Offre de stages de Master 2

Titre : Développement d'un scanner 3D de température pour la microfluidique

Encadrants :
Jérémie Maire (I2M-TREFLE) – Stéphane Chevalier (I2M-TREFLE)
jeremie.maire@u-bordeaux.fr, stephane.chevalier@u-bordeaux.fr
bâtiment A11, bureau 242

Mots clés : Energie, Imagerie Infrarouge, Microfluidique, Transferts thermiques, Optique, Instrumentation

Présentation du sujet :

Pour comprendre les transferts thermiques dans un système complexe, l'obtention de mesures tridimensionnelles de la température constitue une source d'informations précieuse, soit grâce à des mesures bidimensionnelles associées à des méthodes inverses, soit grâce à des mesures 3D directes qui nécessitent moins d'hypothèses et permettent de traiter des géométries enfouies plus complexes.

Les systèmes microfluidiques couvrent de nombreuses applications à la pointe de la technologie, de la biologie à l'énergie, où la température a un impact critique sur les performances des dispositifs ou révèle des indications sur les réactions physiques ou chimiques en cours. Par exemple, dans l'amplification de l'ADN par réaction en chaîne par polymérase (PCR), qui ne fonctionne que sous un contrôle précis de la température, la nécessité d'une cartographie tridimensionnelle de la température est évidente. Cependant, y parvenir en microfluidique reste un challenge scientifique et technologique important en raison à la fois de la géométrie (quelques millimètres d'épaisseur) et, pour certaines techniques optiques, de la faible sensibilité de la mesure.

La technique d'imagerie photothermique hétérodyne en transmission (TPHI) récemment développée au laboratoire comble est une nouvelle technologie qui permet la mesure 3D des champs d'élévation de température dans un système microfluidique (PDMS, eau, silicium, verre). Cette méthode repose sur le principe selon lequel la réflectance et l'absorbance de la lumière incidente dans un milieu varient avec la température, et règle les problèmes de sensibilité grâce à une acquisition modulé du signal. Elle est associée à un modèle numérique et permet alors de mesurer les variations de température.

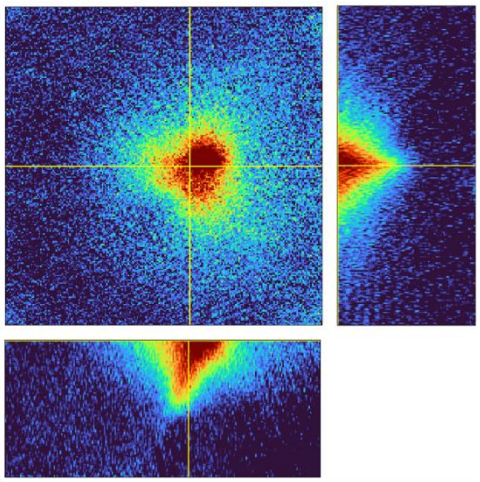

Figure 1 Champ de température 3D crée par un laser absorbé dans une couche de verre.

Objectif du travail à mener et Déroulé du sujet

L'objectif de ce stage est de poursuivre la caractérisation d'échantillons microscopiques, en microfluidique et pour des applications en énergie avec des éléments constituants des micro-batteries. L'étudiant.e devra s'approprier l'utilisation du scanner 3D, et effectuer les mesures sur différents

échantillons, ainsi que l'analyse des résultats. Selon l'avancement, l'étudiant.e pourra participer à la fabrication d'échantillons et/ou à l'élargissement du dispositif vers des milieux diffusants.

Des financements de thèses sont régulièrement disponibles au sein de l'équipe Thermique de l'I2M. Si les objectifs du stage sont atteints, le.a candidat.e pourra se voir proposer de continuer en doctorat au sein de l'équipe de recherche.

Plus spécifiquement, l'objectif de ce stage est :
- de comprendre le fonctionnement d'une puce microfluidique et identifier les grandeurs mesurables dans l'infrarouge
- de finaliser les capacités de mesure en 3 dimensions
- de valider l'instrumentation sur des puces microfluidiques sur différents substrats.
- présenter ces résultats aux journées de la société française de thermique.

Profil du/de la candidat.e recherché.e :

L'étudiant.e devra avoir un bagage solide en science de l'ingénieur et idéalement en conception, montage optique et instrumentation. Un goût prononcé pour l'expérimental est requis pour ce stage, et des connaissances en transferts thermiques et imagerie seraient appréciées. Un.e candidat.e avec un projet professionnel de continuer en doctorat sera privilégié.

