



## Proposition de sujet de thèse

<b>Titre du sujet</b>	Stabilité des écoulements compressibles à bas nombre de Reynolds
<b>Responsable (s)</b>	Laurent Joly & Thierry Jardin  Tél : 05 61 33 84 65 ou 05 61 33 89 40  Adresse email : <a href="mailto:laurent.joly@isae-supero.fr">laurent.joly@isae-supero.fr</a> <a href="mailto:thierry.jardin@isae-supero.fr">thierry.jardin@isae-supero.fr</a>
<b>Laboratoire</b>	ISAE-SUPAERO, Département Aérodynamique et Propulsion (DAEP)

Le projet futuriste hyperloop, le vol stratosphérique, l'exploration martienne ou encore l'atomisation liquide se caractérisent par la mise en mouvement d'objets dans un environnement fluide de faible densité ou de pression. Sous ces conditions particulières, l'écoulement se développe dans un régime particulier, celui des écoulements compressibles à bas nombres de Reynolds. Ce régime est fondamentalement différent des régimes conventionnels (c.à.d. aux conditions de pression standard) où les écoulements à bas nombres de Reynolds sont incompressibles. La problématique qui se pose alors est de comprendre dans quelle mesure les effets de compressibilité affectent la dynamique et la stabilité des écoulements à bas nombres de Reynolds. Cette compréhension est cruciale puisqu'elle éclaire sur les mécanismes de transition du régime laminaire vers un régime chaotique ou turbulent et renseigne donc indirectement sur les performances aérodynamiques du corps en mouvement.

La problématique posée adresse un régime d'écoulement dont la dynamique reste quasi-inexplorée à ce jour en raison du caractère très récent et exploratoire des applications sus-citées. En effet, peu de travaux de recherche ont été menés sur les effets de compressibilité dans les écoulements externes à bas nombres de Reynolds. On peut mentionner les travaux récents de l'Université de Tohoku au Japon, en collaboration avec l'agence spatiale japonaise et l'Université de Floride, visant le développement d'un drone d'exploration martienne (Munday *et al*, 2015). Seule l'étude récente de Canuto & Taira (2015) sur la dynamique et la stabilité du sillage d'un cylindre adresse la problématique sous un angle davantage fondamental. Pour répondre à cette problématique nouvelle, on cherche à étudier la dynamique transitionnelle d'objets canoniques représentatifs : le corps ogivo-cylindrique pour l'hyperloop, le profil NACA pour le vol stratosphérique et l'exploration martienne ou la sphère pour l'atomisation. L'approche numérique consiste en une analyse de stabilité linéaire combinée à des simulations numériques directes non-linéaires. Ces calculs seront réalisés à l'aide du code de simulation compressible compact d'ordre d'élevé IC3 développé conjointement par l'Université de Stanford et le DAEP. Il s'agira dans un premier temps de développer les outils numériques de stabilité modale et/ou non-modale pour ensuite les appliquer aux écoulements canoniques. On cherchera en particulier à déterminer les modes tridimensionnels instables qui se développent dans le sillage bidimensionnel de l'objet. L'approche non-modale permettra en outre de décrypter les mécanismes physiques associés à la croissance des modes instables. Le développement non-linéaire des instabilités identifiées au cours de l'analyse de stabilité sera ensuite étudié au moyen de simulations numériques directes. L'écoulement canonique étudié sera choisi en concertation avec le doctorant en fonction de ses affinités et son intérêt pour les applications visées.

### Références

- Canuto, D. & Taira K. (2015) Two-dimensional compressible viscous flow around a circular cylinder. *J. Fluid Mech.* **785**, pp 349-371
- Munday, P.M., Taira, K., Suwa, T., Numata, D. & Asai, K. (2015) Nonlinear lift on a triangular airfoil in low-Reynolds-number compressible flow. *J. Aircraft.* **52**, 924-931.