

---

## Sujet de thèse

---

Equipe : 3

Directeur de thèse : Philippe Delachartre

Co-directeur :

Contact : philippe.delachartre@insa-lyon.fr

Partenaires : Philippe Quélin centre hospitalier d'Avignon, Dominique Sappey-Marinier, Olivier Basset, Bruno Sciolla - Creatis

---

### TITRE

Segmentation de données échographiques 3D du cerveau et suivi longitudinal du développement cérébral des prématurés

Lieu : INSA Lyon

### Domaine et contexte scientifiques, mots-clefs:

Les études de segmentation cérébrale IRM, menées depuis plus de 10 ans par quelques équipes de recherche, ont permis de corréler les différents volumes des structures cérébrales et cérébelleuses évalués sur des IRM réalisées à terme, à partir de séquences axiales T1 et T2, avec les pronostics moteur ou cognitif chez l'enfant très prématuré. Cette approche est donc très prometteuse mais l'accès à l'IRM limité. **L'échographie cérébrale "transfontanellaire"** (ETF) est la technique d'imagerie de référence depuis 35 ans grâce à sa simplicité d'exécution, au lit de ces patients fragiles, instables et difficilement transportables, à son coût faible et à la possibilité de la répéter à volonté selon l'évolution clinique dans les services prenant en charge les grands prématurés. Une étude récente [1] a montré l'intérêt de l'imagerie ETF 3D (**Figure 1**). Elle permet, en conservant une qualité diagnostique équivalente à l'imagerie 2D, un gain de temps (et donc de coût) très important et surtout une concordance inter et intra-observateur excellente, ce qui est loin d'être le cas pour l'imagerie 2D.

Mots-clés : segmentation, méta-voxels, multi-échelle, classification, atlas

### Objectif, verrous scientifiques et contribution originale attendue:

**Objectif scientifique** : réaliser la segmentation semi-automatique de structures cérébrales et suivi longitudinal du volume cérébral.

**Objectif médical** : obtenir un outil accessible et peu coûteux pour améliorer la qualité des prises en charge des enfants à risque neurodéveloppemental.

**Verrous scientifiques** : segmentation de formes complexes (ruban cortical) et variables à partir de données ultrasonores faiblement contrastées (substance grise / substance blanche), grand nombre de données (millions de voxels) à traiter dans un temps réaliste (la minute)

**Contributions attendues** : algorithme de segmentation multi-échelle prenant en compte la variabilité et la complexité des structures à segmenter. Evaluation de l'accroissement du volume cérébral global et par région (cervelet, ruban cortical, ventricules).

### Programme de recherche et démarche scientifique proposée:

Le projet est organisé pour répondre à la question de la segmentation semi-automatique pour la quantification du volume de cortex, du volume ventriculaire et du volume du cervelet à partir de données 3d échographiques. Ces données correspondent au suivi longitudinal opéré sur les prématurés en séjour hospitalier. De nombreux travaux ont été consacrés à la segmentation d'images IRM du cerveau (**Figure 2**) [3]. Ces méthodes ne peuvent pas s'appliquer directement aux images échographiques qui présentent des caractéristiques très différentes, en particulier une texture de speckle. Cela nous conduit à proposer la démarche suivante :

- Etat de l'art sur la segmentation du cerveau en IRM [3], échographie [4]. Etat de l'art sur les méthodes de segmentation dédiées aux ultrasons ou utilisant des a priori de forme [2], ou des atlas [3].
- Analyse des données, pré-traitements 3d : débruitage, recalage des données longitudinales, visualisation

- Développement d'un algorithme de segmentation des volumes ultrasonores pour l'extraction d'information de volume sur le cortex, les ventricules et le cervelet. Les directions envisagées incluent :
  - Méthodes de segmentation par ensemble de niveaux (level-set) avec estimation non-paramétrique des intensités.
  - Utilisation de méthodes sur grilles ou multi-échelle pour réduire les temps de calcul
  - Segmentation par apprentissage des structures anatomiques cérébrales (réseaux de neurones [6], arbres de décisions [7], ...) ou utilisant des a priori de formes, générés à partir d'atlas.
- Portage de cet algorithme dans un démonstrateur web basé sur la librairie Desk [5] (l'accès à distance facilitant la communication avec les médecins)
- Validation et test sur un ensemble de 50 volumes correspondant au suivi longitudinal de 10 prématurés. Les résultats fournis aux praticiens sont des courbes de croissance cérébrales, cérébelleuse et ventriculaires établies pour chaque enfant à partir des mesures opérées par la segmentation. Confrontation aux résultats obtenus sur les séquences IRM axiales T1 et T2.

