



## Offre de Stage



### Intitulé du stage

**Identification et segmentation des structures cérébrales fœtales à l'échelle mésoscopique à partir d'IRM quantitative, anatomique et de diffusion à champ extrême (11.7T).**

### Profil du (de la) candidat(e) recherché(e)

- **Diplôme préparé:** Master 2 ou Ingénieur
- **Formation:** Biomédicale, Médicale, Neurosciences
- **Profil:** Rigoureux, méthodique, appétence pour la recherche

### Lieu du stage

Équipe InDev,  
Unité de recherche en neuroimagerie applicative clinique et translationnelle (UNIACT)  
NeuroSpin, Bâtiment 145  
CEA Paris-Saclay  
91191 Gif-sur-Yvette CEDEX

### Période du stage

Idéalement entre janvier et juin 2024 pour une période de 6 mois.

**Le projet p-HCP** Le projet *Premature Human Connectome Project* (financé par l'ANR) a pour ambition d'étudier en *postmortem* les altérations de la substance blanche chez les bébés prématurés en utilisant les outils les plus performants (Histologie, immunohistochimie, IRM mésoscopique (100 $\mu$ m) à champ magnétique extrême (11.7T)). Ce projet d'envergure rassemble fœtopathologistes, médecins, ingénieurs et chercheurs autour de la **création d'un atlas de référence à l'échelle micro/mésoscopique** décrivant l'anatomie, la cytoarchitecture et la connectivité des cerveaux normaux et anormaux de **fœtus entre 20 semaines d'aménorrhée (SA) et le terme (41 SA)**.

**Un jeu de données unique** p-HCP a pour but d'étudier, avec une précision jamais atteinte à ce jour [1], le développement de cerveaux allant de 20SA à 41SA à l'aide de cartes de quantification  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_2^*$ , d'images pondérées en diffusion à  $b=1500/4500/8000$  s/mm<sup>2</sup> avec une résolution de 200 $\mu$ m isotrope, ainsi que d'une imagerie pondérée en T2 avec une résolution de 100 $\mu$ m isotrope, sur un imageur préclinique (petit tunnel) à 11.7T. L'acquisition de ces données demande 150 heures par champ de vue. Les plus gros cerveaux sont découpés et imagés par morceaux, puis reconstruits avec des algorithmes de recalage et de fusion de tous les champs de vue de chaque spécimen, à l'image du projet Chenonseau [2].

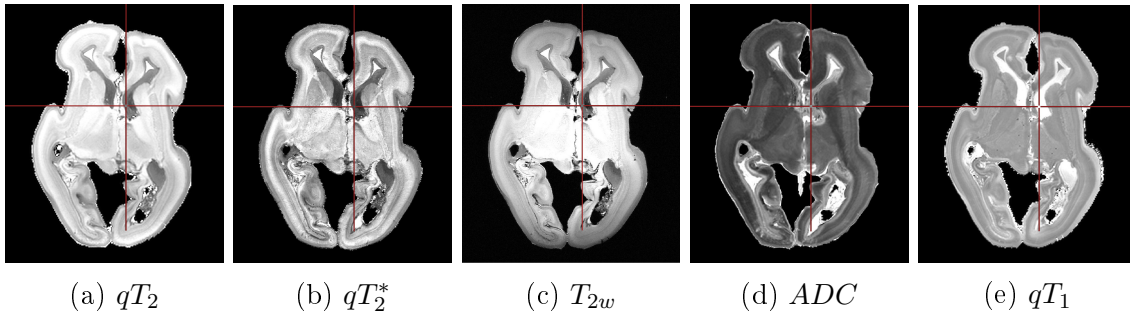


Figure 1: Exemple des modalités acquises sur un cerveau de 20 SA

La mise en œuvre de modèles multiparamétriques à partir des cartes quantitatives permet d'estimer des grandeurs biologiques pertinentes telles que la densité cellulaire, le volume, et la composition des différentes structures anatomiques. L'imagerie de diffusion permet d'estimer la connectivité cérébrale, de produire des proxys de densité axonale, de diffusivité ou encore d'orientation des fibres.

