



Modélisation et simulation numérique avancée du phénomène de décrochage par  
une méthode hybride RANS/LES avec prise en compte  
de la transition laminaire-turbulent

*Modeling and advanced numerical simulation of static stall using a hybrid  
RANS/LES method accounting for laminar-turbulent transition effects*

Soutenance de thèse – Michel BOUCHARD

**Jeudi 12 janvier 2023 à 14 H 00**

En présentiel : Salle AY-02-63 – Onera Meudon

En distantiel : Jitsi [https://rdv.onera.fr/12\\_01\\_2023\\_soutenance\\_Michel\\_Bouchard](https://rdv.onera.fr/12_01_2023_soutenance_Michel_Bouchard)

**Devant le jury composé de :**

- **Directeurs de Thèse :**
  - \* Sébastien DECK (Directeur de recherche), ONERA, DAAA/MSAT, Meudon, France
  - \* Michel COSTES (Directeur de recherche), ONERA, DAAA/MSAT, Meudon, France
- **Président du jury :**
  - \* Paola CINNELLA (Professeur), Sorbonne Université, Paris, France
- **Rapporteurs :**
  - \* Eric GONCALVES DA SILVA (Professeur), ENSMA, Poitiers, France
  - \* Michel VISONNEAU (Directeur de recherche), CNRS, Paris, France
- **Examineurs :**
  - \* Karen MULLENERS (Professeur assistant), EPFL, Lausanne, Suisse
  - \* Jean-Christophe ROBINET (Professeur), ENSAM, Paris, France
- **Encadrant :**
  - \* Julien MARTY (Ingénieur de recherche), ONERA, DAAA/H2T, Meudon, France

---0---

**Résumé / Abstract**

Ces travaux visent à déterminer, à l'aide de simulations hybrides RANS/LES, les interactions entre transition laminaire-turbulent par bulbe de décollement et phénomènes inhomogènes et instationnaires, qui apparaissent lors du décrochage statique d'un profil. Le cadre RANS gamma-Reynolds(theta,t) de modélisation de la transition est choisi pour un couplage au modèle hybride ZDES mode 2 (2020). Quatre enjeux de ce couplage sont explorés : traitement RANS des couches limites laminares et transitionnelles, traitement LES des zones de décollement massif de couches limites, équilibre entre production et destruction de turbulence modélisée et préservation du comportement du modèle gamma-Reynolds(theta,t).

Une étude approfondie du décrochage statique du profil OA209 est menée à l'aide du modèle construit. Un scénario est proposé pour expliquer l'apparition d'oscillations basse fréquence et de cellules de décrochage, faisant intervenir une interaction forte entre zone de décollement massif et zone de transition.

.../...

*This work aims at determining, by means of hybrid RANS/LES computations, the interactions between separation-induced laminar-turbulent transition and the inhomogeneous and unsteady phenomena which occur at the onset of static stall of an airfoil. The RANS gamma-Reynolds( $\theta, t$ ) transition modeling framework is chosen to be coupled with the robust hybrid method ZDES mode 2 (2020). Four salient aspects of the coupling process are explored in-depth : RANS treatment of laminar and transitional boundary layers, LES treatment of massively separated regions, balance between production and destruction of modeled turbulence and non-destruction of the transitional gamma-Reynolds( $\theta, t$ ) branch by the LES mode.*

*A thorough study of the static stall process of the OA209 airfoil is then conducted using the new hybrid model. A scenario explaining the advent of low-frequency oscillations and stall cells is finally proposed, using a strong interaction process between transitional region and massively separated flow region.*

### **Mots clés / Key words**

MODELISATION DE LA TURBULENCE ; HYBRIDE RANS/LES ; DECROCHAGE STATIQUE MIXTE ;  
TRANSITION LAMINAIRE-TURBULENT ; OSCILLATIONS BASSE FREQUENCE ; CELLULES DE DECROCHAGE

*TURBULENCE MODELING ; HYBRID RANS/LES ; MIXED-TYPE STATIC STALL ; LAMINAR-TURBULENT  
TRANSITION ; LOW-FREQUENCY OSCILLATIONS ; STALL CELLS*