



uOttawa

Les avalanches neuronales : phénomène intrinsèque au développement cortical in-vitro

Narjiss Laafou et Dr. Jean-Philippe Thivierge
Université d'Ottawa, École de Psychologie

Abstract

Research in the field of neuronal dynamics is growing. In this study, we observed in-vitro neuronal activity characterized by neuronal avalanches. We tried to determine whether the avalanches only take place when considering the activity of a large population of neurons. We analyzed data collected over the span of a few weeks representing the electric activity of in-vitro cortical cells. Results show that the avalanche's dynamic are represented by an organized avalanche which represents the complex process of neuronal communication, and can be observed even with half of a given neuronal population.

Introduction

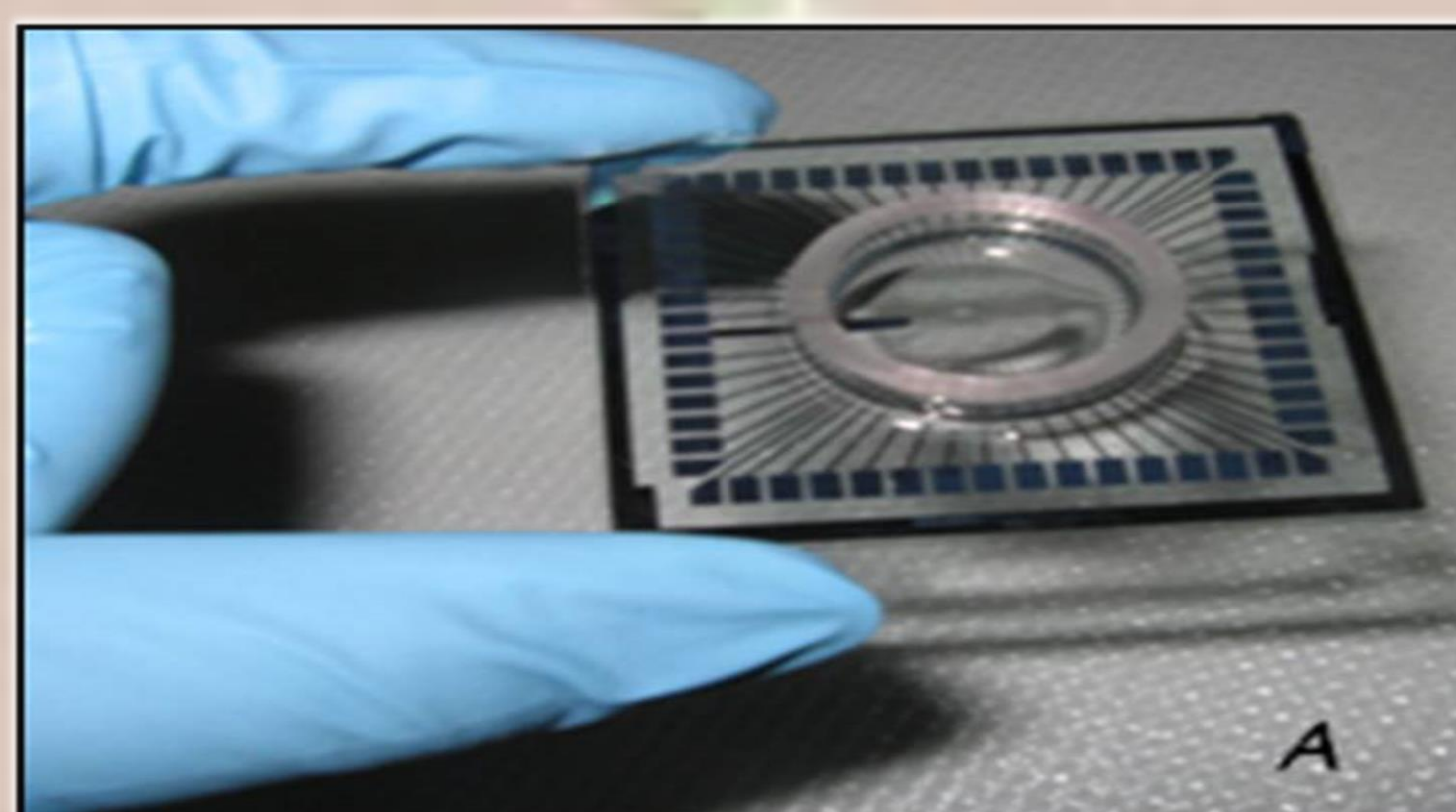
Dans cette recherche, nous tenterons d'étudier les avalanches neuronales, phénomène électrique caractéristique du développement neuronal. Celui-ci se caractérise par une succession de potentiels d'action organisés dans le temps qui prend la forme d'une loi de puissance. Ce champ de recherche étant relativement jeune, quelques auteurs s'y sont néanmoins intéressés. Dans un article de Beggs & al. (2012), une étude de ces circuits a permis de mieux nous éclairer sur l'état d'activation critique des circuits neuronaux et sur la distribution caractéristique des avalanches neuronales suivant une loi de puissance. Puis, dans un article de Plenz & al. (2013) le phénomène a aussi été étudié pour nous permettre de mieux saisir l'état d'activation neuronal chez des participants humains grâce à des méthodes non-invasives. Le sujet étant d'actualité, la motivation ultime serait de contribuer à solidifier les connaissances que nous possédons au sujet du fonctionnement du cerveau humain, surtout, dans notre cas, lors du développement de celui-ci. Ici, nous procéderons à une analyse de données collectées sur une période de plusieurs semaines reflétant l'activité électrique de neurones in-vitro au cours de leur développement, plus précisément, lors de la 28^e journée de développement, correspondant à un stade de pleine maturation. Nous pensons que la dynamique des avalanches neuronales se traduira par une loi de puissance qui reflète l'augmentation de l'efficacité du tissu neuronal lors du développement même lorsque la moitié des potentiels d'action sont utilisés.

