**Thèse de Thomas BONTEMPS**

**Sujet :**

Flottement fan et couplage acoustique : analyse et modélisation

**Subject:**

Fan flutter with acoustic coupling: analysis and modelling

**Mots-clés :**

Flottement, aéroélasticité, turbomachine, fan, couplage acoustique

**Keywords:**

Flutter, aeroelasticity, turbomachinery, fan, acoustic coupling

**Résumé :**

Le flottement du fan d'un turboréacteur aéronautique est une instabilité aéroélastique qui peut entraîner la fatigue ou la rupture des aubes. Sa modélisation et sa simulation sont complexes en raison des nombreux phénomènes mécaniques, aérodynamiques et acoustiques impliqués. En particulier, la réflexion acoustique sur l’entrée d’air peut potentiellement stabiliser ou déstabiliser le fan de manière critique. L'objectif de ce travail est d'étudier l'interaction acoustique entre le fan et l'entrée d'air afin de préciser les mécanismes de ce couplage.

L'étude porte sur un fan représentatif des configurations civiles modernes, opérant en écoulement transsonique à régime partiel. Le premier mode de flexion est considéré avec 1, 2 et 3 diamètres nodaux. L'entrée d'air est de type « bellmouth ». La réponse aéroélastique du fan est étudiée en fonction du comportement acoustique du mode pour différents points de fonctionnement.

Trois méthodes avec différents niveaux de fidélité sont utilisées : des simulations instationnaires (URANS) sont réalisées avec le solveur elsA et incluent le fan vibrant sur un mode imposé et l'entrée d'air dans sa totalité ; des simulations acoustiques linéarisées sont réalisées avec le solveur Actran pour caractériser la réponse acoustique de l'entrée d'air à une source imposée au niveau du fan ; un modèle analytique issu de la littérature est utilisé pour prédire la propagation et la réflexion des ondes dans l'entrée d'air. Diverses études de sensibilité à des paramètres numériques montrent que la variabilité des résultats des simulations URANS est dans l'état de l'art. Les deux méthodes à plus basse fidélité sont validées en confrontation avec les résultats URANS.

Les résultats obtenus numériquement sont en accord avec les données expérimentales et avec celles établies dans la littérature. Les analyses menées montrent une forte corrélation entre la stabilité de l'aube et le comportement acoustique du mode excité, selon qu'il soit cut-on ou cut-off en amont et en aval du fan, et selon l'amplitude et la phase des ondes réfléchies sur l'entrée d'air. Cette caractérisation acoustique permet de classer les points de fonctionnement en différentes familles, lesquelles montrent également des comportements aéroélastiques locaux distincts. La poche supersonique sur l'extrados est le principal récepteur susceptible de réagir à l'interaction avec l'entrée d'air et de modifier significativement la stabilité de l'aube.

**Abstract:**

For an aeroengine, fan flutter is an aeroelastic instability that may lead to the fatigue or the failure of the blades. Its modelling and simulation are complex because of the many phenomena involved from mechanics, aerodynamics and acoustics. In particular, the acoustic reflexion on the air intake is likely to stabilize or destabilize the fan critically. This work aims to study the acoustic interaction between the fan and the air intake to precise the coupling mechanism.

A fan representative of the civil modern configurations is studied at partial speed for a transonic flow. The first bending mode is considered with 1, 2 and 3 nodal diameters. The air intake has a bellmouth geometry. The aeroelastic response of the fan is studied depending on the acoustic behavior of the modes for different operating points.

Three methods with different fidelity levels are used: unsteady simulations (URANS) are done with the elsA solver and include the fan vibrating on an imposed mode and the whole air intake; acoustic linearized simulations are done with the Actran solver to characterize the acoustic response of the intake to a source imposed at the location of the fan; an analytical model from the literature is used to predict the waves propagation and reflection in the air intake. Several sensitivity studies to numerical parameters show that the variability of the URANS simulations is in the state of the art. Both methods with a lower fidelity are validated through comparison with the URANS results.

The numerical results are consistent with experimental data and those from literature. The analyses show a strong correlation between the blade stability and the acoustic behavior of the excited mode, depending on its cut-on or cut-off condition upstream and downstream the fan. It depends also on the amplitude and the phase of the waves reflected on the air intake opening. That acoustic characterization allows to sort the operating points in different families that show also distinct local aeroelastic behaviors. The supersonic region on the suction side is the main receptor likely to respond to the interaction with the intake and that can change significally blade stability.