Informations sur la bourse Eiffel

Nous recherchons un•e candidat•e qui pourrait prétendre à cette bourse. La sélection est rude, le dossier doit être solide avec un parcours universitaire exemplaire.

Les conditions d'éligibilité sont :

- Candidats de nationalité étrangère. Les candidats binationaux dont l'une des nationalités est française ne sont pas éligibles.
- Candidats âgés **de 35 ans au plus** (né après le 31 mars 1991).
- Seules les formations accréditées par l'Etat français, sanctionnées par un diplôme conférant le niveau de grade de master, y compris en école d'ingénieurs, sont admises.
  Le candidat doit être accepté au préalable dans la formation pour laquelle il sollicite la bourse. Les établissements s'engagent à inscrire l'étudiant dans la formation concernée.

Contexte scientifique

La thèse se déroulera dans deux laboratoires lyonnais. L'institut des nanotechnologies de Lyon (INL) mène des recherches technologiques multidisciplinaires dans le domaine des micro et nanotechnologies et de leurs applications. L'équipe d'accueil est spécialiste dans le domaine de la photonique et dans le développement/design de dispositifs par lithographie. L'institut Lumière Matière (iLM) est notamment reconnu pour ses recherches dans le domaine des nanosciences, physique du solide, films minces… L'équipe d'accueil est reconnue pour ses travaux sur les films minces et les caractérisations par spectroscopie vibrationnelle.

Sujet de thèse

Ce projet de thèse s'inscrit dans le cadre de la photonique intégrée programmable à faibles pertes. En effet, ces dernières années ont certes vu l'essor fulgurant de la puissance de calcul et des progrès technologiques considérables auxquels elle a mené — de l'électronique grand public à l'intelligence artificielle —, cependant l'électronique traditionnelle fait aujourd'hui face à des limites critiques liées notamment à sa consommation énergétique [1]. Face à ces défis, l'informatique optique apparaît comme une alternative de choix, conjuguant une faible consommation, une haute efficacité énergétique et une latence réduite. Les matériaux à changement de phase (PCM) ont récemment suscité un vif intérêt pour ces applications nanophotoniques en raison de l'importante différence d'indice de réfraction entre la phase amorphe et la phase cristalline. Ce changement de phase réversible correspond à des modifications structurales à différentes échelles [2]. Alors que les PCM conventionnels tels que le VO_2 et le GST souffrent d'une forte absorption optique, Sb_2S_3 est un matériau très prometteur car

il combine une grande modulabilité optique avec une faible absorption dans le proche infrarouge [3]. Néanmoins, un inconvénient majeur demeure : la structure orthorhombique de Sb_2S_3 conduit à des films polycristallins lorsqu'il est déposé en couche mince ce qui génère un mix aléatoire des indices de réfraction de ce cristal anisotrope. Ceci entraîne des pertes optiques conséquentes (diffusion au joint de grains) et donc un comportement optique imprévisible. Il est essentiel de comprendre et de maîtriser ces effets microstructuraux au cours du processus réversible de cristallisation/amorphisation pour garantir l'exploitation de ce matériau en photonique intégrée : c'est un des objectifs de la thèse. Des mesures préliminaires [4] ont montré qu'il est possible de guider la croissance cristalline dans des microcanaux et donc de contrôler l'indice de réfraction de Sb_2S_3. Une partie de la thèse sera donc consacrée à l'étude de la structure de Sb_2S_3 monocristallin massif par DRX et spectroscopie Raman afin d'identifier les signatures spécifiques de chaque orientation cristalline. Cette base de données permettra d'étudier l'orientation cristalline dans les microcanaux afin de mieux comprendre les mécanismes de cristallisation. Des mesures par microscopie électronique à transmission (MET) pourront être réalisées afin de confirmer l'orientation cristalline à l'échelle nanométrique. Un deuxième volet de la thèse concerne la fabrication des microcanaux par lithographie. Les mesures préliminaires ont été réalisées sur des canaux droits et de largeur de quelques micromètres. Lors de ce travail de thèse, l'impact de différents paramètres (géométrie, température…) sur l'orientation cristalline sera étudié. Un autre objectif de la thèse est donc de comprendre les conditions dans lesquelles la cristallisation guidée prend une orientation spécifique, et comment la contrôler. Ainsi il sera possible de réaliser le design optimal des microcanaux de guidage et en appliquant les paramètres idoines, nous serons en mesure de produire des monocristaux de Sb_2S_3 sur puce.

En conclusion, ce projet de thèse vise à analyser, comprendre et contrôler la croissance cristalline guidée de Sb_2S_3 en combinant des études sur les cristaux massifs et l'optimisation de la conception des micro/nano-canaux. Cette étude est basée sur notre hypothèse de recherche : la cristallisation guidée permet d'induire une commutation réversible entre l'état amorphe et l'état cristallin, ce qui permettrait de développer des dispositifs photoniques programmables à faibles pertes destinés au traitement de l'information optique et au calcul optique. L'idée à long terme (au-delà de la durée de la thèse) est la conception d'un composant nanophotonique reconfigurable composés de pixels à base de Sb_2S_3 dont l'état optique serait contrôlé via des micro-chauffages.

[1] Savage et al., Nature Nanotech. 2026

[2] Wuttig et al., Nat. photon. 2017

[3] Dong et al., Adv. Funct. Mat. 2019

[4] Bentata et al., Adv. Mat. 2025

Profil de la personne recrutée

Domaine d'expertise : physique du solide et cristallographie. Une expérience en salle blanche et/ou en spectroscopie vibrationnelle serait un plus.

