



Interaction des ondes de choc avec des parois souples *Interaction of shock-waves with compliant walls*

Soutenance de thèse – Carmen Riveiro Moreno (Doctorante DAAA/AMES)

Lundi 29 janvier 2024 à 14 H 00
Salle AY-02-63 – ONERA Meudon

Jitsi : https://rdv.onera.fr/these_carmen_riveiro_moreno_soutenance

Devant le jury composé de :

- **Directeur de Thèse :**
 - * Reynald Bur (Directeur de recherche), DAAA/MAAA, ONERA Meudon, France
- **Rapporteurs :**
 - * Jean-Christophe Robinet (Professeur), ESN Arts et Métiers, Paris XIIIème, France
 - * Ferry Schrijer (Assistant professor), Delft University of Technology, Delft, Pays-Bas
- **Examineurs :**
 - * Marianna Braza (Directrice de recherche), CNRS, Institut de Mécanique des Fluides, Toulouse, France
 - * Paul Bruce (Associate Professor), Imperial College, London, UK
 - * Diogo Camello Barros (Maître de conférences), Université Aix Marseille, Marseille, France
 - * Erwin Gowree (Enseignant-Chercheur), ISAE-SUPAERO, Toulouse, France
- **Encadrant :**
 - * Marie Couliou (Ingénieure de recherche), DAAA/AMES, ONERA Meudon, France
- **Invités :**
 - * Olivier Marquet (Maître de recherche), DAAA/MAPE, ONERA Meudon, France
 - * Nicolo Fabbiane (Chargé de recherche) DAAA/MSAE, ONERA Châtillon, France
 - * Franck Hervy (Ingénieur), Direction Générale de l'Armement, Paris, France

---0---

Résumé / Abstract

Cette thèse vise à caractériser l'interaction entre une paroi souple et un choc normal transsonique. La topologie et la dynamique de l'écoulement sur une paroi rigide sont d'abord déterminées. En utilisant visualisations strioscopiques et des mesures de pression instationnaires, les différentes échelles temporelles et de longueur impliquées dans l'interaction entre l'onde de choc et la couche limite turbulente sont caractérisées. Une paroi souple est ensuite conçue de manière à ce que ses fréquences naturelles se situent dans le même ordre de grandeur que la gamme de fréquences des oscillations des ondes de choc. De cette manière, la paroi retenue pour l'étude est censée réagir au forçage de l'onde de choc. Le matériau et la géométrie de la paroi souple sont déterminés par des études numériques paramétriques basées sur l'analyse modale ainsi que sur la déformation statique de la paroi souple causée par l'écoulement. Deux parois conformes sont fabriquées, l'une présentant un comportement élastique et l'autre un comportement viscoélastique. L'interaction entre l'onde de choc normale et les parois conformes est caractérisée expérimentalement. Dans les deux cas, plusieurs positions de choc dans la veine d'essais sont étudiées. Dans la configuration de la paroi souple élastique, l'interaction fluide-structure dépend fortement de la position du choc.

.../...

L'interaction fluide-structure varie d'un régime synchrone de grande amplitude à un régime non synchronisé, en fonction de la position du choc. Le régime synchrone à grande amplitude a été étudié en fonction des fréquences naturelles de la structure. A cette fin, l'épaisseur de la paroi souple et les conditions aux limites ont été modifiées. L'amplitude des oscillations diminue considérablement avec l'augmentation de l'épaisseur. La fixation de la surface inférieure de la paroi élastique entraîne aucune interaction fluide structure. Dans la configuration de la paroi souple viscoélastique, on observe de grandes déformations de la paroi souple sans interaction dynamique fluide structure. Ce résultat met en évidence la capacité des matériaux viscoélastiques à réagir différemment en fonction de la fréquence du forçage externe : la grande déformation statique de la paroi souple correspond à une structure souple, tandis que sa réponse dynamique est caractéristique d'une structure rigide.

-0-

This thesis aims to characterize the interaction between a compliant wall and a transonic normal shock. The flow topology and dynamics over a rigid wall is first determined. Using schlieren visualisation and unsteady pressure measurements the different temporal and length scales involved in the shock wave turbulent boundary layer interaction are characterized. A compliant wall is then designed so that its natural frequencies are within the same order of magnitude as the frequency range of the shock oscillations. In that manner, the compliant wall is expected to react to the shock wave forcing. The compliant wall's material and geometry are determined through numerical parametric studies based on modal analysis as well as the static deformation of the compliant wall caused by the flow. Two compliant walls are manufactured, one exhibiting elastic behavior, and the other viscoelastic behavior. The interaction between the normal shock wave and the compliant walls are experimentally characterized. In both cases the shock location is varied. In the elastic compliant wall configuration, the fluid-structure interaction is highly dependent on the shock position. The fluid-structure interaction varies from a large-amplitude synchronized regime to a non-synchronized regime, depending on the shock position. The large-amplitude synchronized regime was studied as a function of the structural natural frequencies. For that purpose, the compliant wall thickness and boundary conditions were modified. With increasing thickness, the amplitude of the oscillations considerably diminishes. Clamping the bottom surface of the elastic compliant wall yields no fluid-structure interaction. On the viscoelastic compliant wall configuration, large deformations of the compliant wall with no dynamic fluid-structure interaction are found. Such a result highlights the capability of viscoelastic materials to react differently depending on the external forcing frequency: the compliant wall's large static deformation corresponds to a soft structure, whereas its dynamic response is characteristic of a rigid one.

---0---

Mots clés / Key words

INTERACTION FLUIDE-STRUCTURE ; INTERACTION CHOC-COUCHE LIMITE ;
ECOULEMENT COMPRESSIBLE

*FLUID STRUCTURE INTERACTION ; SHOCK/BOUNDARY LAYER INTERACTION ;
COMPRESSIBLE FLOW.*