

Étude des réseaux d'antennes microphoniques sphériques pour la capture et l'analyse à grande échelle spatiale des champs acoustiques

Offre de thèse du LabeX CeLyA - Laboratoires : LMFA et LVA

La capture des champs acoustiques à l'aide d'une antenne microphonique est le point d'entrée de toute méthode d'analyse acoustique telle que la formation de voie [1] et l'imagerie acoustique [2], l'identification du nombre de source, de leur direction d'arrivée, etc. Lors de la réalisation d'une antenne, de nombreux facteurs conditionnent la qualité de l'analyse parmi : le nombre de microphones, leur arrangement [3], la position/orientation de l'antenne, l'influence de l'antenne sur le champ acoustique. Bien que la tendance à augmenter et densifier le nombre de microphones permet d'augmenter la précision et la résolution de l'analyse, la mise en oeuvre d'une telle stratégie peut s'avérer lourde et coûteuse [4]¹. Les approches d'analyse parcimonieuse deviennent pertinentes dans ce contexte [5].

Lorsque la géométrie de l'antenne microphonique le permet, une stratégie d'analyse efficace des champs acoustiques est l'approche modale [6] : le champ acoustique capté par l'antenne microphonique est décomposé sur une base modale et l'analyse se fait dans cette base. Une des bases les plus en vogue est celle des harmoniques sphériques, avec la technique ambisonique [7]. La capture du champ acoustique utilise une antenne sphérique de microphones [8] qui permet de représenter de manière continue le champ acoustique aux abords de l'antenne. La zone de représentation valide du champ est limitée à la première source acoustique (problème intérieur), augmente avec le degré de décomposition, et diminue à mesure que la fréquence augmente [9]. Pour augmenter la taille de la zone de représentation du champ acoustique, des approches récentes utilisent des réseaux d'antennes microphoniques sphériques [10, 11]. Les applications actuelles visent à la navigation dans un champ acoustique pour la réalité virtuelle [12, 13] mais des applications industrielles seraient tout à fait envisageables.

Dans ce contexte, cette offre de thèse propose d'étudier les réseaux d'antennes microphoniques sphériques pour la capture et l'analyse à grande échelle spatiale des champs acoustiques. En se basant sur l'état de l'art, le premier objectif est de s'appropriier les méthodes actuelles parmi les approches linéaires, paramétriques et non-linéaires [12]. Le LVA possède une expertise sur les approches bayésiennes qui pourront être étudiées dans ce contexte [12]. Dans un second temps, une validation expérimentale des approches proposées sera menée en utilisant un réseau d'antennes microphoniques sphériques².

Si les résultats d'analyse sont satisfaisants, il sera envisagé de réfléchir à la reconstruction du champ acoustique capté sur un réseau de haut-parleurs, en utilisant les moyens expérimentaux du LMFA.

Contact et informations :

- Pierre Lecomte : pierre.lecomte@univ-lyon1.fr
- Quentin Leclère quentin.leclere@insa-lyon.fr

References

- [1] M. Brandstein and D. Ward, *Microphone Arrays: Signal Processing Techniques and Applications*. Springer, 2001.
- [2] Q. Leclère, A. Pereira, C. Bailly, J. Antoni, and C. Picard, "A unified formalism for acoustic imaging based on microphone array measurements," *International Journal of Aeroacoustics*, vol. 16, no. 4-5, pp. 431–456, 2017.
- [3] J. J. Christensen and J. Hald, *Beamforming, Bruel & Kjaer. Technical Review*, vol. 1. Brüel & Kjaer, 2004.
- [4] E. Weinstein, K. Steele, A. Agarwal, and J. Glass, "LOUD: A 1020 node Microphone Array and Acoustic Beamformer," in *ICSV 14*, (Cairns), Courant Institute of Mathematical Sciences New York United States, 2007.
- [5] M. Elad, *Sparse and Redundant Representations: From Theory to Applications in Signal and Image Processing*. New York: Springer-Verlag, 2010.
- [6] H. Teutsch, *Modal Array Signal Processing: Principles and Applications of Acoustic Wavefield Decomposition*. Heidelberg: Springer, 2007.
- [7] P. Lecomte, P.-A. Gauthier, C. Langrenne, A. Berry, and A. Garcia, "A Fifty-Node Lebedev Grid and Its Applications to Ambisonics," *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 64, no. 11, pp. 868–881, 2016.

¹<https://www.sorama.eu/cam1k>

²<https://www.zylia.co/blog/category/6dof>

- [8] B. Rafaely, *Fundamentals of Spherical Array Processing*. Springer, second ed., 2019.
- [9] D. B. Ward and T. D. Abhayapala, "Reproduction of a plane-wave sound field using an array of loudspeakers," *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, vol. 9, no. 6, pp. 697–707, 2001.
- [10] P. Samarasinghe, T. Abhayapala, and M. A. Poletti, "Wavefield analysis over large areas using distributed higher order microphones," *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing (TASLP)*, vol. 22, no. 3, pp. 647–658, 2014.
- [11] N. Ueno, S. Koyama, and H. Saruwatari, "Sound Field Recording Using Distributed Microphones Based on Harmonic Analysis of Infinite Order," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 25, no. 1, pp. 135–139, 2018.
- [12] J. G. Tylka and E. Y. Choueiri, "Fundamentals of a Parametric Method for Virtual Navigation Within an Array of Ambisonics Microphones," *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 68, no. 3, pp. 120–137, 2020.
- [13] J. G. Tylka and E. Y. Choueiri, "Performance of Linear Extrapolation Methods for Virtual Sound Field Navigation," *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 68, no. 3, pp. 138–156, 2020.