
Brisure de symétrie et inversion de chiralité de l'instabilité azimutale aéroacoustique

Francis Pagaud*¹, Xinxin Guo¹, Ansh Jain¹, and Nicolas Noiray¹

¹Combustion, Acoustics and Flow Physics (CAPS), ETH Zürich – Suisse

Résumé

L'introduction d'un jet d'air dans une cavité axisymétrique peut exciter un cycle limite aéroacoustique intense. Cette instabilité aéroacoustique peut conduire à de fortes vibrations dans de nombreuses configurations industrielles (écoulements gazeux en conduite, turbomachines...) et causer problèmes d'opérabilité et fatigue mécanique. Elle émerge d'une **boucle de rétroaction** : l'application d'un jet d'air à faible Mach dans une cavité génère des fluctuations de vorticité issues de l'instabilité de Kelvin-Helmholtz dans une couche de mélange cisailée. Elles interagissent avec des modes propres de la cavité, ce qui modifie en retour l'écoulement. Si la cavité est axisymétrique, une instabilité azimutale aéroacoustique (IAA) impliquant l'interaction constructive entre une onde de pression azimutale et des oscillations hélicoïdales du jet peut conduire à des oscillations auto-entretenu  s. Ce système non-linéaire permet d'étudier l'impact des **brisures de symétrie** sur les mécanismes de croissance et de sélection entre modes azimutaux quasi-dégénérés (mode stationnaire et modes tournants), qui sont aussi observés dans les chambres de combustion axisymétriques. Lors de cet exposé, nous présenterons l'analyse de l'IAA issue d'un jet annulaire tourbillonnant entrant dans une cavité cylindrique profonde. Les expériences démontrent qu'à faible débit, une onde aéroacoustique azimutale tournant dans le sens du jet (**mode co-rotatif**) s'auto-entretient. La direction de rotation s'inverse soudainement lorsque le débit d'air passe un seuil, menant à l'émergence d'un **mode aéroacoustique contra-rotatif** auto-entretenu, sans discontinuité de fréquence ni d'amplitude. Des simulations aux grandes échelles de l'écoulement turbulent compressible reproduisent cette dynamique et sa chiralité avec un excellent accord, permettant une visualisation 3D des champs de vitesse et de pression. De plus, l'introduction artificielle dans les simulations numériques d'une paroi acoustiquement absorbante permet de comprendre finement les mécanismes de croissance de l'IAA. Les variables lentes du cycle limite (amplitude, polarisation de l'onde) sont analysées via deux équations de Langevin couplées incluant l'effet d'un gain aéroacoustique non-linéaire saturant advect   azimutale-ment. L'étude statistique de ces variables permet d'identifier les termes de dérive et de diffusion des équations de Fokker-Planck associées. Les résultats montrent que la **compétition entre modes co-rotatif et contra-rotatif** est capturée théoriquement par l'interaction nouvellement décrite entre **bruit stochastique** et **  coulement azimutal**. Les implications de ces résultats pour l'étude des IAA et au-delà seront aussi discutées.

*Intervenant