

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Evaluation des niveaux de bruit au sol des avions supersoniques low boom en conditions « off design »

Référence : **MFE-DAAA-2026-06**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Sept. 2026

Date limite de candidature :

Mots clés

Bang sonique, avion supersonique low-boom, trajectoire "off design", Propagation de rayon, focalisation de rayon.

Sonic boom, low-boom supersonic aircraft, "off design" trajectory, ray propagation, ray focusing

Profil et compétences recherchées

École d'ingénieur ou Universitaire (M2).

Bonnes connaissances en aérodynamique et en acoustique, capacité de programmation

(Python principalement et idéalement Fortran), bon niveau d'anglais oral/écrit.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Motivé par la réduction du temps de vol du transport aérien, plusieurs concepts d'avions commerciaux supersoniques émergent avec pour ambition le survol des zones terrestres. Le principal obstacle au développement d'un tel avion reste le bang sonique, ressenti par la population survolée.

Depuis plus d'une décennie, l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) mène des travaux en vue de définir un futur standard pour la certification acoustique des avions supersoniques, notamment en ce qui concerne leur exploitation au-dessus des zones habitées. Ces réflexions s'appuient notamment sur le démonstrateur « low boom » X-59 de la NASA, dont l'objectif est de permettre des vols supersoniques générant une signature sonore fortement atténuée par rapport à celle des avions historiques. Les études associées se concentrent principalement sur le vol en régime de croisière. Cependant, certaines manœuvres telles que les phases d'accélération ou les virages, peuvent entraîner des phénomènes de focalisation acoustique, susceptibles de générer des niveaux de pression sonore très élevés au sol, comme cela a déjà été observé sur des aéronefs supersoniques conventionnels [1].

La thèse proposée, en collaboration avec la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) et le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA), vise à étudier ces conditions dites "off-design" à l'aide d'approches numériques, dans le but de mieux caractériser les émissions sonores des avions supersoniques low-boom. Les résultats obtenus pourront alimenter les réflexions des instances de réglementation, telles que l'OACI, et contribuer à l'élaboration de normes acoustiques plus représentatives de l'ensemble des situations de vol.

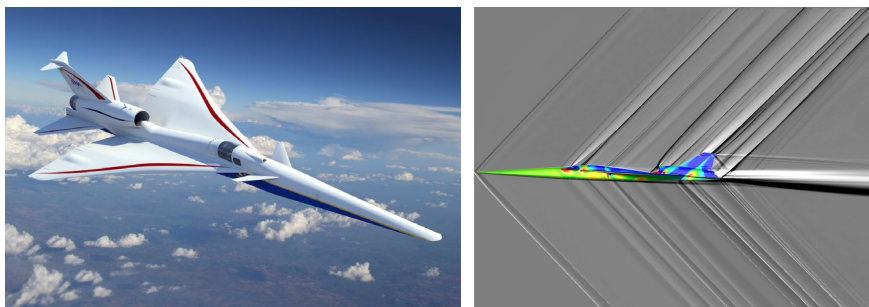


Figure 1 : Configuration du C608 de la NASA (à gauche) et visualisation de la pression pariétale et Schlieren numériques (à droite) [3]

Le travail de thèse débutera par une revue bibliographique approfondie portant sur les différentes méthodologies existantes pour la modélisation de la propagation du bang sonique jusqu'au sol ainsi que la prise en compte du phénomène de focalisation. Cette revue permettra d'identifier les outils les plus pertinents pour l'analyse des conditions off-design, en intégrant notamment les effets des manœuvres de vol et des conditions atmosphériques. Elle permettra également de cerner les limites associées à chaque approche de calcul, en vue de faire des choix éclairés pour leur intégration dans les chaînes de simulation existantes à l'ONERA.

