

Thèse en IA et imagerie médicale (Bordeaux : 2024-2027)

Une Assemblée d'IA pour la prédiction des maladies neurologiques

(English version below)

Direction :	Dr. Pierrick Coupé / LaBRI UMR 5800 (pierrick.coupe@labri.fr) Dr. Rémi Giraud / IMS UMR 5218 (remi.giraud@u-bordeaux.fr)
Financement :	Budget ANR (2300€ bruts / mois) - Projet ANR HoliBrain
Laboratoire :	Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique (LaBRI) Université de Bordeaux, campus de Talence
Équipe :	Image et Son (25 permanents, 25 doctorants)
Enseignements :	Possibilité d'enseigner durant la thèse
Collaborateurs :	Institut des maladies neurodégénératives (IMN) : Dr. Vincent Planche Université polytechnique de Valence (Espagne) : Pr. José Manjon

Contexte

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) joue un rôle crucial dans la détection de pathologies, l'étude de l'organisation cérébrale et la recherche clinique. Chaque jour, une grande quantité de données est produite et ce nombre ne cesse d'augmenter, empêchant l'utilisation d'approches manuelles afin de les analyser. Ainsi, le développement de techniques fiables, robustes et rapides pour la détection de pathologies neurologiques devient un domaine important en imagerie médicale. Dans ce projet, l'objectif est de développer une nouvelle génération de méthodes en Intelligence Artificielle (IA) pouvant détecter automatiquement des maladies neurologiques afin d'aider le clinicien dans son diagnostic différentiel (cf. Figure 1).

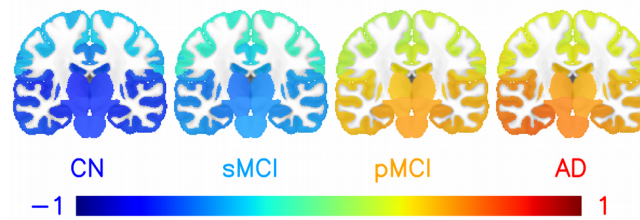


Figure 1 : Cartes de *grading* sur différents groupes de population [3].
(CN=Cognitive Normal, s/pMCI= Stable/Progressive Mild Cognitive Impairment, AD =Alzheimer's Disease).

Objectifs

L'objectif principal de cette thèse est de réussir à lever des verrous méthodologiques en IA qui empêchent la prédiction efficace de pathologies sur des images IRM du cerveau par des méthodes basées sur l'apprentissage profond. Cette thèse pourra se dérouler suivant plusieurs étapes et objectifs intermédiaires :

1) Le premier objectif sera de développer de nouvelles méthodes de détection de pathologies en s'attaquant aux limites actuelles de l'apprentissage profond (AP) en imagerie médicale. L'AP est un domaine en plein essor en vision par ordinateur grâce à ses nombreux succès. Cependant, les résultats obtenus par l'AP pour l'aide au diagnostic précoce de maladies neurologiques sont encore assez limités [1]. Dans le cadre de ce projet, le ou la candidat.e proposera donc une nouvelle génération de méthodes capable de lever ces limites pour l'aide au pronostic. En effet, la complexité du problème et le peu de données d'entraînement disponibles mettent en défaut les méthodes d'AP [2].

Afin de résoudre ce problème, nous avons récemment développé des méthodes reposant sur une assemblée d'intelligences artificielles [3], et sur des *transformers* [4], appliquées à des images IRM sous la forme de volumes 3D. Les premiers résultats obtenus montrent une amélioration de la qualité de classification comparée aux méthodes de l'état de l'art. De nombreuses questions restent ouvertes dans cette nouvelle voie de recherche très prometteuse. Quelle est l'organisation optimale de ce grand nombre d'IA ? Comment les faire communiquer efficacement ? Comment améliorer leur apprentissage en utilisant des données non labellisées par apprentissage semi-supervisé ? Le ou la candidat.e étudiera ces différentes questions et proposera des solutions adaptées au problème traité.

2) Le second objectif portera sur le développement d'outils spécifiques pour l'étude des démences: la démence fronto-temporale (FTD), la démence à corps de Lewy (DCL) et la maladie d'Alzheimer (MA). Ces deux maladies représentent plus de 50 millions de personnes atteintes dans le monde. Juste pour la MA, le coût mondial associé est estimé à 605 milliards de dollars. Le ou la candidat.e travaillera étroitement avec nos collaborateurs du CHU de Bordeaux et de l'institut des maladies neurodégénératives. Il aura donc accès à des experts dans ces pathologies. En développant des méthodes pour un diagnostic plus précoces et plus précis, ce projet permettra une meilleure prise en charge du patient, un meilleur traitement et donc une réduction des coûts associés. Ainsi, notre projet pourrait jouer un rôle majeur dans la transition vers la médecine P4 (prédictive, personnalisée, préventive et participative) : la médecine proactive de la prochaine décennie.

