

# Comportement excitable d'un oscillateur opto-hyperfréquence

Marco Romanelli, Marc Brunel & Marc Vallet

Institut de Physique de Rennes, Université Rennes I - CNRS UMR 6251, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France

marco.romanelli@univ-rennes1.fr

Le battement entre les deux modes de polarisation d'un laser permet de réaliser des oscillations radiofréquences de très bonne pureté spectrale et de fréquence accordable. Un tel oscillateur opto-hyperfréquence se prête à des nombreuses applications (radio-sur-fibre, lidar-radar, etc.); de plus, couplé à un oscillateur externe de référence, il constitue un système modèle pour étudier la synchronisation d'oscillateurs. En particulier, on a accès facilement à la phase relative entre les oscillateurs, alors que dans les systèmes tout-optiques la mesure d'une phase et de sa dynamique n'est pas toujours simple.

Dans cette contribution, nous mettons en évidence expérimentalement et théoriquement un régime dans lequel l'oscillateur émet des groupes d'impulsions, à des instants apparemment aléatoires. Entre deux rafales d'impulsions, l'oscillateur est verrouillé en phase sur l'oscillateur externe, et émet un signal sinusoïdal d'amplitude constante. Le déclenchement d'un groupe d'impulsions est statistiquement rare; on ne compte que quelques événements de ce type sur une série temporelle d'une seconde (l'échelle de temps caractéristique du laser Nd :YAG utilisé étant de l'ordre de 10  $\mu$ s). Ce comportement apparaît près du bord de la plage d'accrochage.

A partir du modèle décrit en détail en [?], nous interprétons les observations expérimentales en termes d'une réponse excitable induite par le bruit. En effet, les bruits expérimentaux produisent une gigue sur la fréquence du battement de l'oscillateur opto-hyper libre. En introduisant un tel bruit dans le modèle, il est possible de reproduire les observations expérimentales; en particulier, ce mécanisme paraît le seul à pouvoir expliquer l'absence d'une période caractéristique dans le déclenchement des impulsions. Nous avons aussi vérifié numériquement l'existence d'un seuil au-delà duquel la perturbation produit une impulsion, et l'indépendance de l'amplitude de la réponse à l'amplitude de la perturbation.

Il est intéressant de comparer ces résultats à des régimes excitables étudiés récemment dans des lasers à semi-conducteur injectés [?]. Dans ces études, l'injection était faible et la réponse excitable était accompagné d'un saut de phase de  $2\pi$ , ce qui conduit à une interprétation en termes de l'équation d'Adler, et de la bifurcation nœud-col sur un cercle qui lui est associée. Dans notre cas, nous avons trouvé, tant expérimentalement que numériquement, qu'il n'y a pas de décrochage de phase au cours d'une rafale d'impulsions, et que la synchronisation entre les oscillateurs est maintenue tout le temps. Cela montre qu'un scénario différent est à l'origine de la réponse excitable de l'oscillateur opto-hyper. Cela est cohérent avec nos conditions expérimentales; en effet, dans notre expérience la réinjection est relativement importante, et le régime de verrouillage de phase est suivi par une plage de phase bornée dans laquelle la synchronisation des oscillateurs est préservée [?].

## Références

1. J. Thévenin *et al.*, "Accrochage de fréquence sans accrochage de phase de deux modes laser couplés", Comptes-rendus de la 15ème Rencontre du Non-Linéaire, 197 (2012); J. Thévenin *et al.*, "Phase and intensity dynamics of a two-frequency laser submitted to resonant frequency-shifted feedback", Phys. Rev. A **86**, 033815 (2012).
2. B. Kelleher *et al.*, "Excitable phase slips in an injection-locked single-mode quantum-dot laser", Opt. Lett. **34**, 440 (2009); B. Kelleher *et al.*, "Excitability in optically injected semiconductor lasers : contrasting quantum-well-and quantum-dot-based devices", Phys. Rev. E **83**, 026207 (2011); M. Turconi *et al.*, "Control of excitable pulses in an injection-locked semiconductor laser", Phys. Rev. E **88**, 022923 (2013).
3. M. Romanelli *et al.*, "Measuring the universal synchronization properties of coupled oscillators across the Hopf instability", arXiv preprint arXiv :1310.6522 (2013).