

Sujet de Thèse de Doctorat en Sciences – Spécialité Image, Vision, Signal
Ecole Doctorale Sciences Ingénierie Santé – ED SIS n° 488

Titre : Cartographie morphométrique spatio-temporelle des activités cérébrales en neuro-imagerie de la douleur par fusion images IRMf / signaux EEG.

Lieu d'accueil : Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne (EMSE)
Centre Ingénierie et Santé (CIS) - LPMG, UMR CNRS 5148
(158 Cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne cedex)
CHU de St-Etienne
Inserm U879, Intégration centrale de la douleur chez l'homme (ICDH)
Université Jean Monnet et Université Claude Bernard Lyon 1
IFRESIS, IFR INSERM 143

Directeur : Prof. J.-C. Pinoli (HDR) (ENSM-SE/LPMG) - 04.77.42.66.74 – pinoli@emse.fr

Co-directeurs : Dr. G. Courbebaisse (HDR) (INSA de Lyon / CREATIS CNRS UMR 5220 - INSERM U630) Dr. R. Peyron (HDR) (CHU/U879)

Mots-clés : Traitement et analyse d'image. Traitement du signal. Fusion images/signaux. Cartographie spatio-temporelle. Neuro-imagerie de la douleur. IRM. EEG. Potentiel Evoqué.

Description :

• **Contexte :**

L'équipe INSERM U879 'Intégration centrale de la douleur chez l'homme' est spécialisée dans l'imagerie cérébrale de la douleur par IRMf. L'équipe 'imagerie et morphologie' du CIS/LPMG est spécialisée dans le traitement et l'analyse de signaux et d'images. La problématique que souhaite aborder ces deux équipes dans le cadre d'une collaboration au sein de l'institut IFRESIS et avec le laboratoire CREATIS de Lyon porte sur la connectivité cérébrale fonctionnelle spatio-temporelle liée à la douleur. Des travaux d'analyse d'images ont déjà été conduits sur l'activation cérébrale en général [1, 2] et sur la connectivité en particulier (analyse en composante principale [3], champs aléatoires [4], tenseurs de diffusion [5]). L'EEG est utilisé en routine pour mesurer avec des électrodes de scalp l'activité électrique cérébrale. Des dispositifs permettent d'enregistrer cette activité malgré le champ magnétique de l'IRM. Le moyennage de l'activité électrique EEG permet d'identifier des réponses synchronisées à un stimulus phasique et intermittent, ces réponses étant qualifiées de Potentiel Evoqué. Les données fournies en IRMf ne portent que sur des activités cérébrales durant quelques secondes, ce qui est trop lent pour découvrir les connectivités au niveau neuronal. La précision temporelle est insuffisante. L'EEG possède une résolution temporelle plus fine, de l'ordre de quelques millisecondes, mais la localisation spatiale est mauvaise. La combinaison des deux modalités présente donc un intérêt évident. Les difficultés techniques pour enregistrer simultanément des données EEG alors que le sujet est dans l'IRMf demeurent importantes [6]. Une première collaboration [7] entre les deux équipes a permis de mettre en place un protocole maintenant opérationnel synchronisant la stimulation douloureuse d'un sujet et l'acquisition d'image IRMf. L'achat par le CHU de Saint-Etienne d'un IRMf 3 teslas en 2009 et d'un casque EEG compatible IRM en 2009 va permettre de pouvoir réaliser simultanément l'acquisition bimodale d'informations sous formes de signaux et d'images. Le traitement et l'analyse seront réalisés à l'EMSE qui dispose depuis un an d'un cluster informatique multiprocesseurs dédié au calcul scientifique. Une collaboration avec le Prof. Worley à l'université de Mc Gill a permis de réaliser une première étude sur la connectivité anatomique et fonctionnelle de la matière blanche [8].

- **Objectifs :**

Cette thèse de doctorat va donc porter sur l'analyse couplée d'images et de signaux afin de les fusionner et ainsi d'établir des cartographies spatio-temporelles liées à une stimulation douloureuse. Elle commencera par la réalisation d'enregistrements synchrones d'informations bimodales (images IRMf et signaux EEG) sur des sujets (non-soumis, puis soumis) à des stimulations douloureuses. La deuxième partie portera sur le traitement, puis l'analyse conjointe des images et des signaux. La fusion des informations ainsi extraites constituera l'étape suivante de la thèse. Enfin, la cartographie morphométrique spatio-temporelle des activités cérébrales liées à une stimulation extérieure douloureuse sera réalisée.

Références bibliographiques :

- [1] Worsley K.J., Detecting activation in fMRI data, *Statistical methods in medical research*, 12, 401-418, 2007.
- [2] Buffington AL, Hanlon CA, McKeown MJ., Acute and persistent pain modulation of attention-related anterior cingulate fMRI activations, *Pain*. 2005 Jan;113(1-2):172-84.
- [3] Ven, V.G., Formisano, E., et al.: Functional Connectivity as Revealed by Spatial Independent Component Analysis of fMRI Measurements During Rest., *Human Brain Mapping* 2004:22:165-178.
- [4] Cao J., Worsley K. J., The geometry of correlation fields with an application to functional connectivity of the brain, *Annals of applied probability*, 9, 1021-1057, 1999.
- [5] Fillard P., Arsigny V., Pennec X., and Ayache N. , Clinical DT-MRI Estimation, Smoothing and Fiber Tracking with Log-Euclidean Metrics. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 26(11), 1472-1482, 2007.
- [6] Dale A.M., Liu A.K., Fischl B.R., Buckner R.I., Belliveau J.W., Halgren E., Dynamic statistical parametric mapping: combining fMRI and MEG for high-resolution imaging of cortical activity, *Neuron*, 26, 55-67, 2000.
- [7] DeFréminville A., Mémoire de fin de stage de 3^{ième} année au CHU de Saint-Etienne, Ecole d'ingénieur de Luminy, option génie bio-médical, 2006.
- [8] D'Hont B., Mémoire de fin d'étude de 3^{ième} année au Brain Imaging Center à Mac Gill, Ecole des Mines de Saint-Etienne, option Ingénierie et Santé et master recherché Image Vision Signal, 2008.

Profil du doctorant :

- Le candidat devra être titulaire d'un master recherche dans la spécialité traitement du signal / traitement d'image ou équivalent, avec de bonnes connaissances en mathématique et en physique, avec un fort intérêt pour la neurologie fonctionnelle. Une formation initiale d'ingénieur serait un plus apprécié.