



UMR Acoustique Environnementale (Université Gustave Eiffel – Cerema) PROPOSITION DE STAGE 2025-2026

Sujet de stage

Développement d'une méthode d'imagerie acoustique pour la caractérisation du rayonnement de drones multi-rotors (eVTOL)

Niveau recommandé

Master (M2)

Master (M1)

Ingénieur

Licence

Bac + 2

Compétences requises

Formation en Acoustique et Vibrations (Notions de propagation, de rayonnement, de formation de voies)
Programmation (Python)

Description

Contexte. Le sujet s'inscrit dans le cadre des recherches menées à l'UMR Acoustique Environnementale (UMRAE) sur la compréhension et la modélisation du bruit généré par les nouvelles formes de mobilité aérienne. L'essor des drones multi-rotors électriques, souvent appelés, eVTOL (*electric Vertical Take-Off and Landing*) suscite un intérêt croissant, notamment pour des applications de livraison urbaine, de surveillance ou encore de transport de passagers ("taxis volants").

Ces nouvelles technologies promettent une mobilité plus flexible et décarbonée, mais elles posent également de nouveaux défis acoustiques : en milieu urbain, les nuisances sonores peuvent influencer fortement l'acceptabilité sociétale de ces dispositifs.

Les autorités réglementaires européennes (EASA) et nationales (DGAC, ADEME, etc.) cherchent à établir des critères de certification acoustique pertinents. Pour cela, il est nécessaire de caractériser le rayonnement sonore des drones dans des conditions réalistes de vol. La [Figure 1](#) présente comment cette donnée, en plus de la topographie et des données météorologiques, est nécessaire à l'estimation de l'impact de telles sources.

C'est dans cette optique que s'inscrit ce stage, à la croisée de l'acoustique expérimentale, du traitement du signal et de la modélisation.

Problématique scientifique. Les travaux existants sur le bruit des eVTOL s'appuient souvent sur des approches numériques (CFD, CAA) pour modéliser la génération et la propagation acoustique du bruit issu des hélices, de la turbulence de l'écoulement, voir de l'interaction entre supports fixes et écoulements [2]. Si ces méthodes permettent d'obtenir des diagrammes de directivité théoriques, elles peinent à représenter fidèlement la complexité et la diversité des sources de bruit (sources corrélées, distribuées, mobiles, d'origine aéroacoustiques ou électriques).

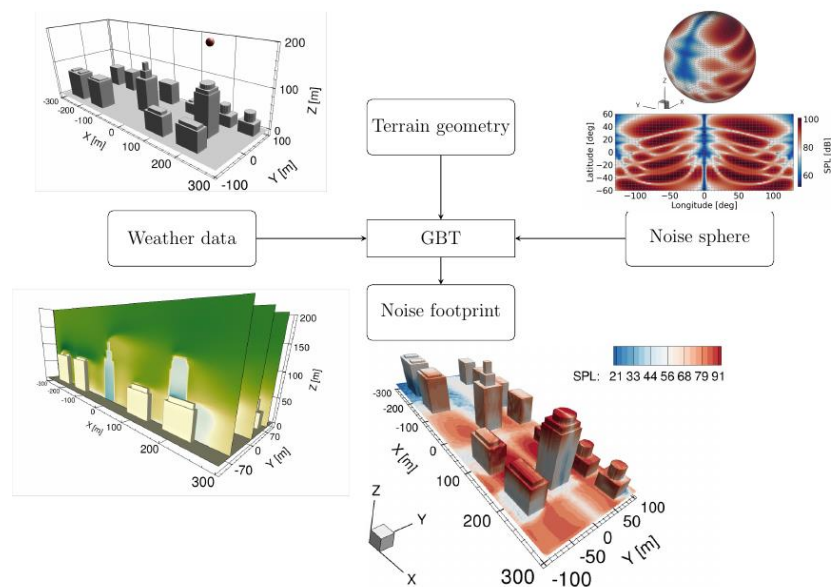


Figure 1 : Illustration schématique des besoins en données nécessaires au calcul de l'impact sonore des eVTOL – Tiré de [1]

