

**PROGRAMME INSTITUTS ET  
INITIATIVES**

**Appel à projet – campagne 2021**

**Proposition de projet de recherche doctoral (PRD)**

**IUIS - Institut univ d'ingénierie en santé**

**Intitulé du projet de recherche doctoral (PRD): Modélisation 3D des voies biliaires pour  
l'amélioration de la cholangiopancreatographie rétrograde par voie  
endoscopique (CPRE)**

**Directrice ou directeur de thèse porteuse ou porteur du projet (titulaire d'une HDR) :**

NOM : **CAMUS-DUBOC** Prénom : **Marine**  
Titre : MaîtreConférencesUniversités-PraticienHos  
ou  
e-mail : marine.camus@aphp.fr  
Adresse professionnelle : Hôpital Saint-Antoine - Centre d'endoscopie digestive - 184 rue du  
(site, adresse, bât., bureau) faubourg St-Antoine - 75012 Paris

**Unité de Recherche :**

Intitulé : Centre de Recherche Saint Antoine - CRSA  
Code (ex. UMR xxxx) : UMRS-938

**École Doctorale de rattachement de l'équipe (future école doctorale de la doctorante ou du doctorant) :** **ED71 - Sciences pour l'ingénieur UTC**

**Doctorantes et doctorants actuellement encadrés par la directrice ou le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorantes ou doctorants, leur année de 1<sup>e</sup> inscription et la quotité d'encadrement) : Une codirection de thèse Mr Aymeric Becq 1ere inscription en 2020 Ecole doctorale SMAER 50%**

-----  
**Co-encadrante ou co-encadrant :**

NOM : **CLAUDE** Prénom : **Isabelle**  
Titre : Maître de Conférences des Universitésou HDR   
HC  
e-mail : isabelle.claude@utc.fr

**Unité de Recherche :**

Intitulé : BMBI  
Code (ex. UMR xxxx) : UMR 7338

**École Doctorale de rattachement :** **ED71 - Sciences pour l'ingénieur UTC**

Ou si ED non Alliance SU :

**Doctorantes et doctorants actuellement encadrés par la directrice ou le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorantes ou doctorants, leur année de 1<sup>e</sup> inscription et la quotité d'encadrement) : 0**

**Co-encadrante ou co-encadrant :**

NOM : **SZEWCZYK** Prénom : **Jérôme**  
Titre : Professeur des Universités ou HDR   
e-mail : SZEWCZYK@isir.upmc.fr

**Unité de Recherche :**

Intitulé : Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique ISIR  
Code (ex. UMR xxxx) : UMR 7222 - ERL INSERM U1150

**ED391-SMAER**

**École Doctorale de rattachement :** Ou si ED non Alliance SU :

**Doctorantes et doctorants actuellement encadrés par la directrice ou le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorantes ou doctorants, leur année de 1<sup>e</sup> inscription et la quotité d'encadrement) : SMAER : 2 (2018,2020), 120% ; HORS SMAER : 3 (2018,2019,2020), 105%**

**Cotutelle internationale :**  Non  Oui, précisez Pays et Université :

**Selon vous, ce projet est-il susceptible d'intéresser une autre Initiative ou un autre Institut ?**

Non  Oui, précisez Choisissez l'institut ou l'initiative :

**Description du projet de recherche doctoral (en français ou en anglais) :**

*Ce texte sera diffusé en ligne : il ne doit pas excéder 3 pages et est écrit en interligne simple.*

*Détailler le contexte, l'objectif scientifique, la justification de l'approche scientifique ainsi que l'adéquation à l'initiative/l'Institut.*

*Le cas échéant, préciser le rôle de chaque encadrant ainsi que les compétences scientifiques apportées. Indiquer les publications/productions des encadrants en lien avec le projet. Préciser le profil d'étudiant(e) recherché.*

**Contexte**

La cholangiopancréatographie rétrograde par voie endoscopique (CPRE) est un geste d'endoscopie digestive permettant d'intervenir au niveau des voies biliaires et pancréatiques pour traiter la maladie lithiasique (2 à 4% de la population touchée au cours de sa vie) et les néoplasies bilio-pancréatiques (2000 nouveaux cas de cancer des voies biliaires et 14000 nouveaux cas de cancer du pancréas par an en France). Ce geste invasif de CPRE est techniquement complexe car il nécessite deux étapes distinctes qui peuvent potentiellement chacune échouer. La première est l'accès, par les voies digestives jusqu'au duodénum, à la papille majeure en utilisant un endoscope à vision latérale appelé duodénolescope. La seconde, appelée canulation, consiste à pénétrer, via cette papille majeure, dans les voies biliaires à l'aide d'un cathéter fin, équipé de différents instruments pour effectuer l'intervention proprement dite. Ce double accès endoluminal, pratiquement unique dans toutes les spécialités médicales, entraîne, de par sa technicité, environ 2% d'échec de la procédure et 20% de gestes complexes source de 4 à 9% de complications qui peuvent être graves pour le patient.