Méthodes

Pour cette recherche, des cellules corticales de rat ont été prélevées pour être ensuite placées dans un incubateur. Sur une période de 35 jours, un enregistrement quotidien d'une durée de 20 minutes a été fait sur les neurones en croissance in vitro (données déjà présentes pour mon analyse). Des données collectées durant les 35 jours, ce sont celles du 28^e jours qui ont été traitées. Une fois ces données acquises, une analyse de la moitié uniquement des électrodes des 11 multi électrodes ont été utilisé pour dresser les graphiques. Toutes les données ont été traitées avec le logiciel Matlab.

Figure #1:

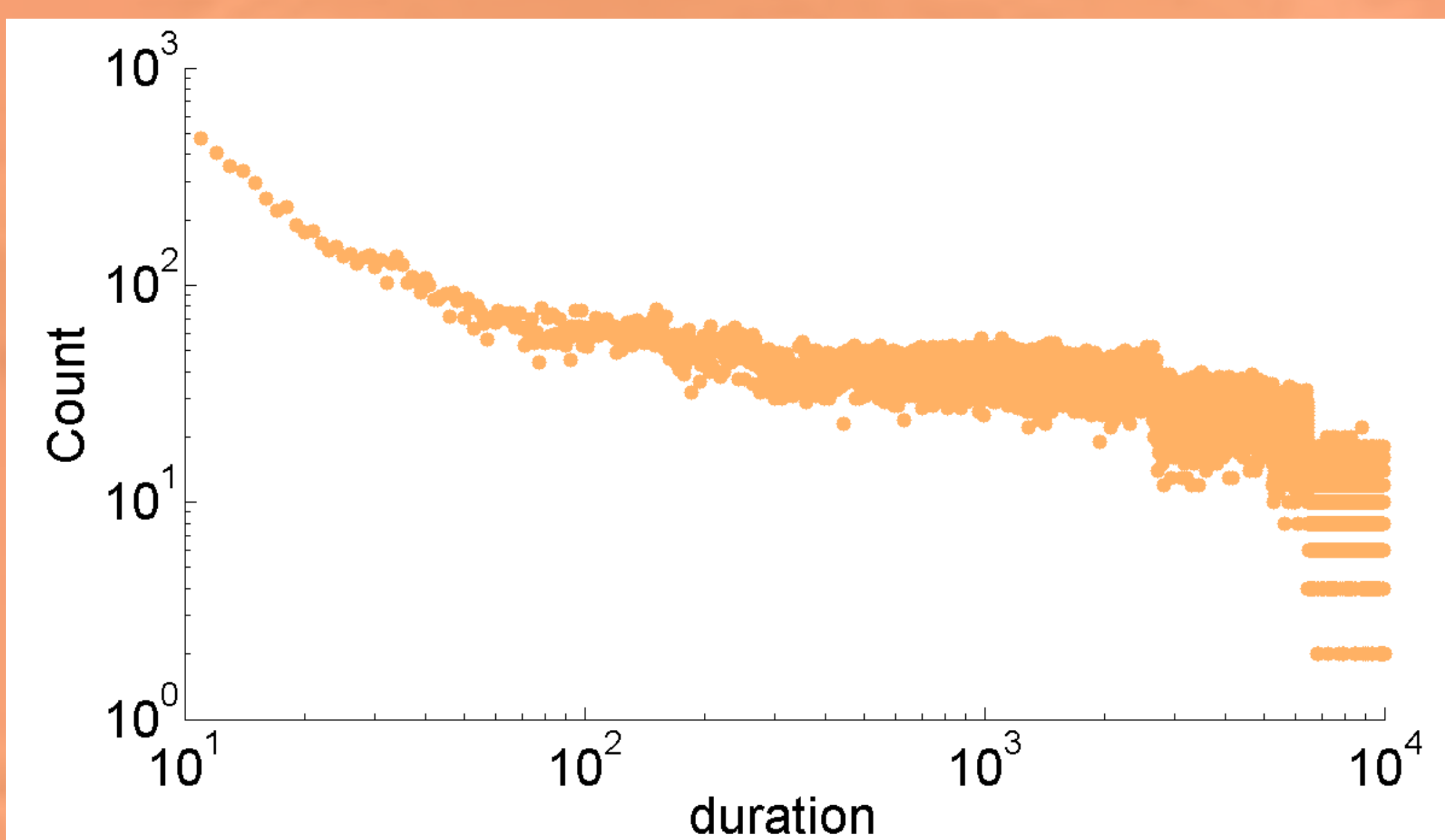
Multi électrode utilisée.



Résultats

► Les avalanches neuronales sont caractérisées par une loi de puissance même lors de l'utilisation de la moitié des électrodes d'enregistrement. Ce phénomène semble donc indépendant du nombre d'électrodes utilisées pour l'enregistrement.

Figure #2: Distribution de la durée des avalanches lors du 28e jour in-vitro. Moitié des électrodes traitées.



B- Nombre de potentiels d'actions présents lors d'une avalanche. Moitié des électrodes utilisés.

