

Stage de M2 : Imagerie thermo-acoustique ultrarapide des tissus biologiques et de la propagation des potentiels d'actions.

Laboratoire : Institut Langevin, équipe Inserm U979 Physique pour la médecine, ESPCI Paris

Durée du stage : 5 à 6 mois

Lieu du stage : 17 rue Moreau 75012 Paris

Encadrement : Mathieu Pernot (directeur de recherche et directeur adjoint de l'équipe) et Clément Papadacci (chargé de recherche)

Contact : mathieu.pernot@espci.fr / clement.papadacci@espci.fr / 01.80.96.33.62

Objectif: Ce stage a pour but de développer une approche d'imagerie thermo-acoustique basée sur l'utilisation d'un échographe ultrarapide et la génération de pulse micro-ondes. En générant les pulses micro-ondes à une cadence de quelques milliers de Hertz, on réalisera en temps-réel des cartes 2D des propriétés thermo-acoustiques du milieu par échographe ultrarapide. Grâce à l'imagerie ultrarapide il sera possible de suivre en temps réel des changements rapides de conductivité électrique comme ceux qui résultent de la propagation des potentiels d'action dans les fibres conductrices (nerfs, neurones, fibres musculaires).

Contexte: L'imagerie thermo-acoustique est une modalité d'imagerie multi-onde qui combine micro-ondes et ondes ultrasonores. Le principe est simple. Les tissus à imager sont illuminés par une impulsion électromagnétique radiofréquence, en absorbant cette énergie les tissus se réchauffent et subissent une expansion non uniforme générant une onde de pression acoustique, enregistrée par des transducteurs ultrasonores. Cette modalité multi-onde permet ainsi d'imager des contrastes reliés à la conductivité électrique avec une résolution spatiale apportée par les ultrasons (~mm). Kruger¹ a montré dans les années 90 que la tomographie thermo-acoustique permettait d'imager en 3D des volumes thermo-acoustiques de tissus biologiques, observant notamment une différence entre la graisse et les tissus aqueux (environ un facteur 5) mais aussi entre les tissus sains et les tissus tumoraux dans le sein², le cerveau³ et le rein¹ notamment. Il existe également d'autres contrastes de conductivité électrique qui apparaissent et disparaissent transitoirement dans les tissus biologiques. C'est le cas lorsqu'un potentiel d'action se propage dans un nerf, un axone ou une fibre musculaire. La conductance membranaire de ces cellules varie alors de plus d'un facteur 20 lors du passage du potentiel d'action^{4,5}, grâce à l'ouverture des canaux ioniques. L'imagerie thermo-acoustique ultrarapide permettrait de suivre la propagation de ces potentiels d'actions qui se propagent très rapidement.

Méthode: Dans ce stage, l'imagerie thermo-acoustique sera réalisée en combinant un générateur micro onde pulsé de haute puissance à un échographe ultrarapide utilisé en réception avec des barrettes de transducteur 1D d'imagerie standard. Des pulses micro-ondes de quelques microsecondes seront émis et les signaux ultrasonores reçus par la barrette seront enregistrés afin de reconstruire une image thermo-acoustique 2D du milieu. L'acquisition sera répétée à une cadence de plusieurs milliers d'images par seconde. Dans un premier temps, la sensibilité de la technique sera testée et validée sur des gels aqueux comportant des inclusions de graisse et sera comparée à l'élastographie d'onde de cisaillement. Divers tissus *ex vivo* seront ensuite caractérisés par cette méthode.

¹Kruger et al. Thermoacoustic CT with Radio Waves: A Medical Imaging Paradigm, April 1999 Radiology, 211, 275-278.

²Wang X, Bauer DR, Witte R, Xin H. Microwave-induced thermoacoustic imaging model for potential breast cancer detection. IEEE Trans Biomed Eng. 2012 Oct;59(10):2782-91.

³Xu Y, Wang LV. Rhesus monkey brain imaging through intact skull with thermoacoustic tomography. IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control. 2006 Mar;53(3):542-8.

⁴Cole KS, Curtis HJ (1939). "Electrical impedance of the squid giant axon during activity". J. Gen. Physiol. 22 (5): 649–670. doi:10.1085/jgp.22.5.649. PMC 2142006. PMID 19873125.

⁵Hodgkin AL, Katz B (1949). "The effect of sodium ions on the electrical activity of the giant axon of the squid". J. Physiology 108: 37–77.