

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modélisation avancée des écoulements de jonction avec fermeture non-linéaire et approche hybride RANS/LES

Référence : **MFE-DAAA-2022-07**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 1/10/2022

Date limite de candidature : 20/5/2022

Mots clés

Turbulence, écoulements secondaires, jonction, CFD, RANS/LES

Profil et compétences recherchées

Ecole d'ingénieur et/ou Master Recherche

Bonnes connaissances en mécanique des fluides, aérodynamique et CFD. Une expérience en mécanique des fluides numériques (CFD) et réalisation de maillages serait appréciée. Un bon niveau en anglais exigé.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

L'écoulement au sein des zones de jonction (coins d'un diffuseur ou d'une entrée d'air, aile-fuselage d'un avion, aube de turbomachine-moyeu) est caractérisé par la présence d'écoulements secondaires comme illustré sur la figure 1. Ces écoulements secondaires, souvent regroupés sous le terme « tourbillons de coins », sont générés par l'interaction entre les couches limites des surfaces composant la jonction et par l'anisotropie et l'asymétrie des tensions de Reynolds qui en résulte.

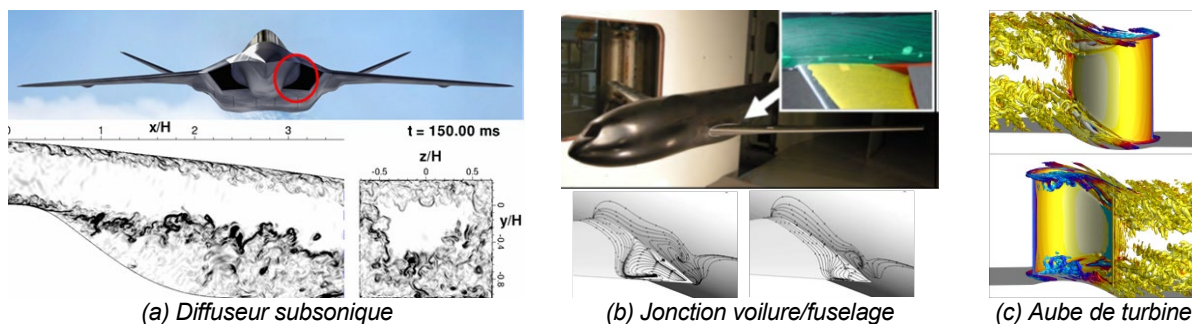


Fig. 1. Exemples applicatifs d'écoulements de jonction

Il est essentiel de prévoir l'évolution des tourbillons de coins car ceux-ci peuvent provoquer un décollement de couche limite au niveau de la jonction, nommé décollement de coin, susceptible de dégrader fortement les performances aérodynamiques de l'aéronef. Par exemple, les écoulements dans les diffuseurs sont caractérisés par des écoulements de coin dont la bonne prévision conditionne la taille de possibles décollements et par suite des grandeurs caractéristiques de la prise d'air (rendement, distorsions statiques et dynamiques). L'impact des écoulements secondaires est également de premier ordre pour les performances des turbomachines, de même que la conception des jonctions voilure/fuselage visant à minimiser la traînée parasite liée aux décollements de coin.

Afin de répondre à ce besoin de précision de la prévision des écoulements de jonction, l'approche de modélisation de la turbulence RANS est utilisée de manière standard en conception de forme aérodynamique. Cependant, les modèles de turbulence RANS les plus généralement utilisés reposent sur l'hypothèse de Boussinesq qui relie linéairement le tenseur de Reynolds au tenseur des déformations (hypothèse de viscosité turbulente linéaire), ce qui ne permet pas de rendre compte de l'anisotropie du tenseur de Reynolds responsable de l'apparition des tourbillons de coin.

L'utilisation de modèles à équations de transport pour les tensions de Reynolds permet de s'affranchir de l'hypothèse de Boussinesq, toutefois ces modèles se révèlent en pratique complexes à implémenter et mettre

en œuvre, relativement coûteux et peu robustes. Ceci justifie le développement des fermetures RANS non-linéaires pour les modèles classiques à une ou deux équations de transport, soit par la construction de nouveaux modèles de turbulence, soit par l'extension de modèles existants. Des améliorations significatives ont été obtenues ces dix dernières années avec la deuxième approche (par exemple la « Quadratic Constitutive Relation »). Des bases de données issues de simulations DNS de diffuseurs de section carrée à nombre de Reynolds modéré ont également permis de mieux appréhender du point de vue théorique la formation des tourbillons de coin dans ces conditions et d'analyser a priori le comportement mathématique de modèles RANS classiques.

D'autre part, la prévision des décollements minces et des phénomènes instationnaires liés aux écoulements de coin (distorsions dynamiques dans les entrées d'air, sollicitation vibratoires sur les structures de manière générale) implique d'utiliser des approches de simulation plus avancées permettant de reproduire la dynamique des échelles turbulentes les plus énergétiques. Les méthodes hybrides RANS/LES sont aujourd'hui les plus prometteuses pour traiter des configurations complexes à haut nombre de Reynolds. Pour ce type d'application impliquant des décollements minces, l'ONERA développe la Zonal Detached Eddy Simulation (ZDES) mode 3, pour laquelle la zone interne de la couche limite est modélisée en RANS et la zone externe est résolue en LES. Compte tenu des spécificités des écoulements de coin mentionnées précédemment, ce type d'approche nécessite d'être analysé en détails. En particulier la pertinence de l'utilisation d'une fermeture RANS non-linéaire en proche paroi peut se poser, de même que la définition de la position de l'interface RANS/LES dans les zones de coin.

Les travaux proposés dans le cadre de cette thèse s'inscrivent dans cette dynamique de recherche visant à faire progresser la compréhension physique et la modélisation des écoulements de jonction. Les objectifs scientifiques de la thèse sont donc premièrement de conduire une analyse et une interprétation physique des fermetures RANS non linéaires appliquées aux tourbillons de coin et deuxièmement d'adapter la formulation de l'approche ZDES mode 3 pour des couches limites de coin.

Pour cela, il s'agira d'appréhender un cadre théorique spécifique proposé dans la littérature permettant d'interpréter les forces et faiblesses des modèles de fermeture RANS dans le contexte des écoulements secondaires. La réalisation d'une simulation de référence sur une configuration académique permettra de mettre en œuvre ce type d'analyse théorique, d'identifier les modèles de fermeture les plus prometteurs et d'en proposer des améliorations, et d'analyser finement le comportement de la ZDES. Le cas échéant, l'implémentation dans un logiciel CFD de l'ONERA du meilleur modèle de fermeture a priori sera envisagée. Dans un second temps, les conclusions de l'étude académique seront appliquées à un cas plus applicatif (par exemple aube de compresseur, ou jonction voilure/fuselage, ou entrée d'air), en RANS et en ZDES.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département d'Aérodynamique
Aéroélasticité Acoustique (DAAA)

Lieu (centre ONERA) : Meudon

Contact : Fabien GAND

Tél. : 0146734192 Email : fabien.gand@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Sébastien DECK

Laboratoire : ONERA/DAAA/MSAT

Tél. : 0147734347

Email : sebastien.deck@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>