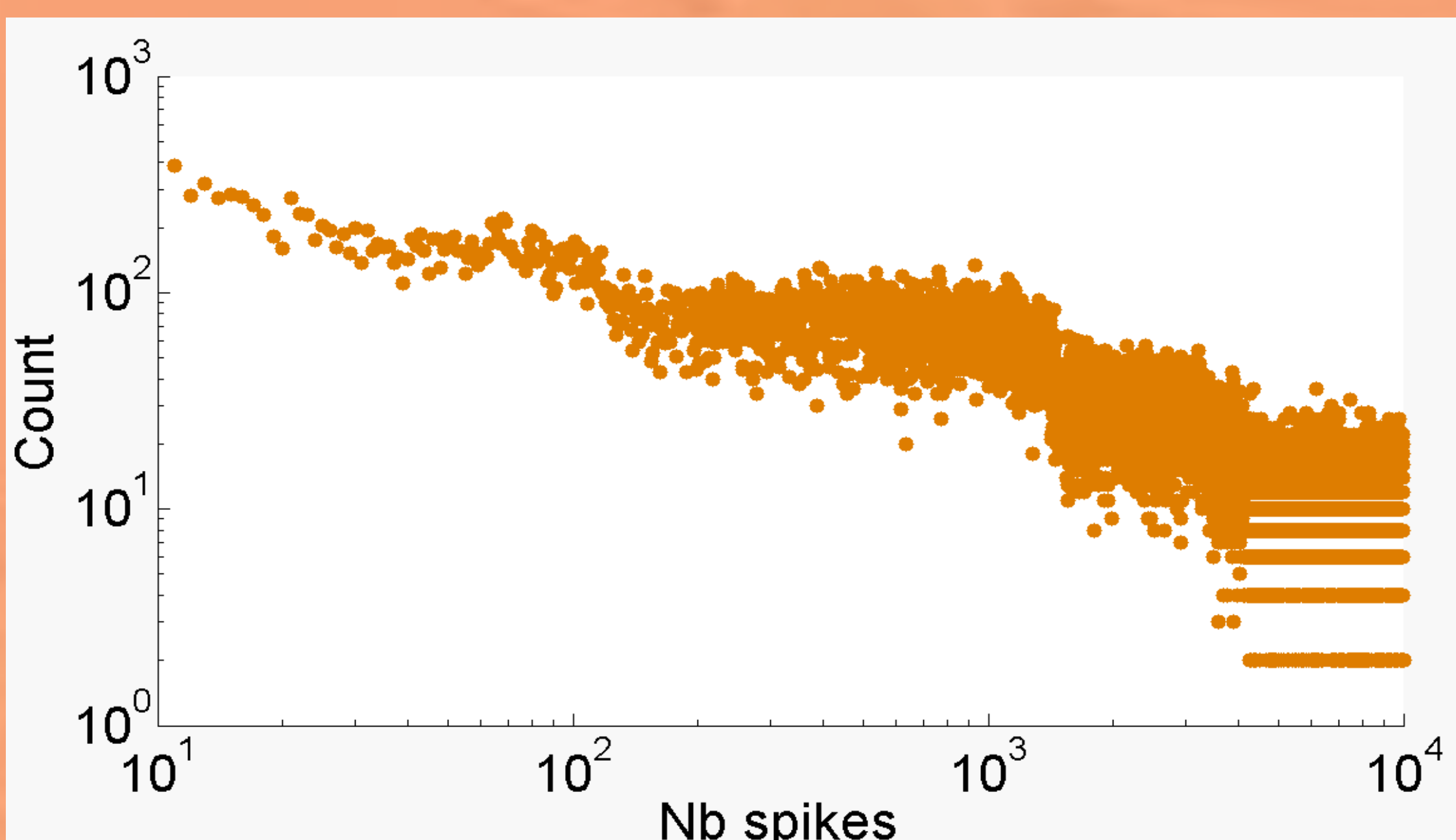
