

**Etude DNS de la transition déclenchée par rugosité dans les écoulements hypersoniques***DNS study of roughness-induced transition in hypersonic flows*Soutenance de thèse – **Julien LEFIEUX****Lundi 15 février 2021 à 14h00**[https://rdv.onera.fr/Soutenance\\_15022021\\_JLefieux](https://rdv.onera.fr/Soutenance_15022021_JLefieux)**Devant le jury composé de :**

- **Rapporteurs :**
  - ❖ Éric GONCALVES, Professeur des Universités, ENSMA, Poitiers, France
  - ❖ Jean-Christophe ROBINET, Professeur des Universités, Laboratoire DynFluid, Paris, France
- **Examineurs :**
  - ❖ Paola CINNELLA, Professeur des Universités, Institut Jean le Rond d'Alembert, Paris, France
  - ❖ Christian TENAUD, Directeur de recherche, EM2C, Gif-Sur-Yvette, France
- **Directeur de Thèse :**
  - ❖ Eric GARNIER, Directeur de Recherche, ONERA
- **Encadrant de Thèse :**
  - ❖ Jean-Philippe BRAZIER, Ingénieur de recherche, ONERA DMPE, Toulouse, France
- **Invités :**
  - ❖ Neil SANDHAM, Professeur des Universités, University of Southampton, Southampton, UK
  - ❖ Antoine DURANT, Ingénieur, MBDA France, Le Plessis Robinson, France
  - ❖ Pascal THORIGNY, Ingénieur, DGA, Bruz, France

**Résumé :**

Cette étude s'inscrit dans le cadre des études et recherches sur de futurs véhicules hypersoniques à propulsion aérobie. Pour ce type de véhicule, il est souvent nécessaire de déclencher la transition laminaire-turbulent en amont des prises d'air, au moyen de rugosité. Le travail de cette thèse consiste donc à étudier finement les mécanismes de transition déclenchée par rugosité dans les écoulements hypersoniques. La première partie de ce travail est dédiée à la mise en place et à la validation de la stratégie de calcul permettant l'étude de la transition déclenchée par rugosité avec le solveur elsA. Cette stratégie numérique a ensuite été utilisée pour étudier les mécanismes de transition auto-entretenu induits par une rugosité isolée sur une plaque plane à Mach 6 et  $Re = 40,000$ . Le mouvement des tourbillons dans la zone de recirculation amont s'est avéré responsable de l'instabilité en aval, tandis que les instabilités convectives sinusoïdales et variées ont été identifiées dans le sillage de la rugosité au moyen de la POD spectrale et de la LST-2D. Des simulations numériques directes ont été réalisées avec la méthode Chimère afin d'identifier les mécanismes de transition déclenchée par rugosité sur un avant-corps générique à Mach 6 et un nombre de Reynolds de  $Re = 11$  million (/m). Un accord raisonnable a été obtenu avec les résultats des tests effectués dans la soufflerie silencieuse BAM6QT de l'Université de Purdue, en terme de flux de chaleur et de fluctuations de pression à la paroi. Une rugosité isolée a été considérée. La présence de la rugosité dans l'écoulement de base non-homogène en envergure génère un tourbillon de type crossflow. Des instabilités secondaires du tourbillon de crossflow stationnaire sont observées à haute fréquence dans le sillage de la rugosité et sont considérées comme responsables de la transition. Des calculs de stabilité linéaire bi-locale ont été effectués à différentes positions axiales. L'approche de stabilité linéaire s'est révélée précise pour la prévision des modes propres, des fréquences les plus amplifiées et du taux d'amplification des instabilités. L'effet d'une rangée de rugosités et l'effet de la hauteur de rugosité sur la transition laminaire-turbulent dans l'écoulement autour de l'avant-corps hypersonique ont également été étudiés.

**Mots clés :** Hypersonique, rugosité, transition laminaire-turbulent, DNS, stabilité