



HAL
open science

OpenElectrophy : un logiciel libre pour l'analyse de signaux électrophysiologiques

Samuel Garcia, Nicolas Fourcaud-Trocmé

► To cite this version:

Samuel Garcia, Nicolas Fourcaud-Trocmé. OpenElectrophy : un logiciel libre pour l'analyse de signaux électrophysiologiques. Deuxième conférence française de Neurosciences Computationnelles, "Neuro-comp08", Oct 2008, Marseille, France. hal-00331542

HAL Id: hal-00331542

<https://hal.science/hal-00331542>

Submitted on 17 Oct 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

OpenElectrophy : un logiciel libre pour l'analyse de signaux électrophysiologiques

GARCIA Samuel, FOURCAUD-TROCME Nicolas
50 av Tony Garnier 69366 Lyon Cedex 07
France
sgarcia@olfac.univ-lyon1.fr

RÉSUMÉ

Les techniques expérimentales récentes permettent d'acquérir de grandes quantités de données. Le stockage et le traitement efficace de ces données est donc désormais une question fondamentale. Dans ce cadre, nous avons développé le logiciel libre OpenElectrophy initialement conçu pour traiter des données électrophysiologiques, écrit avec le langage libre python et notamment le module scientifique SciPy. Il s'interface avec une base de données MySQL permettant le stockage complet sur le long terme des signaux expérimentaux, des conditions expérimentales et du traitement des données. Le logiciel inclut par ailleurs plusieurs outils permettant de détecter d'une part les spikes et d'autres part oscillations transitoires des potentiels de champs, ce qui permet ensuite une analyse mixte des décharges individuelles des cellules et de l'activité du réseau. Enfin, la nature libre du logiciel ainsi que sa construction modulaire permettent une amélioration rapide et constante de ses fonctions et l'utilisation de ses scripts internes par des programmes auxiliaires avec une très grande souplesse.

MOTS CLEFS

Spike-sorting, oscillation, base de données, analyse.

1. Introduction

OpenElectrophy est un outil logiciel libre construit pour faciliter le stockage et l'analyse des signaux électrophysiologiques neuronaux.

Développé initialement au sein d'un laboratoire d'électrophysiologie, plusieurs problèmes liés au stockage et à l'analyse des grandes quantités de données expérimentales recueillies ont guidé le développement de cet outil :

En premier lieu, l'idée était d'avoir un outil qui permette l'analyse conjointe des spikes et des oscillations transitoires des potentiels de champs locaux. Plusieurs outils, libres ou payants, existent déjà pour faire ces analyses (Spike2, Wave_clus, SpikeOMatic pour les spikes et Elan pour les oscillations). Cependant, aucun d'eux ne permet une analyse mixte.

Deuxièmement, l'évolution technique des plateformes d'acquisition de ces signaux fait que le volume de données à analyser est devenu pour la plupart des laboratoires très important. La manipulation individuelle de ces signaux est une charge très lourde dans les études. Il fallait donc mettre au point un outil permettant de manipuler facilement de grandes quantités de données.

Un troisième objectif était de faciliter la mémoire à long terme des données expérimentales brutes. En effet, les formats de fichiers sont aujourd'hui de plus en plus hétérogènes et changent fréquemment de version. De plus, les données brutes et les « méta - données », c'est à dire toutes les informations concernant le protocole et les conditions de l'expérience, sont rarement sauvegardées au même endroit. L'idée était alors de remédier à ce problème en mettant au point un stockage unifié des données et « méta-données », voire des traitements et analyses effectués sur ces données, ainsi que de permettre l'accès à des signaux acquis antérieurement avec l'intégralité des informations.

Enfin, la vocation de OpenElectrophy est de rassembler sur un même outil les personnes qui lancent des analyses haut niveau avec une interface graphique simple et celles qui codent et développent de nouvelles analyses sous forme de scripts.

2. Solution

Pour répondre à ces besoins, OpenElectrophy a été développé en utilisant les deux piliers suivants : MySQL, la célèbre et puissante base de données libre, et SciPy le module de calcul scientifique de python.

