



Sujet de stage CEMES

« Étude des transformations structurales dans les matériaux à changement de phase Ge–Sb–Te par spectroscopie Raman »

Stage niveau M1/M2

Durée : 6 mois

Début du stage : à définir

Stage laboratoire orienté recherche

Nombre de stagiaires recherchés : 2

Les matériaux à changement de phase (Phase-Change Materials, PCM) constituent une classe particulièrement intéressante de matériaux fonctionnels capables de commuter entre différents états structuraux sous l'effet d'une excitation thermique ou électrique. Ces transformations s'accompagnent de variations importantes de leurs propriétés physiques et sont à la base de technologies émergentes telles que les mémoires non volatiles et le calcul neuromorphique.

Le stage aura pour objectif d'étudier les transformations structurales et les phénomènes de cristallisation dans des matériaux à changement de phase à base de **Ge–Sb–Te (GST)** en utilisant principalement la **spectroscopie Raman**. L'étude cherchera notamment à établir les relations entre traitement thermique, état structural, liaisons locales et évolution de la réponse Raman.

Le/La stagiaire sera chargé.e de :

- i) **Acquérir et analyser des spectres Raman** de matériaux GST dans différents états structuraux et sous différentes conditions expérimentales.
- ii) Réaliser des expériences de **chauffage in situ sur une platine chauffante Raman**, permettant de suivre directement l'évolution des spectres pendant la montée en température et d'observer les transformations structurales et la cristallisation en temps réel.
- iii) Réaliser des traitements thermiques **ex situ dans un four tubulaire**, suivis de caractérisations Raman, afin d'étudier systématiquement l'effet de la température, du temps de recuit et de l'histoire thermique.
- iv) Comparer les résultats obtenus par chauffage in situ et ex situ afin de distinguer les effets réversibles liés à la température des transformations structurales permanentes induites par le traitement thermique.

v) Analyser l'évolution des positions, largeurs et intensités des bandes Raman et rechercher des signatures associées aux états amorphes, cristallins, aux différents environnements de liaison et à d'éventuels états intermédiaires.

vi) Lorsque cela sera pertinent, corréler les résultats Raman avec d'autres techniques de caractérisation structurale et microstructurale disponibles dans le cadre du projet.

Techniques expérimentales : spectroscopie Raman, chauffage in situ sur platine chauffante Raman, recuits thermiques ex situ dans un four tubulaire, analyse et traitement de données. Des techniques complémentaires de caractérisation pourront être utilisées en fonction de l'avancement du projet.

Profil recherché

Étudiant.e de Master ou dernière année d'école d'ingénieur, avec un profil orienté recherche.

Spécialité : physique, science des matériaux, nanosciences, nanotechnologies ou domaine similaire.

Prérequis : connaissances générales en physique des matériaux et intérêt pour les matériaux fonctionnels, les transitions de phase et les techniques de caractérisation. Une première expérience en spectroscopie Raman ou en analyse de données expérimentales serait appréciée mais n'est pas indispensable.

Le stage permettra aux étudiants d'acquérir une expérience pratique en **spectroscopie Raman, traitements thermiques contrôlés, analyse de données, transitions de phase et caractérisation avancée des matériaux**, tout en contribuant à un programme de recherche actif financé par **STMicroelectronics** sur les matériaux à changement de phase de prochaine génération.

Contacts

Dr Sabyasachi Saha

Chercheur, CEMES-CNRS, Toulouse
[sabyasachi.saha@cemes.fr]

Dr Nikolay Cherkashin

Directeur de Recherche, CEMES-CNRS, Toulouse
[nikolay.cherkashin@cemes.fr]



Subject of internship at CEMES-Toulouse

“Raman Spectroscopy Study of Structural Transformations in Ge–Sb–Te based Phase-Change Materials”

Internship level: M1/M2

Duration: 6 months

Beginning of the internship: to be defined

Research-oriented laboratory internship

Number of interns requested: 2

Phase-change materials (PCMs) are a particularly interesting class of functional materials capable of switching between different structural states under thermal or electrical excitation. These transformations are accompanied by significant changes in their physical properties and form the basis of emerging technologies such as non-volatile memories and neuromorphic computing.

The objective of the internship is to investigate structural transformations and crystallization phenomena in **Ge–Sb–Te (GST)-based phase-change materials**, primarily using **Raman spectroscopy**. Particular emphasis will be placed on understanding the relationships between thermal treatment, structural state, local bonding and the evolution of the Raman response.

The intern will be responsible for:

- i) **Acquire and analyse Raman spectra** of GST-based materials in different structural states and under different experimental conditions.
- ii) Perform **in-situ heating experiments using a Raman-compatible hot stage**, allowing Raman spectra to be recorded directly during heating and enabling structural transformations and crystallization behaviour to be followed in real time.
- iii) Perform **ex-situ thermal annealing using a tube furnace**, followed by Raman characterization, to systematically study the influence of annealing temperature, duration and thermal history.
- iv) Compare the results obtained from in-situ and ex-situ heating experiments in order to distinguish reversible temperature-dependent effects from permanent structural transformations induced by thermal treatment.

v) Analyse the evolution of Raman peak positions, widths and intensities and identify signatures associated with amorphous and crystalline states, different local bonding environments and possible intermediate structural states.

vi) Where appropriate, correlate the Raman observations with complementary structural and microstructural characterization results available within the project.

Experimental techniques: Raman spectroscopy, in-situ heating using a Raman hot stage, controlled ex-situ annealing using a tube furnace, experimental data analysis and processing. Complementary materials-characterization techniques may be used depending on the progress of the project.

Required profile

Master's student or final-year engineering-school student with a research-oriented profile.

Speciality: physics, materials science, nanoscience, nanotechnology or a related discipline.

Prerequisites: general knowledge of materials physics and an interest in functional materials, phase transformations and characterization techniques. Previous experience in Raman spectroscopy or experimental data analysis would be advantageous but is not essential.

The internship will provide hands-on experience in **Raman spectroscopy, controlled thermal processing, experimental data analysis, phase transformations and advanced materials characterization**, while contributing to an active **STMicroelectronics-funded research programme on next-generation phase-change materials**.

Contacts

Dr Sabyasachi Saha

Chercheur, CEMES-CNRS, Toulouse
[sabyasachi.saha@cemes.fr]

Dr Nikolay Cherkashin

Directeur de Recherche, CEMES-CNRS, Toulouse
[nikolay.cherkashin@cemes.fr]