

Proposition de stage

Laboratoire d'accueil : Laboratoire ICube (D-ESSP, équipe IPP)

Conception et réalisation d'un système d'acquisition de vocalisations ultrasoniques de rongeurs pour la recherche en neuroscience

Description du stage (Contexte, travail à réaliser, pré-requis) :

L'étude des vocalisations ultrasoniques des rongeurs (rats et souris notamment) est un élément important pour la recherche en neuroscience ^[1,2]. Ces animaux pouvant émettre des sons allant de la gamme audible par l'homme jusqu'à des valeurs ultrasoniques atteignant les 100 kHz ^[2,3], un dispositif d'acquisition spécifique permettant d'atteindre ces fréquences est nécessaire. Des solutions commerciales existent, mais leur coût reste très élevé ^[4] voir prohibitif pour certains laboratoires.

Depuis maintenant deux ans, le laboratoire ICube développe en collaboration avec le laboratoire LNCA un dispositif à coût réduit permettant de réaliser ces acquisitions. On retrouve dans ce système un microphone spécifique permettant d'atteindre la gamme de fréquence nécessaire suivi d'une chaîne de conditionnement du signal analogique. L'acquisition numérique se fera à l'aide d'un CODEC Audio piloté par un microcontrôleur STM32. Les données numérisées sont ensuite transmises à un PC à l'aide d'une liaison Ethernet. Actuellement, plusieurs étages de ce système ont déjà été réalisés et testés de manière séparée. Le prototype se compose d'un assemblage de circuits nécessitant une carte de développement comportant le microcontrôleur.

Le but de ce stage est de réaliser un système stand-alone regroupant l'ensemble des éléments précédant permettant de réaliser l'acquisition sur 4 microphones (4 voies d'entrée) jusqu'à la transmission de données vers le PC. Une interface utilisateur permettant à ce dernier de configurer, contrôler le système d'acquisition et de traiter le signal acquis ^[5,6] sera également nécessaire. Des compétences en électronique analogique, programmation de microcontrôleur (langage C), interface de communication, conditionnement du signal et réalisation de circuits imprimés (Altium Designer) sont des prérequis pour mener à bien cette réalisation. Un soin tout particulier à l'approche *low-cost* et *open-source* sera demandée afin de rester fidèle à la démarche dans laquelle s'inscrit ce projet.

Durée en mois : 6 mois

Contacts : Responsable(s) du stage : Frédéric Antoni Co-encadrant : François Stock
Mél : frederic.antoni@unistra.fr

Collaborations extérieures éventuelles : Laboratoire LNCA (Strasbourg).

Gratification de stage : Conformément aux règles en vigueur (~ 650 €/mois).

Poursuite possible en thèse : Non.

Références :

- [1] Premoli M, Pietropaolo S, Wöhr M, Simola N, Bonini SA. Mouse and rat ultrasonic vocalizations in neuroscience and neuropharmacology: State of the art and future applications. Eur J Neurosci. 2023 Jun;57(12):2062-2096. doi: 10.1111/ejn.15957. Epub 2023 Mar 26. PMID: 36889803.
- [2] Simola N, Granon S. Ultrasonic vocalizations as a tool in studying emotional states in rodent models of social behavior and brain disease. Neuropharmacology. 2019 Nov 15;159:107420. doi: 10.1016/j.neuropharm.2018.11.008. Epub 2018 Nov 13. PMID: 30445100.
- [3] Lenell C, Broadfoot CK, Schaen-Heacock NE, Ciucci MR. Biological and Acoustic Sex Differences in Rat Ultrasonic Vocalization. Brain Sci. 2021 Apr 4;11(4):459. doi: 10.3390/brainsci11040459. PMID: 33916537; PMCID: PMC8067311.
- [4] UltraSoundGate 416Hnbm, Ultrasound recording interface with 4 balanced analog inputs for electret microphones, fixed gain, USB 2.0 interface, Avisoft Bioacoustics, <https://www.avisoft.com/ultrasoundgate/416h/>
- [5] Heckman JJ, Proville R, Heckman GJ, Azarfar A, Celikel T, Englitz B. High-precision spatial localization of mouse vocalizations during social interaction. Sci Rep. 2017 Jun 7;7(1):3017. doi: 10.1038/s41598-017-02954-z. PMID: 28592832; PMCID: PMC5462771.
- [6] Tachibana RO, Kanno K, Okabe S, Kobayasi KI, Okanoya K. USVSEG: A robust method for segmentation of ultrasonic vocalizations in rodents. PLoS One. 2020 Feb 10;15(2):e0228907. doi: 10.1371/journal.pone.0228907. PMID: 32040540; PMCID: PMC7010259.

