

Encodage d'une information sinusoïdale dans un circuit neuronal et résonances induites par une perturbation

Morfu Saverio¹, Bordet Maxime² & Rossé Matthieu³

ImVia EA 7535, Univ Bourgogne Franche-Comté, Aile des sciences de l'ingénieur BP 47870, 21078 Dijon Cedex
¹ smorfu@u-bourgogne.fr

Comprendre comment les systèmes neuronaux encodent l'information est toujours une question ouverte qui continue de faire l'objet de bon nombre de travaux de recherche. En effet, l'efficacité des systèmes neuronaux à traiter l'information a permis le développement d'une grande variété de traitements bio-inspirés. Plus particulièrement, les réseaux cellulaires non linéaires (*CNN*) peuvent être vus comme des circuits électroniques qui s'inspirent du comportement des neurones pour réaliser des tâches de traitement du signal et des images [1,2]. En effet, ces circuits neuronaux sont décrits par les mêmes équations différentielles non linéaires que les modèles neuronaux dont ils s'inspirent ; ce qui leur permet de tirer profit des propriétés des systèmes non linéaires. Parmi les propriétés des systèmes non linéaires se trouvent les phénomènes de résonances induits par des perturbations, telles que la résonance stochastique et la résonance vibrationnelle [3,4,5,6,7,8]. Ces phénomènes consistent à améliorer la réponse d'un système non linéaire à une excitation d'entrée par une quantité appropriée d'une perturbation.

Dans ce contexte de circuits bio-inspirés, il est crucial de caractériser, dans un premier temps, la réponse d'un seul neurone, ou circuit neuronal, à différents type de stimulation. Par exemple, il a pu être montré qu'un stimulus sinusoïdal pouvait donner naissance à différents types de mode dépendant de l'amplitude et de la fréquence du stimulus [9]. Ces modes correspondent à la production d'un certains nombres de potentiels d'action durant une période de l'excitation sinusoïdale et permettent d'établir le diagramme d'encodage de cette excitation.

Cependant, il convient de prendre en compte les perturbations qui peuvent entrer en jeu lors du processus d'encodage de l'excitation [10,11]. En ce sens, il a pu être montré qu'un neurone pouvait utiliser une perturbation haute fréquence pour améliorer la détection d'un stimulus basse fréquence via les phénomènes de résonance vibrationnelle. En effet, si on analyse l'amplitude du spectre du signal en sortie du système, il peut présenter des résonances multiples en fonction de la fréquence de la perturbation. La prédiction de ces résonances s'avère donc crucial pour en tirer bénéfice. C'est l'objet de cette communication. Après avoir brièvement présenté le circuit neuronal et précisé son régime de fonctionnement, nous établissons un diagramme d'encodage du stimulus sinusoïdal. Nous étudions ensuite l'impact d'une perturbation haute fréquence sur la détection de ce stimulus basse fréquence. En particulier, nous interprétons les résonances qui ont lieu à l'aide du diagramme d'encodage précédemment établi.

Références

1. L.O. CHUA, T. ROSKA, *Cellular Neural Networks and Visual Computing : Foundation and Application*, Cambridge University Press (2002).
2. S. MORFU, B. NOFIELE AND P. MARQUIÉ, *Phys. Lett. A* **367**, 192–198 (2007).
3. L. GAMMAITONI, P. HÄNGGI, P. JUNG AND F. MARCHESONI, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 223-287 (1998).
4. P. BALENZUELA, H. BRAUN AND D.R. CHIALVO, *Contemp. Phys.* **53**, 17-38 (2011).
5. P.S. LANDA AND P.V.E. MCCLINTOCK, *J. Phys. A* **33**, L433-L438 (2000).
6. E. ULLNER, A. ZAIKIN, J. GARCÍA-OJALVO, R. BÁSCONES AND J. KURTHS, *Phys. Lett. A* **312**, 348 (2003).
7. M. BORDET AND S. MORFU, *Electron. Lett.* **48**, 903–905 (2012).
8. M. BORDET, S. MORFU AND P. MARQUIÉ, *Chaos, Solitons and Fractals* **78**, 205-214 (2015).
9. Y-Q CHE, J. WANG, W. JIE SI AND X.Y. FEI, *Chaos, solitons and Fractals* **39**, 454 (2009).
10. L. YANG, W. LIU, M. YI, C. WANG, Q. ZHU, X. ZHAN AND Y. JIA, *Phys. Rev. E* **86**, 016209 (2012).
11. S. MORFU AND M. BORDET, *Commun. Nonlinear Sci Numer Simulat* **55**, 277–286 (2018).