

Université de Strasbourg

**Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie –
ICube UMR 7357**

*Offre de stage de 6 mois à partir de février 2026
Master 2 ou dernière année d'école d'ingénieur*

**« LLM multimodaux et graphes de connaissances pour l'analyse diagnostique
de la broncho-pneumopathie chronique obstructive »**

Mots-clés : Intelligence artificielle, LLM multimodaux, graphes de connaissances, broncho-pneumopathie chronique obstructive, élastographie par résonance magnétique

Contexte

La broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) représente un enjeu majeur de santé publique nécessitant des outils diagnostiques et de suivi plus précis [1]. Les techniques actuellement utilisées en pratique clinique présentent des limitations importantes dans l'évaluation de la mécanique ventilatoire précise et de la topographie des atteintes distales du tissu pulmonaire [2]. Le scanner, bien qu'offrant une excellente résolution anatomique, constitue une technique irradiante qui ne permet pas d'évaluer directement les propriétés mécaniques du tissu pulmonaire ni la fonction ventilatoire régionale. La spirométrie, quant à elle, fournit des mesures globales de la fonction respiratoire mais ne permet pas de localiser précisément les zones d'atteinte ni de caractériser les propriétés mécaniques locales des voies aériennes distales et du parenchyme pulmonaire [3].

Face à ces limitations, l'élastographie par résonance magnétique (ERM) émerge comme une technique prometteuse. Cette méthode non invasive et non irradiante permet de mesurer la rigidité apparente du tissu pulmonaire par l'évaluation du module de cisaillement, offrant ainsi une caractérisation fonctionnelle localisée du poumon et fournissant un véritable biomarqueur mécanique.

Toutefois, pour optimiser le diagnostic et la prise en charge de la BPCO, l'ERM doit être utilisée en complément des autres modalités diagnostiques existantes. L'intégration et l'interprétation conjointe des données ERM avec celles du scanner, de la spirométrie et de l'oscillométrie permettent d'obtenir une vision plus complète et précise de l'état pulmonaire du patient. Cette approche multimodale complexe pose cependant un défi majeur aux cliniciens qui doivent synthétiser et interpréter des informations hétérogènes provenant de sources différentes pour établir un diagnostic optimal.

Les LLM multimodaux présentent l'avantage unique de pouvoir traiter simultanément des données de nature différente (images médicales, mesures numériques, textes cliniques) en capturant les relations complexes entre ces modalités, ce qui correspond parfaitement au défi posé par l'intégration des données ERM, scanner, spirométrie et oscillométrie [4]. Les graphes de connaissances médicales, quant à eux, permettent de structurer et de formaliser l'expertise médicale en modélisant explicitement les relations physiopathologiques, les corrélations cliniques et les règles diagnostiques établies. Cette combinaison offre la possibilité de créer des systèmes d'aide au diagnostic qui non seulement analysent les données multimodales de manière cohérente, mais qui peuvent également expliquer leur raisonnement en s'appuyant

sur des connaissances médicales validées, rendant ainsi le processus diagnostique plus transparent et compréhensible pour les cliniciens [5].

La validation de cet outil se fera sur un dataset de patients atteints de BPCO ayant bénéficié d'examens multimodaux (ERM, oscillométrie, spirométrie, scanner), constituée dans une collaboration multidisciplinaire coordonnée par le laboratoire BMBI (UTC, Compiègne) et l'ACRIM-Polyclinique Saint Côme (Compiègne), en partenariat avec l'Hôpital Cochin de Paris, le CHU de Grenoble et avec le support de la Mayo Clinic (Rochester MN, USA).

Objectifs du stage

Dans ce stage, l'étudiant·e se concentrera sur le développement d'un système d'aide au diagnostic basé sur des modèles de langage multimodaux (LLM) alignés avec un graphe de connaissances médicales pour interpréter et expliquer automatiquement les résultats diagnostiques de la BPCO à partir de données multimodales (ERM, oscillométrie, spirométrie, scanner). Il·Elle aura comme objectifs :