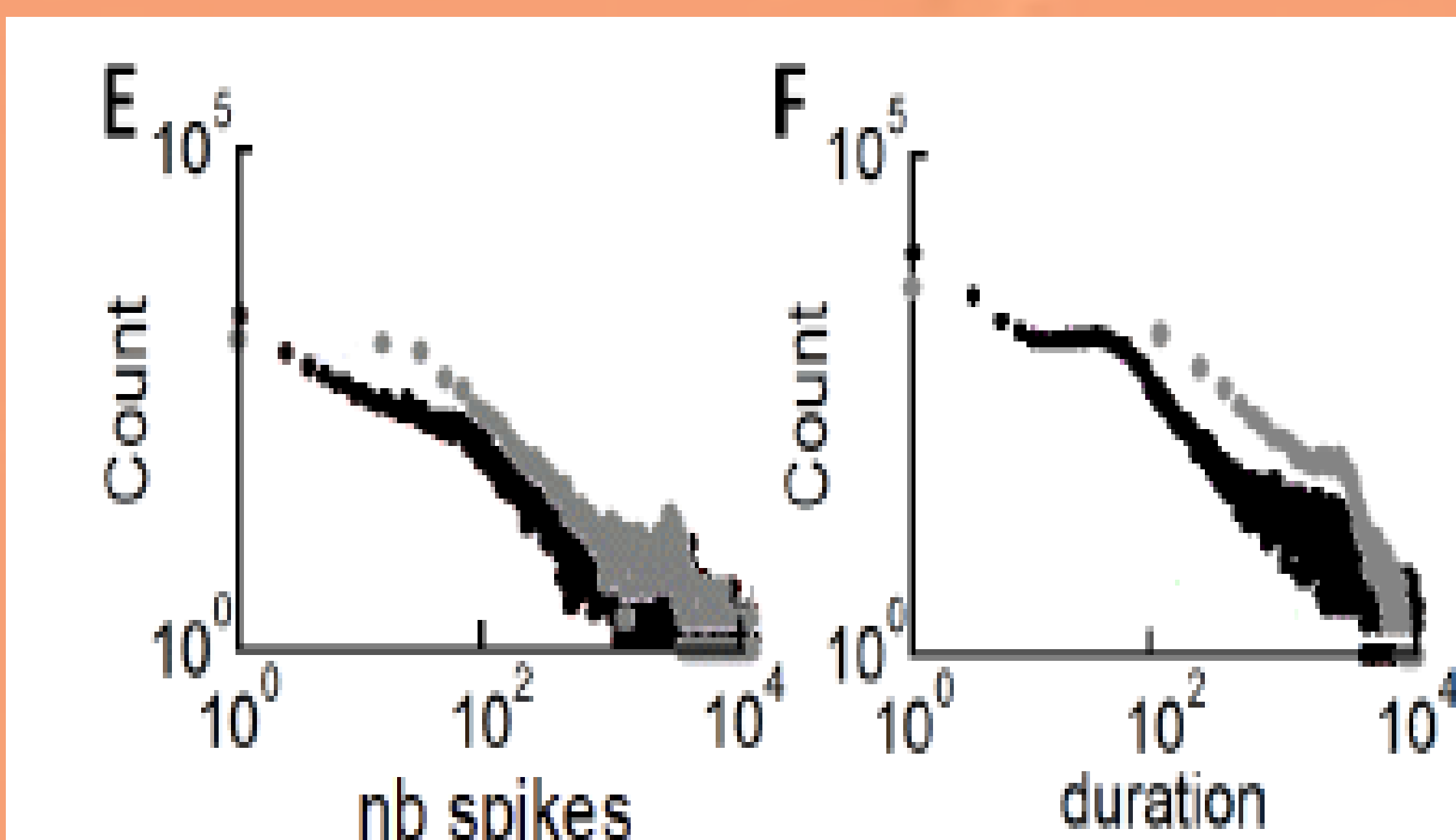


