

# I N V I T A T I O N

## **Extension de la méthode des paraboles pour la prévision de la transition laminaire-turbulent déclenchée par le 2nd mode de Mack dans le code elsA**

*Extension to hypersonic flows of the parabolas method for the laminar-turbulent transition prediction triggered by 2nd Mack mode in RANS code elsA*

### **Soutenance de thèse – Xavier CHANTEUX**

**Vendredi 24 novembre 2023 à 14H00**

En présentiel : **Salle AY.02.63 - ONERA Meudon**

En distanciel : **Jitsi** : [https://rdv.onera.fr/soutenance\\_these\\_Chanteux](https://rdv.onera.fr/soutenance_these_Chanteux)

Devant le jury composé de :

- **Directeur de Thèse :**
  - Hugues DENIAU, Ingénieur de recherche, ONERA
- **Encadrant de Thèse :**
  - Guillaume BEGOU, Ingénieur de recherche, ONERA
- **Rapporteurs :**
  - Marina Olazabal Loumé, Ingénieure de recherche, CEA-Cesta
  - Eric Goncalves da Silva, Professeur, ISAE-ENSMA
- **Examineurs :**
  - Christian Tenaud, Senior Researcher, CNRS
  - Jean-Christophe Robinet, Professeur, ENSAM

\*\*\*

### **Résumé / Abstract :**

Dans le cadre du design de véhicules hypersoniques, la prévision de la nature laminaire ou turbulente de la couche limite (zone de l'écoulement proche paroi où se concentrent les effets de viscosité) est importante pour la bonne prévision du flux de chaleur et de la traînée visqueuse. En effet, une couche limite laminaire présentera un frottement et un flux de chaleur cinq à dix fois plus faible que son pendant turbulent. Cette couche limite,

initialement laminaire, est soumise à des perturbations environnementales. Ces dernières sont alors filtrées, au travers d'un processus de réceptivité, sous la forme d'instabilités harmoniques appelées modes. Ces modes connaissent alors une croissance linéaire, suivie d'interactions non-linéaires qui conduisent à la turbulence : c'est le phénomène de transition laminaire-turbulent.

Cette thèse s'inscrit dans la continuité des travaux liés à la modélisation de la transition laminaire-turbulent à l'ONERA, parmi lesquels le modèle  $N-\sigma p$  (lire N sigma P) permet de déterminer une position de transition connaissant l'évolution du taux de croissance linéaire des paraboles. On s'intéresse à l'extension du domaine d'application de la méthode des paraboles aux écoulements hypersoniques et, en particulier, à un type d'instabilité présent en régime hypersonique : le second mode de Mack. Cette extension est ensuite intégrée au modèle NSP dans le solveur *elsA*.

-----

*In the context of hypersonic vehicle design, the prediction of the turbulent or laminar state of the boundary-layer (near wall thin layer of fluid where viscous effects are predominant) is of importance to estimate the heat fluxes and viscous drag. The latter have a five to ten times lower magnitude in a laminar boundary-layer. The initially laminar boundary-layer is subject to environmental perturbations that lead, through a process termed receptivity to the emergence of harmonic modes that undergo a laminar amplification, followed by non-linear interactions and a breakdown to turbulence.*

*This work follows on laminar-turbulent transition modeling works at ONERA, among which the  $N-\sigma p$  (read N sigma P) model that allows to predict a transition location from the linear amplification rates of instabilities. The latter are obtained from a surrogate model called the paraboloids method. This work focuses on the extension of the paraboloids method to a type of instability existing in the majority of hypersonic flows : the second Mack mode. This extension is then added to the NSP model in the RANS solver *elsA*.*

**Mots clés / Key words:**

Hypersonique, transition laminaire-turbulent, instabilités, stabilité linéaire locale, méthode des paraboles

*Hypersonic, laminar-turbulent transition, instabilities, local linear stability theory, paraboloids method*