Proposition de sujet de these Etude de modèles d'équations différentielles et E.D.P. pour des essais non destructifs par vibration non linéaire de structures

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

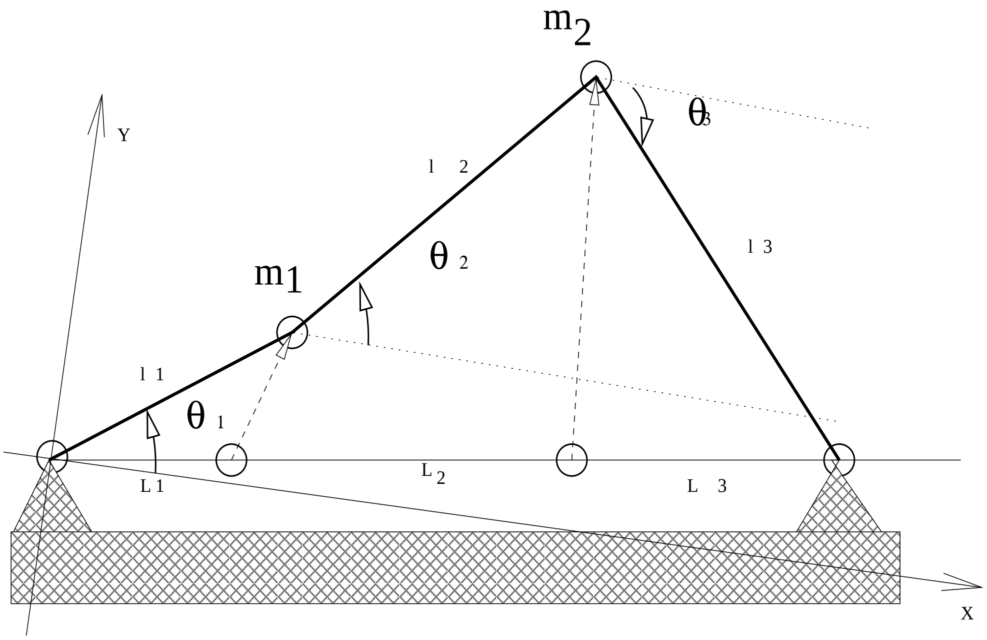
December 9, 2005

Une étude récente [8] a mis en évidence la possiblité de détecter un endommagement sur des poutres en aluminium ou en béton précontraint. Cette étude s'est inscrite dans le cadre du programme européen "Promoting Competitive and Sustainable Growth" du 15/12/99. Plus spécifiquement, il relève de l'action 1, "Innovative products, Process and Organisation "du TRA9 "Safe and cost effective industrial facilities, construction and civil infracstructures". Depuis, une étude expérimentale a été réalisée par G. Vanderborck sur des cables de pont ainsi que sur une poutre métallique. [8]. Ces études sont parties de travaux antérieurs parmi lesquels: [10, 1, 2]. Parmi de nombreux autres travaux récents, citons: [5, 3]

Pour la la présente étude, on considère des modèles très simples d'endomagement de structures modélisées par une nonlinéarité localisée.

Dans un rapport récent [13], il a été mis en évidence que le niveau des pics d'intermodulations augmente lorsqu'une partie du cable est endomagée; les équations différentielles ont été résolues d ' une part par une méthode asymptotique suivie d'une transformation de Fourier numérique (FFT) et d'autre part les équations ont été résolues par une méthode d'intégration numériquesuivies d'une FFT.

On pourra commencer par considérer des modèles de structures avec masses et ressorts à quelques degrés de liberté: ces modèles mettront en oeuvre des non linéarités géométriques, de loi de comportement, de choc avec ou sans frottement, voir [12], [14], [13]. Il s'agit de les résoudre dans le domaine fréquentiel et de préciser les intermodulations liées aux non linéarités; on utilisera d'une part des développements asymptotiques et d'autre part des méthodes numériques. On pourra considérer ensuite un modle de structures continues du type poutre dynamique en grand déplacement jusqu' des modles de plaque et coque dynamique avec non linéarités.



Two masses on stretched cables moving freely

Pour les phénomènes de choc et de frottement, on pourra utiliser un algorithme du type de celui de Moreau, [7] ou Paoli-Schatzman [6].

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

- **Type de travail: il pourra avoir une orientation numérique et théorique(modélisation, analyse mathématique)**
- **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 dérivés partielles.

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] N. Sedunov Tsionskiy D. Donskoy, A. Ekimov. Nonlinear seismo-acoustic land mine detection and discrimination. . *Acoust. Soc. Am*, 111:2705–2714, 2002.

[4] N. Damil M. Potier-Ferry E.H. Boutyour, B. Cochelin. Calculs non linéaires par des méthodes asymptotiques-numériques: applications aux structures élastiques. In *Colloque national en calcul de structures, 11-14 mai 1993*. Hermes, 1993.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] M. Lagier P. Tèmin G. Vanderborck P. Dufourcq, JP. Groby. Détection vibro-acoustique non linéaire d' endomagements dans une structure poutre. Communication au Congrès français de mécanique, septembre 2003.

[9] Denis Serre. *Systèmes de lois de conservation II : structures géométriques, oscillation et problèmes mixtes*. Fondations. Diderot, 1996.

[10] 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.

[11] B. Rousselet-G. Vanderborck. Defect perturbation in non linear acoustic. In *Actes des Journées scientifiques du 8 au 12 décembre 2003 du GDR 2501 Étude de la propagation ultrasonore en milieux inhomogènes en vue du contrôle non destructif*. INRIA, 2004.

[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] B. Rousselet-G. Vanderborck. Non destructive testing with non linear vibroacoustic. In Rassineux Ohayon, Grellier, editor, *Septième colloque national en Calcul de structures*, volume 2, pages 603–608. Hermes, 2005.