

Soutenance de thèse

Alessio FIRRITO soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Caractérisation de la turbulence et du mélange dans le canal inter-turbine*»

Le 28 janvier 2022 à 10h00, Amphi 1 ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M.Nicolas BINDER	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Yannick BOUSQUET	Enseignant chercheur ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. Gérard BOIS	Professeur émérite Arts Métiers ParisTech	
Mme Paola CINNELLA	Professeure Sorbonne Université	Rapporteuse
M. Antoine DAZIN	Professeur Arts Métiers ParisTech	Rapporteur
M. Fabrizio FONTANETO	Professeur Von Karman Institute	
M. Ludovic PINTAT	Ingénieur SAFRAN	
M. Pierre SAGAUT	Professeur Université Aix-Marseille	

Résumé La réduction de consommation de carburant dans l'aéronautique est devenue un des principaux axes de recherche, afin de réduire l'empreinte environnementale de l'aviation, mais aussi pour réduire le coût d'exploitation des aéronefs. Les motoristes, outre l'étude des technologies de rupture, travaillent aussi à l'optimisation incrémentale des turbomachines afin d'en augmenter le rendement, en réduire le poids et en faciliter l'intégration. Les turbines sont à la fois les composants les plus lourds du moteur, et ceux dont leur rendement impacte le plus la consommation spécifique. Le lien entre la turbine haute pression et la turbine basse pression est assuré par le canal inter-turbine, étudié dans le cadre de cette thèse. Depuis une vingtaine d'années, les chercheurs et les industriels essaient d'optimiser ce composant, afin de le rendre plus compact et plus performant sur le plan aérodynamique. Ce processus d'optimisation est contraint par deux principales difficultés. Premièrement, la méconnaissance de l'écoulement en sortie de turbine haute pression, qui ne permet pas de quantifier exactement les non-homogénéités de l'écoulement en entrée. Deuxièmement, la forme globalement divergente des parois qui amplifient ces non-homogénéités d'entrée, en augmentant les pertes par mélange. Les études menées visent à quantifier les erreurs sur la prédiction des performances du canal inter-turbine par simulations numériques, induites par une mauvaise modélisation des pertes par mélange. Dans un premier temps, une configuration industrielle d'un banc d'essais est analysée, afin de démontrer l'impact d'une mauvaise description des non-homogénéités de l'écoulement (appelés distorsions) sur les performances du canal inter-turbine. De nombreuses simulations numériques RANS stationnaires et instationnaires ont été effectuées pour répondre à cette question, et comparées sur la base des mesures. Les pertes par mélange calculées démontrent une forte dépendance des différents mécanismes à la distorsion elle-même, et à l'état de la turbulence en entrée. Ainsi, une compréhension plus complète du mécanisme d'interaction entre distorsion et turbulence s'avère nécessaire pour la bonne conception du composant. Or ce sont deux caractéristiques de l'écoulement qui sont mal connues en sortie de turbine haute pression, du fait de la difficulté à mesurer dans de tels environnements. Une fois les mécanismes de base identifiés, deux simplifications de la géométrie seront proposées, afin d'étudier séparément les effets de la divergence des parois externes (diffusion) et de la déviation de l'aubage,

sur les pertes par mélange. Concernant la diffusion, l'évolution d'un sillage dans un divergent a été étudié sur un cas académique pour mieux comprendre et quantifier le mélange dans un tel environnement. Les simulations mettent en évidence le lien entre les pertes et la turbulence injectée en entrée. Une simulation de type LES permet de mieux comprendre ce phénomène d'interaction, et de vérifier la validité de l'approche RANS à deux équations pour laquelle un comportement anisotrope de la turbulence est hors de portée. Concernant l'influence de la déviation, l'évolution des pertes par mélange, qui diminuent ou augmentent avec celle-ci, est un débat ouvert depuis les années '50 en environnement turbine. Jusqu'à maintenant, la communauté scientifique a essayé de répondre à cette question au travers d'analyses complexes et résolues en temps de turbines conventionnelles. L'originalité et la simplicité de l'approche proposée dans ce mémoire se base sur une comparaison de deux géométries de turbines co- et contra-rotatives, avec la capacité d'étudier le sillage dans son propre repère de génération, sans l'utilisation de post-traitements complexes. Enfin, les résultats et les connaissances acquises sur les configurations simplifiées seront appliquées à la géométrie industrielle, et donneront lieu à des recommandations de dimensionnement du canal inter-turbine.

Mots-clés : Pertes de mélange, Pertes instationnaires, canal inter-turbine, Turbulence

Summary: With the aim of reducing the specific fuel consumption of aeronautical engines, an improvement of aerodynamic performances and axial dimension reduction of the TCF (Turbine Center Frame) is necessary. The TCF is an engine component placed between the high pressure turbine (HPT) and the low pressure turbine (LPT) in order to adapt HPT duct radius with the LPT duct radius. Generally the TCF is equipped with aerodynamic vanes in order to let mechanical elements passing through the duct. The presence of a double turning radius, vanes and HPT and LPT upstream and downstream of the TCF leads to massive losses. The objective of this work will be the physics comprehension of losses generation. The analysis performed highlights that the interaction between inlet flow distortion and turbulence is the main contribution on losses.

Keywords: inter-turbine duct, mixing losses, unsteady losses, Turbulence

