



Avis de Soutenance

Monsieur Valentin CARIES

Mécanique des fluides

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Modélisation de l'écoulement de jeu dans les rotors de compresseurs axiaux

dirigés par Monsieur Jérôme BOUDET

Soutenance prévue le **mercredi 11 juin 2025** à 13h30

Lieu : Bâtiments W1, 36 Av. Guy de Collongue, 69130 Écully, France

Salle : Amphi. 203

Composition du jury proposé

M. Jérôme BOUDET	Ecole Centrale de Lyon	Directeur de thèse
M. Sofiane KHELLADI	École nationale supérieure d'Arts et Métiers de Paris	Rapporteur
M. Nicolas GOURDAIN	ISAE-SUPAERO	Rapporteur
Mme Régiane FORTES-PATELLA	Institut National Polytechnique de Grenoble	Examinatrice
M. Andrew WHEELER	University of Cambridge	Examinateur
M. Xavier OTTAVY	Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique, CNRS	Examinateur
M. Eric LIPPINOIS	Safran Aircraft Engines	Invité

Mots-clés : Ecoulement de jeu, Compresseur axial, Turbomachines, Méthodes de panneaux, RANS, Détection de tourbillon

Résumé :

L'optimisation des performances des turbomachines, en particulier des compresseurs axiaux, constitue une priorité majeure dans la conception des moteurs d'avion. Parmi les phénomènes aérodynamiques importants, l'écoulement de jeu radial, situé entre l'extrémité des aubes de rotor et le carter, joue un rôle déterminant sur les performances, la stabilité et l'efficacité des compresseurs. Ce phénomène tridimensionnel et instationnaire est causé par une différence de pression entre les faces intrados et extrados des aubes, induisant une fuite d'air qui génère un lâcher de vorticités venant se déverser dans l'écoulement principal. Sa structure prédominante, le tourbillon de jeu, interagit avec l'écoulement environnant, provoquant des pertes aérodynamiques supplémentaires. Les simulations haute fidélité offrent une modélisation détaillée de ces écoulements complexes, mais leur coût de calcul important limite leur utilisation en phase préliminaire de conception. Pour pallier cette contrainte, une nouvelle approche bas ordre tridimensionnelle, appelée méthode de panneaux hybride (MPH), est proposée dans cette thèse. Cette démarche innovante permet une prédiction rapide et précise de l'écoulement potentiel autour d'un rotor caréné, tout en intégrant les effets liés à l'écoulement de jeu radial. L'approche combine, d'une part, une méthode de réseaux de vortex pour modéliser le moyeu et le carter, avec, d'autre part, une méthode de panneaux pour l'aube, son sillage et son écoulement de jeu. Ce dernier est représenté sous forme d'une nappe de vorticités. Des modèles existants ont été intégrés pour capturer les caractéristiques clés de l'écoulement de jeu, telles que la vitesse de l'écoulement dans le jeu, la trajectoire du tourbillon de jeu et les pertes associées. En outre, un algorithme de détection de vortex a été développé pour suivre la dynamique du vortex de jeu radial dans des simulations de plus haute fidélité afin de permettre une comparaison à l'approche bas ordre. Des comparaisons avec des simulations Navier-Stokes moyennes (RANS), sur un rotor de compresseur axial basse vitesse au point de rendement maximal, montrent que la MPH prédit correctement les tendances de chargement des aubes ainsi que les distributions radiales des variables de l'écoulement. Les écarts observés sont principalement liés au caractère non visqueux de la méthode et au modèle simplifié de son sillage. Malgré ces limites, la MPH reproduit fidèlement le comportement du tourbillon de jeu et présente une bonne concordance avec les résultats RANS en termes de trajectoire du tourbillon, de circulation et de pertes. Enfin, une analyse de sensibilité a révélé l'influence de paramètres tels que l'angle d'incidence et la taille du jeu. Si la méthode capture efficacement les tendances aérodynamiques globales, sa précision diminue pour des jeux de grande taille. Cependant, la MPH met en évidence un fort potentiel pour la conception préliminaire des compresseurs, offrant une possibilité de calcul plus rapide, de moins d'une minute, par rapport aux simulations RANS. Cette approche constitue donc un outil efficace et robuste pour l'exploration de nouvelles géométries de compresseurs.