Title:

**Airfoil Turbulence-Impingement Noise Reduction by porous cells or wavy leading-edge design.**

**ABSTRACT**

Broadband noise radiated from airfoils has been considered as a generic problem of primary engineering and research interest along the last decades. Noise emission from turbofan engines, drones, ventilation systems and other industrial and domestic applications could be mainly characterized as broadband and airfoil turbulence-impingement noise (TIN) is its dominating contributing mechanism. This thesis investigates the TIN mitigation by wavy leading-edge designs or porous inclusions. Experimental techniques and analytical models for the noise predictions are the main tools used for these investigations. The first three chapters are dedicated to investigating experimentally the three-dimensional features of the TIN of flat plates and NACA-0012 airfoils and its reduction by leading-edge serrations. A combination of far-field (single microphone) and near-field (spiral antenna) measurements showed consistent results with previous studies and highlighted the trailing edge noise (TEN) detrimental effect on the airfoil noise reduction performances. Results have shown that TIN reductions extend linearly for flat plates and exponentially for thick airfoils over a wider low-and-middle frequency range after subtracting TEN. In chapter 4, noise prediction tools for TIN have been validated both for straight and wavy leading edges by making use of the obtained experimental results. Chapters 5 deals with a basic flow analysis around the wavy leading edge performing tomographic and stereoscopic PIV measurements. Results showed consistency with previous works by validating computational simulations similar to the present experiments. Considering simple serration designs on leading edge and trailing edge, an optimization strategy is proposed for minimizing the total airfoil noise in chapter 6. The last chapter is dedicated to the acoustic and aerodynamic exploration of porous airfoils. The observed noise reductions vary between 4 and 6 dB, which makes porosity a promising technique for the noise mitigation of thick airfoils, with potentiality similar to that of leading-edge serrations for fans and other industrial applications.

**Keywords:** aeroacoustics, airfoil noise, turbulence, leading edge serrations, microphone array, experimental techniques, wind tunnel, porous airfoil

**RESUME**

Au cours des dernières décennies, le bruit à large bande émis par les profils aérodynamiques a été considéré comme un problème générique d'un intérêt primordial pour l'ingénierie et la recherche. Les émissions sonores des turboréacteurs, des drones, des systèmes de ventilation et d'autres applications industrielles et domestiques pourraient être principalement caractérisées comme du bruit à large bande, dont le mécanisme dominant est le bruit d'impact de turbulence (BIT). Cette thèse étudie l'atténuation du BIT par des ondulations au bord d'attaque ou des inclusions poreuses. L'utilisation de techniques expérimentales et de modèles analytiques pour la prévision du bruit sont les principaux outils de ces recherches. Les trois premiers chapitres sont consacrés à l'étude expérimentale des caractéristiques tridimensionnelles du BIT de plaques planes et de profils aérodynamiques NACA-0012, et à sa réduction par des dentelures au bord d'attaque. Une combinaison de mesures en champ lointain (microphone unique) et en champ proche (antenne en spirale) a montré des résultats cohérents avec les études précédentes et a mis en évidence l'effet contaminant du bruit de bord de fuite (BBF), qui réduit les performances des dentelures en matière de réduction du bruit des profils. Les résultats montrent que les réductions du BIT varient quasi linéairement avec la fréquence pour des plaques planes et exponentiellement pour des profils épais, sur une plus large gamme de basses et moyennes fréquences après soustraction du BBF. Dans le chapitre 4, les outils de prédiction du BIT ont été validés pour des bords d'attaque à la fois droits et ondulés en utilisant les résultats expérimentaux obtenus. Le chapitre 5 porte sur l'analyse fondamentale de l'écoulement autour du bord d'attaque ondulé par des mesures de PIV tomographiques et stéréoscopiques. Les résultats corroborent des travaux précédents en validant des simulations numériques similaires aux expériences actuelles. En considérant des géométries simples de dentelures sur le bord d'attaque et le bord de fuite, une stratégie d'optimisation a été proposée dans le chapitre 6 pour minimiser le bruit total d’un profil tout en préservant ses performances. Le dernier chapitre est consacré à l'exploration acoustique et aérodynamique des profils poreux. Les réductions de bruit observées varient entre 4 et 6 dB, ce qui fait de la porosité une technique prometteuse pour l'atténuation du bruit des profils aérodynamiques épais, avec une potentialité similaire à celle des dentelures de bord d'attaque pour les ventilateurs et autres applications industrielles.

**Mots clés :** aéroacoustique, profil aérodynamique, bruit des profils, turbulence, dentelures au bord d'attaque, antenne microphonique, techniques expérimentales, soufflerie, profil aérodynamique poreux