



Laboratoire d'Informatique et Systèmes  
LIS – UMR CNRS 7020  
Campus universitaire de St Jérôme 13013 Marseille

## Proposition de stage de Master2 – PFE Ingénieur

Encadrants : Marc-Emmanuel Bellemare (LIS)  
Contacts : [marc-emmanuel.bellemare@lis-lab.fr](mailto:marc-emmanuel.bellemare@lis-lab.fr)

### **Analyse d'images de microscopie électronique par réseaux profonds.**

Mots-clés : IA ; Réseaux profonds ; microscopie électronique ; endocardite infectieuse.

Domaines de Recherche : Machine Learning ; Sciences biomédicales ; Maladies infectieuses ; traitement d'images.

#### Sujet:

Dans le cadre d'un projet collaboratif de recherche biomédicale sur l'**endocardite infectieuse** (EI) nous souhaitons développer une approche par réseaux profonds (deep-learning) pour la segmentation d'images de microscopie électronique à balayage dans le but d'analyser l'ultrastructure de valves cardiaques. Ce projet s'appuie sur une collaboration entre le laboratoire Informatique et Systèmes (LIS), expert dans l'analyse d'image, et le laboratoire Mephi (IHU Méditerranée Infection), expert en microbiologie et en microscopie électronique. L'EI est une pathologie grave, associée à un diagnostic difficile et une grande mortalité (Habib 2019). L'EI est caractérisée par une infection bactérienne ou fongique de l'endocarde avec une destruction des valves cardiaques et la formation d'un dépôt fibrino-plaquettaire inflammatoire et infecté, ou végétation. Malgré l'amélioration des stratégies diagnostiques et thérapeutiques, l'incidence et la gravité de la maladie semblent rester inchangées au fil des ans. La microscopie électronique à balayage (MEB) est une technique de microscopie électronique capable de produire des images en haute résolution de la surface d'un échantillon (lien). Par une approche innovante par MEB, a démontré une hétérogénéité de l'ultrastructure des végétations d'EI qui dépend du microorganisme infectieux (Hannachi 2020 ; vidéo). Cette approche innovante a ainsi montré sa force mais elle s'appuie sur une analyse experte des images qui reste manuelle et fastidieuse.

L'objectif du stage est de développer une méthode à base de réseaux profonds pour accélérer l'analyse des images des végétations, c'est-à-dire pour identifier et quantifier automatiquement les éléments biologiques présents (plaquettes, fibrine, globules, bactéries). Pour cela, il s'agira dans un 1<sup>er</sup> temps de définir la meilleure stratégie de segmentation en tenant compte des différentes résolutions disponibles (Fig.1). Dans un 2<sup>nd</sup> temps il s'agira de choisir une architecture de réseaux de neurones profonds (Khadangi 2021) avec un « pipeline » de traitements adaptés. Nous disposons déjà d'une base importante d'images d'échantillons de valves cardiaques pathologiques qui permettra grâce à nos expertises de définir le meilleur protocole d'étude à implémenter en routine avec une attention particulière portée sur la précision des réseaux profonds (Hostin 2021).

La portée de ce projet innovant s'inscrit au niveau fondamental, pour mieux comprendre le développement pathophysiologique des végétations d'EI, ainsi qu'à un niveau appliqué, avec une aide au diagnostic infectieux des patients de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille (APHM), centre national et international de référence dans le domaine des endocardites.

#### Lieu:

Le stage se déroulera à Marseille dans les locaux de l'équipe Image & Modèles du LIS à St Jérôme (site de Polytech') ou dans ceux de l'équipe MEPHI de l'IHU Méditerranée Infection, selon les besoins.

#### Qualifications:

Le candidat ou la candidate de niveau Bac+5, formé(e) au traitement des images, sera intéressé(e) par un projet pluridisciplinaire et l'imagerie médicale. La programmation des algorithmes se fera avec le langage python et

les réseaux profonds seront développés avec l'API PyTorch. Des compétences en classification ou en mathématiques appliquées seront particulièrement appréciées.

**Période:**

Le stage aura une durée de 4 à 6 mois entre février 2023 et juillet 2023.

