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

Spécialité Rayonnement

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhP](#)

Candidature avant le 01/04/2023

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SHARYY Viatcheslav](#)
+33 1 69 08 61 29
viatcheslav.sharyy@cea.fr

Résumé

Nous proposons de contribuer au développement d'une technologie brevetée : ClearMind. Ce détecteur de photons gamma met en œuvre un cristal monolithique 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. Des techniques d'apprentissage automatique sont nécessaires pour traiter les signaux complexes acquis afin de reconstruire le temps et les coordonnées du point de conversion gamma dans le cristal.

Sujet détaillé

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 ce stage de recherche en vue d'une thèse, nous proposons de contribuer au développement d'une technologie 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 sont nécessaires pour traiter les signaux complexes acquis afin de reconstruire le temps et les coordonnées du point de conversion gamma dans le cristal.

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 l'étude et le développement d'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.

Mots clés

détecteur rayonnement gamma, imagerie médicale, tomographie par émission des positons

Compétences

Le candidat travaillera sur l'optimisation d'un algorithme d'apprentissage automatique à haute efficacité pour la reconstruction du vertex d'interaction gamma dans le cristal monolithique. En particulier, ce travail consiste en l'optimisation des pré-traitements des données (aka features engineering) et en l'évaluation des performances des algorithmes de reconstruction. Une attention particulière sera portée à l'estimation robuste de l'incertitude des paramètres reconstruits dans le contexte de l'IA dite « de confiance ».

Logiciels

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) et le logiciel de simulation Gate/Geant4.

GAMMA INTERACTION RECONSTRUCTION IN CLEARMIND PET DETECTOR USING HIGH-EFFICIENT AI ALGORITHM

Summary

We propose to contribute to the development of the cutting-edge patented technology ClearMind. The proposed detector uses a monolithic crystal in which Cherenkov and scintillation photons are produced. Those photons are converted to electrons by the photo-electric layer and multiplied in a microchannel plate. The induced electrical signals are amplified by gigahertz amplifiers and digitized by the fast acquisition modules SAMPIC. Machine-learning techniques will be applied for processing the complex acquired signals in order to reconstruct the time and coordinates of the gamma-conversion in the crystal.

Full description

Positron emission tomography (PET) is a medical nuclear imaging technique widely used in oncology and neurobiology. The decay of the radioactive tracer emits positrons, which annihilate into two back-to-back photons of 511 keV. These pairs of photons are detected in coincidence and used to reconstruct the distribution of the tracer activity in the patient's body.

In this pre-thesis internship, we propose to contribute to the development of the cutting-edge patented technology ClearMind. The first prototype is currently being tested in the laboratory. The proposed detector uses a monolithic lead tungsten crystal in which Cherenkov and scintillation photons are produced. Those photons are converted to electrons by the photo-electric layer and multiplied in a microchannel plate. The induced electrical signals are amplified by gigahertz amplifiers and digitized by the fast acquisition modules SAMPIC. The opposite surface of the crystal will be equipped with a matrix of the silicon photo-multiplier. Machine-learning techniques will be applied for processing the complex acquired signals in order to reconstruct the time and coordinates of the gamma-conversion in the crystal.

Supervision

The successful candidate will work under joint supervision of Viatcheslav Sharyy, DRF/IRFU-BIOMAPS, and Geoffrey Daniel DES/DM2S. The CaLIPSO group of IRFU/BIOMAPS is specialized on the detector development and characterization, including detailed Geant4 simulation. The DM2S develops simulation tools and methodologies for the design and evaluation of nuclear systems, and in particular trustworthy AI algorithms (robustness, prediction of uncertainties). In the framework of the project we have a close collaboration with the UMR BIOMAPS (CEA/SHFJ) instrumentation group, working on the simulation of the full-scale ClearMind PET scanner.

Keywords

gamma radiation detector, medical imaging, positron emission tomography

Skills

The candidate will work on the development of high-efficient machine learning algorithm for the reconstruction of the gamma-conversion vertex in the monolithic crystal. In particular, this work consists in optimization of the data pre-processing (aka features engineering) and evaluation of the reconstruction algorithm performances. Special attention will be made on the development of compact, efficient and fast networks together with a robust uncertainty estimation of the reconstructed parameters in the context of trustworthy AI.

Softwares

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) et le logiciel

de simulation Gate/Geant4.