

SOUTENANCE DE THESE

Nicolas BONNE

Stabilité de l'interaction onde de choc/couche limite laminaire

Mardi 27 Mars 2018 à 14h00 - Salle AY0263 à l'ONERA Meudon

Devant le jury composé de :

• M. Jean-Christophe Robinet	Arts et Métiers	Rapporteur
• M. Christophe CORRE	École Centrale de Lyon	Rapporteur
• M. Lionel Larchevêque	IUSTI	Examineur
• M. Christian Tenaud	LIMSI	Examineur
• Mme. Marianna Braza	IMFT	Examineur
• M. Phillipe Meliga	M2P2	Examineur
• M. Jean Perraud	ONERA/Toulouse	Membre invité
• M. Laurent Jacquin	ONERA/Palaiseau	Directeur de thèse
• M. Denis Sipp	ONERA/Meudon	Co-Directeur de thèse
• M. Vincent Brion	ONERA/Meudon	Encadrant de thèse

Résumé

Le phénomène d'interaction onde de choc/couche limite (CL) est omniprésent en aérodynamique. De manière générale, il génère des oscillations basses fréquences qui peuvent être néfastes pour les machines. L'exemple typique est le tremblement de l'onde de choc sur profil d'aile en régime transsonique, dangereux car il peut exciter les modes de structure de l'aile et potentiellement la rompre. Ce type de phénoménologies a été largement étudié en condition de CL amont turbulente, ce qui a donné lieu à des scénarios physiques crédibles et des méthodologies d'étude efficaces, notamment les analyses de stabilité sur champs turbulents moyennés (RANS). Toutefois la technologie laminaire, c'est-à-dire l'utilisation de CL laminaires en vue de réduire la consommation des avions représente un nouveau challenge scientifique sur cette problématique. La physique est en effet fortement impactée par la nature laminaire de la CL, notamment du fait de la faible résilience de celle-ci aux gradients de pression adverses et à la transition turbulente.

Cette thèse a ainsi porté les méthodes d'analyse de stabilité sur champ RANS pour les situations de CL laminaire.

L'originalité et l'apport de l'étude résident dans la prise en compte des modèles de transition dans l'approche linéarisée sur champ RANS. Les modèles utilisés (RANS et transition) ont donc été linéarisés afin de réaliser des études de stabilité en perturbant toutes les variables aérodynamiques. La validation de la méthode a été réalisée par comparaison avec des résultats expérimentaux et de simulation (LES) sur deux configurations d'application. La première configuration est le cas de la réflexion d'un choc oblique sur une plaque plane. La deuxième est celle du choc droit à l'extrados d'un profil en condition transsonique. Ces deux cas sont en condition de CL laminaire à l'amont du choc.

Des analyses de stabilité et de résolvant ont été réalisées. Ces approches ont permis de caractériser le comportement d'oscillateur/amplificateur des écoulements en question et d'analyser la physique des instationnarités observées dans les expériences.

Le cas de la réflexion de choc est caractérisé par trois fréquences. L'analyse de stabilité montre que celles-ci ne correspondent pas à des modes globaux instables mais à une dynamique d'amplificateur de l'écoulement. L'analyse de résolvant identifie bien ces trois fréquences. L'analyse des réponses optimales, couplée à une analyse de stabilité locale, a ensuite permis de proposer des scénarios physiques de ces dynamiques.

Dans le cas du choc droit sur profil en régime transsonique, l'écoulement apparaît globalement instable. Deux modes d'instabilité sont identifiés. Le premier à basse fréquence correspond au phénomène de tremblement observé en conditions turbulentes. Le deuxième apparaît à plus haute fréquence, et correspond à un mode d'oscillation de la bulle de séparation présente sous le pied de choc.

Plus largement, la thèse permet de suggérer que certaines dynamiques dans ce type d'interaction procèdent de mécanismes similaires liés à la respiration de la bulle de séparation laminaire.

Mots clés : CHOC, COUCHE LIMITE, TRANSITION, SEPARATION, STABILITE GLOBALE, RESOLVENT, RANS