

Couplages de neurones de type Hindmarsh-Rose : de la synchronisation à l'émergence de propriétés

Nathalie Corson¹ & M.A. Aziz Alaoui²

Laboratoire de Mathématiques Appliquées du Havre (LMAH), Université du Havre, 25 rue Philippe Lebon,
BP540, 76058 Le Havre
nathalie.corson@univ-lehavre.fr

Le modèle mathématique de Hodgkin-Huxley [7] décrit le comportement d'un neurone en terme de circulation des principaux ions à travers la membrane de celui ci. Le système différentiel lent-rapide de Hindmarsh-Rose [6] est basé sur celui de Hodgkin-Huxley et modélise la circulation de l'information le long d'un neurone. Les interactions entre les neurones par l'intermédiaire des synapses peuvent être modélisées soit par une fonction de couplage linéaire (synapses électriques) soit par une fonction de couplage non-linéaire à seuil (synapses chimiques). Après une rapide étude numérique de la dynamique asymptotique d'un neurone, qui s'avère chaotique pour certaines valeurs de paramètres, nous cherchons numériquement la force de couplage nécessaire pour observer un phénomène de synchronisation entre les neurones. Ce travail a été effectué dans le cas d'un couplage linéaire puis dans le cas d'un couplage non-linéaire de plusieurs neurones. Chaque neurone est supposé couplé à tous les autres. Dans un premier temps, tous ces neurones sont identiques, puis nous modifions les paramètres des neurones afin que tous soient légèrement différents les uns des autres. Les interactions, linéaires ou non, entre les éléments, identiques ou non, de ce système font émerger des propriétés nouvelles en relation avec la force de couplage nécessaire pour faire synchroniser les n neurones. Ces propriétés émergentes sont données par des lois heuristiques caractéristiques d'une certaine notion de complexité.

Références

1. M.A. Aziz-Alaoui (2006), *Synchronization of chaos*, Encyclopedia of mathematical physics, Elsevier vol.5, pp 213-226
2. M.A. Aziz-Alaoui (2006), *Complex emergent properties and chaos (De) synchronization*, in Emergent Properties in Natural and Artificial Dynamical Systems, Understanding complex systems, Springer, pp 129-147
3. N. Corson, M.A. Aziz Alaoui (2008), *Asymptotic dynamics of the slow-fast Hindmarsh-Rose neuronal model*, To be submitted...
4. N. Corson, M.A. Aziz Alaoui (2008), *Complex emergent properties in synchronized neuronal oscillations*, To be submitted...
5. I. Belykh, E. Lange, M. Hasler (2005), *Synchronization of Bursting Neurons : What matters in the Network Topology*, Phy. Rev. Lett.94, 18, pp 188101.1-188101.4
6. J.L. Hindmarsh, R.M. Rose (1984), *A model of neuronal bursting using three coupled first order differential equations*, Proc. R. Sc. Lond. B221, pp 87-102
7. A. Hodgkin, A. Huxley (1952), *A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve*, J. Physiol. 117, p 500-544
8. E.M. Izhikevich (2007), *Dynamical systems in neuroscience - The geometry of excitability and bursting*, The MIT Press