

Imagerie acousto-optique des tissus biologiques par holographie « hors-axe »

Abstract : Ce stage portera sur une technique d'imagerie au sein des milieux diffusants couplant optique et ultrasons : l'acousto-optique. L'objectif sera de manipuler les ondes acoustiques de manière innovante afin de « marquer » des photons, puis d'implémenter une technique d'holographie hors axe afin de détecter ces photons sur des temps de dizaines à la centaine de microseconde.

Pouvoir imager optiquement les tissus biologiques est un enjeu d'envergure permettant notamment de mieux diagnostiquer certaines tumeurs. Dans le sein par exemple, le coefficient de diffusion des tissus entre 700 et 800nm est autour de $\mu'_s \sim 8 \text{ cm}^{-1}$, et son coefficient d'absorption $\mu_a \sim 0.04 \text{ cm}^{-1}$. L'apparition d'une tumeur affecte ces coefficients : μ_a augmente d'un facteur 2, μ'_s d'environ 20% (T Durduran, 2002). Pour observer ces variations, il n'est pas possible de s'appuyer sur des techniques telles que les Ultrasons (US) ou la radiographie par rayon X. En réalité, le meilleur diagnostique à ce jour reste la biopsie, qui consiste à prélever une partie du sein de la femme afin de l'étudier optiquement au microscope.

Dans ce stage, nous proposons de travailler sur une technique à l'interface entre optique et ultrasons permettant d'imager en profondeur dans les tissus sans recours à la biopsie: l'acousto-optique (Bocoum, 2018; Marks, 1993). Le principe est simple : un laser de grande cohérence temporelle se propage en profondeur dans un tissu cible très diffusant, des US sont envoyés simultanément pour « marquer » les photons, puis filtrés afin de reconstruire une image. Dans ce stage, on se propose de travailler à la fois sur le choix de l'onde acoustique de marquage des photons, ainsi que sur une technique de filtrage des photons marqués par « l'holographie hors-axe ». Cette technique n'est pas nouvelle et a déjà été validée expérimentalement par d'autres groupes de recherche, cependant elle n'a jamais été testée *in-vivo*, en partie car son efficacité dépendra beaucoup du choix de l'onde acoustique de marquage (Ku, 1998) (Emilie Benoit a la Guillaume, 2012) (M. Atlan, 2005). Nous proposons une nouvelle approche qui pourrait permettre de résoudre ces problèmes. Si l'approche est validée au cours du stage, nous envisagerons des premiers tests sur petit animale dans des conditions *in-vivo* en partenariat avec le CEA: une première dans le cadre de l'imagerie AO.

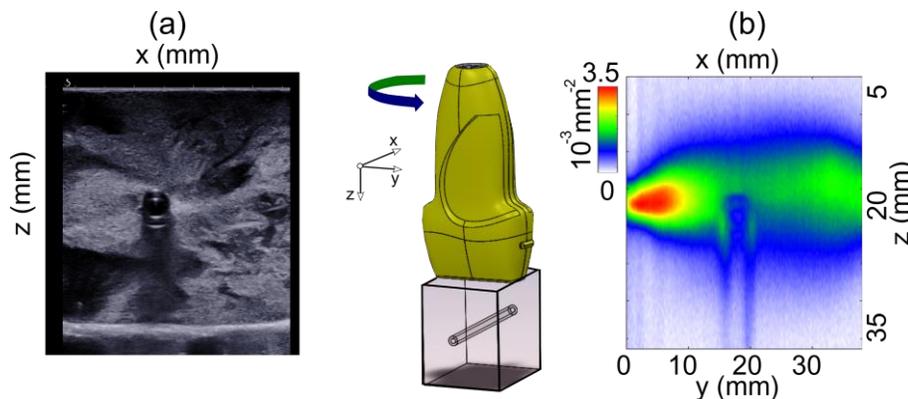


Figure 1: (a) image B-mode inclusion absorbante (b) image Acousto-Optique. Source (Bocoum, 2018)

Pour ce stage, nous recherchons un.e candidat.e motivé.e intéressé.e par les aspects théoriques portant sur la structure et la propagation d'ondes acoustiques. Le stage comportera également une forte composante expérimentale, avec la fabrication de gels Phantom pour l'imagerie ainsi que la manipulation de diodes lasers dédiées à l'imagerie.

Compétences requises :

- Optique, Acoustique
- Matlab, traitement du signal

De notions de programmation en **Labview** est un plus.

Encadrants référents :

Maïmouna Bocoum, Chargée de Recherche au CNRS.

Maimouna.bocoum@espci.fr

François Ramaz, maître conférence à l'ESPCI.

Francois.ramaz@espci.fr

Bibliographie

Bocoum, M. G. (2018). Two-color interpolation of the absorption response for quantitative acousto-optic imaging. *Optics Letters*, 43(3), 399-402.

Emilie Benoit a la Guillaume, S. F. (2012). Acousto-optical coherence tomography with a digital holographic detection scheme. *Optics Letters*, 37(15), 3216-3218.

Ku, L. V. (1998). Frequency-swept ultrasound-modulated optical. *Optics Letters*, 23(12) 975.

M. Atlan, B. C. (2005). Pulsed acousto-optic imaging in dynamic scattering media with heterodyne parallel speckle detection. *Optics Letters*, 30(11), 1360-1362.

Marks, F. A. (1993). Marks, F. A., Tomlinson, H. W., & Brooksby, G. W. (1993, September). Comprehensive approach to breast cancer detection using light: photon localization by ultrasound modulation and tissue characterization by spectral discrimination. *Photon Migration and Imaging in Random Media and Tissues*, 1888, pp. 500-511.

T Durduran, R. C. (2002). Bulk optical properties of healthy femal breast tissue. *Physics in Medicine and Biology*, 47(16), 2847.

