

## Éditorial du numéro spécial sur la statistique et les neurosciences

**Title:** Editorial for the special issue on Statistics and Neurosciences

Christophe Pouzat<sup>1</sup> et Patricia Reynaud-Bouret<sup>2</sup>

Les neurosciences connaissent actuellement un développement rapide du fait, principalement, de l'introduction de nouvelles techniques expérimentales (Luo, 2015, chapitre 13). Les « gros » jeux de données contenant l'activité de nombreux, 10 à 1000, neurones enregistrés simultanément deviennent courants. Des données anatomiques comportant la morphologie ainsi qu'une partie des gènes exprimés au niveau du neurone unique sur de grandes régions cérébrales sont produites quotidiennement. Ce type de données constitue clairement un défi intéressant pour le statisticien, le probabiliste et, plus généralement, tout scientifique d'orientation mathématique. Les problèmes vont de l'amélioration des méthodes expérimentales – ce que les expérimentateurs considèrent comme du *pré-traitement* – à la formulation / exploration / résolution de modèles stochastiques en passant par l'élaboration de plans d'expériences.

Nous avons choisi de focaliser ce numéro spécial sur des approches pour lesquelles *le neurone* constitue le niveau élémentaire de l'analyse. D'autres approches sont clairement possibles, comme celles basées sur *la population de neurones* qui sont très souvent employées pour l'analyse / modélisation de données *électroencéphalographiques* ou d'*imagerie par résonance magnétique fonctionnelle* ; alors que des niveaux plus microscopiques, comme la synapse ou le gène, peuvent aussi être adoptés comme points de départ. Ce choix ne signifie évidemment pas que des questions statistiques intéressantes ne sont pas générées par les autres approches – loin s'en faut ! –, mais nous avons cherché la cohérence tout en restant dans notre domaine d'expertise. Nous avons également choisi des problèmes susceptibles d'intéresser directement les neurobiologistes, ainsi que toute personne dont la curiosité est stimulée par les questions de neuroscience théorique, en plus des statisticiens, au détriment des problèmes liés au traitement des données générées par une technique expérimentale particulière. En d'autres termes, les modèles stochastiques – dans le temps ou l'espace – ont été privilégiés malgré l'importance des problèmes de traitement des données.

Les deux premiers articles : Samson et Ditlevsen d'une part et Galves et Löcherbach d'autre part, trouvent leur origine dans l'activité irrégulière des neurones *au sein d'un réseau*. Samson et Ditlevsen considèrent un neurone unique et modélisent un processus bidimensionnel par une

<sup>1</sup> MAP5, Université Paris-Descartes et UMR 8145, 45, rue des Saints-Pères, 75006 Paris, France.

E-mail : [christophe.pouzat@parisdescartes.fr](mailto:christophe.pouzat@parisdescartes.fr)

<sup>2</sup> Laboratoire J. A. Dieudonné, Université Nice Sophia Antipolis, CNRS, LJAD, UMR 7351, 06100 Nice, France.

E-mail : [reynaudb@unice.fr](mailto:reynaudb@unice.fr)

équation différentielle stochastique (EDS) – une version stochastique du modèle de [Morris-Lecar](#). L'une des composantes du processus bidimensionnel peut être identifiée au potentiel membranaire, quantité bien connue des neurophysiologistes. La modélisation stochastique du potentiel membranaire remonte au moins à [Gerstein \(1964\)](#), mais l'écrasante majorité des travaux dans ce domaine ne modélise pas explicitement le potentiel d'action ; au lieu de cela, une EDS est employée sous un seuil et, à chaque fois que ce seuil est atteint, un potentiel d'action est émis et le potentiel membranaire est ramené au niveau « de repos » ; c'est la version stochastique du modèle de Lapique ou modèle « intègre et décharge » ([Burkitt, 2006a,b](#)). Samson et Ditlevsen nous présentent un modèle plus riche avec les problèmes d'inférence qui lui sont associés. Galves et Löcherbach « s'attaquent » au niveau suivant : que peut-on dire et *établir analytiquement* sur les propriétés d'une grande population de neurones stochastiques ? Cette question est clairement une question « standard » des [neurosciences computationnelles](#) ; l'originalité du modèle de Galves et Löcherbach tient dans l'imposition d'une petite restriction – l'intensité stochastique d'un neurone ne dépend que de l'activité du réseau *depuis le dernier potentiel d'action de ce neurone* – qui les ramène dans le cadre des [chaînes de Markov à mémoire variable](#) et leur permet la dérivation de nombreux résultats. Ils discutent ensuite de propriétés macroscopiques « classiques » exhibées par les réseaux neuronaux à la lumière de leur modèle. Ce domaine étant très vaste, le lecteur curieux pourra également consulter l'article de [Cocco et al. \(2009\)](#) où une approche plus ancienne est présentée et discutée.

Le dernier article par S. Eglén présente, à la demande des éditeurs, deux sujets : un modèle stochastique spatial de la localisation de différents types de photo-récepteurs dans la rétine, en même temps qu'une description *exhaustive et « reproductible »* de l'analyse effectuée. Ces deux sujets sont activement explorés par la communauté des neurosciences. Une bonne introduction à la neuro-anatomie quantitative peut être trouvée dans l'ouvrage de [Braitenberg \(1998\)](#). Jusqu'à récemment, les données anatomiques ont été principalement utilisées pour contraindre les modèles de réseaux neuronaux (comme celui de Galves et Löcherbach) ; l'article de S. Eglén présente une nouvelle approche dans ce domaine : les modèles génératifs. Ces derniers sont très attrayant car ils présentent des points d'entrée évidents pour quiconque s'intéresse aux questions dynamiques en neuro-anatomie comme celles liées au développement ([Luo, 2015](#), chapitres 5 et 7) ou à la mémoire ([Luo, 2015](#), chapitre 10). Le second sujet : la description exhaustive d'une analyse avec l'ensemble des commandes / programmes – du logiciel R – et l'accès aux données ; permet de niveler un obstacle parfois insurmontable pour tout chercheur intéressé par un nouveau problème scientifique. Comprendre ce qui a effectivement été fait avec les données constitue trop souvent une tâche excessivement chronophage. En popularisant une approche, celle de la *recherche reproductible*, qui commence à être adoptée en neurosciences, nous espérons convaincre les statisticiens avides de données que les neurosciences offrent de nombreux et fascinants défis ; défis sur lesquels il est effectivement possible de travailler.

## Références

- Braitenberg, V. et Schüz, A. (1998). *Cortex : Statistics and Geometry of Neuronal Connectivity*. Studies Brain Function Series. Springer.
- Burkitt, A. N. (2006a). A Review of the Integrate-and-fire Neuron Model : I. Homogeneous Synaptic Input. *Biological Cybernetics*, 95(1) :1–19.

- Burkitt, A. N. (2006b). A review of the integrate-and-fire neuron model : II. Inhomogeneous synaptic input and network properties. *Biological Cybernetics*, pages 1–16.
- Cocco, S., Leibler, S., and Monasson, R. (2009). Neuronal couplings between retinal ganglion cells inferred by efficient inverse statistical physics methods. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(33) :14058–14062.
- Gerstein, George L. et Mandelbrot, B. (1964). Random Walk Models for the Spike Activity of a Single Neuron. *Biophys J.*, 4(1) :41–68.
- Luo, L. (2015). *Principles of Neurobiology*. Garland Science.