

Offre de thèse - Institut PPRIME/CESAME-EXADEBIT

Etude expérimentale de la transition de couche limite et des décollements supersoniques en tuyère Venturi

Laboratoires d'accueil : Institut Pprime (CNRS, UPR3346)

Durée - Période : 3 ans (à partir d'octobre 2018)

Profil recherché : Ecole d'Ingénieurs, Université Master 2

Compétences attendues : mécanique des fluides compressibles, techniques expérimentales, traitement de signal

Encadrement : Vincent Jaunet (ENSMA), Eric Goncalvès (ENSMA), Rémi Maury (CESAME-EXADEBIT)

Contacts : vincent.jaunet@ensma.fr / 05 49 36 60 33

La modélisation de la transition laminaire/turbulent de couches limites à haute vitesse représente un enjeu fondamental pour le dimensionnement de nombreuses applications dans les domaines du transport, de l'aéronautique ou de la défense et la sécurité. Les études fondamentales ont néanmoins à ce jour peu concerné les géométries complexes tandis que l'influence de rugosités distribuées reste largement inexploré. Les corrélations et modèles existant pour représenter ces phénomènes dans ces situations restent ainsi très empiriques et leur cadre d'application trop limité.

Le travail de thèse proposé vise plus particulièrement à caractériser le comportement de la transition de couche limite en géométrie cylindrique ayant lieu près du col de tuyères soniques (convergentes/divergentes). Ces tuyères constituent un organe fondamental de la mesure du débit massique de gaz et sont utilisées depuis les années 70 comme étalon de transfert. L'entreprise CESAME-EXADEBIT (laboratoire associé au Laboratoire National de Métrologie et d'Essais) détient ainsi le banc primaire national de débitmétrie gazeuse qui lui permet d'étalonner ces tuyères, qui sont ensuite utilisées sur un banc secondaire pour calibrer des compteurs de gaz ou autres instruments relevant des mesures de débit de gaz. Même s'il n'a jamais été possible de sonder localement in situ l'écoulement près de la zone de col, le comportement global de ces tuyères est relativement bien maîtrisé pour des plages de niveau modéré de pression de fonctionnement pour lesquelles un régime laminaire de couche limite est attendu au niveau du col des tuyères. Le comportement des couches limites et l'évolution des coefficients de décharge des tuyères pour des plages de pression plus importantes reste néanmoins plus complexe à appréhender. Des mécanismes de transition non-modale (transitoire ou by-pass), peu connus pour ces géométries, sont en effet suspectés de pouvoir conduire à un comportement variable de la transition près du col de la tuyère qui dépendrait beaucoup de l'état de surface et du détail de la géométrie. Notre objectif est de pouvoir mieux caractériser et modéliser ces mécanismes afin de mieux maîtriser les incertitudes d'estimation des coefficients de débit de ces tuyères.

Le projet est mené en collaboration entre PPRIME/ISAE-ENSMA et l'entreprise CESAME-EXADEBIT. Le travail consistera à suivre la mise au point de bancs expérimentaux et de la métrologie associée, puis participer aux essais qui seront réalisés conjointement par l'entreprise CESAME-EXADEBIT et l'institut PPRIME. L'étude considérera tout d'abord des essais en géométrie plane à pression modérée, permettant l'utilisation des moyens conventionnels de mesures et de visualisations fines dans la partie interne d'une tuyère dont le design sera optimisé pour reproduire des effets d'accélération, de Reynolds et de gradient de pression comparables aux géométries des tuyères cylindriques utilisées en pratique. La localisation axiale moyenne de la transition de la couche limite se fera au moyen de visualisations strioscopiques et sera corroborée à des mesures de flux de chaleur en paroi. La structure spatiale et fréquentielle des fluctuations de vitesse sera principalement caractérisée par LDV (Laser Doppler Velocimetry) et sera confrontée aux résultats des études théoriques et numériques de stabilité sur cette configuration. Les mécanismes du possible désamorçage associé au décollement de la couche limite en région proche du col seront ensuite étudiés au moyen de visualisations strioscopiques résolues en temps synchronisées à des mesures de pressions instationnaires (Kulite) en paroi de la tuyère. Les niveaux de fluctuation de pression attendus pour ce phénomène devraient être par ailleurs suffisamment élevés pour réaliser une mesure de pression en paroi par Peinture Sensible à la Pression résolue en temps (en cours de développement au laboratoire PPRIME). Ces études seront progressivement étendues en configuration cylindrique et pour des gammes de pression plus élevées.