

Transition topologique dans les oscillateurs paramétriques linéaires et non-linéaires

Benjamin Apffel¹, Romain Fleury¹

Institute of Electrical and Micro Engineering, Laboratory of Wave Engineering, Ecole Polytechnique Fdrale de Lausanne (EPFL), Station 11, 1015 Lausanne, Switzerland
benjamin.apffel@epfl.ch

Un oscillateur paramétrique est un exemple simple d'oscillateur forcé extérieurement dont on trouve des réalisations dans de nombreux domaines d'application (optique, mécanique quantique, hydrodynamique, mécanique...). Lorsque le forçage externe est accordé en fréquence et suffisamment intense, la réponse de l'oscillateur croît exponentiellement tout en oscillant à la fréquence moitié de celle du forçage [1]. La phase de cette oscillation n'est pas arbitraire mais fixée, à π près, par le forçage externe. Il existe donc deux cycles limites oscillant en opposition de phase, et le choix de l'un ou l'autre dépend des conditions initiales. Cette dégénérescence de phase a par exemple été utilisée dans les machines d'Ising cohérentes comme analogue d'un spin-1/2 [2].

On propose ici d'étudier la possibilité d'effectuer une transition entre ces deux cycles limites lorsque le forçage externe est perturbé continument. Plus précisément, on s'intéresse au comportement de l'oscillateur lorsque l'excitation oscillant à la fréquence f_0 est désaccordée de λf_0 durant un temps $1/\lambda f_0$. Lorsque le paramètre λ varie, on observe où non une transition de l'oscillateur de l'un vers l'autre cycle limite. Il existe ainsi des valeurs critiques λ_c pour lesquelles le comportement change brusquement. De manière intéressante, il existe une interprétation topologique à ce phénomène que l'on discutera. Les différences entre oscillateurs linéaires et non-linéaires sont également mises en lumière. On propose une réalisation expérimentale avec l'instabilité de Faraday observée sur un bain de liquide vibré. Les cas linéaires et non-linéaires sont sondés expérimentalement et comparés avec les prédictions théoriques. Ces transitions se rapprochent de d'autres travaux dans le contexte de 'bit flip' dans les machines d'Ising [3], et étendent les effets topologiques à des systèmes non-linéaires modulés en temps.

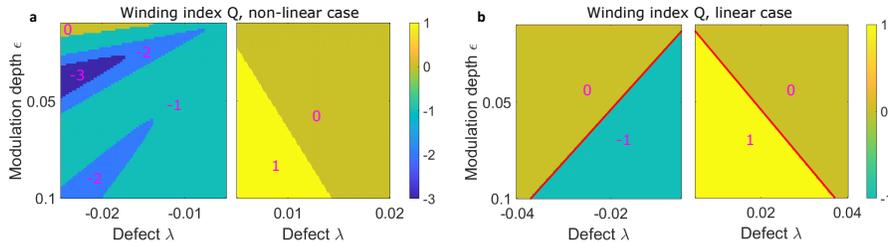


Figure 1. Exemple de diagramme de transition en fonction du paramètre de perturbation λ et du forçage adimensionné ϵ dans le cas d'un oscillateur paramétrique non-linéaire (gauche) et linéaire (droite). Le nombre Q indique le changement de phase (normalisé par π) entre l'état initial et final, qui ne peut être qu'un nombre entier.

Références

1. S. FAUVE, Hydrodynamics and Nonlinear Instabilities,, *Cambridge University Press*, pp. 387–492 (1998).
2. E. GOTO, The Parametron, a Digital Computing Element Which Utilizes Parametric Oscillation, *Proceedings of the IRE*, **47**, 1317 (1959).
3. M. FRIMMER ET AL, Rapid Flipping of Parametric Phase States, *Physical Review Letters.*, **123**, , 254102 (2019).