

Proposition de stage de Master 2 (DEA)
Etude de modèles d'équations
différentielles
pour des essais non destructifs par
vibro-acoustique non linéaire

B. Rousselet UNSA Laboratoire J.A. Dieudonné
U.M.R. C.N.R.S. 6621, Parc Valrose,
F 06108 Nice, Cédex 2, email : br@math.unice.fr, tel: 04 92 07 62 44

October 18, 2006

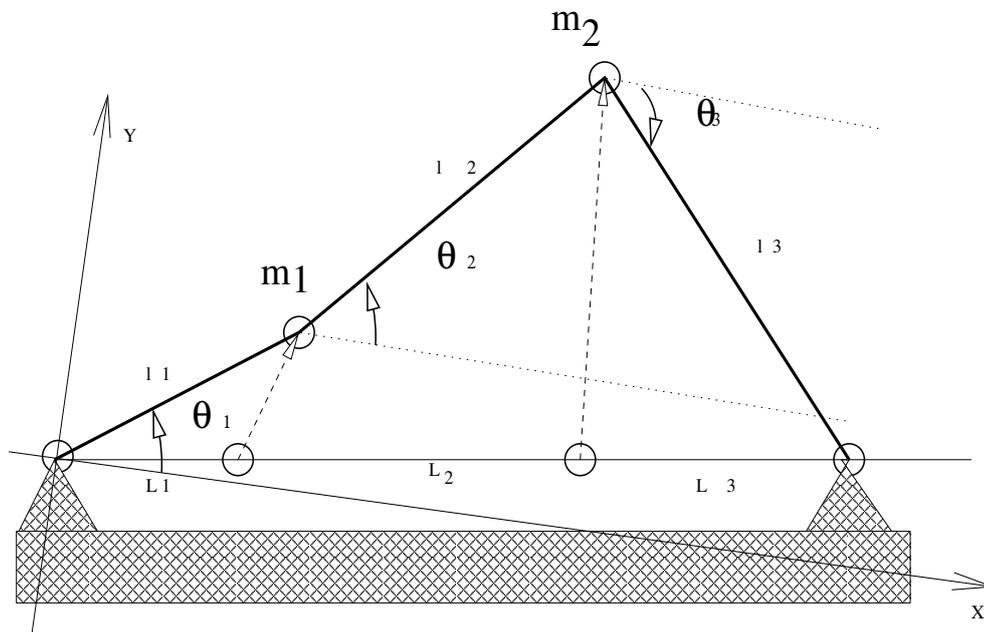
Une étude expérimentale récente [3] a mis en évidence la possibilité de détecter un endommagement sur des poutres en aluminium ou en béton précontraint. Depuis, une autre étude expérimentale a été réalisée par G. Vanderborck sur des cables de pont ainsi que sur une poutre métallique(see [14] Ces études sont parties de travaux antérieurs parmi lesquels: [11, 1, 2]. Parmi de nombreux autres travaux récents, citons: [4, 10]

Pour la présente étude, on considère des modèles très simples d'endommagement de structures modélisées par une nonlinéarité localisée. On ne cherche pas ici à dégager un modèle assez précis pour comparer quantitativement ces résultats avec l'expérience; on se contente de mettre en évidence par des calculs analytiques et numériques l'apparition de phénomènes d'intermodulation constatés expérimentalement dans [3]. On pourra considérer des modèles de masses et ressorts à quelques degrés de liberté: ces modèles mettront en oeuvre des non linéarités géométriques, de loi de comportement, de contact avec ou sans frottement, voir [12]; se reporter par exemple à la figure Le cas 1 degrés de liberté est étudié en détail dans [13]. Pour les phénomènes de choc et de frottement, on pourra utiliser un algorithme du type de celui de Moreau, [6] ou Paoli-Schatzman [5].

L'approche numérique pourra utiliser une approximation avec des modes normaux non lineaires et des méthodes de moyenne comme dans [8]. Cette approche semble particulièrement adaptée pour des systèmes régis par équation aux dérivées partielles comme un modèle (EDP hyperbolique non linéaire) de corde vibrante de Kirchoff.

