

Séminaire :

L'imagerie Photo-acoustique en Rhône Alpes

Le Vendredi 17/01 de 9H30 à 15H30

Lieu : CEA-LETI, bâtiment 51D salle D122,

17 rue des Martyrs, Grenoble,

Inscription obligatoire auprès de jerome.boutet@cea.fr

Programme

9H30-10H00 : Accueil des participants, pause-café

10H00-10H30 : Exposé de Jérôme BOUTET : "Introduction à l'imagerie photo-acoustique in vivo"

Auteurs : J. Boutet, L. Hervé, J-M Dinten, CEA, LETI Département microtechnologies pour la Biologie et la Santé, Grenoble

L'effet photo-acoustique (PA), désigne la génération d'ondes acoustiques par un objet illuminé à l'aide d'une onde lumineuse pulsée. Récemment, les importants travaux de la communauté scientifique sur l'imagerie optique in-vivo et sur les techniques échographiques avancées, ont rendu possible l'application de cette technique à l'imagerie des tissus vivants. On assiste depuis à une croissance exponentielle des travaux de recherche dans ce domaine. En particulier, on notera un premier essai clinique appliqué à la mammographie en 2009, ainsi que la commercialisation d'un tomographe pré-clinique en 2010. Cette présentation donne les bases théoriques décrivant cet effet, ainsi que quelques exemples d'applications médicales récentes.

10H30-11H00 : Exposé de Maeva VALLET : « Imagerie photo-acoustique : plateforme expérimentale et résultats préliminaires »

Auteurs : M. Vallet¹, F. Varray¹, S. Li¹, B. Montcel¹, J. Boutet², D.Vray¹, ¹ Université de Lyon, CREATIS ; CNRS UMR5220 ; Inserm U1044 ; INSA-Lyon ; Université Lyon 1, France, ² CEA-LETI, MINATEC, 17, avenue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9, France

Nous présentons un système expérimental complet d'imagerie photo-acoustique, ses caractéristiques ainsi que les résultats préliminaires obtenus sur fantômes. Plusieurs fantômes imitant les propriétés optiques et acoustiques ont été imagés. Les méthodes d'acquisition et de formation des images photo-acoustiques acquises par ce système expérimental sont également présentées.

11H00-11H30 : Exposé de Eric LACOT et Olivier JACQUIN : « La méthode d'imagerie Laser LOFI (Laser Optical Feedback Imaging): dernières évolutions et perspectives »

Auteurs, E.Lacot, O.Jacquin, Laboratoire Interdisciplinaire de Physique (UMR 5588), Université Joseph Fourier (Grenoble 1) et CNRS

Lors de cet exposé, nous rappellerons le principe de fonctionnement de l'imagerie laser par réinjection optique (i.e. de l'interférométrie autodyne) et nous donnerons ses limitations en termes de détection optique (vitesse d'acquisition, SNR,...). Nous discuterons de l'importance du choix du laser utilisé. Les améliorations (les systèmes anti échos parasites) et les évolutions les plus récentes (la synthèse d'ouverture par réinjection optique,...) de ce système d'imagerie (auto aligné et limité par le bruit de photons) seront présentées. Les perspectives ouvertes par le marquage acoustique local des photons seront aussi discutées.

11H30-12H00 : Exposé invité d'Emmanuel BOSSY (ESPCI, Paris) : « Quelques développements récents en imagerie photo-acoustique: exploitation de la cohérence de la lumière et génération non-linéaire par des nanoparticules. »

Auteur : E.Bossy, Institut Langevin, ESPCI ParisTech, UMR CNRS 7587, Inserm U979, Paris.

Résumé: L'exploitation de l'effet photo-acoustique pour les applications biomédicales a crû de façon spectaculaire ces dix dernières années. L'exposé présentera dans une première partie les concepts généraux de l'imagerie photo-acoustique des tissus biologiques. Cette modalité d'imagerie multi-ondes repose sur la détection d'ondes ultrasonores engendrées par absorption de lumière, et présente un double intérêt: d'une part, elle permet d'obtenir en profondeur (resp.de quelques mm à quelques cm) d'un tissu biologique optiquement diffusant des images d'absorption optique avec la résolution ultrasonore (resp. de quelques dizaines de μm à quelques mm). D'autre part, elle présente une excellente sensibilité et spécificité à l'absorption optique (par opposition aux techniques optiques sensibles à la diffusion). Dans une seconde partie, je présenterai ensuite deux développements récents étudiés dans l'équipe, l'exploitation du caractère cohérent de la lumière et la génération photo-acoustique non-linéaire par des nanoparticules.

T Chaigne, O Katz, AC Boccara, M Fink, E Bossy and S Gigan, "Controlling light in scattering media noninvasively using the photo-acoustic transmission-matrix", *Nature Photonics* 8, 58-64 (2014)

J Gateau, T Chaigne, O Katz, S Gigan and E Bossy, "Improving visibility in photoacoustic imaging using dynamic speckle illumination", *Optics Letters* 38(23), 2013

12H00 – 13H00 : Déjeuner

13H00-13H30 : Exposé de Faouzi TRIKI et Margaux VAUTHRIN : « Le problème inverse photo-acoustique : unicité et stabilité »

Auteurs : F.Triki, M.Vauthrin, Laboratoire Jean Kuntzmann, Université Joseph Fourier, Grenoble

Faouzi Triki présentera le problème inverse photo-acoustique du point de vue des mathématiques. Ensuite, il passera en revue quelques résultats connus sur le sujet [1,2,3,4,...] en insistant sur deux aspects essentiels : l'unicité de solution pour les problèmes inverses associés et la stabilité de la reconstruction de ces solutions par rapport aux bruits contenus dans les mesures. Enfin, Margaux Vauthrin présentera des résultats de reconstruction utilisant des données expérimentales.

