**Title:** Broadband noise predictions of a fan stage using large eddy simulations.

**Titre** : Prédictions du bruit à large bande d’un étage de soufflante en utilisant des simulations aux grandes échelles.

**Abstract**:

Decreasing the noise emitted by turbofan engines is now one of the main constraints for aircraft engine manufacturers. The fan/Outlet Guide Vane (OGV) stage is considered as one of the major contributors to the total noise radiated by aero-engines, especially for future architectures, such as ultra-high by-pass ratio engines. A lot of work has been dedicated to the tonal components of fan/OGV stage noise, whereas the broadband component has received less attention. At subsonic operating points, the main sources of broadband noise originate from the interaction of the turbulent flow with solid surfaces such as the blades and vanes. In the present work, fully-compressible large eddy simulations (LES) are performed on a realistic fan/OGV stage to compute both the turbulent flow and the acoustic emissions in the fan stage. To this end, three configurations of increasing complexity and computational cost are considered: a radial-slice periodic sector, then, a full-span periodic sector, and finally, a 360° full-stage configuration. The LES numerical parameters are carefully chosen based on a parametric study carried out using flat plates configurations. Several noise sources are studied using these configurations by (i) either analyzing the LES direct noise propagation in the fan stage, (ii) or separating the contributions of each noise source using a hybrid method coupling the LES results with an acoustic analogy. The numerical results are compared with predictions from available analytical models informed by the LES. Comparable results are observed between the two approaches. Some discrepancies can be explained by additional noise sources present in the LES that are not considered by the analytical models. Finally, the increase of noise levels in the full-span sector simulation, due to the periodic boundary condition, is evaluated by comparison to the 360° configuration.

**Keywords**: aeroacoustics, turbomachinery, fan noise, broadband noise, large-eddy simulation, secondary flows, direct noise computation.

**Résumé :**

La réduction du bruit des turboréacteurs est un enjeu important pour les fabricants de moteurs d'avion. L'étage soufflante/redresseur est considéré comme l'une des principales sources de bruit d'un turboréacteur, particulièrement pour les nouvelles architectures de moteurs d'avion, tel que les moteurs à très haut taux de dilution. Un grand nombre de travaux de recherche a été dédié aux composantes tonales du bruit des turboréacteurs, tandis que le bruit à large bande a reçu une attention moindre. En régime subsonique, les principales sources de ce bruit à large bande sont associées à l’interaction de l’écoulement turbulent avec les surfaces solides du moteur, telles que les aubes de la soufflante et du redresseur. Dans la présente étude, des simulations aux grandes échelles (SGE) compressibles sont effectuées sur un étage soufflante/redresseur réaliste pour modéliser l’écoulement turbulent et les émissions acoustiques dans l’étage de soufflante. A cette fin, trois configurations de complexité et de coût de calcul croissants sont considérées : une tranche radiale d’un secteur périodique, puis un secteur périodique à envergure complète, et enfin un étage à circonférence complète (360°). Les paramètres numériques des SGE sont soigneusement choisis en se basant sur une étude paramétrique effectuée sur des configurations simples de plaques planes. Différentes sources de bruit sont étudiées en utilisant ces configurations, (i) soit en analysant la propagation directe par la SGE dans l’étage de soufflante, (ii) soit en séparant les contributions de chaque source de bruit à l'aide d'une méthode hybride couplant les résultats des SGE avec une analogie acoustique. Les résultats numériques sont comparés aux prédictions obtenues par des modèles analytiques issus de la littérature, dont les données d’entrée sont extraites des SGE. Certaines différences peuvent être expliquées par des sources acoustiques présentes dans les SGE qui ne sont pas considérées dans les modèles analytiques. Enfin, la surestimation du bruit dans le calcul secteur à envergure complète, due aux conditions limites périodiques, est évaluée par comparaison à la configuration à 360°.

**Mots clés** : aéroacoustique, turbomachine, bruit de soufflante, bruit à large bande, simulation aux grandes échelles, écoulements secondaires, prédiction acoustique directe.