



Soutenance de thèse – Camille Fournis

Aerodynamic Force Prediction and Breakdown Using the Lamb Vector in Steady Compressible Flows.

Le 28 octobre 2021 à 14h

salle AY-02-63 sur le centre ONERA de Chalais-Meudon

Le format est **hybride présentiel/distanciel**.

Le lien JITSY Meet est le suivant : rdv.onera.fr/DefenseCamilleFournis.

Devant le jury composé de :

Examineurs :

Paola CINNELLA, professeure à Sorbonne Université et chercheuse à l'Institut d'Alembert de Jussieu,

Simon TRAPIER, ingénieur à AIRBUS,

Jacques MAGNAUDET, ingénieur de recherche à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT),

Michel COSTES, ingénieur de recherche à l'ONERA,

Renato TOGNACCINI, professeur à Università di Napoli Federico II,

Didier BAILLY, ingénieur de recherche à l'ONERA,

Rapporteurs :

Sven SCHMITZ, professeur à The Pennsylvania State University,

Antoine SELLIER, professeur à l'Ecole Polytechnique et chercheur au LadHyX/CNRS,

Directeur de thèse :

Michel COSTES, ingénieur de recherche à l'ONERA,

Renato TOGNACCINI (Università di Napoli Federico II).

Encadrant :

Didier BAILLY, ingénieur de recherche à l'ONERA,

Invité :

Franck HERVY, ingénieur à la Direction Générale de l'Armement (DGA)

Résumé

Aerodynamic Force Prediction and Breakdown Using the Lamb Vector in Steady Compressible Flows

Accurately predicting the lift and the drag exerted on aircraft has always remained essential for the designer. In order to develop the future commercial aircraft that minimize fuel burn and hence operating costs and environmental footprint, the designer needs to clearly identify the phenomenological sources of lift and drag. This is done by means of far-field force decomposition methods like the Lamb-vector-based formulation. This formulation is new, very promising, but the corresponding force decomposition is sensitive to the reference point used for moment computation, dependent on the size of the integration domain, unable to provide a robust definition for the wave drag, and the physical role of compressibility in lift and drag is still not identified. This study has consisted in developing a reference-point-invariant Lamb-vector-based decomposition allowing to better understand this role and to assess the wave drag in transonic flows. For this purpose, the far-field flow symmetries have been investigated in order to enforce the invariance to the reference point. A physical interpretation of the role of compressibility in lift and drag has been made possible by emphasising the relationship between the Lamb-vector-based decomposition and classical aerodynamic theories. Finally, a practical definition for the wave drag using the Lamb vector has been devised.

Keywords: Lift ; Drag ; Vorticity ; Far-Field ; Aerodynamics ; Compressibility ; CFD

Prévision et Décomposition de la Force Aérodynamique Basée sur le Vecteur de Lamb en Écoulement Compressible Visqueux

L'évaluation précise de la portance et de la traînée exercées sur un avion est incontournable pour l'ingénieur aérodynamicien. Afin de concevoir de futurs avions commerciaux qui minimisent la consommation de carburant, et donc les coûts d'exploitation et l'empreinte environnementale, l'ingénieur doit clairement identifier les sources phénoménologiques de la portance et de la traînée. Pour ce faire, il utilise des méthodes de décomposition de la force aérodynamique en champ lointain, comme par exemple la formulation basée sur le vecteur de Lamb. Cette formulation est nouvelle, très prometteuse, mais la décomposition de la force aérodynamique proposée est sensible au point de référence utilisé pour le calcul des moments, dépendante de la taille du domaine d'intégration, incapable de fournir une définition robuste de la traînée d'onde, et le rôle physique de la compressibilité dans la portance et la traînée n'est toujours pas identifié. Cette étude a consisté à développer une décomposition basée sur le vecteur de Lamb invariante vis à vis du point de référence permettant de mieux comprendre ce rôle et d'évaluer la traînée d'onde en écoulement transsonique. Dans ce but, les symétries de l'écoulement dans le champ lointain ont été étudiées afin de garantir l'invariance vis à vis du point de référence. Une interprétation physique du rôle de la compressibilité dans la portance et la traînée a été rendue possible en soulignant la relation entre la décomposition basée sur le vecteur de Lamb et les théories aérodynamiques classiques. Enfin, une définition pratique de la traînée d'onde utilisant le vecteur de Lamb a été élaborée.

Mots-clés : Portance ; Traînée ; Vorticité ; Champ lointain ; Aérodynamique ; Compressibilité ; CFD