

# Chaos généré par une non linéarité 2D et une dynamique à retard

Mourad Nourine, Michael Peil, & Laurent Larger

Département d'Optique, Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174, Université de Franche-Comté, 25030 Besançon Cedex, France.

`mourad.nourine@univ-fcomte.fr`

Les communications sécurisées par chaos ont permis le développement de nombreux systèmes dynamiques optiques produisant des comportements chaotiques complexes. Les dynamiques temporelles en question sont essentiellement basées sur le principe des équations à retard, à cause de leur faisabilité expérimentale, et de leurs propriétés dynamiques attractives : dimensions d'espaces des phases infinie [1], régimes chaotiques de grande complexité [2] et possibilité de synchronisation du chaos déterministe [3].

Les dernières évolutions du domaine des communications optiques sécurisées par chaos portent sur la démonstration du potentiel d'intégration, et de la capacité technologique à générer des clés physiques pour la génération de comportements chaotiques. C'est dans ce contexte que nous avons étudié la mise en œuvre, et les comportements dynamiques, d'un oscillateur électro-optique à deux retards, qui utilise aussi une transformation non linéaire à 2 entrées. Cette transformation non linéaire particulière est obtenue grâce à l'intégration sur Niobate de Lithium (matériau actif électro-optiquement, utilisé en optique intégrée) d'un interféromètre à 4 ondes, dont la condition d'interférence en sortie peut être modulée par effet électro-optique à partir de deux entrées électriques indépendantes. Le composant commercial utilisé correspond à un modulateur QPSK pour les télécommunications optiques, mais une architecture générique d'interféromètre à ondes multiples à différences de phase accordables indépendamment est tout à fait possible. Cette flexibilité technologique permet d'envisager la définition d'une clé physique personnalisée, correspondant pratiquement à une non linéarité particulière. Pour chaque clé physique de ce type, un comportement chaotique spécifique pourra être utilisé pour masquer une information optique.

Nous proposons de présenter le principe de mise en œuvre de ce système expérimental de génération de chaos, et nous rapporterons les comportements dynamiques observés expérimentalement, et numériquement. La dynamique particulière qui est obtenue dans cette situation peut se résumer à un modèle théorique de deux équations intégral-différentielles, excitées par un terme non linéaire retardé qui est fonction des deux variables couplées :

$$\frac{1}{\theta_{1,2}} \int_{t_0}^t x_{1,2}(\xi) d\xi + \tau_{1,2} \frac{dx_{1,2}}{dt}(t) + x_{1,2}(t) = f_{NL}[x_1(t - T_{1,2}), x_2(t - T_{1,2})]$$

Enfin, nous proposerons une architecture « Émetteur / Récepteur » en cours de réalisation, avec laquelle nous espérons pouvoir démontrer aussi la capacité de modulation du chaos obtenu, par une information binaire, ainsi que la capacité d'un récepteur à supprimer la modulation chaotique pour récupérer l'information d'origine en clair.

## Références

1. M. LE BERRE, E. RESSAYRE, A. TALLET AND Y. POMEAU, Dynamic system driven by a retarded force acting as colored noise, *Physical Review A*, **41**(12), 6635–6646 (1990).
2. J. D. FARMER, Chaotic attractors of infinite-dimensional dynamical system, *Physica D*, **4**, 366–393 (1982).
3. J. P. GOEDGEBUER, L. LARGER, AND H. PORTE, Optical cryptosystem based on synchronization of hyper-chaos generated by a delayed feedback tunable laserdiode, *Phys. Rev. Lett*, **80**, 2249–225 (1998).