

CanaryMining : Analyse de chants de canaris et décodage d'activités de neurones

Keywords

Recurrent Neural Network (RNN), Reservoir Computing, Sensorimotor Learning, Computational Neuroscience, Reinforcement Learning, Neuronal Decoding

Mots-Clés

Réseau de neurones récurrent, réservoir calcul, apprentissage sensorimoteur, neurosciences computationnelles, apprentissage par renforcement, Décodage neuronal

Encadrant

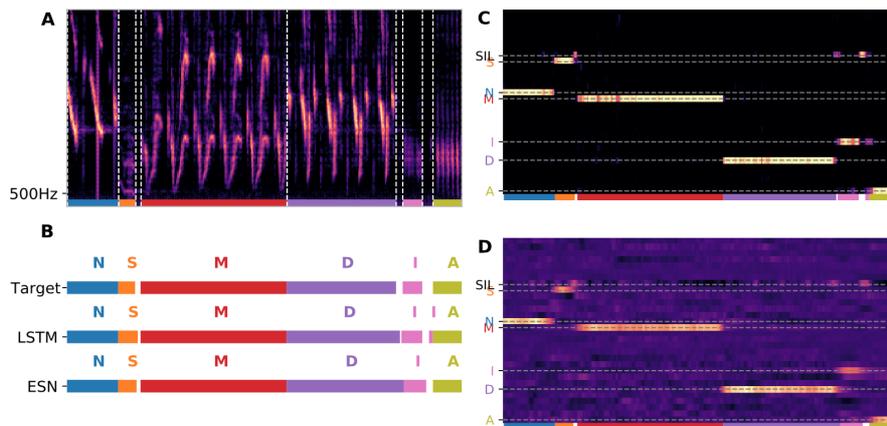
Xavier Hinaut (chercheur Inria)

xavier.hinaut@inria.fr

Équipe & Lieu du stage

Équipe Mnémosyne : Inria Bordeaux Sud-Ouest, LABRI & Institut des Maladies Neurodégénératives (Centre Broca Aquitaine, campus Carreire)

<https://team.inria.fr/mnemosyne>



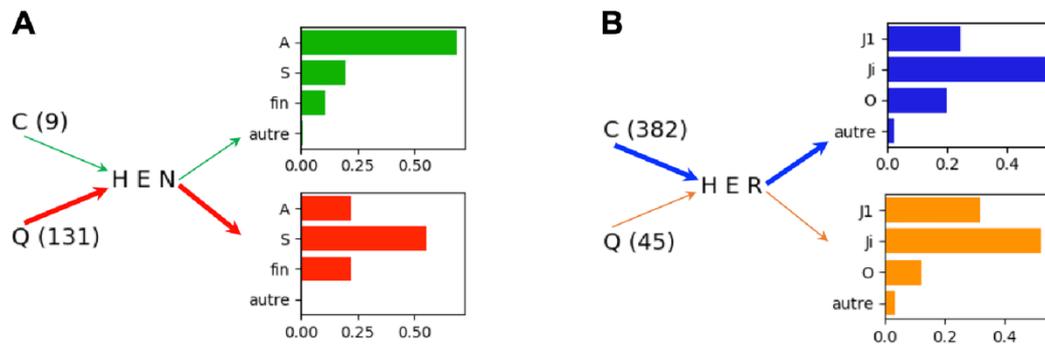
Spectrogramme d'un chant de canari et reconnaissance par deux décodeurs (LSTM et ESN).

Introduction et contexte scientifique

L'étude des oiseaux chanteurs est pertinente pour comprendre comment les enfants (humains) apprennent une langue, ou plus généralement pour comprendre comment notre cerveau apprend et traite des séquences sonores (e.g. musique, ...). Les chants, en particulier chez les canaris, sont organisés sous forme de "chunks" : un chunk est donc une "méta-briques" composée de briques élémentaires. Quelques exemples pour le langage humain : une phrase est composée de plusieurs mots, un mot est composé de syllabes, et les syllabes sont elles mêmes composées de phonèmes.

