



# I N V I T A T I O N

Understanding and prediction of flow physics on a boundary layer ingestion air intake for a commercial aircraft

*Etude et prédiction des écoulements aérodynamiques sur une entrée d'air de moteur à ingestion de couche limite pour un avion commercial*

## **Soutenance de thèse – Hector SOLORZANO FLORES**

**Mercredi 20 décembre 2023 à 14H00**

En présentiel : **Salle J1.00.01 - ONERA Meudon**

En distanciel : **Jitsi** : [https://rdv.onera.fr/Soutenance\\_these\\_Solorzano](https://rdv.onera.fr/Soutenance_these_Solorzano)

Devant le jury composé de :

- **Directeur de Thèse :**
  - Julien DANDOIS, Directeur de Recherche, ONERA/DAAA
- **Encadrant de Thèse :**
  - Olivier ATINAULT, Ingénieur, ONERA/DAAA
- **Rapporteurs :**
  - David MacManus, Professeur, Cranfield University
  - Nicolas Gourdain, Professeur, ISAE-SUPAERO, University of Toulouse
- **Examineurs :**
  - Arne Seitz, Docteur, Bauhaus Luftfahrt e. V.
  - Eric Goncalves, Professeur, Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique
- **Invité :**
  - Cyril Bonnaud, Ingénieur, Airbus Operations SAS

\*\*\*

## **Abstract / Résumé :**

The BLI (Boundary Layer Ingestion) concept proposes to ingest and take advantage of the low momentum in the boundary layer to generate thrust in a more efficient way. This potential improvement has several drawbacks that make it difficult to fulfil some engine requirements. One of these requirements particularly concerns the flow distortion at the engine intake affected by a loss of total pressure and tangential velocities at the Aerodynamic Interface Plane (AIP).

The objective of the research was to identify the primary physical phenomena involved in a boundary layer ingestion intake, estimate the aerodynamic distortion generated by these physical phenomena, and analyse the predictive capacity of different turbulence models. The study was conducted using a BLI intake semi-buried on a flat plate, which did not take into account the effect of any compression stage. The geometry was studied both numerically and experimentally under transonic conditions. The main parameter varied in the study was the mass flow that passed through it. In addition, other important boundary layer ingestion parameters, such as the boundary layer thickness or freestream Mach number were analysed.

The wind tunnel tests were compared with the results of numerical simulations with different turbulence models. The most common turbulence models in the industry were used, such as  $k\omega$ -SST or Spalart-Allmaras including some of its corrections, in addition to a RSM model and a ZDES computation. The comparisons were made using the static pressure taps, Kulite transducers, and a rake with 40 pressure sensors located at the AIP. The flow behaviour and stationary phenomena were compared, in addition to the unsteady behaviour by spectral analysis. Finally, the distortion levels generated in the tests were compared with those predicted by numerical methods.

-----

*Le concept BLI (Boundary Layer Ingestion ou ingestion de couche limite) propose d'ingérer et de profiter de la faible quantité de mouvement dans la couche limite pour générer une poussée de manière plus efficace. Cette amélioration potentielle présente plusieurs inconvénients qui rendent difficile le respect de certaines contraintes du moteur. L'une de ces contraintes concerne particulièrement la distorsion d'écoulement à l'entrée du moteur, affectée par une perte de pression totale et des vitesses tangentielles au plan d'interface aérodynamique (AIP).*

*L'objectif de la thèse était d'identifier les principaux phénomènes physiques impliqués dans une prise d'air ingérant une couche limite, d'estimer la distorsion aérodynamique générée par ces phénomènes physiques et d'analyser la capacité prédictive de différents modèles de turbulence. L'étude a été menée en utilisant une prise d'air BLI semi-enfouie sur une plaque plane, non munie d'un étage de compression. La géométrie a été étudiée à la fois numériquement et expérimentalement dans des conditions transsoniques. Le principal paramètre variant dans l'étude était le débit massique qui la traversait. En outre, d'autres paramètres importants d'ingestion de couche limite, tels que l'épaisseur de la couche limite ou le nombre de Mach de l'écoulement libre, ont été analysés.*

*Les essais en soufflerie ont été comparés aux résultats des simulations numériques avec différents modèles de turbulence. Les modèles de turbulence les plus courants dans l'industrie ont été utilisés, tels que  $k\omega$ -SST ou Spalart-Allmaras, y compris certaines de ses corrections, en plus d'un modèle RSM et d'un calcul ZDES. Les comparaisons ont été effectuées à l'aide de prises de pression statique, de transducteurs Kulite et d'un peigne de 40 capteurs de pression instationnaires situés à l'AIP. Le comportement de l'écoulement et les phénomènes stationnaires ont été comparés, ainsi que le comportement instationnaire par analyse spectrale. Enfin, les niveaux de distorsion générés lors des essais ont été comparés à ceux prédits par les méthodes numériques.*

**Key words / Mots clés :**

Transonic flow, Boundary layer ingestion, Flow separation, Unsteady flow

*Écoulement transonique, Ingestion de couche limite, décollement, écoulement instationnaire*