposé.

### Estimation de la vitesse particulaire par différences finies de mesures de pression

• Vitesse particulaire  $v_{0,i}$  mesurée sur l'axe i,  $i = \{x, y, z\}$  (équation d'Euler linéarisée) :

 $v_{0,i}(t) = - \int_0^t \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_0}{\partial x_i}(\tau) d\tau$ 

• Approximations :

(1) Différences finies de pressions sur 3 axes orthogonaux :

(2) Méthode des trapèzes

### Séparation en gammes de fréquence pour une estimation de vitesse optimisée



■ Microphone central ■ Microphones sélectionnés ■ Microphones non sélectionnés

### **Résultats expérimentaux**



Sphère de 50 HP utilisés Localisation de sources Suivi de trajectoire statiques (les 21 HP du spatialisée par Ambisonie pour les tests (conception ordre supérieur avec les haut de la sphère) : écart par Pierre Lecomte [2]). d en degrés entre les 50 haut-parleurs [2]. positions réelles (noir) et estimées (couleur).

Erreur de 4 degrés pour la localisation de haut-parleurs

Erreur de 8.6 degrees lors du suivi de trajectoire

différentiel

 $\bigcirc$  Pics d'erreurs entre 1 et 4 kHz  $\Leftarrow$  effets de salle ?

 $\bigcirc$  Grand écart-type aux très basses fréquences  $\Leftarrow$  amplification du bruit?

Une analyse plus détaillé des résultats est disponible dans [1].

## **(D)** Détection/identification de signature acous-

#### tique

**Approche 1 : Classification binaire présence/absence** 

- Entrainement : exemples d'ambiances sonores avec/sans drones
- Test : classification présence/absence de drone dans une ambiance sonore

#### **Approche 2 : Estimation de pseudo-proximité (PP)**

- Apprentissage de la relation PP = F(descripteurs), avec PP l'inverse de la distance source-capteur
- Test : source trouvée si
  - PP augmente significativement après formation de voie
  - PP augmente avec la proximité source-capteur donnée par le suivi de trajectoire avec plusieurs capteurs





Écartement entre microphones (cm) (a) Erreur sur l'estimation de vitesse particulaire pour des signaux bruités (RSB=8dB)

b) Erreur relative maximale sur l'estimation du gradient de pression avec des signaux non bruités

-Zones d'utilisation du capteur

Pour un écartement donné, de grandes erreurs sont observées (voir (a)) :

- en hautes fréquences : erreurs de différences finies (voir (b))
- en basses fréquences : amplification du bruit

 $\implies$  séparation en 3 bandes de fréquences avec un écartement entre microphones adapté

#### **Travaux futurs**



• Nouveau capteur plan (8.128 cm d'envergure) + MEMS numériques (voir photo) • Localisation de sources multiples avec un réseau de capteurs

• Estimation de trajectoire de référence par GPS

## **Détection et identification**

(A) Acquisition de signaux d'entrainement

• Sons environnementaux, drones, sources concurrentes

## Remerciements



Ce travail est financé par le ministère de la défense - Direction Générale de l'Armement (DGA).

## Références



[1] A. Ramamonjy, E. Bavu, A. Garcia and S. Hengy, Détection, classification et suivi de trajectoire de sources acoustiques par captation pression-vitesse sur capteurs MEMS numériques. Proceedings of the 13th French Acoustics Congress and the 20th conference VIbrations, SHocks and NOise, Le Mans, France, pp. 1083-1089 (2016).

[2] P. Lecomte, P.-A. Gauthier. Real-time 3D Ambisonics using Faust, Processing, Pure Data, and OSC. Proceedings of the 18th International Conference on Digital Audio Effects, DAFx-15, Trondheim, Norway (2015).