Cette organisation en chunks est une caractéristique intéressante du chant des oiseaux car elle est omniprésente (et à plusieurs niveaux de hiérarchie) dans le langage humain.

Comprendre les processus cognitifs de segmentation et de traitement des chunks est une question fondamentale en neurosciences.



Analyse des dépendances à long terme dans le chant des canaris

L'analyse de la structure des chants, en plus d'améliorer la compréhension que l'on en a, permettra de créer de nouveaux outils pour analyser des expériences faites en neurosciences. Notamment pour l'analyse et le décodage de l'activité de neurones dans les régions cérébrales (chez l'oiseau) liés à l'apprentissage et la production du chant.

L'étudiant partira des méthodes et programmes d'analyses précédemment développés dans l'équipe pour en développer de nouvelles. Nous avons récemment développé un outil semi-automatique (basé sur des réseaux de neurones récurrents) de segmentation et classification de chants de canaris (en partant de seulement quelques dizaines de chants étiquetés). Le Python sera utilisé pour le développement des programmes.

Objectifs du stage

Le ou la stagiaire choisira un ou plusieurs des axes ci-dessous (basé sur des travaux préliminaires de l'équipe) selon ses envies et compétences :

0. Améliorer l'interface graphique existante du décodeur (transcripteur) de chants de canaris ;
1. définir différentes variantes d'heuristiques permettant de trouver automatiquement des "chunks" et autres caractéristiques des chants ;
2. mettre en place des outils de visualisation afin d'aider l'utilisateur à mieux cerner les particularités des chants de chaque canari (par ex: graphe intermédiaire entre "phrases" et "états" afin de mieux visualiser les chunks), par exemple en utilisant des outils récents comme UMAP, etc. ;
- 3 utiliser des réseaux de neurones récurrents artificiels (reservoir computing, LSTM, ...) pour tenter de mieux comprendre la syntaxe des canaris en regardant les prédictions de ces réseaux ;
4. (si le temps le permet) application des méthodes développées à l'analyse des enregistrements neuronaux d'une aire sensorimotrice de canaris par les collaborateurs au laboratoire NeuroPSI (Orsay).

Méthodes

Nous utiliserons des réseaux de neurones récurrents (RNN) du type Reservoir Computing. Nous les combinerons avec d'autres méthodes d'apprentissage profond (Deep Learning) non-supervisés du type carte auto-organisatrices (SOM). Différentes méthodes récemment développées pour ce type de RNN, notamment celles liés à de l'apprentissage faiblement supervisé et de l'apprentissage par renforcement pourront également être explorées et combinées.

L'étudiant pourra choisir d'appliquer les modèles développés aux chants d'oiseaux, à la parole humaine ou aux gestes (e.g. danse). Le projet sera réalisé en utilisant le langage Python à la vue du nombre important de bibliothèques existantes dans le domaine et pour profiter de l'expertise de l'équipe dans ce langage. Il sera utilisé la bibliothèque *ReservoirPy*¹ qui est développé dans l'équipe.

Compétences requises

- Bases solides en math-info et si possible en apprentissage artificiel ;
- Programmation en Python et bibliothèques scientifiques Numpy/Scipy ;
- Des connaissances en machine learning (dont réseaux de neurones) sont un plus, en particulier sur des techniques de deep learning (CNN, VAE, GAN) ;
- Intérêt pour la recherche en général et les neurosciences en particulier ;
- Capacité à travailler en équipe et à s'organiser dans un projet de recherche ;
- Bonne compréhension de l'Anglais à l'orale et à l'écrit.

Références bibliographiques

Markowitz JE, Ivie E, Kligler L, Gardner TJ (2013) Long-range Order in Canary Song. PLoS Comput Biol 9(5): e1003052.

<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003052>

Cazala, A. (2019). Codage neuronal de l'ordre des signaux acoustiques dans les chants des oiseaux (Doctoral dissertation, Université Paris Saclay (COMUE)).

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02496165/>

¹ <https://github.com/reservoirpy/reservoirpy>