Si vous êtes intéressés, vous pouvez nous faire parvenir :

- Vos RELEVES DE NOTES des trois dernières années faisant référence à un parcours académique réalisé aussi bien en France qu'à l'étranger.
- Le CURRICULUM VITAE du (de la) candidat(e), rédigé en français ou en anglais, sur une ou deux pages précisant le parcours académique et les expériences professionnelles le cas échéant.
- Les DIPLÔMES ET CLASSEMENT : copie des derniers diplômes obtenus avec indication de la date, de la spécialité, des mentions et tout autre document attestant de l'excellence, de la performance du candidat

Contact

GASSENQ ALBAN alban.gassenq@univ-lyon1.fr)
Sébastien CUEFF (sebastien.cueff@ec-lyon.fr)

Eiffel Excellence Scholarship Information

We are looking for a candidate eligible for the Eiffel Excellence Scholarship. Selection is highly competitive, so the application file must be strong and demonstrate an outstanding academic record.

Eligibility Criteria:

- **Nationality:** Applicants must be foreign nationals. Dual citizens holding French nationality are not eligible.
- **Age limit:** Applicants must be 35 years old or younger (born after March 31, 1991).
- **Degree level:** Eligible programs are restricted to French State-accredited Master's degree-granting programs, including engineering degrees (*titre d'ingénieur*).
- **Prior admission:** The applicant must be pre-accepted into the degree program for which the scholarship is requested. Host institutions commit to enrolling the student in the specified program.

Scientific context

The PhD project will take place in two research laboratories in Lyon. The Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL) conducts multidisciplinary research in micro- and nanotechnologies and their applications. The host research team specializes in photonics and the development and design of devices via lithography. The institut Lumière Matière (iLM) is particularly renowned for its research in nanosciences, solid-state physics, thin films, and related fields. The host team is recognized for its work on thin films and characterizations using vibrational spectroscopy.

The PhD proposal

This PhD project falls within the scope of low-loss programmable integrated photonics. Indeed in the last few years the rapid growth of computational power has enabled major advances in modern technologies, from personal device to artificial intelligence. However, traditional electronics is now facing critical limits, particularly regarding its energy consumption [1]. In response to these challenges, optical computing has emerged as a compelling alternative, offering low power consumption, high energy efficiency, and reduced latency. Phase-change materials (PCMs) have recently attracted significant interest for such nanophotonic applications due to the large refractive index contrast between their amorphous and crystalline phases. This reversible

phase change corresponds to structural modifications across different scales [2]. While conventional PCMs such as VO_2 and GST suffer from high optical absorption, Sb_2S_3 stands out as a highly promising material because it combines high optical tunability with low absorption in the near-infrared range [3].

Nevertheless, a major drawback remains: the orthorhombic structure of Sb_2S_3 results in polycrystalline thin films upon deposition, leading to a random mixing of the refractive indices of this anisotropic crystal. This causes significant optical losses (grain-boundary scattering) and unpredictable optical behavior. Understanding and mastering these microstructural effects during the reversible crystallization/amorphization process is essential to enable the exploitation of this material in integrated photonics—which constitutes one of the main objectives of this PhD thesis.

Preliminary measurements [4] have shown that crystalline growth can be guided inside microchannels, thus allowing control over the refractive index of Sb_2S_3. Part of the thesis will therefore be devoted to studying the structure of bulk single-crystal Sb_2S_3 by XRD and Raman spectroscopy to identify the specific signatures of each crystalline orientation. This reference database will serve to investigate the crystalline orientation within the microchannels and better comprehend the underlying crystallization mechanisms. Transmission electron microscopy (TEM) measurements may also be conducted to confirm the crystalline orientation at the nanoscale.

A second aspect of the thesis will focus on the microchannel fabrication via lithography. Preliminary measurements were carried out on straight channels with widths on the order of a few micrometers. During this PhD work, the impact of various parameters (geometry, temperature, etc.) on the crystalline orientation will be investigated. Another key objective of the thesis is to elucidate the conditions under which guided crystallization adopts a specific orientation and how to control it. Ultimately, this will enable the optimal design of guiding microchannels and, by applying the appropriate parameters, the on-chip synthesis of single-crystal Sb_2S_3.

[1] Savage et al., Nature Nanotech. 2026

[2] Wuttig et al., Nat. photon. 2017

[3] Dong et al., Adv. Funct. Mat. 2019

[4] Bentata et al., Adv. Mat. 2025

Applicant profile expected

Areas of expertise: solid state physics and crystallography. Prior experience in a cleanroom environment and/or conducting vibrational spectroscopy measurements would be a advantage.

If you are interested, please send us the following documents:

- **Academic Transcripts:** Official transcripts for the last three years of study, reflecting your academic record in France or abroad.
- **Curriculum Vitae:** A 1- to 2-page CV (in English or French) detailing your academic background and relevant professional experience.
- **Degrees and Class Rank:** Copies of your most recent degrees, indicating the completion date, field of study, honors, along with class rank or any other documentation demonstrating academic excellence.

Contact

GASSENQ ALBAN alban.gassenq@univ-lyon1.fr)
Sébastien CUEFF (sebastien.cueff@ec-lyon.fr)