Actuellement, les datasets de deux cerveaux de 20 et 21 SA sont complets, un cerveau de 33 SA est en cours d'acquisition (fin d'acquisition janvier 2024) et trois autres de 22, 23 et 29 SA seront imagés d'ici la fin du stage.

**Le sujet du stage** De par le caractère exceptionnel de ces données (en termes de résolution, modalités, et âge des sujets), aucun outil n'existe pour segmenter de manière automatique les structures anatomiques. Le candidat devra se familiariser avec l'anatomie fœtale et les modalités en IRM pour pouvoir identifier les structures anatomiques propres à ces âges, les segmenter et étudier le signal de ces structures en fonction des différents contrastes. L'approche de segmentation impliquera nécessairement dans un premier temps un effort de segmentation manuelle sur des coupes 2D en corrélation avec un atlas d'histologie. Ces segmentations serviront ensuite à décrire région par région les mécanismes du neurodéveloppement comme la migration neuronale, le début de myélinisation des fibres de substance blanche, la gyration... L'objectif étant d'en apprendre davantage sur le neurodéveloppement du deuxième et troisième trimestre de gestation.

En fonction de l'aisance et des souhaits du candidat, il pourra proposer une méthode de segmentation automatique en utilisant les méthodes de la littérature.

[1] Dawood, Y., Strijkers, G. J., Limpens, J., Oostra, R. J., De Bakker, B. S. (2020). Novel imaging techniques to study postmortem human fetal anatomy: a systematic review on microfocus-CT and ultra-high-field MRI. *European Radiology*, 30, 2280-2292.

[2] Beaujoin, J., Popov, A., Hot, R. Y., Poupon, F., Mangin, J. F., Destrieux, C., Poupon, C. (2019). CHENONCEAU: towards a novel mesoscopic (100/200 $\mu$ m) post-mortem human brain MRI atlas at 11.7 T. In OHBM (*Organization for Human Brain Mapping*).

## Description du stage

**NeuroSpin** NeuroSpin est un centre de recherches en neurosciences et une plateforme d'imagerie spécialisée dans l'imagerie par résonance magnétique (IRM). On y retrouve des imageurs cliniques à haut champ magnétique (3T), très haut champ (7T) et le seul IRM clinique 11,7T au monde. Pour sa partie préclinique, NeuroSpin comprend des IRM 7T, 11.7T et 17.2T (petits tunnels).

NeuroSpin rassemble des physiciens, mathématiciens, neuroscientifiques et des médecins qui ont pour objectif de développer des outils et des modèles d'imagerie pour mieux comprendre le développement, la structure, et le fonctionnement du cerveau normal et pathologique.

[https://joliot.cea.fr/drf/joliot/pages/entites\\_de\\_recherche/neurospin.aspx](https://joliot.cea.fr/drf/joliot/pages/entites_de_recherche/neurospin.aspx)

**L'équipe InDev** Vous évoluerez au sein de l'équipe inDEV (imagerie du neurodéveloppement), dirigée par Lucie Hertz-Pannier et Jessica Dubois. Cette équipe étudie le développement cérébral chez l'homme de sa conception (phase fœtale) jusqu'à l'âge adulte.

[https://joliot.cea.fr/drf/joliot/en/Pages/research\\_entities/NeuroSpin/uniact/neuropediatrics.aspx](https://joliot.cea.fr/drf/joliot/en/Pages/research_entities/NeuroSpin/uniact/neuropediatrics.aspx)

**Personnes à contacter** Les candidatures doivent être envoyées aux trois encadrant du stage:

- Lucas Arcamone (MSc, PhD student): [lucas.arcamone@cea.fr](mailto:lucas.arcamone@cea.fr)
- Yann Leprince (MSc, PhD): [yann.leprince@cea.fr](mailto:yann.leprince@cea.fr)
- Lucie Hertz-Pannier (MD, PhD, DR): [lucie.hertz-pannier@cea.fr](mailto:lucie.hertz-pannier@cea.fr)

**Modalités pratiques** Indemnités de stage selon grille du CEA.