

# Régime chaotique verrouillé en fréquence d'un oscillateur opto-hyper.

Aurélien Thorette, Marco Romanelli, Marc Brunel & Marc Vallet

Institut de Physique de Rennes, Université Rennes I - CNRS UMR 6251, 263, av. du général Leclerc, 35042  
Rennes Cedex, France  
aurelien.thorette@univ-rennes1.fr

Nous présentons un nouveau régime de synchronisation entre un oscillateur et une référence externe, séparés par un écart en fréquence  $\Delta$  (appelé désaccord).

À faible désaccord, la phase de l'oscillateur se verrouille sur celle de la référence, c'est à dire que la phase relative est constante au cours du temps. Lorsque le désaccord augmente ou que le couplage diminue, il a été montré théoriquement et expérimentalement que si le système présente une bifurcation de Hopf supercritique, on peut observer un régime de *phase bornée* dans lequel il y a verrouillage de la fréquence moyenne de l'oscillateur sur celle de la référence externe, bien que leur phase relative oscille [1,2].

Nous montrons ici que dans le cas d'une bifurcation de Hopf sous-critique, il peut exister un régime de *phase bornée chaotique*. Dans ce régime, la fréquence moyenne est verrouillée, la phase relative restant inférieure à  $2\pi$ . Mais celle-ci, ainsi que l'enveloppe du signal en sortie de l'oscillateur, présente des variations chaotiques.

Nous avons étudié numériquement et expérimentalement ce comportement sur un oscillateur opto-hyper constitué par un laser solide bi-fréquence  $\text{Nd}^{3+}$ :YAG. Le battement entre les deux modes de polarisation du laser est synchronisé sur un synthétiseur RF via une réinjection optique (modèle décrit en détail dans l'article [3]). On peut ainsi mesurer aisément la phase relative et donc la synchronisation entre les deux oscillateurs.

Enfin, nous montrons que bien que le comportement soit chaotique, ce régime permet tout de même de transférer la pureté spectrale de la référence sur l'oscillateur. En effet, de façon surprenante, le bruit de phase autour de la fréquence de référence reste du même ordre de grandeur que pour un verrouillage complet. La stabilité à long terme d'une référence peut ainsi être transférée sur la fréquence moyenne d'un oscillateur qui présente des variations chaotiques d'intensité et de phase relative.

## Références

1. A. PIKOVSKY, M. ROSENBLUM, ET J. KURTHS, Synchronization : A Universal Concept in Nonlinear Sciences (Cambridge University, 2003).
2. M. ROMANELLI, L. WANG, M. BRUNEL ET M. VALLET, Measuring the universal synchronization properties of driven oscillators across a Hopf instability. *Optics Express*, **22**, 7364 (2014).
3. J. THÉVENIN, M. ROMANELLI, M. VALLET, M. BRUNEL ET T. ERNEUX, Phase and intensity dynamics of a two-frequency laser submitted to resonant frequency-shifted feedback. *Phys. Rev. A*, **86**, 033815 (2012).