

Proposition de thèse 2016-2019

Imagerie acousto-optique de milieux biologiques avec un filtre spectral ultra-résolu (phénomène de spectral holeburning)

Laboratoire d'accueil :

Institut Langevin, 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05.

https://www.institut-langevin.espci.fr/wave_physics_for_medicine_and_biology_inserm_u979

Directeur de thèse :

François Ramaz (francois.ramaz@espci.fr / 01 80 96 30 47)

Co-encadrant au Laboratoire Aimé Cotton : Thierry Chanelière (thierry.chaneliere@u-psud.fr / 01 69 35 21 44)

Description du projet :

En vue d'une application médicale, l'imagerie optique de milieux biologiques épais (plusieurs *cm*) se heurte au phénomène de diffusion multiple, qui empêche de localiser des objets de taille millimétrique (par exemple une tumeur dans le sein). Nous localisons l'information *optique* (absorption, diffusion) en appliquant dans le milieu des ultrasons (balistiques dans les milieux biologiques) avec une résolution millimétrique. L'effet acousto-optique qui couple la lumière et les ultrasons fait apparaître de nouvelles fréquences optiques, dont l'amplitude témoigne du flux lumineux qui traverse le champ ultrasonore : on parle de photons « marqués » par les ultrasons. La détection de ces photons permet alors d'imager le milieu biologique avec la résolution spatiale des ultrasons et la sensibilité de l'optique. Si l'excitation ultrasonore est effectuée avec un échographe, on obtient en parallèle des informations complémentaires de type acoustique (B-mode, élastographie, Doppler) et optique (imagerie multimodale).

L'étape de détection optique constitue le point dur de cette technique, car les photons marqués sont peu nombreux et extrêmement proches de la porteuse laser (5MHz, soit 10^{-5} nm). Ils ne peuvent en être séparés avec des filtres interférentiels usuels et ils forment de plus une figure de speckle. Le Laboratoire Aimé Cotton et l'Institut Langevin développent ensemble un filtre original basé sur le phénomène de « creusement spectral » dans un cristal de Tm:YAG refroidi à 4K et soumis à un champ magnétique. Les atomes résonnants avec un laser excitateur quittent leur état d'équilibre par pompage optique et n'absorbent plus la lumière issue du laser. Il se crée alors un « trou spectral » très contrasté et très étroit dans le profil d'absorption du cristal. C'est ce trou qui sert de filtre pour les photons marqués [Li2008].

Si la première démonstration de principe est proche, beaucoup reste à faire avant que cette nouvelle technique d'imagerie multimodale soit suffisamment performante et fiable pour être utilisée par un médecin. La thèse portera sur le développement de cette architecture d'imagerie acousto-optique, avec pour objectif final une démonstration sur des animaux *in-vivo*.

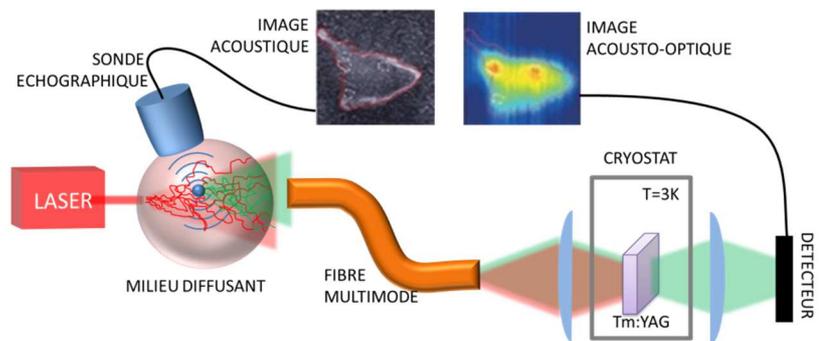


Figure : Imagerie d'un milieu diffusant par la méthode acousto-optique, où la séparation des photons marqués est assurée par un filtre SHB.

Références :

[Li2008] Y. Li, H. Zhang, C. Kim, K.H. Wagner, P. Hemmer and L.V. Wang, Appl. Phys. Lett. 93, 011111 (2008).

[Louchet-Chauvet2011] A. Louchet-Chauvet, R. Lauro, Ph. Goldner, F. Ramaz, T. Chanelière, J.-L. Le Gouët, Advances in Photonics of Quantum Computing, Memory, and Communication IV, Proceedings of SPIE 7948 (2011).