

Sujet de thèse : Modélisation de données caméra Compton, basée « réseaux de neurones », en vue d'amélioration de la reconstruction d'images

Objectifs et méthodologie envisagée :

Cette thèse concerne l'imagerie SPECT avec une caméra Compton, dispositif non collimaté qui bénéficie d'une sensibilité supérieure aux caméras actuellement implantées en clinique [Fontana2020]). La caméra Compton peut également être utilisée en tant que dispositif mobile (H3D, Damavan, Japon) et pour une plage d'énergies plus large. L'imagerie de contrôle en proton et hadron thérapie s'effectue actuellement a posteriori avec un imageur TEP. Des caméras collimatées, dont la caméra à fente de l'entreprise IBA, ont été proposée récemment et testées en environnement clinique pour un contrôle en ligne basé sur l'émission gamma-prompt. Elles permettent de tracer le profil 1D du faisceau et d'identifier la fin de son parcours, connaissant la relation entre profil gamma-prompt et profil de dose. La caméra Compton permet d'aller plus loin vers une image en trois dimensions de l'émission gamma. D'autres applications possibles sont l'imagerie SPECT en radiothérapie vectorisée et en imagerie diagnostique. Actuellement ce dispositif est utilisé pour des applications en astrophysique ainsi que pour localiser et identifier des sources radioactives.

Nous avons montré récemment dans le cadre de la thèse de Y. Feng, soutenue à l'automne 2019, que si des données idéales étaient acquises, en nombre relativement faible, la caméra Compton peut surpasser une caméra collimatée pour une couverture angulaire incomplète limitée à 120° ([Feng2020]). Pour des données faiblement entachées d'erreurs (prise en compte uniquement de l'élargissement Doppler), nous avons mis en évidence l'importance d'une modélisation précise.

Des incertitudes liées au processus de détection sont à prendre en compte pour des données réalistes. Elles concernent les mesures de positions et énergies, les photons qui quittent le détecteur sans y déposer toute leur énergie, les coïncidences fortuites et les erreurs d'ordonnancement de la séquence d'interactions. Nous envisageons de mieux les caractériser, modéliser et mieux les prendre en compte dans le processus de reconstruction tomographique que nous souhaitons étendre d'une reconstruction 3D spatiale à 3D+énergie. Pour réaliser cet objectif nous nous appuyerons sur des simulations Monte-Carlo, des modèles mathématiques et les compétences en physique des détecteurs de la collaboration Clarys (IP2I Lyon, LPSC Grenoble, CPPM Marseille, CREATIS). Des méthodes basées réseaux de neurones seront testées en parallèle des modélisations standard. Les méthodes issues de l'intelligence artificielle sont pour le moment très peu employées pour la reconstruction d'images caméra Compton.

Encadrement : V. Maxim au laboratoire CREATIS, INSA Lyon et E. Testa au laboratoire IP2I de l'Université de Lyon.

Profil du candidat : Le candidat devra avoir un diplôme de master ou ingénieur et des compétences approfondies en mathématiques appliquées, informatique, physique, traitement d'images ou intelligence artificielle. Il devra avoir de bonnes compétences en modélisation, programmation, communication écrite et orale.

Compétences développées pendant la thèse : Modélisation, programmation, réseaux neuronaux, évaluation critique de ses résultats. Gestion de projet, capacité de combiner des connaissances venant de plusieurs disciplines. Reconstruction tomographique, optimisation, détection des rayons gamma, imagerie médicale, simulation Monte Carlo.

Pour candidater :

envoyer CV, lettre de motivation, relevés de notes à

voichita.maxim@creatis.insa-lyon.fr

avant le 18/04/2020.

Bibliographie du sujet :

[**Taya2016**] T. Taya, J. Kataoka, A. Kishimoto, Y. Iwamoto, A. Koide, T. Nishio, S. Kabuki, and T. Inaniwa, “First demonstration of real-time gamma imaging by using a handheld Compton camera for particle therapy,” Nucl. Instrum. Methods A, 2016

[**Kishimoto2017**] A. Kishimoto, J. Kataoka, T. Taya, L. Tagawa, S. Mochizuki, S. Ohsuka, Y. Nagao, K. Kurita, M. Yamaguchi, N. Kawachi, K. Matsunaga, H. Ikeda, E. Shimosegawa, and J. Hatazawa, “First demonstration of multi-color 3-D in vivo imaging using ultra-compact Compton camera”, Scientific Reports, 2017.

[**Aldawood2017**] S. Aldawood, P. Thirolf, A. Miani, M. Böhmer, G. Dedes, R. Gernhäuser, C. Lang, S. Liprandi, L. Maier, T. Marinšek et al., “Development of a Compton camera for prompt-gamma medical imaging,” Radiation Physics and Chemistry, 2017

[**Draeger2017**] E. Draeger, S. Peterson, D. Mackin, H. Chen, S. Beddar, and J. C. Polf, “Feasibility studies of a new event selection method to improve spatial resolution of Compton imaging for medical applications”, IEEE TRPMS, 2017

[**Munoz2018**] E. Muñoz, J. Barrio, J. Bernabéu, A. Etxebeste, C. Lacasta, G. Llosá, A. Ros, J. Roser, and J. F. Oliver, “Study and comparison of different sensitivity models for a two-plane Compton camera”, Physics in Medicine & Biology, 2018

[**Hilaire2016**] E. Hilaire, D. Sarrut, F. Peyrin, V. Maxim, “Proton therapy monitoring by Compton imaging: influence of the large energy spectrum of the prompt- γ radiation”, Phys. Med. Biol. (2016).

[**Maxim2016**] V. Maxim, X. Lojacono, E. Hilaire, J. Krimmer, E. Testa, D. Dauvergne, I. Magnin, R. Prost, “Probabilistic models and numerical calculation of the system and sensitivity matrices in list-mode MLEM 3D reconstruction of Compton camera images”, Phys. Med. Biol. (2016).

[**Feng2020**] Y. Feng, A. Etxebeste, D. Sarrut, J.M. Létang, V. Maxim, “3D reconstruction benchmark of a Compton camera against a parallel hole gamma-camera on ideal data”, IEEE TRPMS in press (2020).

[**Fontana2020**] M Fontana, J-L Ley, D Dauvergne, N Freud, J Krimmer, JM Létang, V. Maxim, M-H Richard, I Rinaldi, É Testa, “Monitoring ion beam therapy with a Compton Camera: simulation studies of the clinical feasibility”, IEEE TRPMS in press (2020).