Internship position

Host laboratory: ICube Laboratory (D-ESSP, team IPP)

Design and production of an ultrasonic rodent vocalization acquisition system for neuroscience research

Description of the internship (Context, work to be done, prerequisites):

The study of ultrasonic vocalizations in rodents (particularly rats and mice) is an important element of neuroscience research ^[1,2]. As these animals can emit sounds from the human audible range up to ultrasonic values of 100 kHz ^[2,3], a specific acquisition device is required to reach these frequencies. Commercial solutions exist, but their cost remains very high ^[4], even prohibitive for some laboratories.

For the past two years, the ICube laboratory, in collaboration with the LNCA laboratory, is developing a low-cost system for these acquisitions. The system uses a special microphone to reach the required frequency range, followed by an analog signal conditioning chain. Digital acquisition is performed using an Audio CODEC driven by an STM32 microcontroller. Digitized data are then transmitted to a computer via an Ethernet link. Several stages of this system have already been developed and tested separately. The prototype is made of a pooling of different circuits requiring a development board including the microcontroller.

The aim of this internship is to develop a full stand-alone system that encompasses all the components permitting the acquisition of audio signals from 4 microphones (4 input channels) while transmitting the acquired data to a computer. A user interface enabling the computer to process the acquired signal ^[5,6] and to control and configure the acquisition system will also be required. Skills in analog electronics, microcontroller programming (C language), communication interface, signal conditioning and printed circuit board design (Altium Designer) are prerequisites for this project. Particular attention will be paid to the low-cost and open-source approach, in order to respect the project's philosophy.

Training period: 6 months

Contacts: Internship manager: Frédéric Antoni Co-supervisor: François Stock
Email: frederic.antoni@unistra.fr

External collaboration (if applicable) : Laboratoire LNCA (Strasbourg).

Traineeship grant : As dictated by the law (~ 650 €/mois).

Possible PhD position : No.

References :

- [1] Premoli M, Pietropaolo S, Wöhr M, Simola N, Bonini SA. Mouse and rat ultrasonic vocalizations in neuroscience and neuropharmacology: State of the art and future applications. *Eur J Neurosci*. 2023 Jun;57(12):2062-2096. doi: 10.1111/ejn.15957. Epub 2023 Mar 26. PMID: 36889803.
- [2] Simola N, Granon S. Ultrasonic vocalizations as a tool in studying emotional states in rodent models of social behavior and brain disease. *Neuropharmacology*. 2019 Nov 15;159:107420. doi: 10.1016/j.neuropharm.2018.11.008. Epub 2018 Nov 13. PMID: 30445100.
- [3] Lenell C, Broadfoot CK, Schaen-Heacock NE, Ciucci MR. Biological and Acoustic Sex Differences in Rat Ultrasonic Vocalization. *Brain Sci*. 2021 Apr 4;11(4):459. doi: 10.3390/brainsci11040459. PMID: 33916537; PMCID: PMC8067311.
- [4] UltraSoundGate 416Hnbm, Ultrasound recording interface with 4 balanced analog inputs for electret microphones, fixed gain, USB 2.0 interface, Avisoft Bioacoustics, <https://www.avisoft.com/ultrasoundgate/416h/>
- [5] Heckman JJ, Proville R, Heckman GJ, Azarfar A, Celikel T, Englitz B. High-precision spatial localization of mouse vocalizations during social interaction. *Sci Rep*. 2017 Jun 7;7(1):3017. doi: 10.1038/s41598-017-02954-z. PMID: 28592832; PMCID: PMC5462771.
- [6] Tachibana RO, Kanno K, Okabe S, Kobayasi KI, Okanoya K. USVSEG: A robust method for segmentation of ultrasonic vocalizations in rodents. *PLoS One*. 2020 Feb 10;15(2):e0228907. doi: 10.1371/journal.pone.0228907. PMID: 32040540; PMCID: PMC7010259.