

RECONSTRUCTION D'INTERACTION GAMMA DANS LE DÉTECTEUR TEP CLEARMIND : ALGORITHME D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DE HAUTE EFFICACITÉ

INTRODUCTION

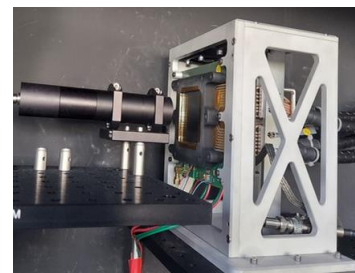
La tomographie par émission de positrons (TEP) est une technique d'imagerie médicale nucléaire largement utilisée en oncologie et en neurobiologie. La désintégration du traceur radioactif émet des positrons, qui s'annihilent en deux photons de 511 keV. Ces paires de photons sont détectées en coïncidence et utilisées pour reconstituer la distribution de l'activité du traceur dans le corps du patient.

Dans cette thèse, nous proposons de contribuer au développement d'une technologie ambitieuse et brevetée : ClearMind. Le premier prototype est actuellement testé en laboratoire. Ce détecteur de photons gamma met en œuvre un cristal monolithique de Tungstate de Plomb, dans lequel sont produits des photons Cherenkov et de scintillation. Ces photons sont convertis en électrons par la couche photo-électrique et multipliés dans une galette à microcanaux. Les signaux électriques induits sont amplifiés par des amplificateurs gigahertz et numérisés par les modules d'acquisition rapide SAMPIC. La face opposée du cristal sera équipée d'une matrice du photomultiplicateur en silicium. Des techniques d'apprentissage automatique seront appliquées pour traiter les signaux complexes acquis afin de reconstruire le temps et les coordonnées du point de conversion gamma dans le cristal.

LE TRAVAIL PROPOSE

Le candidat travaillera sur le développement d'un algorithme d'apprentissage automatique de haute efficacité pour la reconstruction des vertex d'interaction gamma dans le cristal monolithique. En particulier, ce travail consiste en l'amélioration du logiciel de simulation Geant4 du détecteur et son ajustement aux performances du démonstrateur étalonné en laboratoire. Cette simulation sera utilisée pour alimenter une base d'entraînement pour le développement et l'optimisation de réseaux de neurones profonds. Ces algorithmes permettront la reconstruction efficace de l'interaction gamma en utilisant la forme complète du signal et/ou les données pré-traitées (features engineering). Les performances de ces algorithmes de reconstruction seront évaluées sur des données de test réelles acquises avec le démonstrateur ClearMind. Une attention particulière sera portée au développement de réseaux compacts, efficaces et rapides ainsi qu'à une estimation robuste de l'incertitude des paramètres reconstruits dans

le contexte d'une IA « de confiance ». La possibilité d'embarquer ces algorithmes dans des FPGA pour une reconstruction en ligne rapide sera étudiée.



SUPERVISION

Le candidat retenu travaillera sous la supervision conjointe de Viatcheslav Sharyy DRF/ IRFU-[BIOMAPS](#) et Geoffrey Daniel [DES/DM2S](#).

Le groupe [CaLIPSO](#) de l'IRFU/BIOMAPS est spécialisé dans le développement et la caractérisation de détecteurs TEP innovant, y compris la simulation détaillée de Geant4.

Le [DM2S](#) développe des outils et des méthodologies de simulation pour la conception et l'évaluation de systèmes nucléaires et notamment des algorithmes d'IA de confiance (robustesse, prédiction d'incertitudes).

Dans le cadre du projet, nous avons une étroite collaboration avec le groupe d'instrumentation de l'UMR BIOMAPS (CEA/SHFJ), travaillant sur la simulation du scanner TEP ClearMind à grande échelle.

EXIGENCES

Des connaissances en physique de l'interaction particules-matière, de la radioactivité et des principes des détecteurs de particules sont indispensables. Il est nécessaire d'avoir des compétences en programmation et connaître au moins certains des outils nécessaires, par exemple C++, Python, outils d'IA (TensorFlow/Keras ou PyTorch, etc), logiciel de simulation Gate/Geant4.

COMPETENCES ACQUISES

Bonne connaissance des technologies de pointe des détecteurs de particules et des tomographes à émission de positrons. Principes et techniques de simulation de l'interaction des particules-matière et les systèmes de détection. Maîtrise du développement d'algorithmes d'intelligence artificielle appliqués à des données complexes.

CONTACTS

Viatcheslav Sharyy: viatcheslav.sharyy@cea.fr

Geoffrey Daniel: geoffrey.daniel@cea.fr