



Etude expérimentale de l'influence de la rugosité de surface sur la transition laminaire/turbulent d'une couche limite 2D incompressible

Soutenance de thèse – Félix Ducaffy
Vendredi 08/07/2022 à 10h
Auditorium du centre de Toulouse

Devant le jury composé de :

- Estelle PIOT
- Maxime FORTE
- Annie LEROY
- Sandrine AUBRUN
- Jean-Christophe ROBINET
- Grégoire CASALIS

Résumé

L'influence de la rugosité de surface sur la transition laminaire/turbulent d'une couche limite 2D incompressible est examinée de manière expérimentale en soufflerie. En particulier, l'effet de la rugosité de surface sur la réceptivité, et surtout l'amplification des ondes de Tollmien-Schlichting (ondes T-S) est analysée. Une expérience dont la rugosité de surface peut être partiellement changée est conçue en usinant une plaque plane pour que trois inserts rectangulaires amovibles y soient placés. Ces inserts sont soit lisses (usinés en métal) soit rugueux, fabriqués par une imprimante 3D à stéréolithographie. La plupart des résultats sont obtenus par l'anémométrie à fil chaud.

Si les premiers résultats ont permis de mettre en lumière un potentiel effet de la rugosité de surface sur la réceptivité des ondes de Tollmien-Schlichting, l'essentiel de ce manuscrit est consacré à l'étude de la suramplification de ces instabilités en présence de rugosité de surface. L'accent est dans un premier temps mis sur l'étude des phénomènes par lesquels la rugosité de surface suramplifie les ondes T-S. Aucune déformation du profil moyen n'est constatée mis à part une légère inflexion à proximité immédiate de la rugosité, mais les études effectuées montrent la limite de l'anémométrie à fil chaud pour les études dans les régions aussi proches de la paroi. La possibilité que la rugosité de surface génère des stries est étudiée et confirmée, mais dans certains cas spécifiques seulement. Cette génération de stries semble en effet n'avoir lieu que lorsque la rugosité de surface possède les longueurs d'ondes transversales adaptées, au sens de la théorie des perturbations optimales, pour déclencher ce type d'instabilités.

L'avancée de la position de transition est ensuite étudiée de manière quantitative en fonction des paramètres de hauteur moyenne, de position et de longueur de la zone rugueuse. Des positions de transition obtenues dans les cas avec rugosité sont déduits des ΔN , représentant un surcroît d'amplification des ondes T-S. Pour une longueur de rugosité donnée, la hauteur moyenne adimensionnée par l'épaisseur de déplacement ($R a / \delta^+ 1$) semble être un paramètre majeur et l'évolution ΔN induit par la rugosité en fonction de ce paramètre est proche d'une loi linéaire. Aucune influence de la position le long de la plaque plane n'est observée tant que la réceptivité n'est pas modifiée. La longueur de la zone rugueuse se révèle également être un paramètre fondamental, et donner lieu là encore à une évolution proche d'une loi linéaire de ΔN .

Basées sur ces résultats expérimentaux, deux modélisations, dites par ΔN et ΔN réparti inspirées des modèles en ΔN utilisés dans le cadre des rugosités 2D localisées ont été mises au point pour calculer le ΔN induit par une surface rugueuse. La première est une approche globale quand la seconde propose une formulation locale.

Mots clés : couche limite, transition, rugosité de surface, ondes de Tollmien-Schlichting