Effects de la non convexité des interactions sur la dynamique des solitons dans un modèle de FK déformable.

Aurélien Serge Tchakoutio Nguetcho[1,2], Jean Marie Bilbault[2] & Serge Dos Santos[3]

[1] Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences et Sciences Appliquées du Sahel (LISSAS), Département de Physique, Faculté des Sciences, Université de Maroua, BP 814 CAMEROUN
[2] Laboratoire ImViA, BP 47870 - 21078 DIJON Cedex, Université de Bourgogne Franche-Comté
[3] INSA Centre Val de Loire, 3 Rue de la Chocolaterie CS 23410, F-41034 BLOIS, Inserm U1253, Université de Tours

`nguetchoserge@yahoo.fr`

Résumé

La dynamique des ondes localisées est étudiée dans un modèle de Frenkel-Kontorova (FK) avec des interactions interparticulaires non-convexes [1,2,3,4,5,6] plongé dans un potentiel de substrat à profil variable [1,2,6,8]. Le cas d'un potentiel de substrat déformable permet une adaptation théorique du modèle à différents autres phénomènes physiques réels. Les interactions non convexes ont des effets cruciaux sur la réponse des excitations non linéaires qui peuvent se propager le long de tels systèmes. De plus, l'inclusion d'interactions non-convexes n'est pas seulement intéressante d'un point de vue de la physique, elle fournit également un modèle mathématique extraordinaire, une nouvelle famille d'équations différentielles de seconde classe possédant plusieurs paramètres clés et plusieurs droites singulières. La dynamique autour de ces singularités donne de nouvelles informations d'un grand intérêt ; ils permettent notamment de mieux expliquer la formation de fissures résultant des dislocations observées dans les hétérostructures et semi-conducteurs qui, jusqu'ici n'avaient pas d'explications théoriques [6,7,8,9]. Par la théorie des bifurcations soutenue par les trajectoires de phase, nous dérivons une riche variété de solutions exotiques dont les différentes conditions d'existences sont bien définies. Dans certaines situations paramétriques, nous donnons diverses conditions suffisantes conduisant au seuil de dislocation. Nous remarquons que la déformabilité du potentiel de substrat ne joue qu'un rôle mineur [10]. Les résultats de nos analyses théoriques sont validés et complétés par des simulations numériques.

Abstract

Spatial localized solutions are studied using the Frenkel Kontorova (FK) model with non-convex interparticle interactions [1,2,3,4,5,6] immersed in a parameterized on-site substrate potential [1,2,6,8]. The case of a deformable substrate potential allows theoretical adaptation of the model to various physical situations. Non-convex interactions in lattice systems lead to a number of interesting phenomena that cannot be produced with linear coupling alone [4,5,6]. For example, non-convex interactions let horizontal singular straight lines appear in phase space, allowing a number of interesting phenomena that cannot be produced with linear coupling alone [6,7,8,9]. In the continuum limit for such a model, the particles are governed by a Singular Nonlinear Equation of the Second Class. By investigating the dynamical behavior and bifurcations of solutions of the planar dynamical systems, we derive a variety of exotic solutions corresponding to phase trajectories under different parameter conditions. Under different parametric situations, we give various sufficient conditions leading to the dislocation threshold, highlighting namely that the deformability of the substrate potential plays only a minor role [10]. The results of our theoretical analyses are validated and completed by numerical simulations.

Références

1. M. Remoissenet, "*Waves called Solitons*". 3rd Ed. (Springer-Verlag, Berlin, (2003)).
2. O. M. Braun and Y. S. Kivshar, "*The Frenkel-Kontorova Model, Concepts, Methods, and Applications*". Edited by (Springer-Verlag : Heidelberg New York, (2004)).

3. A. Milchev, I. Markov, "*The effect of anharmonicity in epitaxial interfaces : I. Substrate-induced dissociation of finite epitaxial islands*". Surf. Sci. **136**, 503 (1984).
4. A. Milchev, "*Solitary waves in a Frenkel–Kontorova model with non-convex interactions*". Physica D **41**, 262 (1990).
5. B. A. Malomed, A. Milchev, "*Interaction of dislocations with a local defect in an atomic chain with a nonconvex interparticle potential*". Phys. Rev. B **41**, 4220 (1990).
6. A. S. Tchakoutio Nguetcho, J. B. Li and J. M. Bilbault, "*Bifurcations of phase portraits of a Singular Nonlinear Equation of the Second Class*". Commun. Nonlinear. Sci. Numer. Simulat. **19**, 2590 (2014).
7. A. S. Tchakoutio Nguetcho, G. M. Nkeumaleu and J. M. Bilbault, "*Behavior of gap solitons in anharmonic lattices*". Phys. Rev. E **96**, 022207-1 (2017).
8. Li Jibin, "*Singular nonlinear traveling wave equations : bifurcations and exact solutions*". Beijing : Science Press ; (2013).
9. Jibin Li, "*Singular Nonlinear Travelling Wave Equations : Bifurcations and Exact Solutions*". Science Press, Beijing (2013).
10. J. Paturej, A. Milchev, V. G. Rostiashvili, and T. A. Vilgis, "*Polymer chain scission at constant tension - an example of force-induced collective behaviour*", J. Chem. Phys. **134**, (2011) 224901.