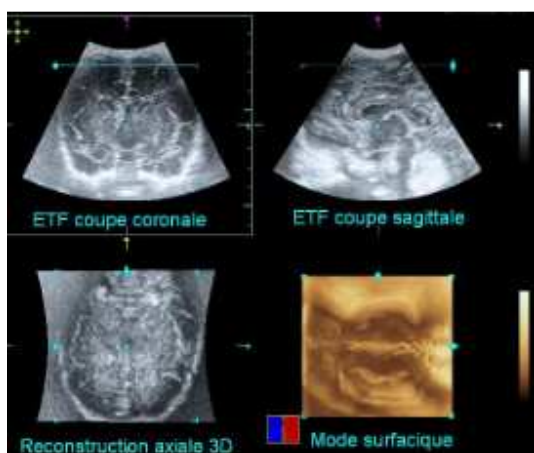


Figure 1. Echographie cérébrale 3D, affichage multiplan

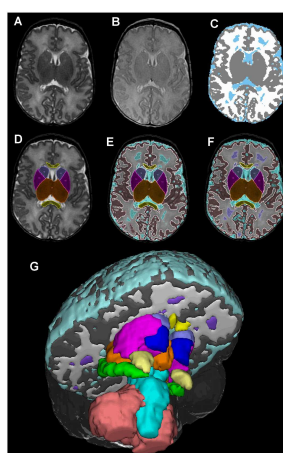


Figure 2. Segmentation de séquences IRM T1, et reconstruction 3D. Le cervelet et le tronc cérébral sont nettement visibles en bas de la reconstruction 3D, sous le cerveau d'après [8].

Sur la **figure 2** [8], le **cervelet** est en cuivre, les noyaux gris centraux comprennent les **2 thalamus** (ou thalami) qui sont en orange, et pour information les noyaux lenticulaires (Putamen + Pallidum) qui sont paires et colorés en rose. Le tronc cérébral est en turquoise et le noyau caudé en lavande.

**Encadrement scientifique et intégration au sein du laboratoire (Equipes impliquées, collaborations/partenariats extérieurs):**

Equipe 3, collaboration avec l'hôpital d'Avignon, équipe 6.

**Profil du candidat recherché (prérequis) :**

Formation ingénieur avec spécialisation signal, image

**Compétences développées au cours de la thèse et perspective professionnelle**

- coordination de projet, recherche de partenaires hospitaliers et industriels.
  - développement méthodologique en signal image (traitement des images, débruitage, segmentation, classification, représentation 3D, recalage)
- Perspective professionnelle : R&D

**Pour postuler**

Envoi du CV, lettre de motivation, relevés de notes et lettre de recommandation à [philippe.delachartre@insa-lyon.fr](mailto:philippe.delachartre@insa-lyon.fr)

## Références bibliographie sur le sujet :

[1] Tao, J. D.; Neil J. N., Advanced Magnetic Resonance Imaging Techniques in the Preterm Brain: Methods and Applications, *Current Pediatric Reviews*, 2014, 56-64

Refs segmentation:

[2] Dahdouh S., Angelini E. D., Grangé G., Bloch I., Segmentation of embryonic and fetal 3D ultrasound images based on pixel intensity distributions and shape priors. *Med. Image Anal.*, 2015, 24(1):255-68

[3] Išgum I. *Et al.*, Evaluation of automatic neonatal brain segmentation algorithms: the NeoBrainS12 challenge, *Med. Image Anal.* 2015; 20(1):135-51.

[4] Wu Qiu, Jing Yuan, Jessica Kishimoto, Jonathan McLeod, Yimin Chen†, Sandrine de Ribaupierre, Aaron Fenster, User-Guided Segmentation of Preterm Neonate Ventricular System from 3-D Ultrasound Images Using Convex Optimization, *Ultrasound in Medicine & Biology*, 2015, Vol. 41, Issue 2, 542–556.

[5] H. Jacinto, R. Kéchichian, M. Desvignes, R. Prost, and S. Valette, A Web Interface for 3D Visualization and Interactive Segmentation of Medical Images, *17th International Conference on 3D Web Technology (Web 3D 2012)*, Los-Angeles, USA, pp. 51-58, 2012 .

[6] Ciresan D.C., Giusti A., Gambardella L. M. Schmidhuber J, Deep Neural Networks Segment Neuronal Membranes in Electron Microscopy Images, *NIPS*, 2012, 2852--2860

[7] Dollár, P., & Zitnick, C. L., Fast edge detection using structured forests. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 37(8), 2015, 1558-1570.

[8] Xintian Yu, Yanjie Zhang, Robert E. Lasky, Sushmita Datta, Nehal A. Parikh, Ponnada A. Narayana. Comprehensive Brain MRI Segmentation in High Risk Preterm Newborns. *PLoS ONE* 5(11): e13874. doi:10.1371/journal.pone.0013874, 2010.