



Reconstruction et segmentation de données IRM cérébrales foétales par apprentissage profond

Lab

La thèse se déroulera à l'interface entre deux laboratoires reconnus et dynamiques.

L'Institut de Neurosciences de la Timone (INT) est l'un des meilleurs instituts français de recherche en neurosciences avec 150 membres réunis en 10 équipes interdisciplinaires examinant différents aspects de l'organisation cérébrale. Il est situé sur le campus médical d'Aix-Marseille Université. Le candidat retenu rejoindra l'équipe interdisciplinaire MeCA (<https://meca-brain.org/>) au sein de l'INT et interagira avec des neuroscientifiques, des médecins ainsi que des spécialistes de l'acquisition et du traitement de données en neuroimagerie.

La recherche à l'IMT Atlantique concerne près de 800 personnes, dont 290 enseignants et chercheurs et 300 doctorants, et porte sur les technologies numériques, l'énergie et l'environnement. Il couvre toutes les disciplines (des sciences physiques aux sciences humaines et sociales en passant par celles de l'information et du savoir) et couvre tous les domaines des sciences et des technologies de l'information et de la communication.

Date de début : Octobre 2022

Financement : Agence Nationale de la Recherche

Description

Description du sujet :

On est de plus en plus conscient de l'importance de la détection précoce des anomalies du développement neurologique et de leur impact majeur tout au long de la vie. Affectant environ 10% des enfants, il peut entraîner des handicaps neurologiques et les charges qui en découlent. Deux tiers des cas de développement neurologique anormal peuvent être détectés avant la naissance, mais à l'heure actuelle, les troubles neurocomportementaux et cognitifs qui en résultent ne sont, dans la majorité des cas, détectés que plus tard dans l'enfance, ce qui empêche une intervention précoce et augmente l'impact sur la vie ultérieure. L'objectif est donc de décrire le développement cortical anormal dans les premiers stades du fœtus, en développant des biomarqueurs non invasifs dérivés de l'IRM et des outils informatiques spécifiques au fœtus, afin de prédire les individus présentant un risque plus élevé de développement post-natal anormal.

L'analyse quantitative d'images du cerveau fœtal in vivo joue un rôle essentiel dans la prise de décision clinique et la recherche en neurosciences [1]. Les avantages de l'IRM in utero par rapport à l'échographie dans l'étude du développement du cerveau ont été démontrés, notamment grâce au développement de méthodes de traitement et d'analyse d'images dédiés comme illustré sur la Figure 1.

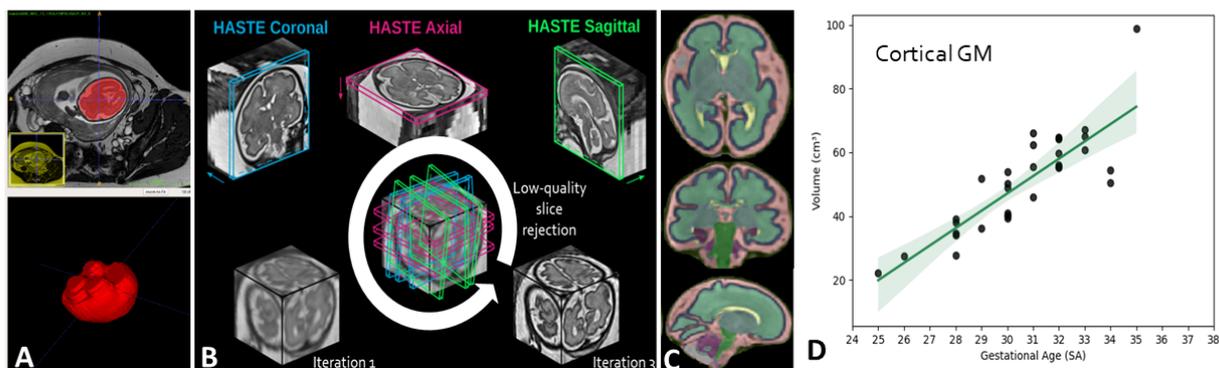


Figure 1. Les différentes étapes de l'analyse d'IRM foetale cérébrale: A identification du cerveau avec l'approche [2]; B reconstruction d'un volume 3D haute résolution avec la méthode [3]; C segmentation des différents tissus en utilisant [4]; D comparaison à des courbes normales représentatives du développement normal.

L'utilisation de l'IRM foetale étant limitée, plusieurs centres doivent collaborer pour rassembler suffisamment de sujets, notamment pour la pathologie, ce qui pose d'importants défis techniques d'harmonisation. Dans le cadre de ce travail, une approche multicentrique sera mise en place en développant des stratégies d'apprentissage fédérées pour appliquer des solutions d'IA tout en préservant la confidentialité des données privées des patients. Les approches dont l'IRM adulte bénéficie depuis longtemps seront adaptées pour la première fois par ce projet aux études d'IRM du cerveau foetal.