Ce dernier point de vue peut être rapproché de développements asymptotiques réalisés en optique géométrique faiblement non linéaire comme indiquée dans le chapitre 11 de [9] mais le point de vue utilisé ici est beaucoup plus applicatif inspiré de [7].

Plus d'informations sur le sujet:



Two masses on stretched cables moving freely

<http://math.unice.fr/~br/transiter/endestruct.html>.

- **Type de travail:** le stage pourra avoir une orientation numérique, théorique, voir expérimental en liaison avec G. Vanderborck.
- **Résultat attendu:** Etude complète d'un ou plusieurs exemples mettant en évidence le phénomène d'intermodulation
- **Compétances requises:** dynamique des solides ; solution théorique et numérique d'équations différentielles, éventuellement équations aux dérivées partielles hyperboliques.
- **La poursuite en thèse est envisagée avec une bourse du ministère.**

References

- [1] D. Donskoy A. Sutin. Nonlinear vibro-acoustic nondestructive testing technique. In *Nondestructive characterisation of material*, 7 Ed R.E. green. Plenum press, New York, 1998.
- [2] V.V. Kasakov A.E. Ekimov, I.N. Didenkulov. Modulation of torsional waves in a rod with a crack. *J.Acoust. Soc. AM.*, 3(106):1289–1291, 1999.
- [3] P. Dufourcq JP. Groby M. Lagier P. Tèmin G. Vanderborck. Détection vibro-acoustique non linéaire d' endommagements dans une structure poutre. Communication au Congrès français de mécanique, septembre 2003.
- [4] A. Moussatov-B. Castagnede-V. Gusev. Frequency up-conversion and frequency down-conversion of acoustic waves in damaged materials. *Physics letter A*, 301:281–290, 2002.

- [5] M. Schatzman L. Paoli. Schéma numérique pour un modèle de vibrations avec contraintes unilatérales et perte d'énergie aux impacts, en dimensions finie. *C.R.A.S., Paris*, 317:211–215, 1993.
- [6] J.J. Moreau. Evolutins en présence de liaisons unilatérales: notions de base. In Raous Gu´ edra Degeorge, Ladev` eze, editor, *Actes du 4ème coll. en calcul de structures, 1999, Giens*, 1999.
- [7] Ali Hasan Nayfeh. *Introduction to perturbation techniques*. J. Wiley, 1981.
- [8] P. Gullemain S. Bellizzi and R. Kronland-Martinet. Identification of coupled non-linear modes from free vibration using time-frequency representation. *Journal of Sound and Vibration*, pages 191–213, 2001.
- [9] Denis Serre. *Systèmes de lois de conservation II : structures géométriques, oscillation et problèmes mixtes*. Fondations. Diderot, 1996.
- [10] D. Donskoy A. Ekimov N. Sedunov Tsionskiy. Nonlinear seismo-acoustic land mine detection and discrimination. *J. Acoust. Soc. Am*, 111:2705–2714, 2002.
- [11] P. Sas V. Zaitsev. Nonlinear vibro-acoustic response of a metal sample with a discontinuity like defect as related to damage detection problems. In *Proceedings of DECT 99, Las Vegas, Nevada*, 1999.
- [12] B. Rousselet-G. Vanderborck. Non destructive testing using non linear vibroacoustic. Comm. coll. (INRIA) du GDR 2501 Étude de la propagation ultrasonore en milieux inhomogènes en vue du contrôle non destructif., oct. 2004.
- [13] B. Rousselet-G. Vanderborck. Non destructive testing of cables using non linear vibrations: simple o.d.e. models, duffing equation. Technical report, UNSA, Laboratoire J.A. Dieudonné, U.M.R. C.N.R.S. 6621, Parc Valrose, F 06108 Nice, Cédex 2; <http://www-math.unice.fr/Bibliotheque/Bases.html>, june 2005.
- [14] Lagier Michel Vanderborck Gerard. Application of non-linear ultrasonic spectroscopy to health monitoring and damage detection in structures., 38p. In *75th Shock and Vibration Symposium, Virginia Beach (VA) USA, du 18/10/2004 au 21/10/2004*, 2004.