Le principe d'une base de données est d'avoir une collection de tables qui contiennent différents champs. Ces tables sont reliées entre elles par des clés ou index. Mettre des données dans une base revient à rendre « granulaire » et ranger « en vrac » ces données dans les différentes tables. La reconstruction hiérarchique et logique des données se fait au moment de l'exploration. L'écriture de requêtes simple permet un accès facile et formaté aux données. Apparemment trivial, ce mécanisme s'avère souple et efficace. Par exemple, les données peuvent être reconstruites avec plusieurs angles

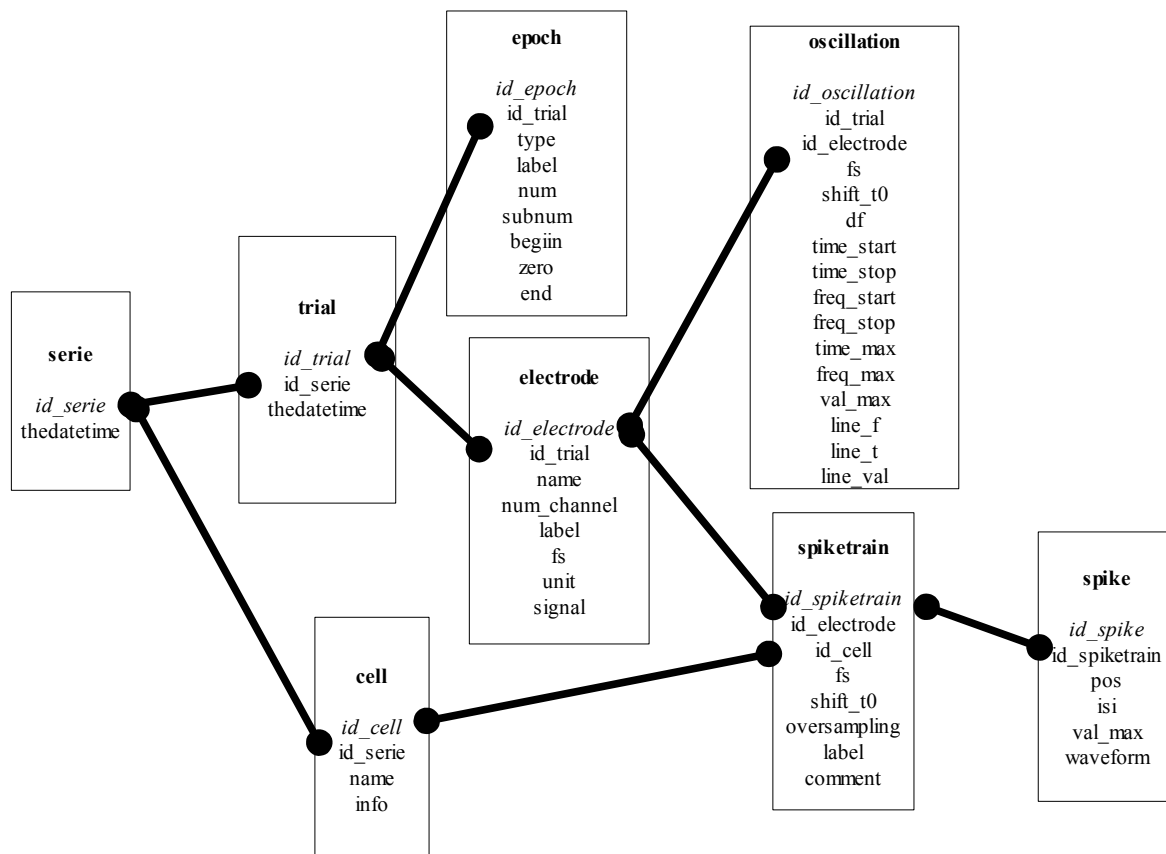


Figure 1 : schéma de la base. Chaque cadre correspond à une table de la base qui contient toutes les propriétés (champs) des éléments d'un type donné. Par exemple, la table spike (en bas à droite), contient pour chaque spike son index propre (`id_spike`), l'index du train de spike auquel il est rattaché (`id_spiketrain`), sa position (`pos`), l'intervalle avec le spike suivant (`isi`), son amplitude maximum (`val_max`) et son signal brut (`waveform`). Les tables et champs présentés ici sont ceux gérés nativement par OpenElectrophy mais la base est extensible à volonté pour tous les besoins spécifiques.

