

Transmission active d'une impulsion dans un modèle de neurone

Jacquir Sabir¹, Tchakoutio Nguetcho Serge Aurélien^{1,2}, Behdad Rachid¹, Binczak Stéphane¹, Kazantsev Victor³ & Bilbault Jean-Marie¹

¹ Laboratoire LE2I UMR CNRS 6306, Université de Bourgogne, Dijon, France

² Faculté des Sciences, Université de Maroua, Cameroun

³ Institute of Applied Physics of RAS, Nizhny Novgorod, Russie

sjacquir@u-bourgogne.fr

Depuis plusieurs années, de nombreux circuits électroniques caricaturant les neurones biologiques sont développés [1]. Ils permettent en effet d'étudier expérimentalement les différentes dynamiques d'un système temps réel tout en donnant l'opportunité de contrôler les paramètres du modèle. Un de ces circuits est le Neuristor [1], qui modélise l'équation de FitzHugh-Nagumo (FHN). Dans nos précédents travaux, un circuit électronique non linéaire [2], basé sur l'équation de FHN modifiée (FHNM) conduisant aux trajectoires de bifurcation homoclinique de type point-selle [3,4] a été réalisé. Le couplage entre deux neurones FHNM dans une configuration maître esclave a été étudié et caractérisé. Les conditions expérimentales de stabilité, de bistabilité et d'oscillations ont été discutées [5]. Nos résultats ont montré que la force de couplage modifie l'excitabilité du neurone esclave. La modification de la fréquence interspike ou encore l'apparition de phénomènes chaotiques ont été montrées expérimentalement [6,7].

Les travaux présentés dans ce papier concernent l'analyse des réponses du neurone FHNM soumis à une stimulation externe lorsque celui-ci présente une dynamique oscillante dans l'espace de phase. Le neurone FHNM exhibe des réponses de type "integrate and fire" et des réponses résonnantes typiques des cellules neuronales excitables (tout ou rien). La réponse du neurone dépend du nombre et des caractéristiques d'impulsions entrantes (amplitude, largeur, force et fréquence). Pour une gamme de valeurs de paramètres, il est possible de déclencher un train d'impulsions comprenant un nombre fini d'impulsions en réponse à une brève stimulation. Ainsi, la transformation active de N impulsions entrantes en M impulsions sortantes ($M > N$) devient possible. La transformation active permet de maintenir un équilibre au niveau de l'activité de génération d'impulsions entre les connexions convergentes et divergentes au sein de grands réseaux neuronaux composés de cellules excitables non-oscillantes. Le détail des résultats théoriques se trouve dans [8]. Les résultats de la transmission active obtenus à l'aide du neurone électronique FHNM sont présentés dans cet article.

Références

1. A. C. Scott. *Neuroscience : A mathematical primer*, Springer-Verlag, New York, 2002.
2. S. Binczak, V. B. Kasantsev, V. I. Nekorkin, J. M. Bilbault, Experimental study of bifurcations in modified FitzHugh-Nagumo cell, *Elect. Lett.* **39** (2003) 961-962.
3. V. B. Kazantsev, Selective communication and information processing by excitable systems, *Phys. Rev. E* **64** (2001) 056210.
4. V. B. Kasantsev, V. I. Nekorkin, S. Binczak, J. M. Bilbault, Spiking patterns emerging from wave instabilities in a one-dimensional neural lattice, *Phys. Rev. E* **68** (2003) 017201,1-4.
5. V. B. Kasantsev, V. I. Nekorkin, S. Binczak, S. Jacquir, J. M. Bilbault, Spiking dynamics of interacting oscillatory neurons, *Chaos* **15**(1) (2005).
6. S. Binczak, S. Jacquir, V. B. Kasantsev, V. I. Nekorkin, J. M. Bilbault, Experimental study of electrical FitzHugh-Nagumo neurons with modified excitability, *Neural Networks* **19** (2006) 684-693.
7. S. Jacquir, S. Binczak, J. M. Bilbault, V. B. Kasantsev, V. I. Nekorkin, Synaptic coupling between two electronic neurons, *Nonlinear Dynamics* **44** (2006) 29-36.
8. V. B. Kasantsev, S. A. T Nguetcho, S. Jacquir, S. Binczak, J. M. Bilbault, Active spike transmission in the neuron model with a winding threshold manifold, *Neurocomputing* **83** (2012) 205-211.