

Instabilité en interaction fluide structure et impact de la déformation de paroi

La session est introduite par un exposé d'**Emmanuel de Langre** sur les grandes classes d'instabilités en interaction fluide structure induites par couplage entre les deux systèmes mécaniques que sont le solide en mouvement et le fluide en écoulement. Il propose une analyse du système couplé dans le plan vitesse réduite - nombre de Cauchy en illustrant les manifestations des instabilités statiques et dynamiques. Dans le contexte de l'aéroélasticité, il distingue l'instabilité statique de flambage par divergence d'un système à un seul degré de liberté de l'instabilité dynamique de flottement par couplage anti-symétrique de modes dans le cas de deux degrés de liberté. Dans le cadre de l'approximation pseudo-statique permettant de se ramener à une condition cinématique d'interface indépendante du temps, comme dans le cas quasi-statique avec toutefois une vitesse non nulle à la paroi, il mentionne les instabilités par crise de trainée et par crise de portance parfois rencontrée sous la forme de galop ou de flottement. En présence d'instationnarités, il rappelle le cadre de l'analyse de Theodorsen (1935) qui s'appuie sur des méthodes de superposition de réponses impulsionnelles et fournit dans bien des cas un cadre d'approximation suffisant pour l'analyse de la stabilité des systèmes. L'exemple des profils portants et obstacles non profilés est utilisé pour caractériser les composantes instationnaires des efforts dont la partie en quadrature de phase avec le mouvement du solide peut conduire à des instabilités dynamiques par effet dissipatif. Un effet de Coriolis est mis en évidence au travers d'expériences élémentaires sur la corde fluide. Enfin lorsque l'échelle de temps de la convection n'est plus la seule échelle de temps caractéristique de la dynamique du fluide, les fluctuations propres à l'écoulement affectent la dynamique de la structure et deux cas extrêmes sont considérés : le sillage oscillant d'un obstacle et la turbulence développée caractérisée par des fluctuations aléatoires en temps et en espace superposées à l'écoulement moyen. De nombreuses questions ouvertes sont abordées, notamment sur les méthodes d'investigation du rôle de la couche limite turbulente dans le couplage non conservatif entre l'écoulement moyen et la paroi en mouvement à même de conduire à des bifurcations instationnaires.

Olivier Doaré poursuit avec une intervention sur l'instabilité de flottement d'une plaque avec mise en évidence de l'effet de confinement latéral. Il s'intéresse à la résolution du problème modèle portant sur l'identification du seuil linéaire d'instabilité d'une plaque élastique soumise à un écoulement axial potentiel de fluide parfait de vitesse réduite proche de l'unité dans un domaine borné par deux parois solides rigides. Le problème bidimensionnel étant une limite naturelle du problème tridimensionnel lorsque le rapport d'aspect devient très grand devant l'unité, l'étude présentée vise à évaluer l'effet de confinement latéral sur l'instabilité de flottement de la plaque. Le saut de pression dans le domaine est déduit de la résolution d'une équation de Helmholtz dans l'espace de Fourier permettant le développement d'un modèle empirique utilisé pour exprimer le seuil de vitesse réduite critique d'instabilité comme une fonction du rapport d'aspect, du nombre de masse et du jeu entre la plaque et les parois solides latérales. Les résultats obtenus avec le modèle tridimensionnel validé par ailleurs par des expériences élémentaires conduites dans les mêmes conditions confirment les limites de validité des modèles bidimensionnels et évaluent le rôle du nombre de masse et du jeu en dépit d'une difficulté de validation expérimentale à jeu nul. Le débat qui suit aborde notamment le rôle de la viscosité en confinement accru.

L'exposé suivant proposé par **Patrick Penel** est consacré à la formulation des équations de Navier-Stokes dans un domaine borné dans le cadre incompressible et aborde la question des conditions aux limites et le passage à la limite inviscide. Les conditions initiales étant données, le problème d'Euler avec une condition de flux nul à la frontière est bien posé et le cadre d'existence

d'une unique solution forte est acquis. Cette solution est-elle limite, lorsque la viscosité tend vers zéro, d'une branche unique de solutions fortes des équations de Navier-Stokes bien posées ? Une démonstration est proposée dans le cas où une condition de Dirichlet à la paroi est remplacée par une condition de flux nul associée à une condition de glissement, condition non homogène de Navier ou condition d'imperméabilité généralisée, formulée en vitesse ou en vorticité. Les conditions d'unicité et de continuité en viscosité de la solution des équations de Navier-Stokes déduite par extension de solution du problème d'Euler sont établies dans ce cadre.

La session se termine par une intervention de **Nicolas Mazellier** sur l'extraction d'une signature cohérente par une Décomposition Modale Empirique permettant par le biais d'une analyse récursive de séparer les composantes oscillantes rapides d'un signal assimilées à des perturbations de la composante lente basse fréquence indiquant une tendance elle-même séparable selon le même procédé. Étudiée d'un point de vue théorique sur la base de critères de ressemblance robustes, la méthode mise en oeuvre dans le cadre de l'analyse de signaux pleinement turbulents instationnaires perturbés par battements numériques contrôlés permet la reconstruction des signaux d'origine avec fiabilité en cas de faible recouvrement des gammes de fréquences des composantes rapides et lentes.

E. de Langre, Instabilités en interaction fluide-structure, *LadHyx, Ecole Polytechnique*.

O. Doaré, C. Eloy, M. Sauzade, D. Mano, Effet du confinement latéral sur l'instabilité de flottement d'une plaque élastique, *ENSTA-Paristech, Palaiseau*.

P. Penel, 3D-Navier-Stokes Equations in bounded domains : the challenging question of the zero viscosity limit, and the choice of boundary conditions, *Université du Sud, Toulon-Var*.

N. Mazellier, F. Foucher, Extraction d'une signature cohérente par Empirical Mode Decomposition, *Institut PRISME, Université d'Orléans*.