de vue selon les critères de tri choisis. Un autre avantage est la flexibilité d'une base de données : on peut ajouter des tables ou des champs a posteriori. La solution choisie pour l'agencement des tables avec OpenElectrophy est décrite dans la figure 1. Le choix de MySQL est justifié par le fait que c'est le projet libre le plus populaire. Il est extrêmement utilisé et du coup robuste. Il existe de plus un grand nombre d'outils reliés à MySQL.

Python est un langage multi-plateforme, libre, récent, intuitif et complet. Il permet autant d'écrire de petits scripts de prototypage que de réaliser des projets à grande échelle. SciPy (ScientificPython) est le module de calcul de python. Il est basé sur la même logique que Matlab du point de vue traitement vectoriel et N-dimensionnel des tableaux. Il propose quasiment toutes les fonctions utiles pour le calcul scientifique (filtrage, fft, interpolation, algèbre linéaire, statistique, ...). C'est une excellente alternative libre à Matlab car il propose de base toutes les « toolboxes » nécessaires. Toutes les analyses de signaux avec OpenElectrophy sont donc développées à partir de SciPy.

L'utilisation générale du logiciel se fait en plusieurs étapes. En premier lieu, il faut intégrer les signaux dans

la base. La philosophie est de lire les fichiers acquis au cours des expériences pour extraire les informations de manière la plus exhaustive possible (signaux et méta-données) puis de ne plus avoir recours à ces fichiers d'origine, tout étant centralisé dans la base. OpenElectrophy permet pour le moment d'intégrer des données aux formats binaires, texte, TDT, Micromed, Elan, WaveBook. Il sera facile d'intégrer de nouveaux formats à moindre effort grâce à la modularité du code. L'idéal est d'écrire un script d'intégration pour chaque plateforme expérimentale afin d'intégrer en plus des signaux le maximum de méta-données correspondant au protocole. L'interface graphique permet ensuite une visualisation et une exploration de premier ordre des signaux avec quelques traitements simples du type filtre ou carte temps fréquence. Dans un deuxième temps, il est possible de détecter à partir de ces signaux bruts les deux phénomènes d'intérêt : les spikes et les oscillations des potentiels de champs. Le résultat de ces détectations est stocké dans les tables spike et/ou oscillation directement dans la base de données. Le principe de ces détectations est détaillé plus loin. On a alors à disposition tous les spikes et toutes les oscillations, directement exploitables et facilement accessibles grâce aux requêtes SQL. Les analyses se font ensuite à deux niveaux différents. Soit à partir de l'interface graphique

pour les analyses classiques (intervalle inter spike, taux de décharge, ...), soit on écrit en python une analyse spécifique. Dans ce dernier cas OpenElectrophy représente alors une bibliothèque qui permet une manipulation des données très simplifiée.

3. Détails des méthodes

Spike

La détection et le tri de spike est un point sensible. La validité de tous les traitements qui suivent en dépend. De nombreuses méthodes ont été publiées sur ce sujet [1-4]. Pour extraire les spikes des signaux bruts, on décompose le processus en quatre étapes : le filtrage, la détection, la projection dans une base et le tri. Pour chacune plusieurs solutions existent. La philosophie d'OpenElectrophy est de proposer un éventail de méthodes pour chaque étape. Chaque utilisateur peut donc choisir la méthode la plus adaptée à ses signaux. De plus, l'implémentation d'une nouvelle méthode sera simple en cas de nouveaux besoins. Les méthodes actuellement disponibles à chaque étape sont :

- filtrage : “fast fourier transform” (FFT) ou filtrage médian glissant
- détection : on utilise seulement une méthode par seuil sur l'amplitude du maximum.
- projection de la forme des spikes : composante principale, composante indépendante ou pas de projection. Une projection avec des ondelettes est prévue.
- tri : méthode du “k-mean” ou “superparamagnetic clustering” (SPC) [3].

