

Titre de la thèse/Thesis title : Segmentation de régions anatomiques et détection de points d'intérêts par apprentissage profond/ Segmentation of Anatomical Regions and Detection of Landmarks Using Deep Learning

Laboratoire d'accueil / Host Laboratory : ICMUB team IFTIM (medical imaging)

Spécialité du doctorat préparé/Speciality : Imagerie médicale et biomédicale, Intelligence artificielle/Medical Imaging, biomedical imaging, artificial intelligence

Mots-clefs / Keywords : apprentissage profond, apprentissage semi-supervisé, explicabilité, imagerie cardiaque, imagerie microscopique haute résolution/ deep learning, semi-supervised learning, explainability, cardiac imaging

Descriptif détaillé de la thèse / Job description

La segmentation de région anatomique et la détection de point d'intérêt anatomiques en imagerie médicale et biomédicale sont des tâches clé dans divers domaines cliniques ou précliniques notamment pour le diagnostic, la planification chirurgicale, le suivi des patients, la caractérisation de changement de forme anatomique. Avec l'essor de l'apprentissage profond, les méthodes basées sur les réseaux de neurones convolutifs (CNN) et les modèles plus avancés comme les Transformers ou les *Selective State Space Models (SSSM)* ont considérablement amélioré la précision et la robustesse pour ces deux tâches.

Cependant, des défis persistent, notamment la nécessité de grandes bases de données annotées et l'interprétabilité des résultats. Cette thèse s'orientera sur plusieurs points pour s'attaquer à ces défis : l'amélioration des architectures de réseaux avec par exemple l'utilisation des Graph Neural Networks (GNN) pour mieux représenter la structure anatomique en exploitant les relations spatiales entre les points d'intérêts ; un apprentissage plus efficace et généralisable avec l'utilisation des techniques d'apprentissage semi-supervisé ou/et contrastif ; une interprétabilité renforcée via l'utilisation des méthodes d'explicabilité.

La solution développée sera appliquée à plusieurs domaines, notamment la segmentation des structures anatomiques à partir d'images multimodales en IRM cardiaque, la détection de points de repère anatomiques sur des images histologiques haute résolution du cerveau de souris, ainsi que la segmentation d'images OCT, entre autres.

The segmentation of anatomical regions and the detection of anatomical landmarks in medical and biomedical imaging are key tasks in various clinical and preclinical domains, particularly for diagnosis, surgical planning, patient monitoring, and the characterization of anatomical shape changes. With the rise of deep learning, methods based on convolutional neural networks (CNNs) and more advanced models such as Transformers or Selective State Space Models (SSSM) have significantly improved the accuracy and robustness of these two tasks.

However, several challenges remain, notably the need for large annotated datasets and the interpretability of results. This thesis will address these challenges through several approaches: improving network architectures, for example by using Graph Neural Networks (GNNs) to better

represent anatomical structures by leveraging spatial relationships between landmarks; enabling more efficient and generalizable learning using semi-supervised and/or contrastive learning techniques; and enhancing interpretability through the use of explainability methods.

The developed solution will be applied to several domains, including the segmentation of anatomical structures from multimodal cardiac MRI, the detection of anatomical landmarks from high-resolution histological images of the mouse brain, as well as the segmentation of OCT images, among others.

Références bibliographiques / Bibliography

- [1] Thanh-Huy Nguyen and Thien Nguyen and Xuan Bach Nguyen and Nguyen Lan Vi Vu and Vinh Quang Dinh and Fabrice Meriaudeau, Semi-Supervised Skin Lesion Segmentation under Dual Mask Ensemble with Feature Discrepancy Co-Training, , in Medical Imaging with Deep Learning, 2025, <https://openreview.net/forum?id=cBfXsr6xWb>.
- [2] Ertl, Shuhan Xiao, Stefan Denner, Robin Peretzke, David Zimmerer, Peter Neher, Fabian Isensee, Klaus Maier-Hein, nnLandmark: A Self-Configuring Method for 3D Medical Landmark Detection, <https://papers.cool/arxiv/2504.06742>
- [3] Gaggion, N., Mansilla, L., Milone, D.H., Ferrante, E. (2021). Hybrid Graph Convolutional Neural Networks for Landmark-Based Anatomical Segmentation. In: de Bruijne, M., et al. Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2021. MICCAI 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12901. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87193-2_57
- [4] Juan Cisneros, Alain Lalande, Binnaz Yalcin, Fabrice Meriaudeau, and Stephan Collins "Automatic segmentation of histological images from mouse brain", Proc. SPIE 12933, Medical Imaging 2024: Digital and Computational Pathology, 129330D (3 April 2024); <https://doi.org/10.1117/12.2691155>
- [5] Albert Gu and Tri Dao , Mamba: Linear-Time Sequence Modeling with Selective State Spaces, <https://arxiv.org/abs/2312.00752>
- [6] S. N. Hasany and F. Meriaudeau and C Petitjean, MiSuRe is all you need to explain your image segmentation, <https://arxiv.org/abs/2406.12173>.

Profil demandé / Applicant profile

Connaissances et compétences requises : Compétences en apprentissage profond, traitement des image et imagerie médicale. Bonnes compétences en python et connaissance des frameworks et bibliothèques de Deep Learning. Anglais courant/ Skills in deep learning, image processing, and medical imaging. Strong proficiency in Python and familiarity with deep learning frameworks and libraries. Fluent in English.

Financement /financial support : MESRI Etablissement

Dossier à envoyer pour le **15 Mai , 2025/ Deadline Mai 15th, 2025**
 Début du contrat : 1^{er} Octobre 2025/ Start of the PhD, October 1st, 2025
 Salaire mensuel brut : 2200€ (à partir du 1^{er} janvier 2026 : 2300€ brut)/ Gross monthly salary : 2200€

Direction de la thèse:/ Thesis Supervisor

Fabrice Meriaudeau (fabrice.meriaudeau@u-bourgogne.fr),

Encadrement de la thèse : co-directeur(s) et co-encadrant(s)

Alain Lalande (alain.alande@u-bourgogne.fr), Stephan Colins (stephan.colins@u-bourgogne.fr).

Applicants are invited to submit their application to the PhD supervisors.

Application must contain the following documents:

- CV+ Grades obtained in previous studies (Master,...)
- Cover letter
- At least 1 reference letter

