Avis de Soutenance

Monsieur Émilian DE STAERCKE
Mécanique des fluides
Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés
Caractérisation du bruit tonal des jets supersoniques sous-détendus par simulation aux grandes échelles : étude des configurations libre, impactant et affleurant une plaque plane
Travaux dirigés par Monsieur Christophe BOGEY
Soutenance prévue le ***mercredi 25 novembre 2026*** à 10h00
Lieu : Bâtiment W1 École Centrale de Lyon 36 avenue Guy de Collongue 69130, Écully
Salle : Amphi 1

Composition du jury proposé

M. Christophe BOGEY	Directeur de recherche	Ecole Centrale de Lyon	Directeur de thèse
M. Daniel EDGINGTON-MITCHELL	Full professor	Monash University	Rapporteur
M. Romain GOJON	Professeur des universités	ISAE-SUPAERO	Rapporteur
Mme Sophie LE BRAS	Ingénieure docteure	Siemens Digital Industries Software	Examinatrice
M. Yves GERVAIS	Professeur des universités	Université de Poitiers	Examinateur

Mots-clés : bruit de jet, jets supersoniques, boucles de rétroaction, plaque plane, screech, simulation aux grandes échelles compressibles

Résumé :

Dans ce travail de thèse, les phénomènes de résonance à l'origine de la production de bruit tonal survenant dans des jets supersoniques sous-détendus pour les configurations libre, impactant et affleurant une plaque plane sont étudiés par simulation des grandes échelles compressibles. Les jets considérés ont un nombre de Mach en sortie de buse égal à Md = 1, un nombre de Mach idéalement détendu compris entre Mj = 1.11 et 1.24, et un nombre de Reynolds de l'ordre de ReD = 4×10^5 . Ces choix de paramètres permettent d'observer des résonances de types screech et jet-plaque. Ces résonances sont dues à des boucles de rétroaction aéroacoustiques dont les composantes se propageant vers l'aval sont des structures cohérentes et les composantes se propageant vers l'amont sont des ondes acoustiques guidées par les jets. En l'absence de plaque, seules les résonances du screech s'établissent. Les modes de screech axisymétriques A1 et A2 et de battement B sont présents. Des modes secondaires A3, B1 et B2, dont les niveaux de bruit rayonné sont plus faibles, sont aussi mis en évidence. Dans les boucles de rétroaction, les ondes guidées sont produites par des interactions entre les structures cohérentes et le réseau de cellules de choc. Ces interactions surviennent dans tout le réseau pour le mode A1, dans sa partie aval pour les modes A2 et A3, et dans sa partie amont pour le mode B. Lorsque l'épaisseur de couche limite en sortie de buse est plus fine, les fréquences des modes sont plus basses et le phénomène de saut entre les modes A1 et A2 survient pour des nombres de Mach plus élevés. En présence d'une plaque placée perpendiculairement à l'axe du jet à une distance de la buse comprise entre L = 5r0 et 16r0, où r0 est le rayon du jet, pour Mj = 1.13 et 1.20, des résonances de screech et des résonances jet-plaque sont observées. Les résonances à l'origine du bruit de screech sont prédominantes et coexistent avec les résonances jet-plaque pour des distances supérieures à L = 10r0 et 12r0, pour Mj = 1.13 et 1.20. Lorsque la distance plaque-buse diminue, elles deviennent des résonances jet-plaque, puis s'éteignent. Dans les boucles de rétroaction jet-plaque, les ondes guidées sont produites par les interactions des structures cohérentes avec le choc situé devant la plaque. Enfin, lorsqu'une plaque est placée parallèlement à l'axe du jet, à une distance h = 1.4r0, des résonances de screech sont présentes, mais aucune résonance jet-plaque n'est observée. Les modes A1, A2 et B apparaissent mais présentent des différences notables avec le cas libre. Les modes A1 et B sont prédominants pour des intervalles de nombre de Mach plus larges, alors que le mode A2 n'apparaît que dans un intervalle très étroit. Les modes A1 et A2, qui sont purement axisymétriques en l'absence de la plaque, présentent des contributions de modes hélicoïdaux. Le mode B est toujours un mode de battement, mais son axe est imposé par la plaque.

Summary:

In this thesis, the resonance phenomena responsible for the production of tonal noise in underexpanded supersonic jets in the presence or the absence of a flat plate in the jet near-field are studied using compressible large-eddy simulations. The jets have a Mach number at the nozzle exit equal to Md = 1, an ideally expanded Mach number between Mj = 1.11 and 1.24, and a Reynolds number of the order of ReD = 4 × 105 . These parameters allow for the investigation of screech and jet-plate resonances. The resonances are due to aeroacoustic feedback loops, where the downstream-propagating components are coherent structures and the upstream-propagating components are acoustic waves guided within the jets. In the absence of a plate, only screech resonances are found. The axisymmetric screech modes A1 and A2 and the flapping mode B are present. Secondary modes A3, B1, and B2, producing lower noise levels, are also found. In the feedback loops, the guided jet waves are generated by interactions between the coherent structures and the shock-cell network. These interactions occur over the whole network for mode A1, in its downstream part for modes A2 and A3, and in its upstream part for mode B. When the boundary layer thickness at the nozzle exit is thinner, the mode frequencies are lower, and the staging phenomenon between modes A1 and A2 happens at higher Mach numbers. When a plate is placed perpendicular to the jet axis at a distance from the nozzle between L = 5r0 and 16r0, where r0 is the nozzle radius, for Mj = 1.13 and 1.20, both screech and jet-plate resonances are observed. The resonances responsible for screech noise are dominant and coexist with jet-plate resonances for distances greater than L = 10r0 and 12r0, for Mj = 1.13 and 1.20. As the nozzle-to-plate distance decreases, they become jet-plate resonances and eventually vanish. In the jet-plate feedback loops, the guided jet waves are produced by interactions betweeen the coherent structures and the stand-off shock located in front of the plate. Finally, when a plate is placed parallel to the jet axis at a distance h = 1.4r0, screech resonances are found, whereas no jet-plate resonances are observed. Screech modes A1, A2, and B appear but they exhibit different properties compared to the free-jet case. Modes A1 and B are predominant over a wider range of Mach numbers, whereas mode A2 appears only within a very narrow range. Modes A1 and A2, which are purely axisymmetric in the absence of the plate, exhibit contributions from helical modes. Mode B remains a flapping mode, but its axis is imposed by the plate.