

Vers une standardisation des ultrasons non linéaires pour le contrôle non destructif du futur

Serge DOS SANTOS¹, Ali MASOOD^{1,2}, Martin LINTS^{1,3}, Denis ARRUGA¹ & Giuseppe NARDONI⁴

¹ INSA Centre Val de Loire, UMR 1253, iBrain, Université de Tours, Inserm, Academia NDT International
3 rue de la Chocolaterie, CS 23410 F-41034 Blois Cedex, France

² Institute of Cybernetics, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia

³ Thomas Johann Seebeck Department of Electronics, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia

⁴ IT Nardoni Via D.C. Pontevia n21, 25010 – Folzano - Brescia – Italy

`serge.dossantos@insa-cvl.fr`

L'acoustique non linéaire permet d'expliquer la propagation non linéaires d'ondes mécaniques dans les solides, les liquides et les milieux complexes à bulles ou composites, par exemple. Les ultrasons non linéaires sont ainsi rentrés progressivement dans le quotidien des métrologues du fait de l'amplitude de leur signature proche du niveau de bruit mesuré au cours d'expérimentations conduites dans le domaine du Contrôle Non Destructif (CND) ou de l'échographie médicale[1]. C'est ainsi que l'imagerie harmonique, exploitant la signature non linéaire du second ordre, a pu profiter de la réponse acoustique non linéaire plus importante dans les fluides que dans les solides, milieux d'exploration du CND au sein desquels la réponse est nettement plus faible et donc peu émergente du niveau de bruit de mesure. De plus, grâce aux nouvelles méthodes de traitement du signal, l'extraction, l'identification et la localisation de sources acoustiques non linéaires ont pu être conduites ces dernières années au sein de la communauté de l'acoustique non linéaire. Après une vingtaine d'années de modélisations, de simulations et d'expérimentations, la communauté internationale de CND reconnaît l'émergence et le potentiel des ultrasons non linéaire pour faire rentrer le CND dans la transition numérique de l'industrie du futur, sous réserves de lui faire bénéficier de toutes les nouvelles technologies numérique comme l'IoT, le big data ou l'intelligence artificielle[2].

Lors de cet exposé, nous proposons de présenter quelques résultats expérimentaux obtenus depuis les vingt dernières années dans le contexte du CND de structures complexes. Afin d'illustrer ces résultats, nous proposons de présenter les développements récents dans le domaine du CND permettant de localiser temporellement une source acoustique de nonlinéarité. En imagerie harmonique non destructive, c'est par l'utilisation d'une symbiose du processus de retournement temporel (TR) et de la spectroscopie d'ondes élastiques non linéaires (NEWS) qui permettent, *via* l'utilisation d'un processus de codage d'excitation[3], de proposer à la communauté l'instrumentation TR-NEWS confirmant le concept de "Retournement Temporel Non Linéaire" comme un formidable potentiel pour la localisation des nonlinéarités physiques d'un système complexe[4]. Nous présenterons le dispositif expérimental TR-NEWS appliqué à l'étude de la propagation acoustique non linéaire dans une cale d'étalonnage V3 en cours de standardisation.

Références

1. S. Dos Santos *et al.* Application de l'acoustique non linéaire dans le contrôle non destructif : mesure du paramètre non linéaire de la silice par une méthode de modulation de phase. *actes de la 6ème Rencontre du Non-Linéaire*, pages 107–112, Institut H. Poincaré, Paris, 2003.
2. Serge Dos Santos, Martin Lints, Denis Arruga, Ali Masood, and Andrus Salupere. Standards for acousto-mechanical evaluation of multiscale hysteretic properties of complex material with nonlinear time reversal imaging. *proc of the 14th International Conference of the Slovenian Society for Non-Destructive Testing*, pp. 49-57, 2017.
3. Martin Lints, Andrus Salupere, and Serge Dos Santos. Simulation of detecting contact nonlinearity in carbon fibre polymer using ultrasonic nonlinear delayed time reversal. *Acta Acustica united with Acustica*, 103(6) :978–986, 2017, Open access paper <https://doi.org/10.3813/AAA.919127>
4. Matthew Frazier, Biniyam Taddese, Thomas Antonsen, and Steven M. Anlage. Nonlinear time reversal in a wave chaotic system. *Phys. Rev. Letters*, 110 :063902, 2013.