

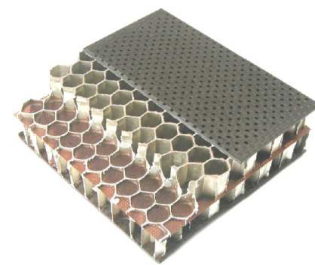
***Summary in English:***

**Master 2 project:** linear stability analysis of turbulent channel flows with acoustic liner

**Keywords :** linear stability analysis, surface modes, acoustic liners (passive absorbant materials), channel flow, wall turbulence, Matlab/Fortran, numerical analysis.

**Subject:** Acoustic liners are materials that are placed on the surface of ducts to absorb propagating sound (figure 1 shows an acoustic liner typically used in aircraft engines). A few experiments have evidenced unstable waves along some particular liners. A consequence of these waves is that the material, initially intended to absorb sound, can strongly modify the flow. It is important to understand this behavior, which is the objective of the present project. Unstable waves (either convective or self excited (absolute)) have been observed in recent numerical simulations (see figure 2) in which the acoustic liner is modelled with a surface impedance. The objective of this project is to model these waves using linear stability analyses. The advantage of using the parabolized stability equations (PSE) [2] in this situation, or of a global stability analysis, will have to be assessed. In addition, the saturation of the unstable wave will also be a point of interest. This project relies on modal stability analysis [2], which consists in finding the modes of oscillation of a set of linear equations. The set of equations will first be obtained by linearizing the Navier-Stokes equations. This set will then be discretized in space (using a Chebyshev spectral method), resulting in a matrix eigenvalue problem, which will be solved numerically in Matlab and/or Fortran.

Les matériaux acoustiques sont des revêtements placés sur les parois des conduits pour atténuer le son lors de sa propagation. En aéronautique la réduction du bruit de soufflante est principalement basée sur l'usage de ces matériaux passifs (un exemple de matériau utilisé dans les nacelles des A380 est représenté en figure 1). Quelques expériences ont montré un caractère instable de ces matériaux dans des conditions particulières. En conséquence, le matériau ne remplit pas son rôle initial d'absorbant et l'écoulement peut être fortement modifié. L'objet de ce stage est de comprendre ces phénomènes de manière plus approfondie.



*Figure 1 matériau acoustique utilisé en aéronautique*

Des ondes instables ont été observées dans des simulations numériques récentes (voir figure 2) dans lesquelles le matériau acoustique est représenté par une impédance acoustique. Ces ondes sont soit auto-excitées (instabilité absolue / globale) soit déclenchées par une onde acoustique envoyée en amont. Pour comprendre ces ondes, une analyse de stabilité linéaire peut être effectuée [1]. Les analyses faites en [1] sont basées sur un écoulement moyen de canal établi. Or le profil moyen de vitesse évolue assez fortement au-dessus du revêtement, ce qui nécessite une analyse plus globale. L'objectif de ce stage est de mettre en place des méthodes de type PSE (Parabolized stability equations) ou bien des analyses de stabilité globale [2] pour rendre compte des ondes observées dans les simulations numériques. En outre, il sera intéressant d'étudier les mécanismes de saturation de ces ondes. D'une manière générale une analyse de stabilité [2] consiste à écrire les équations du mouvement linéarisées autour d'un écoulement moyen ou de base, et de trouver les modes d'oscillation de ces équations. Cela nécessite une discretisation spatiale des dérivées et la mise sous forme matricielle d'un problème aux valeurs propres. La résolution en est faite en Fortran ou en Matlab.

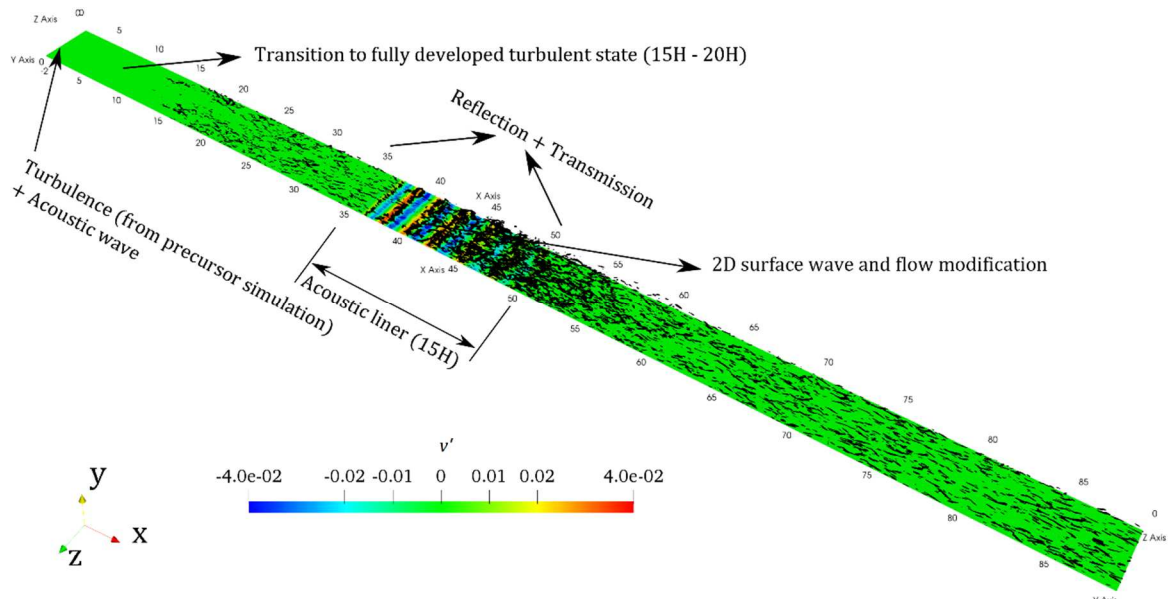


Figure 2: Simulation de canal turbulent. L'écoulement va de la gauche vers la droite. Un revêtement acoustique est placé à la paroi entre  $x=35H$  et  $x=50H$ . Dans ce cas, une onde instable auto-excitée apparaît.

#### Références:

- [1] Marx D, Aurégan Y, Effect of turbulent eddy viscosity on the unstable surface mode above an acoustic liner, J. Sound Vib. **332**(15) 3803-3820 (2013).
- [2] Juniper M P, Hanifi A, Theofilis V, Modal stability theory, Applied Mechanics Reviews **66**, 024804-1 / 024804-22 (2014).

**Candidat:** le candidat motivé suit un parcours de master ou un cursus ingénieur en mécanique des fluides, acoustique, méthodes numériques, avec idéalement des connaissances en analyse de stabilité. Pour candidater, faire parvenir un CV ainsi qu'un relevé des notes disponibles obtenues pendant le master. Ne pas hésiter à me contacter pour des informations supplémentaires.

**Durée:** 5 mois à partir d'avril 2019, avec une indemnité mensuelle d'environ 550€.

**Contact :** David Marx, Institut PPRIME, D2, équipe 2AT, [david.marx@univ-poitiers.fr](mailto:david.marx@univ-poitiers.fr)

**Lieu de stage:** Campus de l'Université de Poitiers