**Objectif**

Un programme de recherche est en cours entre l'hôpital Saint-Antoine de l'AP-HP, l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (ISIR) et le laboratoire de biomécanique et bio ingénierie (BMBI) dont l'objectif principal est l'amélioration et la sécurisation globale de la CPRE en développant de nouveaux outils d'aide au pilotage et au guidage des instruments utilisés, de manière à diminuer les échecs et les complications de la CPRE au bénéfice du patient. Le docteur Aymeric Becq, chef de clinique dans le service d'endoscopie digestive de l'hôpital Saint-Antoine, effectue actuellement sa thèse de doctorat pour montrer la faisabilité technique et clinique de trois axes essentiels : le monitoring 3D peropératoire des voies bilio-pancréatiques, le tracking en temps-réel des instruments de CPRE et la mise au point d'instruments actifs de nouvelle génération pour la CPRE.

La pierre angulaire de ce programme est la construction de modèles numériques 3D précis des voies biliaires spécifiques à chaque patient en utilisant des méthodes de segmentation d'images médicales provenant d'examen d'imagerie préopératoire de type bili-IRM. La faisabilité de cette modélisation a bien été démontrée par un travail préliminaire de Master à BMBI dans une



configuration minimale : à partir de bili-IRM pondérées en T2 pour lesquelles la bile apparaît en hyper signal, sur des cas simples et en utilisant des algorithmes de segmentation dits de bas-niveau car s'appuyant exclusivement sur les niveaux de gris des pixels. Cependant, plusieurs verrous restent encore à lever pour généraliser l'approche. D'une part, lorsque les voies biliaires sont obstruées, le signal de la bile disparaît des bili-IRM et il devient très difficile de localiser leurs parois et de proposer une reconstruction 3D réaliste. D'autre part, la labélisation automatique des différentes branches anatomiques de l'arbre biliaire est un réel défi car, dans de nombreux cas pathologiques, cet arbre biliaire est déformé (avec notamment des secteurs dilatés) rendant son interprétation très difficile. Enfin, l'endoscopiste doit avoir à disposition, un outil logiciel ergonomique, automatisé et répondant aux exigences réglementaires, afin de pouvoir facilement en faire usage en pratique clinique.

Il s'agit donc, dans cette nouvelle thèse, de consolider et perfectionner la reconstruction 3D des voies biliaires en suivant trois pistes d'investigation :

1. Intégrer des connaissances a priori des voies biliaires (propriétés géométriques, topologiques et anatomiques par exemple) dans les algorithmes de segmentation des images afin de rendre plus robustes les modèles obtenus ;
2. Étudier le potentiel d'une fusion avec d'autres séquences d'IRM ou d'autres modalités d'imagerie pour segmenter et localiser les parois des voies biliaires dans toutes les situations cliniques que le médecin peut rencontrer ;
3. Proposer un outil ergonomique, interactif et conforme à la réglementation européenne pour un usage médical.

Les modèles numériques 3D obtenus profiteront à l'opérateur de CPRE en tant qu'outils d'assistance à la planification du geste et à la localisation peropératoire (monitoring). Ils serviront aussi de point de départ à la chaîne numérique de réalisation de fantômes physiques imprimables en 3D pour l'entraînement et la mise au point de gestes particuliers (cathéters actifs nouvelle génération). Enfin, dans le cadre de recherches en cours, ils pourront être exploités comme environnement de réalité augmentée pour le suivi automatisé des instruments interventionnels de CPRE (tracking).

Les étapes de la démarche scientifique adoptée permettront

- de faire l'état de l'art des méthodes de segmentation intégrant des connaissances a priori (numériques ou thématiques) et/ou combinant des approches de machine learning (BMBI),
- de tester les méthodes les plus adaptées au problème spécifique de la CPRE (BMBI, hôpital Saint-Antoine),
- de développer un outil logiciel complet selon les normes en vigueur (EN 62304 et EN 62366) en collaboration avec les utilisateurs cliniciens (BMBI, hôpital Saint-Antoine, ISIR),
- d'évaluer l'impact de l'usage de cet outil par les cliniciens sur leur pratique (BMBI, hôpital Saint-Antoine, ISIR),

Ce projet de thèse partant d'un besoin clinique clairement identifié, est en parfaite adéquation avec les objectifs du programme de l'IUIS en favorisant la co-conception d'un outil logiciel pour faciliter à la fois la préparation mais aussi l'exécution du geste de la CPRE. Il participera également à la formation des cliniciens et aux tests de nouveaux cathéters actifs afin d'améliorer le succès du geste technique pour une meilleure prise en charge des patients.

