

Transfert simulation-expérience pour la tomographie diffuse optique par apprentissage profond

Contexte scientifique

La tomographie optique diffuse (Diffuse Optical Tomography, DOT) est une technique d'imagerie non invasive permettant d'estimer les propriétés optiques de tissus biologiques à partir de mesures de lumière diffusée en surface. Elle présente notamment un intérêt pour l'imagerie préclinique. Cependant, le caractère fortement diffusant des tissus biologiques aux longueurs d'ondes de la DOT rend le problème inverse particulièrement complexe. Dans le cas de la tomographie optique diffuse en fluorescence (Fluorescence Diffuse Optical Tomography, FDOT), l'objectif est de reconstruire la distribution spatiale et la concentration de fluorophores présents dans les tissus. Ces techniques reposent généralement sur des modèles de propagation de la lumière et sur la résolution de problèmes inverses à partir de mesures expérimentales.

Dans le cadre de travaux précédents, une **base de données virtuelle de souris** a été développée afin de générer des configurations anatomiques et des propriétés optiques réalistes. À partir de ces modèles numériques, des simulations de propagation de la lumière permettent de générer des mesures synthétiques. Des algorithmes de reconstruction DOT et FDOT ont également été développés afin d'estimer respectivement les propriétés optiques des différents organes et la distribution de fluorophores dans les souris virtuelles.

Cette approche permet de disposer d'un grand nombre de données parfaitement contrôlées et annotées. Cependant, un écart subsiste entre les données simulées et les mesures acquises expérimentalement : bruit de mesure, imperfections du système d'acquisition, réponse instrumentale, approximations de modélisation, variations expérimentales, etc. Cet écart limite actuellement le transfert direct des méthodes développées sur données simulées vers des données expérimentales.

Objectif du stage

L'objectif du stage sera de développer une méthode permettant de **rendre les données simulées plus proches de données expérimentales**, afin de faciliter le transfert des algorithmes de reconstruction DOT/FDOT de la simulation vers l'expérimentation.

Une approche basée sur les méthodes de **Generative Adversarial Networks (GAN)**, et notamment les **CycleGAN**, sera étudiée. L'idée sera d'apprendre une transformation entre le domaine des données simulées et celui des données expérimentales, sans nécessairement disposer de correspondances pixel-à-pixel entre les deux domaines.

Le ou la stagiaire devra notamment :

- prendre en main la base de données virtuelle et les outils existants de simulation DOT/FDOT ;
- mettre en place et entraîner une architecture de type **CycleGAN** pour effectuer la transformation simulation → expérimentation ou l'inverse ;
- évaluer la capacité du modèle à reproduire les caractéristiques statistiques et physiques des mesures expérimentales ;
- étudier, lorsque cela est possible, la capacité de généralisation de la méthode à différentes anatomies, propriétés optiques et configurations expérimentales.

Formation

Le stage s'adresse à un(e) étudiant(e) de **Master 2 ou dernière année d'école d'ingénieur** avec une formation en traitement du signal, traitement d'image, informatique, intelligence artificielle ou domaine connexe.

Compétences souhaitées :

- bonnes connaissances en traitement du signal et/ou traitement d'image ;
- bases solides en apprentissage automatique et réseaux de neurones ;
- programmation Python ;
- intérêt pour l'imagerie biomédicale, la physique, et les problèmes inverses ;
- des connaissances en GAN, PyTorch, optimisation ou modélisation de la propagation de la lumière seront appréciées.

Le stage permettra au candidat de travailler sur un problème de recherche actuel combinant **simulation numérique, données expérimentales, apprentissage profond et imagerie biomédicale**, avec pour objectif final de rapprocher les performances obtenues sur données virtuelles des applications expérimentales en DOT/FDOT.

Dates du stage : entre début février et fin juillet 2027.