L'imagerie acoustique par antennes microphoniques offre une voie complémentaire pour accéder à la directivité des sources réelles. Toutefois, les méthodes classiques de formation de voies (*beamforming*) reposent sur des hypothèses simplificatrices — notamment la décorrélation des sources — rarement vérifiées pour des configurations multi-rotor. Le développement de méthodes de déconvolution (par ex. CLEAN-T, DAMAS, ou *Sparse Bayesian Learning*) ouvre de nouvelles perspectives pour identifier de manière parcimonieuse les zones dominantes d'émission sonore.

Objectif du stage. Le stage visera à concevoir et valider une méthode d'imagerie acoustique adaptée à la caractérisation du rayonnement de drones multi-rotors. Le stagiaire participera aux étapes suivantes :

1. Revue bibliographique sur les approches d'imagerie acoustique appliquées aux sources mobiles et aéroacoustiques.
2. Conception d'une antenne de microphones adaptée aux contraintes de mesure : géométrie, densité spatiale, conditions de sol, environnement.
3. Simulation numérique du comportement de l'antenne pour estimer la résolution spatiale et la sensibilité angulaire attendues.
4. Campagne expérimentale sur le drone multi-rotor du laboratoire à Strasbourg (déplacement de courte durée), avec échantillonnage des champs acoustiques lors de différentes configurations de vol.
5. Post-traitement et imagerie acoustique à l'aide de CLEAN-T ou autre algorithme : cartographie des sources, estimation de la directivité hémisphérique, étude de la corrélation des sources.
6. Analyse et interprétation des résultats en lien avec les modèles existants, proposition de pistes d'amélioration pour des méthodes futures.

Mots Clés : Bruit aérien, multi-rotor, eVTOL, imagerie acoustique, antenne microphonique, source mobile, déconvolution

Lieu du stage

- Uni Eiffel, Campus Lyon** (25, avenue François Mitterrand, Case24, Cité des mobilités, F-69675 Bron Cedex)
- Uni Eiffel, Campus Nantes** (route de Bouaye, CS4, F-44344 Bouguenais Cedex)
- Cerema – Strasbourg** (11, rue Jean Mentelin, Strasbourg-Koenigshoffen, F-67035 Strasbourg)

Durée du stage (les dates et durée peuvent être adaptées)

Date de début : Février-Mars

Date de fin :

Durée : 5 mois

Contact

M. Raphaël LEIBA

Tél. 04 72 14 24 02

Email : raphael.leiba@univ-eiffel.fr

M. Barnabé MIESCH

Tél. 06 64 18 87 82

Email : barnabe.miesch@cerema.fr

Site Web : www.umrae.fr

Gratification

Indemnité équivalente à 15% du plafond horaire de la Sécurité Sociale, pour un organisme public

<https://www.service-public.fr/simulateur/calcul/gratification-stagiaire>

Bibliographie

- [1] F. Yunus, D. Casalino, F. Avallone et D. Ragni, «Urban air mobility noise prediction in a 3D environment using Gaussian beam tracing,» 2022.
- [2] T. Zhang, G. N. Barakos, A. Filippone et Furqan, «High-fidelity aero-acoustic evaluations of a heavy-lift eVTOL in hover,» *Journal of Sound and Vibration*, vol. 584, p. 118453, August 2024.
- [3] K. A. Pascioni, J. A. Page et D. K. Boyle, «UAM source noise hemisphere flight test measurement protocol,» 2024.
- [4] S. A. Rizzi, D. L. Huff, D. D. Boyd, P. Bent, B. S. Henderson, K. A. Pascioni, D. C. Sargent, D. L. Josephson, M. Marsan, H. B. He et others, «Urban air mobility noise: Current practice, gaps, and recommendations,» 2020.
- [5] W. Raza et R. S. Stansbury, «Noise Prediction and Mitigation for UAS and eVTOL Aircraft: A Survey,» *Drones*, vol. 9, p. 577, August 2025.