

**Sujet de post-doc 2007**

## **Flottement aérodynamique pour l'extension d'une approche statistique à la surveillance d'intégrité de structures**

**Localisation :** IRISA Rennes

**Équipe :** Sisthem

**Responsables :** Michèle Basseville, Laurent Mevel. [basseville](mailto:basseville@irisa.fr), [lmevel@irisa.fr](mailto:lmevel@irisa.fr)

**Mots-clés :** traitement de signal et statistique, analyse des vibrations, identification, suivi de comportement, détection d'instabilité.

**Contexte.** L'équipe Sisthem conduit de longue date des études dans le domaine de l'identification du comportement vibratoire et la surveillance de l'intégrité de structures mécaniques (avions, ponts): Projets Euréka Sinopsys, FLiTE et FLiTE2, projet Constructif de l'ACI Sécurité & Informatique.

Notre approche est la suivante. L'identification, par analyse vibratoire, du comportement d'une structure en ambiance de travail usuelle est essentiellement un problème d'identification aveugle de la structure propre d'un système linéaire multivariable à entrées inconnues et non-stationnaires. Nous le résolvons au moyen d'une méthode sous-espace appliquée aux matrices de covariances des signaux mesurés [1] [2]. Le problème de surveillance est décomposé en deux tâches de détection et de localisation d'endommagements (ou de pannes). La première est traitée comme un problème de détection de changements dans la structure propre d'un système dynamique [3]. La deuxième repose sur l'utilisation des sensibilités des modes et déformées modales vis-à-vis des paramètres structuraux d'un modèle de conception de type éléments finis [4].

L'algorithme de détection de changements comporte le calcul d'un résidu généré à partir de la méthode d'identification par sous-espace et de la matrice des sensibilités du résidu par rapport aux modes et déformées [3].

**Sujet :** Dans le cadre de FLiTE2, l'équipe étudie des extensions de l'approche générale pour détecter de manière préventive l'apparition d'un phénomène d'instabilité dit de flottement (flutter).

Le phénomène de flottement peut être brièvement décrit de la manière suivante. Toute structure un tant soit peu flexible et plongée dans un écoulement est soumise à des forces induites par le mouvement de la structure dans cet écoulement. Ces forces influent sur le comportement dynamique (la manière de se déformer en vibrant) de la structure (ici l'avion), et peuvent aller jusqu'à induire des instabilités. Le phénomène de flottement est une interaction indésirable entre des forces aérodynamiques, élastiques et inertielles qui s'exercent sur la structure, interaction qui produit une oscillation instable pouvant aller jusqu'à la perte d'un morceau de la structure. Ce phénomène concerne les avions (Une phase très importante de la certification d'un nouvel avion consiste à vérifier que dans le maximum de circonstances possibles il n'entrera pas dans un tel comportement), mais aussi les ponts suspendus de grandes dimensions.

L'équipe SISTHEM a conçu trois algorithmes pouvant être considérés comme des solutions préliminaires et partielles à ce problème [5] [6] [7]. Ces solutions diffèrent par le critère d'instabilité immergé dans le contexte du test statistique de détection. Le critère envisagé est à chaque fois un peu plus proche de la complexité du phénomène. Son insertion dans le cadre du test de détection passe par le calcul des sensibilités des modes par rapport au critère, qui permet d'obtenir les sensibilités du résidu.

Le sujet consiste à étudier ce qu'apporte le plongement d'un critère caractéristique du phénomène de flottement, connu sous le nom de "flutter derivatives" [8], dans le contexte du test statistique de détection, en termes de faisabilité et de performances de l'algorithme de détection qui résultera de ce plongement. Une comparaison avec des algorithmes existants dans la littérature sera effectuée.

## Références :

- [1] M. Basseville, A. Benveniste, M. Goursat, L. Hermans, L. Mevel, H. Van der Auweraer (2001). Output-only subspace-based structural identification: from theory to industrial testing practice. *ASME Jal of Dynamic Systems Measurement and Control*, vol.123, no 4, pp.668-676.
- [2] L. Mevel, A. Benveniste, M. Basseville, M. Goursat, B. Peeters, H. Van der Auweraer, A. Vecchio (2006). Input/output versus output-only data processing for structural identification - Application to in-flight data analysis. *Journal of sound and Vibration*, vol.295, no 3, pp.531-552. *Version préliminaire.*
- [3] M. Basseville, M. Abdelghani, A. Benveniste (2000). Subspace-based fault detection algorithms for vibration monitoring. *Automatica*, vol.36, no 1, pp.101-109. *Version préliminaire.*
- [4] M. Basseville, L. Mevel, M. Goursat (2004). Statistical model-based damage detection and localization: subspace-based residuals and damage-to-noise sensitivity ratios. *Journal of sound and Vibration*, vol.275, no 3-5, pp.769-794. *Version préliminaire.*

- [5] L. Mevel, M. Basseville, A. Benveniste (2005). Fast in-flight detection of flutter onset - A statistical approach. *AIAA Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, vol.28, no 3, pp.431-438. *Version préliminaire.*
- [6] R. Zouari, L. Mevel, M. Basseville (2006). CUSUM test for flutter monitoring of modal dynamics. *Proc. ISMA2006 - Noise and Vibration Engineering Conference*, Leuven, B, Sept. 2006. Paper 193.
- [7] W. Zhou, S. Maalej, R. Zouari, L. Mevel (2007). Flutter monitoring with the statistical subspace method for the 2-D structure. *Proc. 25th Intern. Modal Analysis Conf. (IMAC-XXV)*, Orlando, Fl.
- [8] E. Simiu, R.H. Scanlan (1996). *Wind Effects on Structures* (2nd Ed.). Wiley.