

Identification de la valeur du retard d'un laser à cavité externe chaotique

Alexandre Locquet¹, Damien Rontani^{1,2,3}, Marc Sciamanna^{1,2}, & David S. Citrin^{1,3}

¹ Unité Mixte Internationale 2958 Georgia Tech-CNRS, Georgia Tech Lorraine, 57070 Metz, France

² Supélec, LMOPS CNRS UMR-7132, 2 rue Edouard Belin, 57070 Metz, France

³ School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA

`alocquet@georgiatech-metz.fr`

Une des applications principales en optique des dynamiques nonlineaires est l'utilisation du chaos produit par une diode laser pour masquer un message utile [1]. Ce type de cryptage physique, qui peut atteindre des débits de plusieurs Gbit/s, peut être combiné avec un chiffrement algorithmique classique et procurer ainsi une sécurisation supplémentaire des communications optiques. Les lasers chaotiques utilisés sont souvent des systèmes à retard, en raison de la grande dimensionnalité du chaos produit par ces derniers, ce qui est considéré comme utile au masquage. Cependant, il a été montré que malgré la grande dimensionnalité d'un système à retard, il est facile de casser ce type de système si la valeur du retard est connue [2]. Ceci explique l'importance du problème de l'identification de la valeur de ce retard.

Nous nous intéressons ici à l'identification du retard d'un laser à cavité externe (LCE), qui est l'une des principales sources de chaos optique utilisée pour masquer un message utile. Un LCE est constitué par une diode laser soumise à la réinjection optique de sa propre lumière, provenant d'une réflexion sur un miroir externe. La valeur du retard correspond au temps d'aller-retour de la lumière dans la cavité externe. On considère généralement qu'il est facile d'identifier le retard d'un LCE [3], ce qui compromet sa sécurité et incite à employer des systèmes chaotiques plus complexes pour masquer un message utile.

Nous montrons que, contrairement à ce qui est communément admis, il existe des régimes de fonctionnement chaotique d'un LCE pour lesquels il est impossible d'identifier le retard par des techniques classiques basées sur l'autocovariance ou l'information mutuelle. Nous mettons en lumière que les paramètres opérationnels qui déterminent principalement la qualité de l'identification sont la force de la rétroaction, qui est proportionnelle à la quantité de lumière injectée par le miroir externe dans la diode, ainsi que le rapport entre le retard τ et un temps caractéristique de la dynamique du laser qui est la période τ_{RO} des oscillations de relaxation. Lorsque la rétroaction retardée est forte, l'influence importante que celle-ci exerce sur la dynamique du laser conduit toujours à une identification aisée du retard. Au contraire, lorsque la rétroaction est faible, il existe une compétition entre les temps caractéristiques τ et τ_{RO} qui peut conduire à une identification délicate de la valeur du retard. En particulier, lorsque la cavité externe est suffisamment courte pour que les valeurs de τ et de τ_{RO} soient proches, la compétition entre les échelles de temps peut conduire à une dynamique chaotique d'intensité optique qui ne comporte pas de signature du temps caractéristique τ détectable par les techniques d'autocovariance et d'information mutuelle [4]. Ceci démontre que, contrairement à ce qui est communément admis, il peut être difficile d'identifier le retard d'une diode laser chaotique soumise à une seule rétroaction optique.

Références

1. A. ARGYRIS, D. SYVRIDIS, L. LARGER, V. ANNOVAZZI-LODI, P. COLET, I. FISCHER, J. GARCIA-OJALVO, C.R. MIRASSO, L. PESQUERA, AND K.A. SHORE, Chaos-based communications at high bit rates using commercial fiber-optic links, *Nature*, **437**, 343 (2005).
2. R. HEGGER, M.J. BÜNNER, H. KANTZ, AND A. GIAQUINTA, Identifying and modeling delay feedback systems, *Phys. Rev. Lett.*, **81**, 558 (1998).
3. M.J. BÜNNER, A. KITTEL, J. PARISI, I. FISCHER, AND W. ELSÄSSER, Estimation of delay times from a delayed optical feedback laser experiment, *Europhys. Lett.*, **42**, 353 (1998).
4. D. RONTANI, A. LOCQUET, M. SCIAMANNA, AND D.S. CITRIN, Loss of time-delay signature in the chaotic output of a semiconductor laser with optical feedback, *Opt. Lett.*, **32**, 2960 (2007).