

**FICHE SUJET DE THESE**

Sujet N° (à remplir par l'ED) :	<b>FINANCEMENT :</b> <input checked="" type="checkbox"/> Demandé <input type="checkbox"/> Acquis	Origine du financement :
Titre de la thèse : <b>Reconstruction TEP/TDM simultanée par apprentissage profond</b>		3 mots-clés : TEP/TDM, reconstruction simultanée, apprentissage profond
Unité/équipe encadrante : <b>LaTIM, U1101, équipe ACTION</b>		
Directeur de thèse : <b>Alexandre Bousse</b>		N° de tél : <b>+33 (0)298 018 199</b> Mail : alexandre.bousse@univ-brest.fr
<p>Contexte socioéconomique et scientifique (env. 10 lignes) :</p> <p>L'objectif de la réduction de dose en imagerie médicale est d'offrir la possibilité d'effectuer un plus grand nombre de scans sans nuire au patient</p> <p>Au cours des dernières décennies, de nouvelles méthodologies ont permis de reconstruire des images de meilleure qualité avec une dose plus faible pour le patient. Depuis les années 1980, les premières méthodes itératives de reconstruction basées sur un modèle (MBIR) tenant compte du modèle statistique de mesure ont permis de réduire le bruit tout en préservant la résolution, et in fine, de réduire la dose patient. Les récentes techniques d'intelligence artificielle (IA) pour la reconstruction d'images ont poussé ce principe plus loin en permettant l'apprentissage de modèles adaptées, au lieu d'utiliser des modèles analytiques « fixes ».</p> <p>Aujourd'hui l'objectif visé par les scientifiques de l'imagerie médicale est de réduire la dose à un niveau minimum afin de permettre le dépistage et le suivi.</p>		
<p>Hypothèses et questions posées (env. 8 lignes) :</p> <p>Les méthodes de reconstruction d'image classiques, c'est-à-dire non basés sur l'IA, ont été étendues à l'imagerie multimodale. Lorsque les différents canaux partagent certaines informations structurelles, une régularisation couplée est en effet très bénéfique pour l'image multicanal, notamment pour la réduction du bruit. C'est le cas en TEP/TDM et TEP/IRM, car chaque modalité dépend de la même anatomie sous-jacente. Ces méthodes utilisent des fonctions objectives élaborées à la main qui peuvent ne pas refléter les dépendances naturelles entre les modalités.</p> <p>Des modèles optimaux de couplage d'images peuvent être appris à l'aide de techniques d'IA, telles que l'apprentissage automatique multimodal. Ces techniques sont utilisées pour apprendre des modèles abstraits capables de traiter et de mettre en relation des informations provenant de plusieurs modalités, contrairement aux techniques classiques où les dépendances entre les modalités</p>		

sont imposées par un modèle analytique donné. Les dépendances entre les modalités seront apprises par le modèle et pourraient être étendues au-delà des simples similarités géométriques. Grâce à la réduction du bruit, une réduction de la dose au patient peut être envisagée.

Il a déjà été établi que les méthodes d'IA permettent d'améliorer la qualité des images. Cependant on ne sait pas d'améliorer la qualité des images. Cependant on ne sait pas encore dans quelles mesures les différentes modalités seront capables de se partager les informations. Est-ce que ce partage permettra une réduction suffisante de la dose de radiation ? Est-ce que la réduction de la dose permettra d'effectuer plus de scans sans nuire à la santé du patient ?

Grandes étapes de la thèse (env. 12 lignes) :

A ce jour il n'existe pas de modèles basés IA pour la reconstruction multimodale. Notre projet se concentrera donc sur les 2 verrous méthodologique suivants : (i) le développements de tels modèles et (ii) leur incorporation dans des algorithmes de reconstructions.

Le projet se concentrera sur l'imagerie TEP/TDM et TEP/IRM. Les méthodes qui seront proposées comprendront deux modules :

- un module « modèle physique » qui exploitera les données scanners,
- un module « IA » qui exploitera les modèles multimodaux entraînés,

Nous utiliserons des modèles génératifs de type GAN et VAE multicanaux pour générer plusieurs images à partir d'une seule variable latente. Ces réseaux constitueront la base du module «IA». L'architecture de reconstruction sera basée sur un modèle de type « unrolling » qui est aujourd'hui le modèle ayant le plus de succès dans la littérature scientifique.

Les méthodes développées seront ensuite intégrées dans la plateforme CASToR, qui est développée par notre laboratoire. CASToR constituera la base du module « modèle physique ». Les méthodes seront testés dans un premier temps sur sur des données simulées Monte-Carlo, ce qui permettra d'évaluer leurs performances en se basant sur une vérité terrain. Par la suite, ils seront testés sur des données patient

Compétences scientifiques et techniques requises par le candidat (2 lignes) :

Deep learning, Optimization, Computer Science, medical physics

3 publications de l'équipe d'accueil relatives au domaine (5 dernières années) :

V. S. S. Kandarpa, A. Perelli, A. Bousse, and D. Visvikis, "LRR-CED: Low-resolution reconstruction-aware convolutional encoder-decoder network for direct sparse-view CT image reconstruction," *Physics in Medicine & Biology*, vol. 67, no. 15, p. 155 007, 2022. DOI: 10.1088/1361-6560/ac7bce.

F. Lamare, A. Bousse, K. Thielemans, C. Liu, T. Merlin, H. Fayad, and D. Visvikis, "PET respiratory motion correction: Quo vadis?" *Physics in Medicine & Biology*, vol. 67, no. 3, 03TR02, 2022. DOI: 10.1088/1361-6560/ac43fc.

**B. Laurent, A. Bousse, T. Merlin, S. Nekolla, and D. Visvikis, "PET scatter estimation using deep learning U-Net architecture," Physics in Medicine & Biology, 2022. DOI: 10.1088/1361-6560/ac9a97.**

Collaborations nationales et internationales :

**Creatis, Lyon**

**CEA, Orsay**

**LMBA, Vannes**

**Univ. Dundee, Royaume-Uni**

**PUC, Santiago, Chili**