

Laboratoire de Mécanique des Fluides de Lille
Kampé de Fériet

Stability, mixing and asymptotic modeling in flows with well-separated characteristic length scales

Francesco Romanò

Soutenance prévue le **jeudi 4 juillet 2024 à 14h00**
Salle La Rochefoucauld, 8 Bd Louis XIV, 59800, Lille
et simultanément en visio-conférence

Abstract

The significance of fluid dynamics systems with well-separated length scales is discussed aiming to comprehend the interaction among primary physical mechanisms, as each scale is essential for reproducing and predicting large-scale phenomena. At first, particle clustering in laminar flows is explored, demonstrating and explaining particle accumulations in steady flows. This will lead to the identification of Finite-Size Coherent Structures, relying on global fluid transport, particle dynamics, and particle-boundary interaction. The application of well-separated-scale flows to turbomachines is also examined, focusing on instabilities observed with flow rate variations. In particular, the impact of small radial gaps on the onset of rotating instabilities is discussed, highlighting their significance on operating conditions. The last example of fluid dynamics systems with well-separated length scales deals with the respiratory fluid mechanics of distal airways, analyzed to understand occlusions in bronchioles. The impact of mucus rheology and surfactant on liquid plug formation is detailed, emphasizing the importance of the mucus layer on gas exchange in the lungs. Finally, future research avenues in multiscale flows are briefly discussed.

Résumé

L'importance des systèmes fluides avec des échelles de longueur bien séparées est discutée afin de comprendre l'interaction entre les mécanismes physiques principaux, chaque échelle étant essentielle pour reproduire et prédire les phénomènes à grande échelle. Tout d'abord, les attracteurs de particules dans les écoulements laminaires sont démontrés, en expliquant ce phénomène dans les écoulements stationnaires. Cela conduira à l'identification de Finite-Size Coherent Structures, reposant sur le transport global des fluides, la dynamique des particules et l'interaction particules-parois. L'application des écoulements à échelles bien séparées aux turbomachines est également examinée, en se concentrant sur les instabilités observées avec les variations du débit. En particulier, l'impact des petits jeux radiaux sur l'apparition des instabilités tournantes est discuté, soulignant leur importance sur les conditions de fonctionnement. Le dernier exemple de systèmes de dynamique des fluides avec des échelles de longueur bien séparées concerne la mécanique des systèmes respiratoires, analysée pour comprendre les occlusions dans les bronchioles. L'impact de la rhéologie du mucus et des tensioactifs sur la formation de bouchons liquides est détaillé, mettant en évidence l'importance de la couche de mucus sur les échanges gazeux dans les poumons. Enfin, la vision de recherche dans les écoulements multiéchelles est brièvement discutées.

HDR Committee:

Oliver E. JENSEN
Vincent TERRAPON
Laurette S. TUCKERMAN
Catherine COLIN
Sofiane KHELLADI
Jean-Philippe LAVAL

University of Manchester
University of Liege
CNRS, Sorbonne Université, PMMH
Toulouse INP, ENSEEIHT
Arts et Métiers, LIFSE
CNRS, University of Lille, LMFL

Reviewer
Reviewer
Reviewer
Examiner
Examiner
Examiner
(Garant)