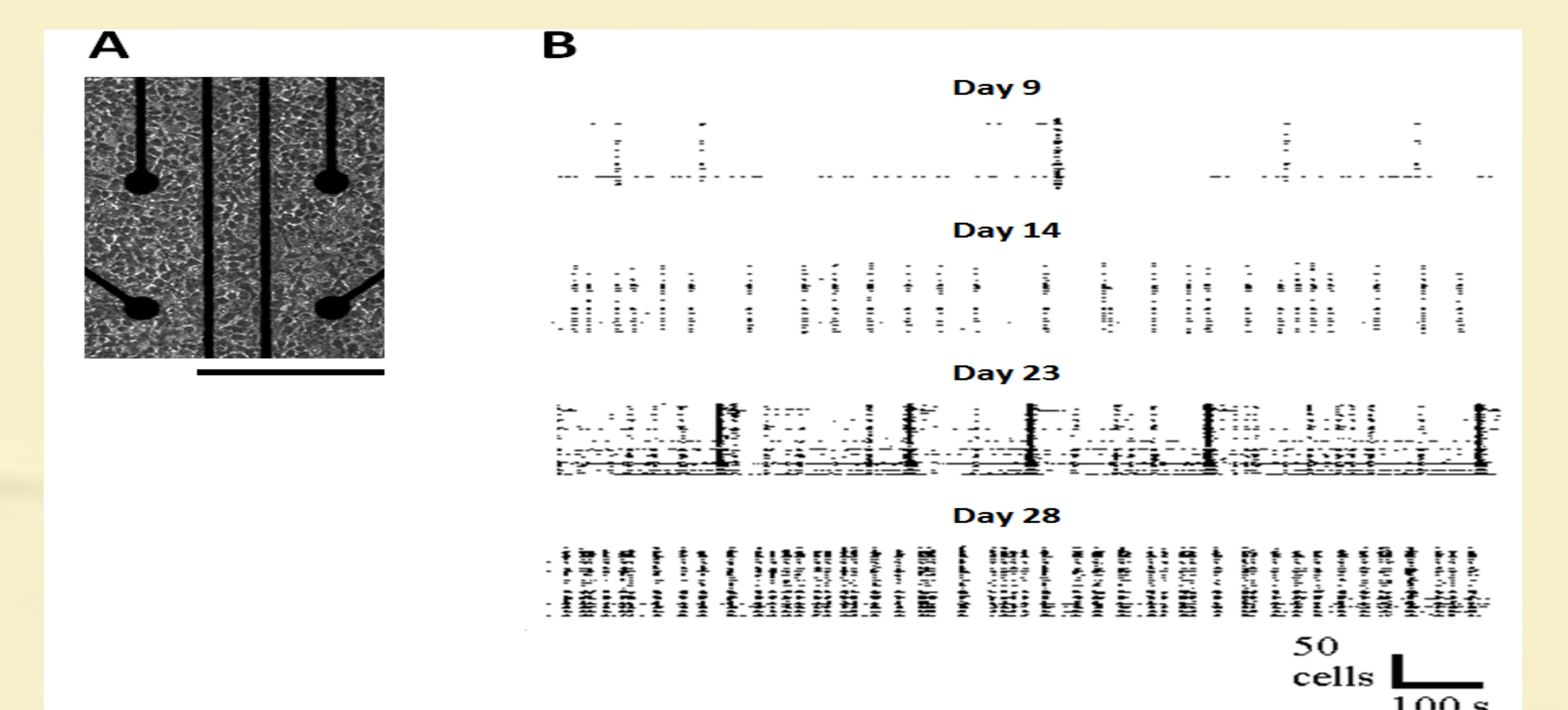
Figure #3: Comparaison de la morphologie des avalanches lors du 10^e et du 28^e jour, considérant la totalité des électrodes (Thivierge & al., en préparation)



