



Institut de Recherche
en Informatique de Toulouse
CNRS - INP - UT3 - UT1 - UT2J



[For the english version, please move to page 3.](#)

Compensation des mouvements pour l'estimation de flux sanguins des micro-vaisseaux tumoraux à partir d'images échographiques acquises par des techniques ultra-rapides

Durée : 5-6 mois

Début du stage : Dès que possible et avant fin Mars 2021

Niveau : Master 2, dernière année d'école d'ingénieurs ou équivalent, en traitement du signal, de l'image ou mathématiques appliquées.

Gratification : selon réglementation (environ 550 € / mois)

● Contexte

Dans ce stage, nous aborderons le développement des méthodes d'imagerie médicale à partir de modèles fondés sur la séparation entre d'une part, le flux sanguin et d'autre part, les tissus environnants, par ailleurs mobiles. Cette séparation sera menée de façon conjointe avec une déconvolution et une prise en compte du mouvement des tissus pour faire ressortir avec une grande résolution les flux sanguins des micro-vaisseaux des tissus étudiés (tumeurs cérébrales dans l'application considérée).

Plus spécifiquement, après avoir acquis des signaux brutes par imagerie rapide sur la région cérébrale d'intérêt qui constituent des volumes 3D (plusieurs plans de coupe (x,y) dans le temps t), ces données sont ensuite empilés dans une grande matrice 2D dite de Casorati (\mathbf{C}). L'estimation de flux peut être obtenue en décomposant cette matrice en vecteurs et valeurs singulières (décomposition SVD) e.g, [1]. Les valeurs singulières sont seuillées et les vecteurs singuliers en résultant sont triés et associés au flux et bruit de mesure. Une alternative intéressante et plus flexible consiste à poser et résoudre un problème inverse où \mathbf{C} est mis sous la forme $\mathbf{C}=\mathbf{S}+\mathbf{T}+\mathbf{N}$, où \mathbf{S} est le flux Doppler, \mathbf{T} le tissu environnant et \mathbf{N} le bruit. De plus, \mathbf{S} est mise sous la forme d'une convolution entre la réponse impulsionnelle du système d'imagerie (PSF) \mathbf{H} et le flux haute résolution \mathbf{X} à estimer [2]. Cette méthode nécessite la connaissance de la PSF, qui peut être mesurée expérimentalement ou estimée conjointement avec le flux sanguin \mathbf{X} , [3]. Ce que nous proposons dans ce stage est d'aborder le problème de la compensation des mouvements des tissus liés à la pulsativité cérébrale dans le modèle associé à la déconvolution.

Le problème devient donc : $\mathbf{C}=\mathbf{M}(\mathbf{H}*\mathbf{X} +\mathbf{T}) +\mathbf{N}$, où \mathbf{M} désigne le mouvement à estimer conjointement à \mathbf{X} . L'estimation du mouvement peut se faire de façon indépendante de celle de \mathbf{X} . Mais afin de réduire les erreurs, l'idée directrice ici, est de résoudre ce problème de manière conjointe en alternant entre déconvolution et estimation de mouvement et en prenant en compte des termes de « régularisation » qui imposent des connaissances *a priori* sur des mouvements des tissus, par exemple, une régularisation de parcimonie ou une régularité spatiale [4].

Ce stage fait partie du projet de l'échange d'expertises « **DEMAISED** » démarré en Janvier 2021 soutenu par France Life Imaging (FLI) entre l'Institut de Recherches en Informatique de



Institut de Recherche
en Informatique de Toulouse
CNRS - INP - UT3 - UT1 - UT2J



Toulouse (IRIT) – Université de Paul Sabatier et l’Inserm U1253-iBrain – Université de Tours. En pratique, le/la stagiaire sera intégré/e à l’équipe MINDS du laboratoire IRIT à Toulouse. Des déplacements réguliers chez iBrain sont prévus afin d’enregistrer des données et de participer à l’évaluation des algorithmes d’estimation de flux avec prise en compte des mouvements des tissus en utilisant les données in vitro et in-vivo d’iBrain.

● Le travail à faire

Le stagiaire commencera par se familiariser au travail existant. Il participera au développement des nouvelles méthodes, qui seront évaluées dans un premier temps à partir d’images médicales ultrasonores de simulation. Ces images de simulation seront développées par le stagiaire à partir des travaux existants. Les méthodes seront ensuite évaluées sur des données acquises à CHU de Tours

● Profil recherché

- ✓ M2 ou dernière année d’école d’ingénieur
- ✓ Bonnes connaissances en traitement du signal et des images, ou en mathématiques appliquées
- ✓ Bonnes compétences en programmation, Matlab, ou de Python,
- ✓ Bon niveau en anglais,
- ✓ Un intérêt pour l’imagerie ultrasonore médicale serait un plus (sans avoir besoin de connaissances a priori)

● Candidature

Ce stage sera encadré par :

- ✓ Duong Hung Pham, maître de conférences, IRIT/UPS, Toulouse
- ✓ Denis Kouamé, professeur, IRIT/UPS, Toulouse

Pour candidater, merci d’envoyer un CV, une lettre de motivation et les derniers résultats universitaires (et celle de l’année dernière) à duong-hung.pham@irit.fr et kouame@irit.fr

Note : Ce travail fera par la suite l’objet d’un sujet de thèse. Des informations seront données lors de l’entretien.