[1] Ammari, Bretin, Jugnon, and Wahab, Photo-acoustic imaging for attenuating acoustic media, *Lecture Notes in Mathematics*, Volume 2035, 57-84, Springer-Verlag, 2011

[2] Bal and Uhlmann : Inverse Diffusion theory of Photoacoustic, *Inverse Problems*, 26(8), 085010, 2010

[3] Plamen and Uhlmann, Instability for the linearized problem in multiwave tomography of recovery both the source and the speed, To appear, *Inverse Problems and Imaging*

[4] Triki, Uniqueness and stability for the inverse medium problem with internal data, *Inverse Probl.*, 26 (9), 095014:1–11, 2010.

13H30-14H00 : Exposé de Shengfu LI : « Modèle analytique de la fluence optique de multiples inhomogénéités cylindriques incorporées dans des milieux homogènes et son application à la simulation de signaux photo-acoustiques »

Auteurs : Shengfu Li, Bruno Montcel, et Didier Vray, CREATIS; Université de Lyon; Université Lyon1; CNRS UMR5220; INSERM U1044; INSA Lyon

Nous présentons un modèle analytique de fluence optique pour plusieurs inhomogénéités cylindriques incorporées dans un milieu homogène. Le modèle analytique est basé sur l'équation de diffusion et représente la distribution de la fluence optique à l'intérieur et à l'extérieur des inhomogénéités comme une série de fonctions de Bessel modifiées. Nous prenons en compte l'interaction entre les inhomogénéités cylindriques en introduisant de nouvelles conditions aux limites sur la surface des inhomogénéités. Notre modèle a été

comparé à la solution numérique de l'équation de diffusion afin d'évaluer sa faisabilité. Enfin, nous montrons l'application du modèle à la simulation de signaux photo-acoustiques.

14H00-14H30 : Exposé d'Alain Glière : "A Lab-on-a-Chip photoacoustic sensor for trace gas detection"

Auteur : A. Glière, CEA-LETI, Grenoble, Département OPTRONIQUE

In PhotoAcoustic spectroscopy, the signal is inversely proportional to the resonant cell volume. This favourable scaling behaviour has provoked in recent years a growing interest in the miniaturisation of PA cells. A miniaturised optical gas sensor, fully integrated on planar substrate by MEMS technologies and including a Quantum Cascade Laser, a mid-IR photonics circuitry, a Differential Helmholtz Resonator photoacoustic cell and the microphones with associated readout electronics, is currently under development at CEA-LETI. In this presentation, the focus will be placed on the coupled model developed and used to design this Lab-on-a-Chip sensor.

14H30-15H00 : Exposé de Boudewijn VAN DER SANDEN : « Cytométrie de flux in vivo par photo-acoustique - projet en construction »

Auteurs : Boudewijn van der Sanden¹, Jérôme Boutet², Lionel Herve², Jean-Marc Dinten², Medhi Ingelebert^{1,3}, Chaouqi Misbah³, Catherine Ghezzi⁴, Daniel Fagret⁴, Francois Berger¹.

¹Clinatec, 43 rue de Martyrs, Grenoble

²CEA-Leti, Département des Technologies pour la Biologie et la Santé, Grenoble

³Laboratoire Interdisciplinaire de Physique (LiPhy), CNRS UMR 5588, St-Martin d'Hères

⁴Radiopharmaceutiques Biocliniques, INSERM U 1039, Grenoble

Résumé: Pour le développement des pathologies comme les accidents vasculaires cérébrales ou les métastases en cancérologie, les mesures in vivo, c'est-à-dire dans leur environnement naturel, des agrégats des globules rouges/plaquettes et les cellules cancéreuses circulantes dans le sang sont importants en diagnostic et en suivi d'un traitement. Le cytométrie de flux par photo-acoustique combine plusieurs lasers pulsés pour exciter les populations cellulaires avec les vitesses et absorptions différentes en présence ou non des nanoparticules (NP) absorbantes, comme les NPs d'or. La conversion thermoélastique d'une impulsion laser régénère les ondes acoustiques détectables en profondeur jusqu'à 2 cm environ chez l'homme. L'enjeu sera d'optimiser et de miniaturiser le cytométrie de flux in vivo chez l'homme.

Références: 1)Galanzha, El, Zharov, VP, Photoacoustic flow cytometry, methods 57: 280, 2012 2) Galanzha, El, Zharov, VP, In vivo Photoacoustic and photothermal cytometry for monitoring multiple blood rheology parameters, Cytometrie Part A, 79A : 746, 2011.

15H00-15H30 : Discussion ouverte sur les collaborations possibles et sur le montage de projets de recherche.

15H30 : fin du séminaire