Profil du candidat recherché : Le candidat aura une formation poussée en traitement d'images,



analyse de données, programmation et conception logicielle et aura une appétence certaine pour le génie biomédical, intégrant la pluridisciplinarité du domaine (besoin clinique, sécurité et qualité des soins, ingénierie d'aptitude à l'usage, innovation, etc.).

Direction de thèse et équipe projet : L'encadrement de thèse sera assuré par

- Mme Marine Camus Duboc, maître de conférences praticien hospitalier dans le service d'endoscopie digestive de l'hôpital Saint-Antoine, titulaire de l'HdR. Mme Camus Duboc apportera ses compétences d'expert clinicien en CPRE à tous les stades de développement du logiciel depuis la phase de spécification jusqu'à l'étape de validation. Le Dr Camus Duboc pratique la CPRE quotidiennement, son expertise clinique est reconnue. Elle a de nombreuses publications scientifiques liées à l'endoscopie digestive notamment sur les techniques interventionnelles bilio-pancréatiques, sur la recherche translationnelle appliquée à l'endoscopie et sur l'intérêt d'outils innovants adaptés à la CPRE.
- Mme Isabelle Claude, maître de conférences HC, spécialiste du traitement d'images médicales dans l'équipe Interactions Fluides/Structures Biologiques de BMBI qui a déjà participé à l'encadrement de travaux de thèse et de stage-ingénieur à l'interface clinique/ingénierie visant à la reconstruction 3D de vaisseaux sanguins à partir d'images médicales (Fistule artérioveineuse en dialyse, stenting d'anévrismes cérébraux).
- M. Jérôme Szewczyk, professeur des universités à l'ISIR. M. Szewczyk interviendra dans la coordination des différents travaux réalisés et s'intéressera aux finalités du modèle notamment pour la mise au point d'instruments actifs. M. Szewczyk est spécialiste de l'assistance robotisée au geste médico-chirurgical.

A l'UTC, l'équipe comprendra également M. Imad Rida (MCF), spécialiste en machine learning et data mining, M. Jérémie Laforêt (IR), spécialiste du développement logiciel et M. Jean-Matthieu Prot, (ECC) spécialiste des affaires réglementaires des dispositifs médicaux.

A l'ISIR, l'équipe intègrera également M. Aymeric Becq doctorant dirigé par M. Szewczyk et par ailleurs chef de clinique dans le même service que Mme Camus Duboc et M. Philippe Gauthier ingénieur informatique INSERM.

Publications en rapport avec le projet :

Howard, T. and Szewczyk, J., Improving Precision in Navigating Laparoscopic Surgery Instruments toward a Planar Target Using Haptic and Visual Feedback, *Frontiers in Robotics and AI*, 24 June 2016.

Yang, A. and Szewczyk, J., Marker-Assisted Image-Based 3D Monitoring for Active Catheters, *The Hamlyn Symposium on Medical Robotics*, Jun 2019, London, United Kingdom

Camus, M ; Napoléon, B ; Vienne, A ; Le Rhun, M ; Leblanc, S ; Barret, M & al , Efficacy and safety of endobiliary radiofrequency ablation for the eradication of residual neoplasia after endoscopic papillectomy: a multicenter prospective study., *Gastrointest Endosc*, 2018, 88, 511-518

Sportes, A ; Camus, M ; Greget, M ; Leblanc, S ; Coriat, R ; Hochberger, J & al , Endoscopic ultrasound-guided hepaticogastrostomy versus percutaneous transhepatic drainage for malignant biliary obstruction after failed endoscopic retrograde cholangiopancreatography: a retrospective expertise-based study from two centers., *Therap Adv Gastroenterol*, 2017, 10, 483-493

Rida, I., Al-Maadeed, N., Al-Maadeed, S., & Bakshi, S. A comprehensive overview of feature representation for biometric recognition. *Multimedia Tools and Applications*, 2020, 79(7), 4867-4890



**SORBONNE  
UNIVERSITÉ**

Bresson D., Étude de l'écoulement sanguin dans un anévrisme intracrânien avant et après traitement par stent flow diverter : quantification par traitement d'images de séquences angiographiques 2D, Biomécanique. Université de Technologie de Compiègne, 2016. Français. NNT :2016COMP2308. tel-01636663

M. Naudot, P. Paullier, T. Dargent, V. Senez, Z. Kharboutly, I. Claude, and E. Leclerc, Characterisation of early HepG2/3a cell response to a microfluidic culture in liver biochips using multi-parametric real time image processing. Sensors Actuators, B Chem., 2014, 199, 433–445.

**Merci d'enregistrer votre fichier au format PDF et de le nommer :  
«ACRONYME de l'initiative/institut – AAP 2021 – NOM Porteur.euse Projet »**

***Fichier envoyer simultanément par e-mail à l'ED de rattachement et au programme :  
[cd\\_instituts\\_et\\_initiatives@listes.upmc.fr](mailto:cd_instituts_et_initiatives@listes.upmc.fr) avant le 20 février.***