

Stage M2

MERLE – Multimodal Effective Representation Learning of Evolution of birds

Contexte

Les oiseaux (plus de 10 000 espèces aujourd’hui) constituent la classe de Vertébrés Tétrapodes de loin la plus diversifiée. Ils figurent parmi les organismes les plus étudiés dans tous les domaines de la biologie. Des applications en IA de reconnaissance « automatique » se développent d’ailleurs pour aider à l’identification des espèces, sur critères d’apparence visuelle extérieure [2] ou sur les vocalisations [5, 1]. Dans le même temps, des méthodes statistiques apparaissent pour modéliser l’apparence d’éléments du squelette d’ancêtres communs à des clades de vertébrés, à partir de morphologies actuelles et fossiles bien placées sur des arbres phylogénétiques maintenant bien robustes (ces arbres étant fondés sur la phylogénomique) [3]. Ces analyses morphologiques utilisent des landmarks et semi-landmarks (en nombre mais qui simplifient et fractionnent malgré tout la morphologie de façon arbitraire). Or, jusqu’ici rien n’a été tenté sur la modélisation d’ancêtres de clades entiers d’oiseaux en termes d’apparence visuelle extérieure. Cela comprend le plumage avec ses patterns et ses couleurs, et les parties nues, ainsi que la silhouette générale (au posé ou en vol) qui délimite l’oiseau. Pourtant cela serait d’un intérêt majeur en évolution. Proposer des reconstitutions d’apparences d’ancêtres de divers groupes (jusqu’à l’ancêtre commun de tous les oiseaux actuels) permettrait ensuite de reconstituer l’évolution le long de certaines lignées (jusqu’à l’actuel) de ces caractéristiques, la temporalité de cette évolution, ses continuités et discontinuités, en parallèle avec l’évolution de paramètres extrinsèques (évolution du climat, de la paléogéographie etc. au cours du Cénozoïque), susceptibles d’avoir influé sur ces rythmes d’évolution, et intrinsèques. Le but du projet dans lequel s’inscrit le stage est de modéliser l’apparence globale mais précise d’espèces d’oiseaux en utilisant les propriétés d’algorithmes d’apprentissage profond de reconnaissance automatique visuelle. Ensuite, un but sera de tenter de reconstituer l’apparence d’ancêtres communs exclusifs à des ensembles données d’espèces actuelles, en utilisant les arbres phylogénétiques moléculaires disponibles pour tous les clades à tous les degrés de précision nécessaires.

Sujet

Un précédent stagiaire a créé une base de données à partir de dessins d’oiseaux tels qu’accessibles sur Birds of the World. Ces dessins de type « guide d’identification » ont plusieurs avantages : les oiseaux sont dépeints de façon très précise et réaliste, calibrée dans des poses comparables et homologues, sur fond neutre et identique (blanc ou pas) ; contrairement aux difficultés qui peuvent être rencontrées avec des photos. Il a également commencé à étudier les caractéristiques visuelles apprises par les auto-encodeurs variationnels [6] et certains dérivés [4, 7] sur cette base de données.

L’objectif de ce stage sera de rendre compatible ces représentations avec les algorithmes d’évolutions (basés sur de la marche aléatoire et des modèles statistiques) utilisés par les biologistes. En particulier l’apprentissage devra être contraint pour ne pas prendre en compte que des aspects visuels mais également les relations phylogénétiques entre les individus. Suivant les résultats obtenus, plusieurs pistes pourront alors être envisagées, comme l’amélioration et la généralisation des performances sur des bases de données de photos (plus riches et complexes), la génération d’ancêtres communs en explorant efficacement l’espace de représentation ou l’intégration des mécanismes évolutifs dans l’apprentissage.

Profil

Les compétences suivantes sont indispensables :

- master en intelligence artificielle / machine learning ou équivalent
- bonne capacité de programmation (Python, Pytorch/Tensorflow)
- autonomie
- curiosité scientifique et interdisciplinaire

Durée

Le stage commencera en Février-Mars pour une durée de 5-6 mois.

Gratification

4.05€/h, 35h/semaine (i.e. environ 580€/mois)

Localisation

Laboratoires LIRIS et LGL, Lyon, France.

Encadrants

- Mathieu Lefort : MCF au LIRIS (<https://perso.liris.cnrs.fr/mathieu.lefort/>)
- Stefan Duffner : MCF-HDR au LIRIS (<http://duffner-net.de>)
- Antoine Louchart : CR CNRS au LGL (<http://lgltp.e.ens-lyon.fr/annuaire/louchart-antoine>)

Candidature

Merci d'envoyer un CV, une lettre de motivation et les relevés de notes de l'année en cours et précédente à Mathieu Lefort (mathieu.lefort@liris.cnrs.fr) et Stefan Duffner (stefan.duffner@liris.cnrs.fr).

Références

- [1] R Anand, T Shanthi, C Dinesh, S Karthikeyan, M Gowtham, and S Veni. Ai based birds sound classification using convolutional neural networks. In *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, volume 785, page 012015. IOP Publishing, 2021.
- [2] Thomas Berg, Jiongxin Liu, Seung Woo Lee, Michelle L Alexander, David W Jacobs, and Peter N Belhumeur. Birdsnap : Large-scale fine-grained visual categorization of birds. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 2011–2018, 2014.
- [3] Ellen J Coombs, Julien Clavel, Travis Park, Morgan Churchill, and Anjali Goswami. Wonky whales : the evolution of cranial asymmetry in cetaceans. *BMC biology*, 18(1) :1–24, 2020.
- [4] Irina Higgins, Loic Matthey, Arka Pal, Christopher Burgess, Xavier Glorot, Matthew Botvinick, Shakir Mohamed, and Alexander Lerchner. beta-vae : Learning basic visual concepts with a constrained variational framework. 2016.
- [5] Peter Jancovic and Münevver Köküer. Bird species recognition using unsupervised modeling of individual vocalization elements. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 27(5) :932–947, 2019.
- [6] Diederik P Kingma and Max Welling. Auto-encoding variational bayes. *arXiv preprint arXiv :1312.6114*, 2013.
- [7] Ilya Tolstikhin, Olivier Bousquet, Sylvain Gelly, and Bernhard Schoelkopf. Wasserstein auto-encoders. *arXiv preprint arXiv :1711.01558*, 2017.