

Génération contrôlée et propagation d'un gaz de solitons dans une chaîne électrique d'oscillateurs non-linéaires modélisée par l'équation de Korteweg-de-Vries

Loïc Fache, Hervé Damart, Pierre Suret, Francois Copie & Stéphane Randoux

Laboratoire PhLAM, Bâtiment P5, campus Cité Scientifique, 2 Avenue Jean Perrin, 59655 Villeneuve d'Ascq cedex

loic.fache@univ-lille.fr

Nous étudions expérimentalement la propagation d'ondes non-linéaires dans une ligne de transmission électrique. Il s'agit d'un système non-linéaire discret, composé d'oscillateurs électriques de type LC , où la capacité est fonction de la tension (voir Fig.1.b). Dans la limite continue et dans l'approximation des ondes de faibles amplitudes, la propagation d'ondes dans ce système est régie par l'équation de Korteweg-de-Vries (KdV) [1], décrivant aussi la propagation d'ondes hydrodynamiques unidimensionnelles en eau peu profonde.

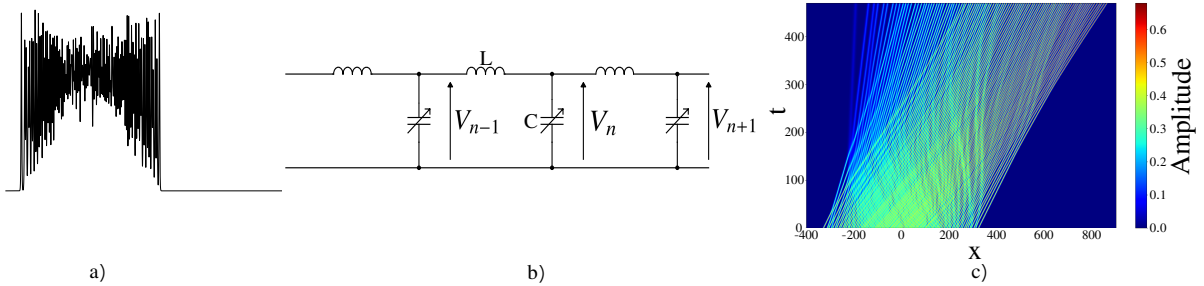


Figure 1. Représentation de la ligne électrique expérimentale et diagramme spatio-temporel issu d'une simulation de propagation d'un gaz de solitons KdV

Un générateur de fonction arbitraire produit au niveau du premier oscillateur une onde (distribution temporelle de tension) qui va se propager dans la ligne électrique composée de 160 oscillateurs LC identiques. Nous présentons ici une démonstration expérimentale de dynamique KdV dans cette ligne. L'équation KdV est dite intégrable et peut être résolue dans le formalisme de la méthode IST (Inverse Scattering Transform). Dans ce formalisme, un soliton est représenté par une valeur propre discrète, caractérisant à la fois son amplitude et sa vitesse. Plusieurs solitons distribués de manière aléatoire dans cet espace constituent ce que l'on appelle un gaz de solitons dont les propriétés statistiques sont caractérisées dans le cadre d'une théorie cinétique (analogue à la théorie cinétique des gaz) que nous cherchons à vérifier expérimentalement. Des méthodes numériques [2] nous permettent de générer ce gaz de solitons et de l'implémenter dans notre chaîne. Nous observons ainsi sa dynamique spatio-temporelle et l'évolution de sa densité d'états, c'est-à-dire la distribution de probabilité des valeurs propres caractérisant le gaz de solitons dans l'espace IST [3].

References

1. D. S. RICKETTS & D. HAM, Electrical solitons: theory, design, and applications, *CRC Press* (2018)
2. G-J. LIAO & N-N. HUANG, Method of Darboux Transformation Matrix for the KdV Equation, *Commun. Theor. Phys.*, **25**, 183-188 (1996).
3. P. SURET, *et al.*, Nonlinear spectral synthesis of soliton gas in deep-water surface gravity waves, *Phys. Rev. Lett.*, **125**, 264101 (2020).