Le retard de croissance intra-utérin (RCIU), qui touche 5 à 10 % des grossesses, et l'agénésie du corps calleux (ACC), qui touche 1 grossesse sur 4 000, sont les deux applications principales visées ici pour explorer le développement cortical foetal et identifier les déviations grâce à une analyse conjointe d'un ensemble de données multicentriques d'une ampleur sans précédent (>950 sujets) avec des outils informatiques dédiés. Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre d'un projet européen dont le but sera de fournir à la communauté mondiale des outils standardisés et efficaces pour transformer le diagnostic prénatal des anomalies du développement neurologique.

Ce travail de thèse vise à développer une méthode de reconstruction et de segmentation conjointe de données IRM foetales, permettant d'unifier les étapes B et C illustrées sur la figure 1. La première étape consistera à s'inspirer de la méthode [5] développée à l'IMT pour l'adaptation aux données d'IRM foetales acquises à l'Hôpital de la Timone à Marseille et prétraitées à l'INT. Plusieurs axes d'améliorations seront ensuite considérés pour augmenter les performances. Cette méthode permettra d'extraire l'ensemble des mesures quantitatives (ex: volume, forme des structures anatomiques) à partir de données de moindre qualité résultant d'acquisitions contraintes par le contexte clinique. Les dernières années ont vu un développement sans précédent des méthodes d'apprentissage en traitement d'images médicales, et plus particulièrement basées sur l'apprentissage profond. Les réseaux de neurones convolutifs ont montré d'énormes performances dans de nombreuses tâches telles que la reconstruction ou la segmentation d'images à haute résolution. Dans un tel cadre, l'utilisation de tâches auxiliaires permet d'améliorer les performances et aussi les propriétés de généralisation. Il s'agira de développer une méthode prenant en compte à la fois les problèmes de reconstruction et de segmentation des données du cerveau foetal en utilisant une représentation démêlée ("disentangle learning") dans le but de fournir des algorithmes robustes pour une utilisation multi-sites. L'objectif est de représenter les données IRM en séparant les principales composantes (pose, contraste IRM, caractéristiques, etc.) afin d'améliorer notre interprétation des réseaux neuronaux et de s'affranchir des biais liés aux différents systèmes d'acquisition de chaque site.

Ce travail de thèse sera réalisé sous la direction de F.Rousseau et G.Auzias, en collaboration avec leurs équipes ([Latim](https://meca-brain.org/), <https://meca-brain.org/>). Il s'inscrit dans le projet européen MULTI-FACT (<https://www.neuron-eranet.eu/projects/MULTI-FACT/>) rassemblant des équipes de 4 pays (France, Espagne, Suisse, Allemagne). Le candidat sera donc amené à collaborer directement avec ces équipes de renommée internationale.

Profil

Les candidats doivent être titulaires d'un diplôme de master (ou ingénieur) en traitement des images ou en mathématiques.

Les compétences requises pour mener à bien ce travail concernent l'apprentissage machine, le traitement d'images et les mathématiques appliquées. Des connaissances en informatique et en programmation (Python) seront également requises afin de développer les algorithmes associés.

- Rémunération net/mois : ~1500€

Contact

Guillaume Auzias

email : guillaume.auzias@univ-amu.fr

François Rousseau

email : francois.rousseau@imt-atlantique.fr

Candidature

Les candidats sont invités à envoyer par courriel une lettre de motivation et un curriculum vitae décrivant en détail leur formation universitaire, y compris tous les modules suivis et les notes attribuées.

Références bibliographiques

- [1] F. Rousseau et al., "In Vivo Human Fetal Brain Analysis Using MR Imaging," in *Fetal Development* (Cham: Springer International Publishing, 2016), 407–27, https://doi.org/10.1007/978-3-319-22023-9_20.
- [2] M. Ebner et al., "An Automated Framework for Localization, Segmentation and Super-Resolution Reconstruction of Fetal Brain MRI," *NeuroImage*, no. September (November 2019): 116324, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116324>.
- [3] M. Kuklisova-Murgasova et al., "Reconstruction of Fetal Brain MRI with Intensity Matching and Complete Outlier Removal," *Medical Image Analysis* 16, no. 8 (2012): 1550–64, <https://doi.org/10.1016/j.media.2012.07.004>.
- [4] F. Isensee et al., "NnU-Net: A Self-Configuring Method for Deep Learning-Based Biomedical Image Segmentation," *Nature Methods*, December 7, 2020, 1–9, <https://doi.org/10.1038/s41592-020-01008-z>.
- [5] Q. Delannoy et al., "SegSRGAN: A Software Solution for Super-Resolution and Segmentation Using Generative Adversarial Networks – Application to Neonatal Brain MRI To Cite This Version : HAL Id : Hal-02189136," 2019, <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.103755>.