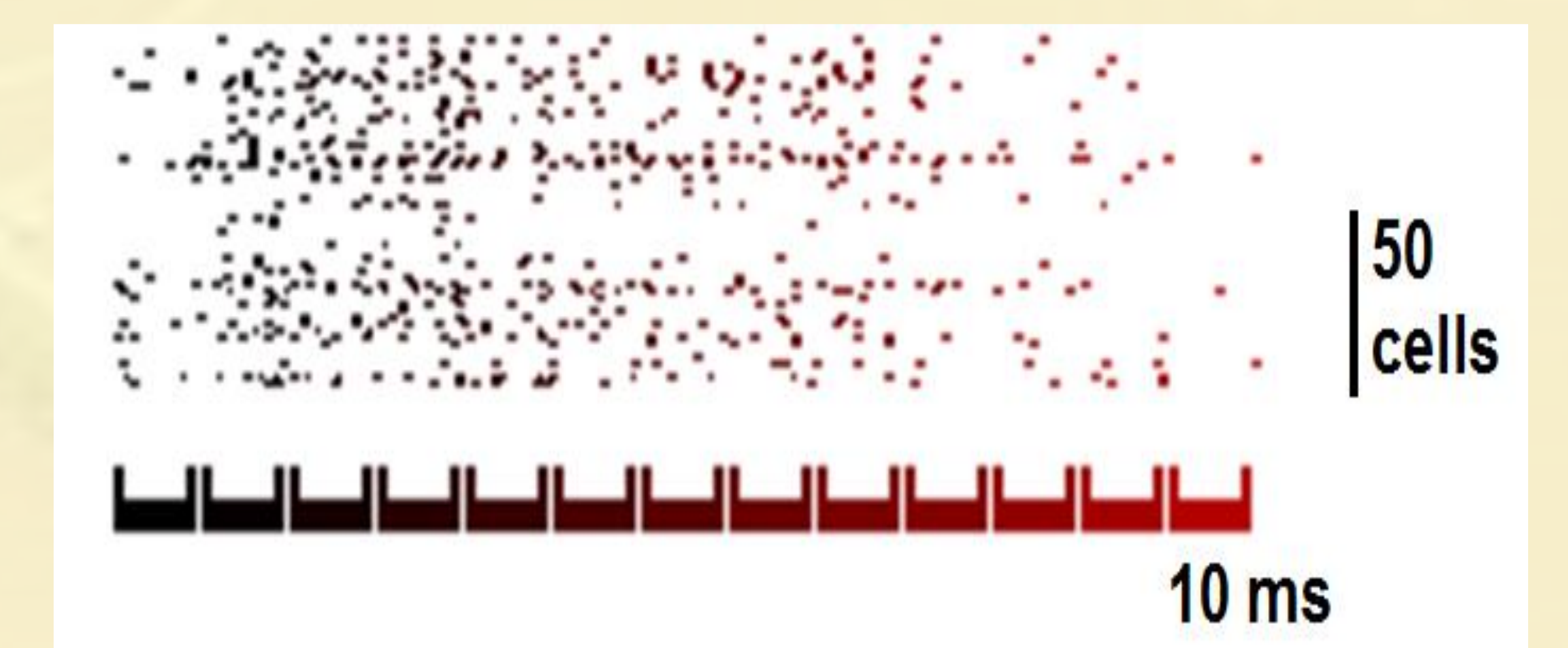
Conclusion

Nos résultats appuient notre hypothèse dans la mesure où ils permettent de voir une grande similarité entre les avalanches obtenues avec la totalité des électrodes et celles obtenues qu'avec une moitié. Comme la forme typique de l'avalanche reste constante malgré l'utilisation de la moitié uniquement des électrodes, ce phénomène semble effectivement intrinsèque au développement neuronal et non dépendant du nombre de neurones considérés. Pour ce qui est de la raison sous-jacente au développement des avalanches, on pense qu'il s'agirait d'une optimisation de l'efficacité des réseaux. Comme on peut le voir ci-joint, les avalanches augmentent en durée et en force au cours du développement, permettant aux neurones d'optimiser la connectivité entre eux (Thivierge et al., en préparation). Celles-ci semblent effectivement contribuer à un partage optimal d'information au sein des réseaux neuronaux en développement qui passerait par l'augmentation du nombre de synapses fonctionnelles.

Figure #4 A- Développement des potentiels d'action au cours des semaines in-vitro (Thivierge & al. en préparation)



B- Zoom sur une avalanche:



Bien que nos résultats aient permis d'approfondir la compréhension du phénomène d'avalanche neuronale, beaucoup reste à résoudre quant à la relation entre l'augmentation de connectivité et les avalanches neuronales. Une