



IRISA • Campus universitaire de Beaulieu • 35042 Rennes Cedex France • Tél.: +33 2 99 84 71 00 • Télécopie : +33 2 99 84 71 71 • Internet : www.irisa.fr

Proposition de sujet de thèse

Suivi de comportement et surveillance d'intégrité de structures mécaniques

Lieu : IRISA Rennes

Équipe de recherche : Sigma2

Responsable : Michèle Basseville (02 99 84 72 36, basseville@irisa.fr) et Laurent Mevel (02 99 84 73 25, lmevel@irisa.fr).

Mots-clés : analyse des vibrations, identification, suivi de comportement, surveillance d'intégrité, détection, diagnostic, localisation d'endommagements.

L'équipe Sigma2 conduit de longue date des études dans le domaine de la détection des changements dans les signaux et systèmes dynamiques [1] par des méthodes de type statistique, et dans des secteurs d'application variés [2]. En particulier, l'identification du comportement et la surveillance de l'intégrité de structures mécaniques (avions, ponts) et machines soumises à des vibrations font l'objet d'une activité soutenue (Projets Euréka Sinopsys et Flite). 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 seuls signaux de sortie [3] [4].

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, et la deuxième repose sur l'utilisation d'un modèle de conception de type éléments finis. L'algorithme de détection d'endommagements comporte le calcul d'un résidu généré à partir de la méthode d'identification par sous-espace à base de covariances, et évalué au moyen de l'approche statistique locale de la conception d'algorithmes de détection [5]. Cet algorithme calcule essentiellement un test global, qui effectue une analyse des sensibilités du résidu aux endommagements, relativement aux incertitudes et aux bruits présents sur le système. Le problème de la localisation d'endommagements est posé comme un problème de détection, et non comme un problème (inverse) d'estimation [6]. Il est abordé à l'aide des sensibilités des modes et déformées modales



vis-à-vis des paramètres structuraux du modèle éléments finis. Parce que tous les endommagements élémentaires envisageables ne peuvent pas être discriminés lors d'une surveillance avec un petit nombre de capteurs et un petit nombre de modes propres de référence, ces sensibilités sont agrégées à l'aide d'une métrique cohérente avec la métrique du test global. Les sensibilités ainsi agrégées sont ensuite injectées dans le formalisme de test précédent.

Le sujet proposé porte sur l'approfondissement de cette approche dans l'une et/ou l'autre de deux directions exploitant des connaissances plus élaborées et des modèles plus fins des phénomènes physiques en jeu. La première direction concerne l'aérodynamique, et les problèmes de suivi en temps réel des fréquences et amortissements, qui se posent par exemple lors du traitement, en vol et au sol, des données des vols d'essai de qualification d'avions, et de la prévention du phénomène dit de flutter [7]. La deuxième direction concerne la thermodynamique, et les problèmes de réjection de l'effet de la température qui constitue un facteur de nuisance non négligeable lors de la surveillance d'intégrité des structures de génie civil [8].

Ce sujet fera éventuellement l'objet d'une demande de bourse dans le cadre d'une proposition de projet d'ACI.

- [1] M. Basseville, I. Nikiforov (1993). *Detection of Abrupt Changes - Theory and Applications*. Prentice Hall Information and System Sciences Serie, NJ.
- [2] M. Basseville (1998). On-board component fault detection and isolation using the statistical local approach. *Automatica*, vol.34, no 11, pp.1391-1416. Version préliminaire: *Rapport de Recherche IRISA no 1122/INRIA no 3252*, Sept. 1997.
- [3] 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 Journal of Dynamic Systems Measurement and Control*, Special Issue on *Identification of Mechanical Systems*, vol.123, no 4, pp.668-676.
- [4] L. Mevel, A. Benveniste, M. Basseville, M. Goursat (2002). Blind subspace-based eigenstructure identification under nonstationary excitation using moving sensors. *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.SP-50, no 1, pp.41-48.
- [5] M. Basseville, M. Abdelghani, A. Benveniste (2000). Subspace-based fault detection algorithms for vibration monitoring. *Automatica*, vol.36, no 1, pp.101-109.
- [6] M. Basseville, L. Mevel, M. Goursat. Statistical model-based damage detection and localization: subspace-based residuals and damage-to-noise sensitivity ratios. *Rapport de Recherche IRISA no 1470/INRIA no 4645*, Nov. 2002.
- [7] C.R. Pickrel, P.J. White (2003). Flight flutter testing of transport aircraft: In flight modal analysis. *Proc. International Modal Analysis Conference*, Kissimmee, Fl, Feb. 3-6, 2003.
- [8] B. Peeters, G. de Roeck (2000). One year monitoring of the Z24-bridge: environmental effects versus damage events. *Proc. International Modal Analysis Conference*, San Antonio, TX, Feb. 7-10, 2000, pp. 1570-1576.