

# Sujet : Développement d'un solveur aux valeurs propres pour le décalage fréquentiel en instabilités de combustion

**Responsables :** Gabriel Staffelbach (CERFACS), Luc Giraud (Inria)

**Téléphones :** +33 5 61 19 30 90

**Courriels :** [Gabriel Stafelbach](#), [Luc Giraud](#)

## Présentation du sujet :

L'équipe CFD (Mécanique des Fluides Numérique) travaille avec l'ensemble des sociétés du groupe SAFRAN afin de comprendre, anticiper ou supprimer les instabilités thermo-acoustiques dont les moteurs aéronautiques peuvent être le siège. Ces instabilités résultent du couplage entre les modes acoustiques de la chambre de combustion et de son environnement (compresseur, turbine, ...) et les fluctuations de dégagement de chaleur issues de la flamme de kérosène. Le CERFACS développe depuis une vingtaine d'années une gamme complète d'outils numériques permettant d'analyser ces instabilités : simulation aux grandes échelles, solveur d'Helmholtz, modèles de bas ordre numérique ou analytique.

L'approche dite de Helmholtz consiste à résoudre une équation pour les perturbations acoustiques linéarisées afin de déterminer la forme, la fréquence et le taux d'amplification des modes thermo-acoustiques d'un moteur. Le logiciel AVSP développé au CERFACS permet de résoudre cette équation dans l'espace fréquentiel sur un maillage 3D reproduisant la complexité géométrique de la chambre de combustion. Cet outil est aujourd'hui suffisamment mature (conditions limites complexes, liners multi-perforés, couplage avec la flamme, ...) pour être utilisé en bureau d'étude en milieu industriel. Il fournit en quelques minutes/heures seulement les informations sur les modes basse fréquence d'une configuration industrielle quelconque. Pour certaines applications, seuls les modes de fréquence supérieure à une valeur seuil  $f_0$  sont intéressants, mais AVSP n'est pas à ce jour capable de déterminer ceux-ci de manière efficace. L'objectif du stage est donc de mettre en place une stratégie de décalage fréquentiel permettant d'éviter de calculer l'ensemble des modes inférieurs à  $f_0$ . Un prototype de la méthode sera tout d'abord réalisé sous Matlab à partir d'un cas représentatif issu du solveur d'Helmholtz; l'implémentation effective dans AVSP, avec prise en compte des contraintes liées au calcul parallèle, sera envisagée dans un second temps. Ce travail se fera avec les développeurs d'AVSP dans le cadre d'une collaboration entre l'équipe CFD du CERFACS et l'équipe projet HiePACS de INRIA Bordeaux qui apportera notamment son expertise sur les algorithmes parallèles pour l'algèbre linéaire. La méthode implémentée sera utilisée sur des cas académiques et réels pour validation.

**Mot-clés :** HPC, calcul distribué, solveur aux valeurs propres, systèmes linéaires, instabilités aéro-acoustique.

**Commentaires :** Le stage se déroulera au CERFACS, voir [l'annonce du sujet sur le site du CERFACS](#) pour les conditions. Ces travaux seront menés en collaboration avec l'INRIA Bordeaux et Université de Montpellier.

**Références :**

- Spectral recycling strategies for the solution of nonlinear eigenproblems in thermoacoustics, Pablo Salas, Luc Giraud, Yousef Saad, Stéphane Moreau, Numerical Linear Algebra with Applications, Wiley, 2015, 22 (6), pp.1039-1058. [pdf file](#)
- The effect of perforated plates on the acoustics of annular combustors, Gullaud, E. and Nicoud, F, AIAA Journal, 50 (12), pp. 2629-2642, doi:10.2514/1.J050716 [pdf file](#)
- A simple analytical model to study and control azimuthal instabilities in annular combustion chambers, Parmentier, J. -F., Salas, P., Wolf, P., Staffelbach, G., Nicoud, F. and Poinso, T. Combustion and Flame, 159 (7), pp. 2374-2387 [pdf file](#)