Environnement / Collaborations

Cette thèse s'inscrit dans le projet ANR HoliBrain (2024-2029), financement déjà obtenu) dont l'objectif est de proposer des méthodes d'analyse holistique (multi-échelles) du cerveau. Le salaire et les missions du doctorant (séjour de recherche, participation à des conférences, école d'été, publication scientifique, etc.) seront prises en charge par l'ANR.

Le ou la candidat.e évoluera au sein d'un consortium regroupant des experts internationaux en IA, imagerie médicale, maladies neurologiques ou encore neuroscience. Le ou la candidat.e bénéficiera de l'environnement matériel du Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique (serveurs GPU, plate-forme de calcul, etc...). Il ou elle sera également en collaboration permanente avec les cliniciens et les neuroscientifiques impliqués dans le projet. De plus, ce projet s'intègre dans une collaboration de longue date avec l'Université Polytechnique de Valence (Espagne) où un séjour durant la thèse sera possible.

Enfin, le ou la candidat.e pourra voir ses outils développés, intégrés au sein de notre plateforme volBrain (<http://volbrain.net>) [5]. Cette plate-forme propose un service gratuit et en accès libre à l'ensemble de la communauté scientifique. Elle compte plus de 10.000 utilisateurs à travers le monde et a déjà traité plus de 500 000 IRMs, soit l'une des plus grosses bases de données au monde. Aujourd'hui, elle est devenue l'une des plateformes internationales les plus reconnues dans le domaine. Cet environnement unique donnera une visibilité internationale à ce travail de thèse.

Profil attendu

Le ou la candidat.e (diplôme d'ingénieur grande école ou Master 2) doit avoir de solides bases en apprentissage profond/machine. Il doit également avoir des compétences en traitement d'image et en programmation. Une bonne maîtrise de Python, Keras, Pytorch et tensorflow est fortement recommandée. Un bon niveau d'anglais en lecture/écriture est également un élément clé. Un intérêt pour l'imagerie médicale est un plus.



Pour postuler, envoyez un dossier contenant un CV, une lettre de motivation, vos relevés de notes (M1+M2 ou École d'Ingénieur), la liste de vos publications (si disponible), le contact de 2 référents pouvant attester de vos compétences ainsi que tout document susceptible de renforcer votre candidature.

Références

- [1] Wen, Junhao, et al. "Convolutional Neural Networks for Classification of Alzheimer's Disease: Overview and Reproducible Evaluation." arXiv preprint arXiv:1904.07773 (2019).
- [2] Huo, Yuankai, et al. "3D whole brain segmentation using spatially localized atlas network tiles." *NeuroImage* 194 (2019): 105-119.
- [3] Nguyen, Huy-Dung, Michaël Clément, Boris Mansencal, and Pierrick Coupé. "Towards better interpretable and generalizable AD detection using collective artificial intelligence." *Computerized Medical Imaging and Graphics* 104 (2023): 102171.
- [4] Nguyen, Huy-Dung, Michaël Clément, Boris Mansencal, and Pierrick Coupé. "3D Transformer based on deformable patch location for differential diagnosis between Alzheimer's disease and Frontotemporal dementia." In *International Workshop on Machine Learning in Medical Imaging*, pp. 53-63. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023.
- [5] J. V. Manjon and P. Coupé. volBrain: an online MRI brain volumetry system. *Frontiers in Neuroinformatics*, 30:10, 2016



PhD in AI and medical imaging (Bordeaux: 2024-2027)

An AI Assembly for the Prediction of Neurological Diseases

Supervision:	Dr. Pierrick Coupé / LaBRI UMR 5800 (pierrick.coupe@labri.fr) Dr. Rémi Giraud / IMS UMR 5218 (remi.giraud@u-bordeaux.fr)
Funding:	National Grant (2300€ gross / month) – National project HoliBrain
Laboratory:	Computer Science Research Laboratory of Bordeaux (LaBRI) University of Bordeaux, Talence's campus
Team:	Image and Sound (25 permanents, 25 PhD students)
Teaching:	Teaching opportunities during the thesis
Collaboration:	Institute of Neurodegenerative Diseases (IMN): Dr. Vincent Planche Polytechnic University of Valencia (Spain): Pr. José Manjon

Context

Magnetic Resonance Imaging (MRI) plays a pivotal role in the detection of pathologies, the study of brain organization, and clinical research. Every day, a vast amount of data is generated, and this number is continuously growing, making manual analysis approaches impractical. Consequently, the development of reliable, robust, and rapid techniques for the detection of neurological pathologies becomes a significant area in medical imaging. In this project, the goal is to develop a new generation of Artificial Intelligence (AI) methods capable of automatically detecting neurological diseases, thereby assisting clinicians in their differential diagnosis (see Figure 1).

