

Approches par apprentissage profond pour l'imagerie SPECT avec une caméra Compton

Contexte : Les méthodes basées sur l'apprentissage profond représentent aujourd'hui un domaine de recherche incontournable. Leur application à la résolution de problèmes inverses, dont la tomographie en fait partie, est très étudiée [1]. Ces méthodes pourraient repousser les limites de l'imagerie médicale en particulier, permettant un meilleur diagnostic et une réduction de la dose. En tomographie par émission mono-photonique (TEMP, plus connue sous le nom anglais de SPECT), les statistiques de comptage relativement faibles et suivant une loi de Poisson, les incertitudes sur les données, l'atténuation dans le patient, l'effet de volume partiel et la résolution spatiale non stationnaires rendent la formulation de l'opérateur direct, la reconstruction et finalement les mesures quantitatives compliquées. L'utilisation d'approches basées sur le deep learning s'avère particulièrement intéressante [2]. La caméra Compton est l'une des pistes explorées en SPECT pour permettre de réduire le temps d'acquisition, et par conséquent l'inconfort du patient. Malgré une efficacité de détection jusqu'à deux ordres de grandeur supérieure à une caméra classique collimatée, l'amélioration espérée de l'image reconstruite est entravée par la moindre précision de l'information acquise [3]. La difficulté que représente la modélisation des incertitudes de mesure conduit à un opérateur de projection inexact. Ces inexactitudes se répercutent dans l'image reconstruite sous la forme d'une fonction d'étalement du point (PSF).

Objectif : L'objectif du stage est d'étudier des pistes pour l'amélioration des images TEMP. Il s'agira de résoudre par réseaux de neurones convolutifs un problème inverse linéaire dont la modélisation est inexacte [4]. Selon l'avancement, le stagiaire pourra aussi étudier les aspects mathématiques liés aux méthodes proposées ou évaluer la performance d'une technique d'imagerie multi-modale caméra Compton/caméra collimatée.

Lieu du stage : Le stagiaire sera intégré à l'équipe Tomoradio de CREATIS, laboratoire spécialisé en traitement d'images. Les développements informatiques se feront en Python. Le stage sera supervisé par Voichita Maxim et Ane Etxebeste (toutes les deux maître de conférences à l'INSA Lyon). Le stagiaire travaillera en étroite collaboration avec un post-doctorant financé par le WP1 du labex PRIMES et avec Etienne Testa, maître de conférences au laboratoire IP2I de Lyon.

Méthodologie : Le travail nécessite l'acquisition de quelques notions de physique des particules afin de comprendre le fonctionnement des détecteurs. L'étude se fera sur données simulées avec le logiciel Gate. Les principales étapes du stage sont :

1. Familiarisation avec l'imagerie d'émission et ses limites à travers une étude bibliographique.
2. Étude du modèle direct de la tomographie SPECT caméra Compton et simulation de données.
3. Reconstruction tomographique des images à l'aide d'un logiciel existant.
4. Conception et implémentation d'un réseau convolutif pour améliorer la résolution des images, par déconvolution de la fonction d'étalement du point.
5. Simulation d'une base de données, entraînement du réseau et analyse des résultats.
6. Étude mathématique des propriétés du réseau ou implémentation d'un réseau pour imagerie multi-modale.

Compétences requises et approfondies : Le candidat devra avoir une formation à l'intelligence artificielle (Machine/Deep Learning), en mathématiques appliquées, en informatique ou en physique. Des connaissances en imagerie médicale sont un plus. La maîtrise du langage Python est requise ; la connaissance d'une librairie de Deep Learning (TensorFlow, PyTorch, ...) représente un atout. Les notes, la motivation, les compétences en mathématiques et en informatiques seront des critères d'évaluations de la candidature plus importants que la formation initiale. Le stagiaire devra faire preuve de curiosité et d'initiative. Il devra planifier son projet pour acquérir les différentes compétences requises et pour aboutir à une preuve du concept de la méthodologie proposée.

Informations complémentaires : Ce projet de stage est ouvert aux PFE, Master et PFE/Master. La durée du stage sera de 5-6 mois. La gratification du stage correspond à 1/3 du SMIC horaire.

Bibliographie :

- [1] G. Ongie *et al* 2020, "Deep Learning Techniques for Inverse Problems in Imaging", <https://arxiv.org/pdf/2005.06001.pdf>
- [2] Reader, Andrew J., et al. "Deep learning for PET image reconstruction." *IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences* 5.1 (2020): 1-25.
- [3] Y. Feng *et al* 2020, « 3D reconstruction benchmark of a Compton camera against a parallel hole gamma-camera on ideal data », *IEEE TRPMS* 4:4
- [4] S.E. Blanke *et al* 2020, « Inverse problems with inexact forward operator: iterative regularization and application in dynamic imaging », *Inverse Problems* **36** 124001