● Références

- [1] C. Demené et al., “Spatiotemporal Clutter Filtering of Ultrafast Ultrasound Data Highly Increases Doppler and Ultrasound Sensitivity”, *Trans. on Medical Imaging*, vol. 34 (11), 2015.
- [2] H. Shen et al., “High-resolution and high-sensitivity blood flow estimation using optimization approaches with application to vascularization imaging,” *IEEE Int. Ultrason. Symp. (IUS)*, 2019, pp. 467–470.
- [3] D. H. Pham, A. Basarab, I. Zemmoura, J. P. Remenieras, and D. Kouame, “Joint blind deconvolution and robust principal component analysis for blood flow estimation in medical ultrasound imaging,” *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Control (TUFFC)*, 2020.
- [4] N. Ouzir, A. Basarab, H. Liebgott, B. Harbaoui and J. Tournet, “Motion Estimation in Echocardiography Using Sparse Representation and Dictionary Learning,” in *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 27, no. 1, pp. 64-77, Jan. 2018.



Institut de Recherche
en Informatique de Toulouse
CNRS - INP - UT3 - UT1 - UT2J



Motion compensation for the estimation of blood flow in tumor micro-vessels from ultrasound images acquired by ultra-fast techniques

Duration: 5-6 months

Start of work: As soon as possible and no later than the end of March 2021

Level: last year of MSc or equivalent in image signal processing or applied mathematics

Allowance: according to regulations (around 550 € / month)

● Context

In this internship, we will investigate the development of medical imaging methods for separation between on the one hand, the blood flow and on the other hand, the surrounding tissues which move. This separation will be carried out jointly with a deconvolution and taking into account the movement of the tissues to bring out with high resolution the blood flow of the micro-vessels of the tissues (brain tumors in the application considered).

More specifically, after having acquired raw signals by fast imaging from a region of interest on the brain, the data constitute 3D volumes (several slice planes (x, y) in time t). These data are then stacked in a large 2D matrix known as Casorati (C). The flux estimate can be obtained by decomposing this matrix into vectors and singular values (using SVD decomposition) e.g, [1]. The singular values are thresholded and the resulting singular vectors are sorted and associated with the measurement flux and noise.

An interesting and more flexible alternative is to pose and solve an inverse problem where C is written in the form $C = S + T + N$, where S is the Doppler blood flow, T the surrounding tissue and N the noise. Moreover, S is defined as of a convolution between the impulse response of the imaging system (PSF) H and the high-resolution flux X to be estimated [2]. This method requires knowledge of PSF, which can be measured experimentally or estimated concurrently with X [3]. We propose in this internship to address the problem of the compensation of tissue movements related to cerebral pulsatility in the model associated with the deconvolution.

The problem therefore becomes: $C = M (H * X + T) + N$, where M denotes the motion to be estimated jointly with X .

The estimation of motion can be performed regardless of that of X . But in order to reduce the errors, the key idea here is to solve this problem jointly by alternating between deconvolution and estimation of motion while taking into account regularization terms including prior knowledge on tissue movements, for example, sparsity regularization or spatial regularity [4].

This internship is part of the "DEMAISED" exchange of expertise project started in January 2021 supported by France Life Imaging (FLI). The project involves the Toulouse Computer science Research Institute (IRIT) - University of Paul Sabatier and Inserm U1253-iBrain - University of Tours. In practice, the intern will be integrated into the MINDS team of the IRIT in Toulouse. Regular trips to iBrain are planned to record data and contribute in the evaluation of



Institut de Recherche
en Informatique de Toulouse
CNRS - INP - UT3 - UT1 - UT2J



flow estimation algorithms with consideration of tissue movement using in vitro and in-vivo data.

- **The work content:**

The internship student will start by familiarizing himself with the existing works. He will participate in the development of new methods, which will be evaluated on first using medical ultrasound simulation images. These simulation images will be developed by the student from existing works. The developed methods will then be evaluated on data acquired at the CHU de Tours

- **Required qualifications**

- ✓ 2nd year of MSc or last year of engineering school
- ✓ Good knowledge of signal and image processing,
- ✓ Good programming, MATLAB, or Python skills,
- ✓ Good skills in English language,
- ✓ An interest in medical ultrasound imaging would be a plus (without being a must)

- **Application**

This internship is supervised by:

- ✓ Duong Hung Pham, IRIT/UPS, Toulouse
- ✓ Denis Kouamé, IRIT/UPS, Toulouse

To apply, please send a CV, a motivation letter and your last transcripts (including those of the previous year) to duong-hung.pham@irit.fr et kouame@irit.fr

Note : This work will lead to a PhD subject. Information on the PhD will be provided during the interview.

- **References**

- [1] C. Demené et al., "Spatiotemporal Clutter Filtering of Ultrafast Ultrasound Data Highly Increases Doppler and Ultrasound Sensitivity", *Trans. on Medical Imaging*, vol. 34 (11), 2015.
- [2] H. Shen et al., "High-resolution and high-sensitivity blood flow estimation using optimization approaches with application to vascularization imaging," *IEEE Int. Ultrason. Symp. (IUS)*, 2019, pp. 467–470.
- [3] D. H. Pham, A. Basarab, I. Zemmoura, J. P. Remenieras, and D. Kouame, "Joint blind deconvolution and robust principal component analysis for blood flow estimation in medical ultrasound imaging," *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Control (TUFFC)*, 2020.
- [4] N. Ouzir, A. Basarab, H. Liebgott, B. Harbaoui and J. Tourneret, "Motion Estimation in Echocardiography Using Sparse Representation and Dictionary Learning," in *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 27, no. 1, pp. 64-77, Jan. 2018.