

# Résumé

Dans ce travail de thèse, des études de sensibilité portant sur le développement et le bruit des écoulements cisailés turbulents sont réalisées à l'aide de simulations aéroacoustiques directes et de la méthode de la différentiation complexe.

Dans un premier temps, la méthode de la différentiation complexe est appliquée à des couches de mélange bidimensionnelles afin d'étudier sa capacité à mettre en évidence les effets d'un paramètre sur les champs aérodynamiques et acoustiques d'un écoulement.

Pour cela, des simulations numériques directes de couches de mélange sont réalisées avec cette méthode pour différents nombres de Mach, nombres de Reynolds et tailles de maille.

Dans chaque calcul, les dérivées des niveaux acoustiques par rapport à un des trois paramètres considérés sont estimées avec la méthode de la différentiation complexe.

Les résultats obtenus sont en bon accord avec d'autres issus de la littérature et d'études paramétriques.

Ils indiquent que la méthode de la différentiation complexe peut être utilisée pour, d'une part, étudier l'influence d'un paramètre physique sur le développement et le bruit d'un écoulement et, d'autre part, déterminer la sensibilité au maillage des solutions d'une simulation.

Dans un second temps, la méthode de la différentiation complexe est appliquée à l'étude du mécanisme de réceptivité se produisant lorsqu'une onde acoustique se réfléchit sur les lèvres de la buse d'un jet.

Dans ce but, à partir des résultats d'une simulation de jet impactant une plaque pleine, un pulse acoustique d'amplitude imaginaire est introduit à un instant donné près de la buse en dehors du jet.

En poursuivant la simulation après cet instant, la sensibilité des couches de mélange près de la buse à une perturbation acoustique est déterminée avec la méthode de la différentiation complexe.

Cette sensibilité est utilisée pour mettre en évidence la génération d'une onde d'instabilité par la perturbation acoustique.

Enfin, l'influence des conditions de sortie de buse (profil de vitesse et taux de turbulence) sur les composantes tonales produites par les jets subsoniques impactant une plaque pleine est étudiée.

Pour cela, plusieurs jets impactants sont simulés pour différents profils de vitesse en sortie de buse, plusieurs niveaux d'excitation des couches limites, des nombres de Mach de 0.6 et 0.9, et deux distances plaque-buse.

Les résultats montrent que les conditions de sortie affectent considérablement l'amplitude des composantes tonales et que des jets impactants à un nombre de Mach inférieur à 0.65, généralement non résonants, peuvent être résonants pour des conditions de sortie spécifiques.

Les effets des conditions de sortie sont attribués à des modifications dans le développement des couches de mélange des jets, qui conduisent à des différences dans les propriétés d'amplification des ondes d'instabilité entre la buse et la plaque, et dans l'énergie contenue dans les structures cohérentes des jets près de la zone d'impact.

# Abstract

In this PhD work, sensitivity studies are carried out for turbulent shear flows using direct noise computations and the complex differentiation method.

First, the complex differentiation method is applied to two-dimensional mixing layers to investigate its capacity to highlight the effects of a parameter on the aerodynamic noise.

For that, direct numerical simulations of mixing layers are performed using this method for different Mach numbers, Reynolds numbers and mesh spacings.

In each case, the derivatives of the noise levels with respect to one of the three parameters are obtained using the complex differentiation method.

The results are in good agreement with others from the literature and parametric studies.

They indicate that the complex differentiation method can be used to describe the effects of physical parameters and of the grid resolution on the sound produced by a high-speed flow.

Secondly, the complex differentiation method is applied to the study of the receptivity mechanism occurring when an acoustic wave reflects at the nozzle lip of a jet.

For this purpose, using the results of a simulation of a jet impinging on a plate, an imaginary amplitude acoustic pulse is introduced at a given time in the near-nozzle region outside the jet.

The sensitivity of the near-nozzle mixing layers to an acoustic disturbance is then determined using the complex differentiation method.

This sensitivity is used to highlight the excitation of an instability wave by the acoustic disturbance.

Finally, the influence of nozzle-exit conditions (velocity profile and turbulence level) on the tonal noise components generated by subsonic impinging jets is investigated.

For that, jets with different nozzle-exit velocity profiles, several boundary-layer excitation levels, at Mach numbers of 0.6 or 0.9, impinging on a plate located at 6 or 8 nozzle radii from the nozzle, are simulated.

The results show that the nozzle-exit conditions significantly affect the amplitude of the tonal noise components and that impinging jets at Mach numbers below 0.65, which are generally non-resonant, can be resonant for specific nozzle-exit conditions.

The effects of the nozzle-exit conditions are found to result from changes in the development of the jet mixing layers, which lead to differences in the amplification properties of the Kelvin-Helmholtz instability waves between the nozzle and the plate, and in the energy contained in the coherent structures of the jets near the impingement region.

# Titre

Simulations et analyses de sensibilité du bruit produit par des écoulements cisailés

# Title

Simulations and sensitivity analyses of the noise produced by shear flows

# Mots-clés

aéroacoustique, analyse de sensibilité, méthode de la différentiation complexe, sensibilité au maillage, bruit de jet, jet impactant, couche de mélange, conditions de sortie, réceptivité, boucle de rétroaction, simulation numérique directe, simulation des grandes échelles

# Keywords

aeroacoustics, sensitivity analysis, complex differentiation method, grid sensitivity, jet noise, impinging jet, mixing layer, nozzle-exit conditions, receptivity, feedback loop, direct numerical simulation, large-eddy simulation