

Simulation d'un modèle à dérivée fractionnaire décrivant l'activité électrique des cellules β du pancréas

S. Morfu¹, B. Bodo² & A. Mvogo²

¹ Le2i FRE2005, CNRS, Arts et Métiers, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.

² Laboratory of Electronics, Department of Physics, University of Yaounde I, P.O. Box 812, Cameroon.

smorfu@u-bourgogne.fr

Bien que le concept d'analyse fractionnaire soit largement établi maintenant, ce n'est que récemment que ses applications dans les domaines de la physique et des sciences de l'ingénieur commencent à vraiment voir le jour. Parmi les domaines où ce dernier semble trouver un intérêt grandissant se trouve celui de la modélisation de l'excitabilité des systèmes biologiques [1]. En effet, dans ce domaine, un certain nombre de modèles ont été établis avec des dérivées entières comme les modèles de FitzHugh-Nagumo [2] et de Hindmarsh-Rose [3] décrivant le comportement des systèmes neuronaux. On peut également citer le modèle de Pernarowski qui rend compte de l'activité électrique des cellules β du pancréas [4,5]. Bien qu'un nombre impressionnant de comportements ont pu être établis avec ces modèles à dérivées entières [6,7,8], une richesse encore plus grande de dynamiques peut être obtenue avec des modèles incluant des dérivées d'ordre fractionnaire. Le principal intérêt réside donc dans une meilleure modélisation des systèmes biologiques par la prise en compte de dérivées d'ordre fractionnaire. Dans cette communication, nous simulons l'activité électrique des cellules β du pancréas à l'aide du modèle à 3 dimensions de Pernarowski [4,5]. Nous rappelons brièvement que le modèle classique à base de dérivées entières permet de décrire des cellules inactives, de décrire des cellules actives qui produisent des potentiels d'action de façon périodique ou par rafales entre-coupées d'une durée d'inactivité. Nous introduisons alors le modèle en dérivées fractionnaires pour lequel il est possible d'observer des comportements qui pourraient rendre compte de certains dysfonctionnement de la régulation de l'insuline par les cellules du pancréas [9].

Références

1. D. Jun, Z. Guang-jun, X. Yong, Y. Hong, W. Jue. Dynamic behavior analysis of fractional-order Hindmarsh-Rose neuronal model. *Cogn. Neurodyn.* **8**, 167–175 (2014).
2. R. Fitzhugh. Impulses and physiological states in theoretical models of nerve membrane. *Biophys. J.* **1**, 445–466 (1961).
3. J.L. Hindmarsh, R.M. Rose. A model of neuronal bursting using three coupled first order differential equations. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B* **221**, 87–102 (1984).
4. M. Pernarowski. Fast Subsystem Bifurcations in a Slowly Varying Liénard System Exhibiting Bursting. *SIAM J. Appl. Math.* **54**(3), 814–832 (1994).
5. M. Pernarowski. Fast and slow subsystems for a continuum model of bursting activity in the pancreatic islet. *SIAM J. Appl. Math.* **58**, 1667–1687 (1998).
6. S. Rajasekar, M.A.F. Sanjuan *Nonlinear resonances Springer Series in Synergetics* (2016)
7. S. Morfu and M. Bordet, On the correlation between phase-locking modes and Vibrational Resonance in a neuronal model, *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat.* **55**, 277-286 (2018).
8. M. Bordet and S. Morfu, Experimental and numerical study of noise effects in a FitzHugh–Nagumo system driven by a biharmonic signal, *Chaos, Solitons and Fractals* **54**, 82-89, (2013)
9. B. Bodo, A. Mvogo and S. Morfu, Fractional dynamical behavior of electrical activity in a model of pancreatic β -cells, *Chaos, Solitons and Fractals* **102**, 426-432 (2017).