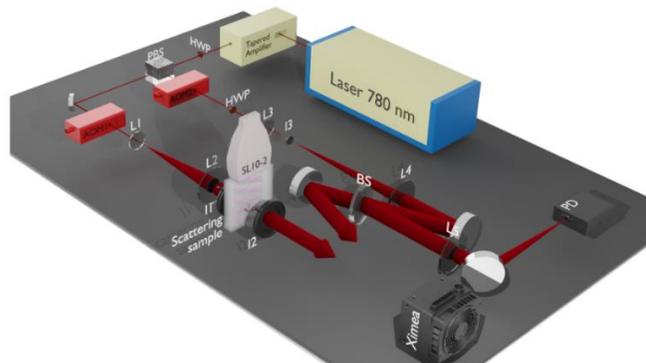


## Imagerie acousto-optique des tissus biologiques par holographie « hors-axe »

**Abstract :** Ce stage portera sur le développement d'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 la dizaine à la centaine de microsecondes.

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 :  $\mu_a$  augmente d'un facteur 2,  $\mu'_s$  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 sur une détection par « l'holographie hors-axe » insensible à la décorrélation des tissus. Cette technique n'est pas nouvelle et a déjà été validée expérimentalement par d'autres groupes de recherche, cependant elle n'a jamais été testé *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 (Dutheil, et al. 2021).



**Figure 1 :** Schéma de principe du montage expérimental d'holographie digitale. HWP: Half Wave Plate, BS: Beam-Splitter, L1, L2, L3, L4: lens, AOMs: Acousto-Optic modulators

Pour ce stage, nous recherchons un.e candidat.e motivé.e par les aspects théoriques portant sur la structure et la propagation d'ondes acoustiques. Le stage comportera une forte composante expérimentale, avec la fabrication de gels Phantom pour l'imagerie ainsi, la manipulation et caractérisation de diodes lasers dédiées à l'imagerie, l'implémentation d'une détection holographique, ainsi qu'une forte composante dédiée à la programmation de reconstruction d'images. Ce stage pourra donner lieu à **une proposition de thèse**, pour laquelle un financement ANR à déjà été obtenu.

**Compétences requises :**

- Optique, Acoustique
- Matlab, traitement du signal

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

## Bibliographie

- Bocoum, M., Gennisson, J. L., Venet, C., Chi, M., Petersen, P. M., Grabar, A. A., & Ramaz, F. "Two-color interpolation of the absorption response for quantitative acousto-optic imaging." *Optics Letters*, 2018: 43(3), 399-402.
- Dutheil, L., M. Bocoum, M., Popoff Fink, Ramaz, F. S. M., and J. M. Tualle. "Fourier transform acousto-optic imaging with off-axis holographic detection." *Applied Optics* 60, no. 24 (2021): 7107-7112.
- Emilie Benoit a la Guillaume, Salma Farahi, Emmanuel Bossy, Michel Gross and François Ramaz. "Acousto-optical coherence tomography with a digital holographic detection scheme." *Optics Letters*, 2012: 37(15), 3216-3218.
- Ku, Lihong V. Wang and Geng. "Frequency-swept ultrasound-modulated optical." *Optics Letters*, 1998: 23(12) 975.
- M. Atlan, B. C. Forget, F. Ramaz, A. C. Boccara and M. Gross. "Pulsed acousto-optic imaging in dynamic scattering media with heterodyne parallel speckle detection." *Optics Letters*, 2005: 30(11), 1360-1362.
- Marks, F. A., Tomlinson, H. W., and Brooksby, G. W. "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*, 1993: 1888, pp. 500-511.
- T Durduran, R Choe, J P Culver, L Zubkov, M J Holboke, J Giammarco, B Chance and A G Yodh. "Bulk optical properties of healthy femal breast tissue." *Physics in Medicine and Biology*, 2002: 47(16), 2847.