La première année sera consacrée à la mise en place et à la validation d'une configuration de référence en vol de croisière, servant de base méthodologique. Cette étape visera à sélectionner la chaîne de calcul la plus adaptée

en s'appuyant sur les outils disponibles à l'ONERA ainsi qu'au LMFA. Une attention particulière sera portée au choix d'une géométrie d'avion partageable, afin de permettre la comparaison et la confrontation des résultats avec d'autres partenaires (par exemple le cas C608 en figure 1, utilisé lors du Sonic Boom Prediction Workshop 3 [2,3]). La chaîne de calcul envisagée comprendra un calcul CFD pour le champ proche, couplé à un modèle de propagation à longue distance de type rayon [4,5], pour évaluer les effets à longue distance à travers les différentes strates de l'atmosphère. Enfin, des critères acoustiques seront calculés pour quantifier l'impact au sol.

Les années suivantes seront consacrées à la complexification progressive des modèles de propagation, en particulier pour intégrer les phénomènes de focalisation acoustique [6, 7] permettant ainsi de simuler des conditions « off design » (virage, accélération). L'objectif sera d'implémenter ces capacités dans les codes existants, dans une démarche à la fois scientifique et opérationnelle en répondant aux besoins de la DGAC. Le code devra permettre de prédire le phénomène de focalisation, en suivant les étapes suivantes : détermination des caustiques, résolution numérique des équations de Tricomi non linéaires et quantification acoustique du signal focalisé, en s'appuyant sur la méthodologie développée dans [6, 8].

La fin de la thèse sera consacrée à la rédaction du mémoire et à la soutenance, avec l'ambition de diffuser les résultats obtenus à la fois au sein de la communauté scientifique et auprès des organismes de certification impliqués dans l'encadrement du bruit des avions supersoniques.

Références :

- [1] Maglieri, D. J., Bobbitt, P. J., Plotkin, K. J., Shepherd, K. P., Coen, P. G., and Richwine, D. M. (2014). Sonic Boom: Six Decades of Research. Report NASA/SP-2014-622, National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC.
- [2] Tests case of ASA 2022, Special Focus Boom Session: <https://lbpw.larc.nasa.gov/>
- [3] Michael A. Park and Melissa B. Carter, Nearfield Summary and Analysis of the Third AIAA Sonic Boom Prediction Workshop C608 Low Boom Demonstrator, AIAA 2021-0345, Special Session: 3rd AIAA Sonic Boom Workshop Report-Out II: Nearfield CFD Cases, Jan 2021, <https://doi.org/10.2514/6.2021-0345>
- [4] Blanc-Benon, P., Dallois, L. & Scott, J., 2005, Secondary sonic boom modelling for realistic atmospheric conditions, 11th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, 23-25 May, Monterey, California, USA, AIAA Paper 2005-2950, 1-12.
- [5] Scott, J.F., Blanc-Benon, P. & Gainville, O., 2017, Weakly nonlinear propagation of small-wavelength, impulsive acoustic waves in a general atmosphere, Wave Motion, 72, 41-61.
- [6] Auger, T., Thèse de doctorant de l'université de Paris VI, Modélisation et simulation numérique de la focalisation d'ondes de chocs acoustiques en milieu en mouvement. Application à la focalisation du bang sonique en accélération, Jan 2001.
- [7] Wade, L. A., Master Thesis in acoustics of Pennsylvania State University, Investigation of 3-dimensional caustic generation with application to off-track sonic boom focusing, May 2022
- [8] Marchiano, R., Coulouvrat, F., & Grenon, R. (2003). Numerical simulation of shock wave focusing at fold caustics, with application to sonic boom. The Journal of the Acoustical Society of America, 114(4), 1758-1771.

Collaborations envisagées

Ce travail de thèse se déroulera en collaboration avec la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) et le Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Aérodynamique, Aéroélasticité, Acoustique
Lieu (centre ONERA) : Châtillon

Contact : Josselin REGNARD / Quentin BENNEHARD

Tél. : +33 1 46 73 43 43 / +33 1 46 73 42 31,

Email : josselin.regnard@onera.fr
quentin.bennehard@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Didier DRAGNA, Philippe BLANC-BENON

Laboratoire : LMFA

Tél. :

Email : didier.dragna@ec-lyon.fr / philippe.blanc-benon@ec-lyon.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>