

## Soutenance de thèse

**Gabriele NASTRO** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Stabilité non-modale des jets ronds inhomogènes*»

**Le 29 octobre 2020 à 14h00, AMPHI 2 ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. Laurent JOLY	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Jérôme FONTANE	Professeur Associé ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. Lutz LESSHAFFT	Professeur École polytechnique	Rapporteur
M. Paolo LUCHINI	Professeur Università degli Studi di Salerno	Rapporteur
M. Jean-Christophe ROBINET	Professeur Arts et Métiers ParisTech	
M. Pierre BRANCHER	Professeur Université Toulouse 3	

**Résumé :** L'objectif de cette thèse est d'analyser le potentiel de croissance transitoire des perturbations bidimensionnelles et tridimensionnelles dans les jets ronds inhomogènes, depuis leur phase initiale quasi-parallèle jusqu'à l'enroulement non linéaire induit par l'instabilité primaire axisymétrique de Kelvin-Helmholtz (KH). Une analyse linéaire de stabilité non-modale est effectuée sur la base d'une approche directe-adjointe afin d'identifier les mécanismes physiques de croissance aux temps courts et l'émergence d'instabilités secondaires. La recherche de perturbations optimales par adoption d'une approche non-modale est justifiée par la non-normalité de l'opérateur linéaire de Navier-Stokes et le caractère instationnaire de l'écoulement de base. La première partie concerne les jets ronds homogènes dont les perturbations optimales aux temps courts sont des perturbations, dites de type OL, dont la croissance s'appuie sur la synergie des mécanismes de Orr et de lift-up. Dans cette phase où l'écoulement de base est quasi-parallèle, cette croissance transitoire est universelle quel que soit le nombre d'onde azimutal. Pour des temps horizon plus longs, les perturbations optimales prennent la forme d'instabilités elliptiques (type E) centrées dans le cœur à bas nombre d'onde azimutal et évoluent vers des instabilités hyperboliques (type H) localisées dans la tresse à nombres d'onde azimutal et de Reynolds croissants. Nous examinons aussi l'influence du rapport d'aspect du jet  $\alpha$  entre le rayon du jet et l'épaisseur de la couche cisailée. Un anneau tourbillonnaire à faible rapport d'aspect s'avère très sensible à la perturbation hélicoïdale. L'augmentation du rapport d'aspect du jet favorise les modes secondaires à grande périodicité azimutale et diminue la sélectivité d'échelle azimutale, en conformité avec les observations expérimentales de Liepmann & Gharib (1992). La deuxième partie est consacrée aux perturbations optimales qui se développent sur un jet rond à masse volumique variable. La production barocline de vorticité dans l'écoulement de base induit une asymétrie dans les deux couches allongées caractéristiques des perturbations de type OL. Quel que soit le nombre d'onde azimutal  $m$ , l'évolution initiale des perturbations est similaire à celle des perturbations se développant sur un jet parallèle diffusé, ce indépendamment du nombre de Atwood. La croissance secondaire de l'énergie reste associée au développement d'instabilités de type E et de type H. Dans le cas du jet léger, l'instabilité de type H se situe dans une région où le taux de déformation de l'état de base est plus élevé que dans les jets homogènes et lourds. Dans cette région, les perturbations à grand  $m$  prennent la forme de tourbillons longitudinaux contrarotatifs associés à un champ de vitesse radiale alternée. Cette organisation est conforme au mécanisme d'éjection latérale non-linéaire proposé par

Monkewitz & Pfizenmaier (1991). Quand l'injection est retardée au moment de la saturation du mode primaire, la réponse à la perturbation optimale est une instabilité secondaire de type KH identifiée par Reinaud et al. (2000). La croissance de cette instabilité est plus forte que celle mesurée pour les mécanismes classiques aux temps courts, quel que soit le nombre d'onde azimutal. Parce qu'elle présente un fort taux de croissance, non limité au cas axisymétrique, elle fait figure de bon candidat pour une transition rapide dans les jets à densité variable à grand nombre de Reynolds.

**Mots-clés:** jet, densité variable, Kelvin-Helmholtz, direct-adjoint

**Summary:** The PhD thesis objective is to analyse the influence of the specific features of time-dependent variable-density Kelvin-Helmholtz vortex ring on the development of secondary three-dimensional instabilities in the round jet case on the basis of a non-modal stability analysis. In particular, the side jets evolution is the ultimate prospect of this study: as a matter of fact, it has been observed experimentally that, when the density ratio between the jet density and the ambient one is sufficiently low ( $S < 0.5$ ), light jets are characterised by the appearance of side jets which enhance significantly the flow spreading up to angles of  $90^\circ$ . Despite an important literature on this subject, the physical mechanism is still liable to conjectures. To this end, the aim of present work is to understand the mechanism at the origin of such secondary structures also with the perspective to extend the foreground into different spheres of application.

**Keywords:** jets, variable-density, Kelvin-Helmholtz, direct-adjoint