piste qu'il semblerait intéressant d'exploiter lors de recherches futures serait une analyse plus poussée de la morphologie des avalanches au cours du développement. Il nous semble que lors de futures analyses, il faudrait étudier les caractéristiques des avalanches lors de différentes journées du développement tout au long de celui-ci. Il deviendrait ainsi possible de déterminer la période où les avalanches deviennent un phénomène significatif et de mieux saisir leur rôle dans la connectivité neuronale.

Références

1. Friedman, N., Ito, S., Brinkman, B.A.W., Shimono, M., Lee De Ville, R.E., Dahmen, K.A., Beggs, J.M., Butler, T.C. (2012). Universal Critical Dynamics in High Resolution Neuronal Avalanches Data. *Physical Review Letters*, 108, 208102
2. Shriki, O., Alstott, J., Carver, F., Holroyd, T., Henson, R.N.A., Smith, M.L., Coppola, R., Bullmore, E., Plenz, D. (2013). Neuronal Avalanches in the Resting MEG of the human brain. *The Journal of Neuroscience*, 33(16):7079-7090
3. Thivierge, J.P., Sharma, R., Tauskela, J.S., Développement of Neuronal Avalanches and Network Efficiency in Cortical Activity (2013) Publication in progress.

Remerciements : Un merci tout particulier à Dr. Thivierge pour sa supervision et son aide tout au long de la réalisation du projet ainsi qu'à Lydia Richardson pour son aide.
Coordonnées pour plus d'information: Narjiss Laafou, courriel: nlaaf007@uottawa.ca