1. L'étudiant devra dans un premier temps réaliser une revue approfondie des LLM multimodaux existants et de leurs applications en diagnostic de BPCO. Cette analyse portera sur les approches d'intégration de données hétérogènes (images, signaux, données numériques) dans le contexte médical et permettra d'identifier les méthodes les plus prometteuses pour le traitement des données respiratoires multimodales.
2. La construction d'une base de connaissances structurée constituera un élément central du projet. Cette base intégrera les relations entre les biomarqueurs ERM, les paramètres respiratoires et les manifestations cliniques de la BPCO en modélisant les liens physiopathologiques entre les différentes modalités d'imagerie et de mesure fonctionnelle. Les connaissances expertes et les guidelines cliniques devront être intégrées dans la structure du graphe.
3. Le développement de mécanismes d'alignement entre les représentations multimodales des LLM et le graphe de connaissances médical représentera le cœur technique du projet. Cela impliquera l'adaptation et le fine-tuning de LLM multimodaux pour l'analyse conjointe des données respiratoires, ainsi que la création d'interfaces permettant au LLM d'interroger et d'exploiter le graphe de connaissances lors du processus diagnostique.
4. L'évaluation de la qualité et de la pertinence clinique des explications générées par rapport à l'expertise médicale constituera l'étape finale du projet. Le système sera testé sur la cohorte de patients BPCO disponible et nécessitera le développement de métriques d'évaluation adaptées à la fois à la performance diagnostique et à la qualité des explications.

La valorisation des travaux à travers la rédaction d'articles scientifiques sur les résultats obtenus est aussi attendue.

Profil du·de la candidat·e

Le·La candidat·e devra :

- Avoir une solide formation en apprentissage profond et maîtriser les Frameworks de développement PyTorch/TensorFlow, notamment pour le développement de modèles de langages multimodaux et de graphes de connaissances.
- Avoir des connaissances en bibliothèques de traitement d'images médicales et de manipulation de données multimodales.

- Faire preuve de curiosité et être capable de travailler en équipe pluridisciplinaire avec des cliniciens et des chercheurs.
- Une expérience préalable avec les graphes de connaissances, les modèles de langage ou les architectures multimodales constituerait un atout.

Le·La candidat·e devra également faire preuve de rigueur, d'autonomie, et de curiosité scientifique, avec une capacité à documenter clairement ses travaux.

Informations pratiques

Le stage sera réalisé au sein de l'équipe Science des Données et Connaissances (SDC), dans le cadre d'une collaboration avec l'équipe Caractérisation et Modélisation personnalisée du système MUSculo-squelettique (C2MUST) qui s'intéresse au développement des outils/méthodes diagnostiques pour la compréhension, la détection et/ou le suivi du système Musculo-Tendineux-Squelettique (MTS), dans des situations physio et pathologiques d'intérêt en utilisant des données multimodales.

Encadrants du stage :

- Cédric Wemmert, PU, équipe SDC, laboratoire ICube, Université de Strasbourg
- Ali Ayadi, MCF, équipe SDC, laboratoire ICube, Université de Strasbourg

Pour candidater, merci d'envoyer votre CV et vos notes par mail :

- wemmert@unistra.fr
- ali.ayadi@unistra.fr

Références

- [1] Nadia Al Wachami, Morad Guennouni, Younes Iderdar, Karima Boumendil, Maryem Arraji, Yasmine Mourajid, FatimaZahra Bouchachi, Mohamed Barkaoui, Mohamed Lahbib Louerdi, Abderraouf Hilali, et al. "Estimating the global prevalence of chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a systematic review and meta-analysis". In: BMC Public Health 24.1(2024), p. 297.
- [2] Dheera DDD Ralalage and John R Hurst. "Chronic obstructive pulmonary disease: aetiology, pathology, physiology and outcome". In: Medicine 51.10 (2023), pp. 737–741.
- [3] Adriana Maldonado-Franco, Luis F Giraldo-Cadavid, Eduardo Tuta-Quintero, Alirio R Bastidas Goyes, and Daniel A Botero-Rosas. "The challenges of spirometric diagnosis of COPD". In: Canadian Respiratory Journal 2023.1 (2023), p. 6991493.
- [4] Yi, Ziruo, Ting Xiao, and Mark V. Albert. "A survey on multimodal large language models in radiology for report generation and visual question answering." Information 16.2 (2025): 136.
- [5] Bedi, Punam, Anjali Thukral, and Shivani Dhiman. "XLR-KGDD: leveraging LLM and RAG for knowledge graph-based explainable disease diagnosis using multimodal clinical information." Knowledge and Information Systems (2025): 1-21.