



Stage M2 / ingénieur

Chimie des matériaux – Verres

ÉLABORATION ET CARACTERISATION DE VERRES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) DOPES A L'ANTIMOINE EN VUE D'UNE OPTIMISATION DU RECYCLAGE DES VERRES PV

Niveau : Master 2 ou dernière année d'école d'ingénieur en Science des matériaux ou chimie du solide

Lieu : CEA Marcoule (Gard), DPME/SEME/LFCM

Durée : 6 mois (début souhaité : Février/Mars 2026)

Contact : Elise REGNIER (elise.regnier@cea.fr) / Annabelle LAPLACE (annabelle.laplace@cea.fr)

Contexte

La transition énergétique et la réglementation européenne imposent le recyclage des panneaux photovoltaïques (PV) en fin de vie. En France, jusqu'à 200 000 tonnes de panneaux devront être recyclées d'ici 2030, parmi lesquelles 140 000 tonnes de verre contenant de l'antimoine (Sb), élément utilisé pour optimiser la transmission optique des verres PV. Or, aujourd'hui, la présence d'antimoine dans les verres PV rend leur recyclage difficile dans la filière « verre plat » européenne, qui repose essentiellement sur le procédé float. En effet, un tel recyclage nécessite au préalable de mieux connaître les réactions d'oxydo-réduction entre Sb et le bain d'étain (Sn) du procédé float. Le projet ANR GRISBI, dans lequel s'inscrit le stage proposé, vise à lever ce verrou technologique en étudiant la spéciation de l'antimoine dans le verre fondu. In fine, les résultats obtenus devront permettre 1) le recyclage des verres PV dans la filière « verre plat » (et donc une minimisation de l'impact environnemental des verres plats fabriqués en Europe), et 2) la récupération de Sb, métal critique, en vue d'une réutilisation.

Objectifs du stage

Ce stage a pour objectif d'élaborer et de caractériser des verres PV dopés à l'antimoine. Les missions principales seront :

- Préparer des verres PV modèles à partir de mélanges de précurseurs synthétiques fusionnés à haute température (1400-1500°C). A partir de ces verres, on produira des compositions variées : des verres présentant des teneurs variables en Sb_2O_3 , et contenant ou non d'autres éléments multivalents (Fe, Sn...).
- Caractériser les verres obtenus (composition chimique, microstructure, propriétés optiques) par des techniques analytiques disponibles au CEA ou à Paris-Sorbonne (ICP-MS, FX, MEB-EDS, DRX...).
- Participer à l'interprétation des données de caractérisation (incorporation de Sb, éventuelles interactions avec Fe/Sn).
- Documenter les protocoles et les résultats obtenus pour alimenter les autres études du projet.

Environnement de travail

Le stage se déroulera au sein du Laboratoire de Formulation et de Caractérisation des Matériaux Minéraux du CEA-Marcoule (Gard), en collaboration avec les partenaires du projet GRISBI (Saint-Gobain Recherche et SVI (Aubervilliers), IMPMC - Sorbonne Université (Paris), Institut Jean Lamour (Nancy), CEMEF (Nice)). Une poursuite en thèse pourra être envisagée. Si vous êtes intéressé(e), merci d'envoyer votre CV ainsi qu'une lettre de motivation avant le 31 Octobre 2025.

M2 / Engineer Internship

Materials Chemistry – Glass

MANUFACTURING AND CHARACTERIZATION OF ANTIMONY-DOPED PHOTOVOLTAIC (PV) GLASSES WITH A VIEW TO OPTIMIZING THE RECYCLING OF PV GLASSES

Level: Master 2 or last year of graduate school

Location: CEA Marcoule (Gard), DPME/SEME/LFCM

Duration: 6 months (**desired start:** February/March 2026)

Contact : Elise REGNIER (elise.regnier@cea.fr) / Annabelle LAPLACE (annabelle.laplace@cea.fr)

Context

The energy transition and European regulations require the recycling of end-of-life photovoltaic (PV) panels. In France, up to 200,000 tons of panels will need to be recycled by 2030, including 140,000 tons of glass containing antimony (Sb), an element used to optimize the optical transmission of PV glass. However, the presence of antimony in PV glass currently makes recycling difficult within the European "flat glass" sector, which is mainly based on the float process. Indeed, such recycling first requires a better understanding of the oxidation-reduction reactions between Sb and the tin (Sn) bath of the float process. The ANR GRISBI project, in which the proposed internship is embedded, aims to overcome this technological barrier by studying the speciation of antimony in molten glass. Ultimately, the results obtained should enable 1) the recycling of PV glass in the "flat glass" sector (and thus minimize the environmental impact of flat glass produced in Europe), and 2) the recovery of Sb, a critical metal, for reuse.

Goal of the internship

The aim of this internship is to develop and characterize Sb-doped PV glasses. The main tasks will be:

- Prepare a model PV glass from synthetic precursor mixtures melted at high temperature (1400–1500°C). From this model glass, various glass compositions will be produced, including glasses with variable Sb₂O₃-contents, and with or without other multivalent elements (Fe, Sn, etc.).
- Characterize the obtained glasses (chemical composition, microstructure) using analytical techniques available in the laboratory (ICP-MS, XRF, SEM-EDS, XRD).
- Participate in the interpretation of characterization data (Sb incorporation, possible interactions with Fe/Sn).
- Document the protocols and results obtained to support subsequent tasks of the project.

Work environment

The internship will take place at the Laboratory for Formulation and Characterization of Mineral Materials at CEA-Marcoule (Gard), in collaboration with the partners of the GRISBI project (Saint-Gobain Recherche and SVI (Aubervilliers), IMPMC - Sorbonne Université (Paris), Institut Jean Lamour (Nancy), CEMEF (Nice)). A continuation with a PhD may be considered. If you are interested, please send your CV and a cover letter before October 31, 2025.