Oscillations

L'étude des oscillations se fait avec une approche nouvelle décrite dans l'article de Roux et al. [5]. Habituellement l'étude des oscillations transitoires se fait en manipulant des cartes temps fréquences calculées avec l'ondelette de Morlet continue. Le principe de la méthode consiste à extraire des « lignes temps fréquences » à partir de ces cartes correspondant à chaque oscillation transitoire. Ces lignes de crêtes contiennent tous les paramètres de chaque oscillation : durée, amplitude, évolution de la fréquence, évolution de la phase, latence... Dans les analyses suivantes, au lieu de manipuler les cartes temps fréquences, coûteuses en ressources, on peut travailler uniquement à partir des paramètres de chaque oscillation, ce qui est beaucoup plus intuitif et efficace, notamment du point de vue quantitatif.

4. Avantages

Les avantages de ce logiciel sont divers. Un des principaux est la centralisation des données. Cela permet notamment de travailler à plusieurs sur les mêmes données. MySQL permet bien sûr un accès à distance ce qui facilite les collaborations entre différents laboratoires sur un même jeu de signaux. Enfin, MySQL fournit aussi des outils de sauvegarde des bases qui permettent donc de tout sauvegarder en une seule fois.

En plus du partage de données, le système permet aussi de partager de nouvelles analyses. En effet un nouveau script peut très facilement être appliqué à une ancienne base.

Le fait que les données soient dans une base MySQL permet aussi une analyse avec d'autres logiciels : Excel, Matlab, R, Statistica, ... car la majorité des logiciels possèdent une interface avec les serveurs MySQL.

Un autre atout majeur est l'intégration dans une même base tous les types de données. On peut, par exemple, ajouter en plus des signaux électrophysiologiques, le signal respiratoire d'un animal, la position de l'animal, les signaux issus de capteurs comportementaux (lapement, entrée/sortie, ...). Pour l'analyse, cela simplifie évidemment la fusion du comportement et de l'électrophysiologie.

Pour finir, la construction de OpenElectrophy comme un logiciel libre permet à toute personne intéressée de modifier et d'améliorer tout ou partie du logiciel, ou bien d'écrire de nouveaux scripts, puis d'en faire profiter les autres utilisateurs. L'utilisation du langage de haut niveau python facilite ce type de travail car il est relativement aisé à lire et à manipuler.

5. Conclusion

OpenElectrophy est un projet libre pour la gestion, la visualisation et l'analyse des signaux électrophysiologiques. Chacun est libre de le télécharger, de l'utiliser et de contribuer à son amélioration [6].

Avec ses deux niveaux d'utilisations, il a pour vocation de rassembler les expérimentateurs et développeurs de nouvelles analyses. En tirant parti de MySQL et de SciPy, cet outil propose un moyen efficace et rapide d'approcher de grande quantité de signaux. La nouveauté principale de l'outil est bien sûr la possibilité d'analyser conjointement les oscillations et les spikes.

Remerciement

Nathalie Buonviso, Tristan Cenier et Phillipe Litaudon pour être les utilisateurs courageux de la première heure.

Références

- [1] M. S. Lewicki, A review of methods for spike sorting: the detection and classification of neural action potentials, *Network*, 9, 1998, R53-78.
- [2] C. Pouzat, M. Delescluse, P. Viot & J. Diebolt, Improved spike-sorting by modeling firing statistics and burst-dependent spike amplitude attenuation: a Markov chain Monte Carlo approach, *J Neurophysiol*, 91, 2004, 2910-2928.
- [3] R. Q. Quiroga, Z. Nadasdy & Y. Ben-Shaul, Unsupervised spike detection and sorting with wavelets

and superparamagnetic clustering, *Neural Comput*, 16, 2004, 1661-1687.

[4] F. Wood, S. Goldwater & M. J. Black, A non-parametric Bayesian approach to spike sorting, *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 1, 2006, 1165-1168.

[5] S. G. Roux, T. Cenier, S. Garcia, P. Litaudon & N. Buonviso, A wavelet-based method for local phase extraction from a multi-frequency oscillatory signal., *J Neurosci Methods*, 160, 2007, 135-143.

[6] <http://neuralensemble.org/trac/OpenElectrophy>