

I N V I T A T I O N

Développement d'un traitement robuste des couches limites turbulentes combinant ZDES et LBM : application à la simulation du bruit d'extrémité de volet.

Development of a robust treatment of turbulent boundary layers combining ZDES and LBM: application to the simulation of flap side-edge noise.

Soutenance de thèse - Julien HUSSON

Mardi 03 décembre 2024 à 14H00

En présentiel : **Salle AY 02-63 - ONERA Meudon**

En distanciel : Jitsi : [https://rdv.onera.fr/Soutenance Husson](https://rdv.onera.fr/Soutenance_Husson)

Devant le jury composé de :

- **Directeur de Thèse :**
 - Sébastien Deck, Directeur de recherche, ONERA
- **Encadrant de Thèse :**
 - Marc Terracol, Maître de recherche, ONERA
- **Rapporteurs :**
 - Eric Lamballais, Professeur, Université de Poitiers, et Chercheur, Institut P', HDR
 - Simon Marié, Maître de conférence au CNAM, HDR
- **Examineurs :**
 - Bérengère Podvin, Directrice de Recherche CNRS, Laboratoire EM2C CentraleSupélec
 - Aloïs Sengissen, Ingénieur aéroacoustique, Airbus

Résumé / Abstract :

La signature sonore d'un aéronaf est devenue un élément important de sa phase de conception notamment en raison des réglementations acoustiques strictes sur l'environnement sonore aéroportuaire. En phase d'atterrissage, la majeure partie du bruit d'un aéronaf est d'origine aérodynamique, en particulier causé par les becs, les extrémités de volets et les trains d'atterrissage. Du point de vue du constructeur, il est nécessaire d'être à même de prévoir les mécanismes générateurs du bruit d'extrémité de volet. Cependant, la simulation numérique de ces mécanismes nécessite la résolution précise de la turbulence au sein d'un écoulement fortement instationnaire impliquant une large gamme de phénomènes physiques : couches limites turbulentes tridimensionnelles, enroulement de couches de cisaillement, appariement et éclatement tourbillonnaire. Une telle simulation requiert donc une méthode numérique instationnaire ayant de bonnes propriétés acoustiques comme la méthode de Boltzmann sur réseau (LBM) utilisée dans cette étude. Un facteur limitant inhérente à cette méthode est la modélisation des couches limites, peu précise à coût de calcul modéré. Afin d'améliorer cet aspect, un cadre numérique robuste a été proposé durant ces travaux, basé sur l'amélioration de la mise en œuvre numérique des lois de paroi ainsi que sur l'implantation et la validation de la ZDES mode 2 (2020) permettant d'assurer un traitement RANS des couches limites attachées bien moins coûteux qu'un traitement LES. Ce nouveau cadre numérique a été validé sur une série de cas-tests de complexité croissante comme celui d'une couche limite turbulente de plaque plane, d'une marche descendante et d'un profil hyper-sustenté. Enfin, son utilisation dans le cadre d'une configuration d'extrémité de volet a permis d'expliquer l'origine physique d'une source acoustique mesurée lors d'essais en soufflerie.

The noise signature of an aircraft has become an important feature of its design phase, especially due to strict acoustic regulations on the airport noise environment. During landing, the majority of aircraft noise is of aerodynamic origin, in particular caused by slats, flap side-edges and landing gears. From a manufacturer point of view, it is necessary to predict the mechanisms generating flap side-edge noise. However, the numerical simulation of these mechanisms requires the accurate resolution of turbulence within a strongly unsteady flow involving a wide range of physical phenomena: three-dimensional turbulent boundary layers, shear layer roll-up, vortex merging and breakdown. Such a simulation therefore requires an unsteady numerical method with good acoustic properties such as the Lattice Boltzmann Method (LBM) used in this study. A limiting factor inherent to this method is the modeling of boundary layers, which is not very accurate given a moderate computational cost. In order to improve this aspect, a robust numerical framework was proposed during this work, based on the improvement of the numerical implementation of wall models as well as on the implementation and validation of the ZDES mode 2 (2020) turbulence model ensuring a RANS treatment of attached boundary layers much less expensive than a LES treatment. This new numerical framework was validated on a series of test cases of increasing complexity, such as a turbulent boundary layer on a flat plate, a backward-facing step and a high-lift airfoil. Finally, its use in the context of a flap side-

edge configuration made it possible to explain the physical origin of an acoustic source measured during wind tunnel tests.

Mots clés / Key words :

Méthode de Boltzmann sur Réseaux, Zonal Detached Eddy Simulation, Turbulence, Couches limites.

Lattice Boltzmann Method (LBM), Zonal Detached Eddy Simulation, Turbulence, Boundary Layers.