Références bibliographiques

1. Bourges, C., *et al*. Infrared thermotransmittance-based temperature field measurements in semitransparent media. *Rev. Sci. Inst.*, **94**, 034905 (2023).
2. Bourges, C., *et al*. Mid-Infrared Spectroscopic Thermotransmittance Measurements in Dielectric Materials for Thermal Imaging. *App. Phys. Let.*, **124**, 012202 (2024).
3. Letessier, J., *et al*. Infrared photothermal heterodyne imaging in thermally thick medium for thermo-optic property characterization. arXiv:2505.00244 [physics.app-ph]

Date de début souhaitée : 01/02/2025
Date de fin : 31/07/2025

Contact pour candidater :

Envoyer un email avec CV et lettre de motivation à Jérémie Maire (jeremie.maire@u-bordeaux.fr) et Stéphane Chevalier (stephane.chevalier@u-bordeaux.fr)

Master 2 internship offer

Title: Development of a 3D temperature scanner for microfluidics

Supervisors:
Jérémie Maire (I2M-TREFLE) – Stéphane Chevalier (I2M-TREFLE)
jeremie.maire@u-bordeaux.fr, stephane.chevalier@u-bordeaux.fr
Building A11, office 242

Keywords: Energy, Infrared Imaging, Microfluidics, Heat Transfer, Optics, Instrumentation

Presentation of the subject:
To understand heat transfer in a complex system, obtaining three-dimensional temperature measurements is a valuable source of information, either through two-dimensional measurements combined with inverse methods, or through direct 3D measurements, which require fewer assumptions and allow for the processing of more complex buried geometries.

Microfluidic systems cover many cutting-edge applications, from biology to energy, where temperature has a critical impact on device performance or reveals insights into the physical or chemical reactions taking place. For example, in polymerase chain reaction (PCR) DNA amplification, which only works under precise temperature control, the need for three-dimensional temperature mapping is obvious. However, achieving this in microfluidics remains a significant scientific and technological challenge due to both the geometry (a few millimeters in thickness) and, for certain optical techniques, the low sensitivity of the measurement.

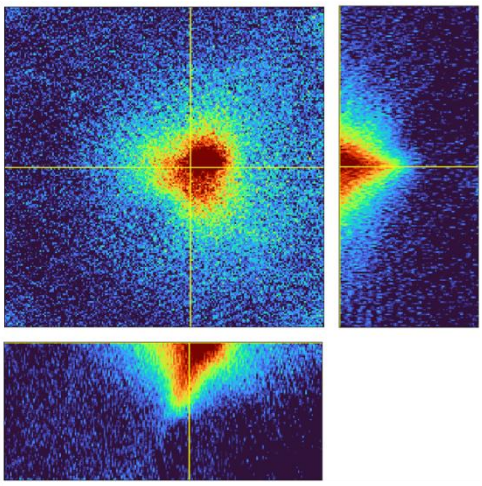

Figure 2 3D temperature field generated by a laser absorbed in a glass layer.

The transmission heterodyne photothermal imaging (TPHI) technique recently developed at the laboratory is a new technology that enables 3D measurement of temperature elevation fields in a microfluidic system (PDMS, water, silicon, glass). This method is based on the principle that the reflectance and absorbance of incident light in a medium vary with temperature, and solves sensitivity problems through modulated signal acquisition. It is associated with a numerical model and can therefore be used to measure temperature variations.

Objective of the work to be carried out and outline of the subject:
The objective of this internship is to continue the characterization of microscopic samples, in microfluidics and for energy applications with components present in micro-batteries. The student will learn how to use the 3D scanner, take measurements on different samples, and analyze the results. Depending on progress, the student may participate in the manufacture of samples and/or the extension of the measurement to scattering media.

PhD funding is regularly available within the I2M TIFC team. If the objectives of the internship are achieved, the candidate may be offered the opportunity to continue with a PhD within the research team.

More specifically, the objectives of this internship are:
- to understand how a microfluidic chip works and identify the quantities that can be measured in the infrared spectrum
- to finalize the 3D measurement capabilities
- to validate the instrumentation on microfluidic chips on different substrates.
- to present these results at the French Thermal Engineering Society conference.

Candidate profile:
The student must have a solid background in engineering science and, ideally, in design, optical assembly, and instrumentation. A strong interest in experimentation is required for this internship, and knowledge of heat transfer and imaging would be appreciated. Candidates with plans to pursue a PhD will be given preference.

Bibliographic references
1. Bourges, C., et al. Infrared thermotransmittance-based temperature field measurements in semitransparent media. Rev. Sci. Inst., 94, 034905 (2023).
2. Bourges, C., et al. Mid-Infrared Spectroscopic Thermotransmittance Measurements in Dielectric Materials for Thermal Imaging. App. Phys. Let., 124, 012202 (2024).
3. Letessier, J., et al. Infrared photothermal heterodyne imaging in thermally thick medium for thermo-optic property characterization. arXiv:2505.00244 [physics.app-ph]

Desired start date: 02/01/2025
End date: 07/31/2025
Contact for applications:
Send an email with your CV and cover letter to Jérémie Maire (jeremie.maire@u-bordeaux.fr) and Stéphane Chevalier (stephane.chevalier@u-bordeaux.fr)