

# Bifurcation d'enveloppe d'un oscillateur optoélectronique micro-onde à retard, à haute pureté spectrale

L. Larger<sup>1</sup>, Y. Chembo<sup>1</sup>, H. Tavernier<sup>1</sup>, R. Bendoula<sup>1</sup>, P. Colet<sup>2</sup>, & E. Rubiola<sup>1</sup>

FEMTO-ST, UMR 6174, Université de Franche-Comté, 16 route de Gray, 25030 Besançon cedex, France  
laurent.larger@univ-fcomte.fr

Les dynamiques à retard sont étudiées et utilisées en général pour leur dimension d'espace des phases infinie [1], qui peut être simplement expliquée par la nécessité de définir des conditions initiales correspondant à une fonction du temps sur un intervalle de temps continu correspondant au retard (donc une infinité de valeurs). Cette grande dimension, combinée à une forte non linéarité, permet d'obtenir des régimes chaotiques de grande complexité (attracteurs de dimension finie, mais très élevée  $> 100$  [2]).

De manière paradoxale, les oscillateurs à très grand retard ont récemment montré aussi leur potentiel très intéressant en optoélectronique pour la génération d'oscillations micro-onde de très grande pureté spectrale [3]. Le retard est en effet facilement réalisé par un grande longueur de fibre optique (plusieurs km). Ce retard remplit le rôle d'un élément de stockage d'énergie (très large bande pour la fibre optique), habituellement réalisé dans les oscillateurs classiques par un résonateur, c'est à dire avec un élément fortement sélectif en fréquence afin de permettre une grande stabilité en fréquence. Le facteur de qualité de ce résonateur est en effet directement lié au temps de stockage à  $1/e$  de l'énergie, à la fréquence de résonance. Dans la chaîne d'oscillation de ces nouveaux oscillateurs optoélectronique, on trouve également les conversions nécessaires micro-onde/ optique / micro-onde qui sont réalisées grâce à des modulateurs de lumière très haut débit (modulateurs électro-optique intégrés de Mach-Zehnder, conventionnellement utilisés dans les télécommunications optiques modernes), et à des photodiodes ultra-rapides (également développées pour les télécoms). Cependant, les modulateurs introduisent une fonction de modulation fortement non linéaire (fonction d'interférence en  $\sin^2$ ), qui n'est habituellement pas rencontrée dans les architectures classiques d'oscillateur électronique à base de résonateur. Une étude de stabilité de l'oscillateur micro-onde (à quelques GHz, voir plus de 10 GHz) présente dans ces nouvelles architectures optoélectroniques à très grand retard, a permis de dériver une dynamique d'enveloppe lente. Cette dynamique d'enveloppe est obtenue à partir d'un modèle intégré-différentiel à retard de l'oscillateur, et elle fait apparaître une bifurcation de l'enveloppe (donc de l'amplitude des oscillations micro-onde) qui est directement liée à la fonction non linéaire d'une part, et à la valeur du retard temporel d'autre part. Nous présentons les résultats théoriques qui ont permis de déduire le phénomène d'instabilité lente de l'oscillation RF, ainsi qu'une confirmation expérimentale de ce phénomène. Une discussion phénoménologique du comportement observé est également proposé, en rapport avec les échelles de temps multiples très particulières mises en jeux dans ce type de dynamique à retard à filtrage bande étroite.

## Références

1. M. Le Berre, E. Ressayre, A. Tallet et Y. Pomeau, *Dynamic system driven by a retarded force acting as colored noise*, Physical Review A, Vol.41, No.12, pp.6635–6646, 1990.
2. J. D. Farmer, *Chaotic attractors of an infinite-dimensional dynamical system*, Physica D, Vol.4, pp.366–393, 1982.
3. X. S. Yao and L. Maleki, *High frequency optical subcarrier generator*, Electronics Letters, Vol.30, No.18, pp.1525–1526, 1994.