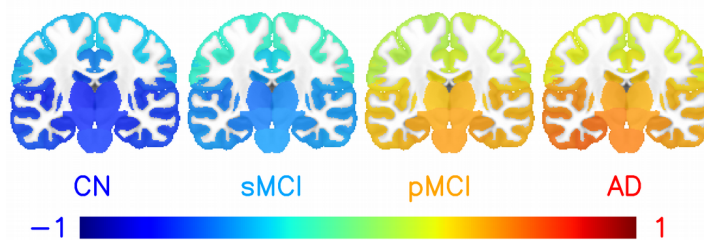


Figure 1: Grading maps on different population groups [3].
(CN=Cognitive Normal, s/pMCI= Stable/Progressive Mild Cognitive Impairment, AD =Alzheimer's Disease).

Objectives

The main goal of this thesis is to overcome methodological obstacles in AI that limit effective prediction of pathologies from MRI brain images using deep learning-based methods. This thesis will progress through several stages and intermediate objectives:

1) The first objective is to develop new pathology detection methods by addressing the current limitations of deep learning (DL) in medical imaging. DL is a rapidly growing field in computer vision, thanks to its many successes. However, the results achieved by DL in assisting with the early diagnosis of neurological diseases are still quite limited [1]. In this project, the candidate will therefore propose a new generation of methods capable of overcoming these limitations for diagnostic aid. Indeed, the complexity of the problem and the scarcity of available training data challenge the effectiveness of DL methods [2].

To address this issue, we have recently developed methods based on an assembly of artificial intelligences [3], and *transformers* [4], applied to MRI images in the form of 3D volumes. The initial results show an improvement in classification quality compared to state-of-the-art methods. Many questions remain open in this very promising new research avenue. What is the optimal organization of this large number of AIs? How can they be made to communicate effectively? How can their learning be improved by using unlabeled data through semi-supervised learning? The candidate will explore these various questions and propose solutions tailored to the addressed problem.

2) The second objective will focus on the development of specific tools for studying dementias: frontotemporal dementia (FTD), dementia with Lewy bodies (DLB), and Alzheimer's disease (AD). These diseases affect over 50 million people worldwide. For AD alone, the associated global cost is estimated at 605 billion dollars. The candidate will work closely with our collaborators at the Bordeaux University Hospital and the Institute of Neurodegenerative Diseases, thus gaining access to experts in these pathologies. By developing methods for earlier and more accurate diagnoses, this project aims to improve patient care, provide better treatment, and thereby reduce associated costs. Therefore, our project could play a significant role in the transition towards P4 medicine (predictive, personalized, preventive, and participatory): the proactive medicine of the next decade.

Environment/Collaborations

This PhD project is part of the National project HoliBrain (2024-2029), which has already secured funding with the goal of developing holistic (multi-scale) brain analysis methods. The PhD candidate's salary and activities, including research stays, conference participation, summer schools, scientific publication, etc., will be covered by the project.

The candidate will join a consortium comprising international experts in AI, medical imaging, neurological diseases, and neuroscience. They will benefit from the resources of the Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique, including GPU servers and computing platforms. The candidate will also work closely with clinicians and neuroscientists involved in the project. Additionally, the project includes a longstanding collaboration with the Polytechnic University of Valencia (Spain), where a research stay during the PhD is possible.

Moreover, the tools developed by the candidate may be integrated into our volBrain platform (<http://volbrain.net>), which offers a free, open-access service to the scientific community. With over 10,000 users worldwide and having processed over 500,000 MRIs, it stands as one of the largest databases globally. Today, it has become one of the most recognized international platforms in its field. This unique environment will give international visibility to the PhD work.

Required profile

The candidate (holding an engineering degree from a prestigious school or a Master's degree) must have a strong foundation in deep learning/machine learning. They should also possess skills in image processing and programming. Proficiency in Python, Keras, PyTorch, and TensorFlow is highly recommended. A good level of English in reading/writing is also a key element. An interest in medical imaging is a plus.

To apply, please send a package containing your CV, a cover letter, transcripts (M1+M2 or Engineering School), a list of your publications (if available), contact information for 2 references who can vouch for your skills, and any document that might strengthen your application.



References

- [1] Wen, Junhao, et al. "Convolutional Neural Networks for Classification of Alzheimer's Disease: Overview and Reproducible Evaluation." arXiv preprint arXiv:1904.07773 (2019).
- [2] Huo, Yuankai, et al. "3D whole brain segmentation using spatially localized atlas network tiles." *NeuroImage* 194 (2019): 105-119.
- [3] Nguyen, Huy-Dung, Michaël Clément, Boris Mansencal, and Pierrick Coupé. "Towards better interpretable and generalizable AD detection using collective artificial intelligence." *Computerized Medical Imaging and Graphics* 104 (2023): 102171.
- [4] Nguyen, Huy-Dung, Michaël Clément, Boris Mansencal, and Pierrick Coupé. "3D Transformer based on deformable patch location for differential diagnosis between Alzheimer's disease and Frontotemporal dementia." In *International Workshop on Machine Learning in Medical Imaging*, pp. 53-63. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023.
- [5] J. V. Manjon and P. Coupé. volBrain: an online MRI brain volumetry system. *Frontiers in Neuroinformatics*, 30:10, 2016