**Financement:**

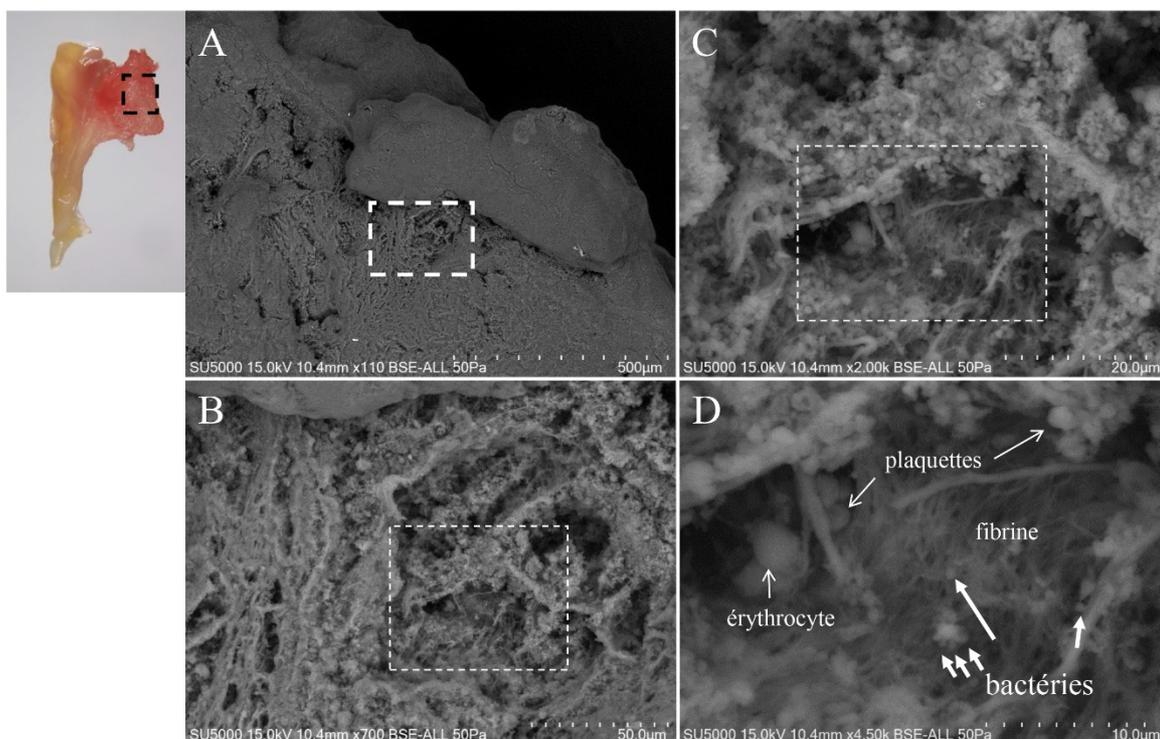
Le stagiaire recevra la gratification d'usage, de l'ordre de 550€ par mois, prise en charge par l'institut d'établissement Marseille Imaging.

**Candidature :**

Les candidats sont invités à transmettre leurs candidatures par mél. Le dossier de candidature comprendra un CV détaillé, une lettre de motivation pour le projet et les derniers relevés de notes.

**Publications associées:**

- Habib G, Erba PA, Iung B, Donal E, Cosyns B, Laroche C, Popescu BA, Prendergast B, Tornos P, Sadeghpour A, Oliver L, Vaskelyte JJ, Sow R, Axler O, Maggioni AP, Lancellotti P; EURO-ENDO Investigators. Clinical presentation, aetiology and outcome of infective endocarditis. Results of the ESC-EORP EURO-ENDO (European infective endocarditis) registry: a prospective cohort study. *Eur Heart J*. 2019 Oct 14;40(39):3222-3232. doi: 10.1093/eurheartj/ehz620.
- Hannachi N, Lepidi H, Fontanini A, Takakura T, Bou-Khalil J, Gouriet F, Habib G, Raoult D, Camoin-Jau L, Baudoin JP. A Novel Approach for Detecting Unique Variations among Infectious Bacterial Species in Endocarditic Cardiac Valve Vegetation. *Cells*. 2020 Aug 13;9(8):1899. doi: 10.3390/cells9081899.
- A. Khadangi, T. Boudier and V. Rajagopal, "EM-net: Deep learning for electron microscopy image segmentation," *2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 2021, pp. 31-38, doi: 10.1109/ICPR48806.2021.9413098.
- Hostin. M.-A, Ogier A. C, Pirró N, Bellemare M.-E, "Combining loss functions for deep learning bladder segmentation on dynamic MRI", *2021 IEEE EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)*, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/BHI50953.2021.9508559.



**Figure 1.** Images d'une végétation cardiaque (en haut à gauche) en microscopie électronique à balayage avec plusieurs niveaux de grossissement/résolution (A-D).