

Comprendre la biophysique des bursts d'activités dans des réseaux neuronaux grâce à un modèle dynamique 2D

T. Fardet¹, S. Bottani¹, S. Métens¹ & P. Monceau^{1,2}

¹ Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, Université Paris Diderot

² Université d'Évry

tanguy.fardet@univ-paris-diderot.fr

Des comportements de type épileptique, succession de périodes intensément actives où les neurones sont synchronisés, ont été observés dans de nombreux types de populations neuronales. Pourtant, l'origine biophysique de ce phénomène récurrent reste largement débattue.

Dans une étude récente, nous avons montré que la présence de neurones oscillants et adaptatifs, i.e. capables de moduler la fréquence à laquelle ils émettent des potentiels d'action ou « spikes », est une condition suffisante à l'apparition de ces bursts successifs. Comme tout ensemble oscillateurs adaptatifs, ces neurones peuvent se synchroniser lorsqu'ils sont couplés, via des synapses, au sein d'un réseau neuronal. Cependant, ils possèdent également des propriétés plus complexes que celles d'oscillateurs standards. Nous avons en effet révélé que ces neurones adaptatifs peuvent transiter depuis leur comportement intrinsèque – émission périodique d'un spike – vers un nouveau comportement intermittent lorsque le couplage augmente. Ce comportement émergent est constitué de bursts, comportant un grand nombre de spikes, entrecoupés de longues périodes d'inactivité.

En modélisant chaque neurone par un système dynamique 2D, nous sommes capables de reproduire quantitativement les observations expérimentales réalisées dans des cultures neuronales. De plus, l'analyse détaillée de la dynamique temporelle et du plan de phase d'un « neurone moyen » nous a permis de proposer une origine biophysique au comportement observé en reliant les paramètres du modèle à divers mécanismes biologiques.

Ce travail nous permet ainsi d'apporter un éclairage nouveau sur les phénomènes mis en jeu dans la dynamique synchrone de populations de neurones, mais également de proposer une série d'expériences qui permettraient de vérifier ces hypothèses.

Références

1. T. Fardet, M. Ballandras, S. Bottani, S. Métens, and P. Monceau. Adaptive oscillatory neurons generate periodic bursting : analytic and numerical study of the attractor dynamics. *Preprint*, hal-01401843 (2016).
2. Y. Penn, M. Segal, and E. Moses. Network synchronization in hippocampal neurons. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201515105 (2016).
3. I. A. Rybak, Ilya A, Y. I. Molkov, P. E. Jasinski, N. A. Shevtsova, and J. C. Smith. Rhythmic bursting in the pre-Bötzinger complex : mechanisms and models. *Progress in brain research* **209**, 1–23 (2014).
4. M. Augustin, J. Ladenbauer, and K. Obermayer. How adaptation shapes spike rate oscillations in recurrent neuronal networks. *Frontiers in Computational Neuroscience* **7**, 1–11 (2013)