



## Offre de Stage M2/Fin d'étude ingénieur

### *Evaluation et caractérisation de matériaux à changement de phase transparents pour la conversion thermophotovoltaïque*

Lieu : PROMES CNRS – 7 rue du Four Solaire, Font-Romeu-Odeillo-Via, 66120

Encadrants : Maxime Giteau, Alexis Vossier

Gratification : ~600€/mois

Début et durée du stage : A partir de Février 2025 (négociable) – 6 mois

Mots-clefs : Thermophotovoltaïque, stockage thermique, énergie solaire concentrée, matériaux à changement de phase

Présentation du sujet :

La conversion thermophotovoltaïque (TPV) repose sur l'association d'un émetteur de rayonnement thermique et d'une cellule photovoltaïque, placée en vis-à-vis de ce dernier. De tels systèmes offrent l'avantage d'une conversion modulaire de chaleur en électricité avec un stockage intégré de l'énergie, et leur développement pourrait apporter une réponse au problème de l'intermittence de la production d'électricité solaire. La conversion TPV par voie solaire, qui constitue une déclinaison de ces systèmes, utilise directement l'énergie solaire concentrée comme source de chaleur : celle-ci est utilisée pour chauffer un matériau de stockage à une température élevée (typiquement 1000 – 1500°C). La chaleur emmagasinée peut alors être stockée sous forme de *chaleur latente* : l'apport d'énergie thermique sert à amorcer un changement de phase du matériau de stockage (typiquement solide → liquide) dont l'énergie peut être restituée lors du refroidissement de ce dernier (refroidissement auquel est associé le changement de phase inverse liquide → solide). La chaleur peut également être stockée sous forme *sensible* : dans ce cas, l'énergie thermique emmagasinée sert à chauffer le matériau de stockage, entraînant une augmentation de la température, directement proportionnelle à la capacité calorifique du matériau de stockage et à la quantité d'énergie thermique stockée. En phase de décharge, l'énergie thermique est alors évacuée sous forme de rayonnement par un *émetteur thermique*, puis collectée et convertie en électricité par des cellules TPV placées en vis-à-vis de ce dernier.

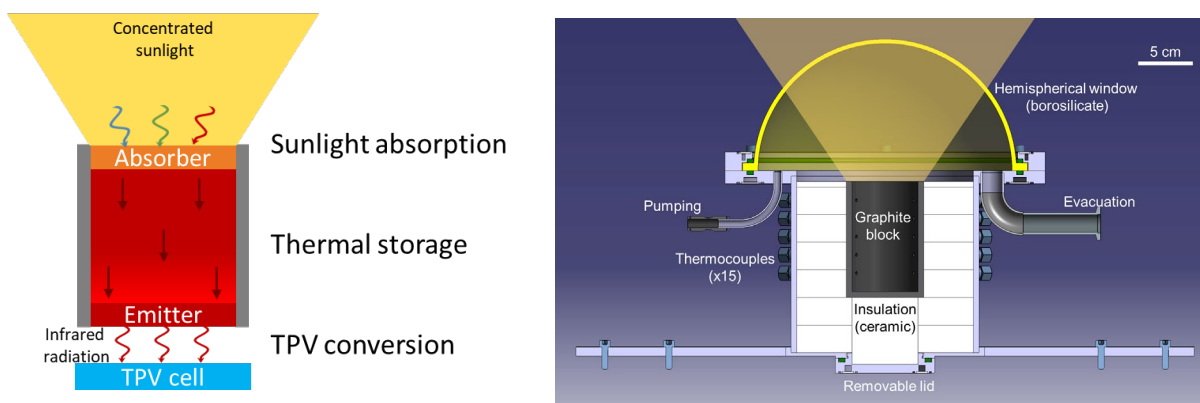


Figure 1 (Gauche) Croquis d'un système TPV solaire avec stockage. (Droite) Illustration du prototype solaire-TPV disponible au laboratoire PROMES



Une difficulté inhérente à cette approche réside dans l'absorption et le stockage de l'énergie solaire concentrée : des propriétés optiques ou thermiques inadaptées des matériaux de stockage utilisés peuvent conduire à une diffusion inefficace de la chaleur, à l'apparition de gradients de température importants au sein du creuset contenant le matériau de stockage, et *in fine* à des performances de stockage dégradées. Une solution originale afin de contourner ce problème réside dans l'intégration de matériaux de stockage *transparents*, permettant au rayonnement solaire concentré d'être transmis au travers des matériaux de stockage pour être absorbé au niveau des parois du creuset. Ainsi, les matériaux de stockage utilisés sont chauffés *via* le creuset, et non plus directement par l'énergie solaire concentrée. Une telle approche permettrait potentiellement d'assurer un chauffage plus homogène des matériaux dans le creuset, en éliminant tout ou partie des inconvénients associés au chauffage direct des matériaux de stockage par le flux solaire concentré. L'objectif de ce projet de recherche est d'identifier et de caractériser les performances de plusieurs matériaux de stockage sélectionnés pour leur transparence optique et leur chaleur latente de fusion élevée (~1000 kJ/kg), en vue de leur intégration à un système de stockage TPV solaire. Le projet se concentrera sur 3 matériaux fluorés : **LiF** (point de fusion 848°C), **NaF** (996°C) et **MgF<sub>2</sub>** (1263°C) ainsi que leurs alliages.

Ce projet s'articulera autour de 4 volets distincts :

- **Test des matériaux à changement de phase dans le prototype existant** installé sur un concentrateur solaire de 6 kW, en mesurant l'évolution de la température dans le creuset pendant le chauffage et le refroidissement.
- **Test de la stabilité du MCP** après plusieurs cycles de fusion-solidification.
- **Évaluation de la dégradation du creuset** (actuellement en graphite) pendant le fonctionnement et exploration préliminaire des moyens de la minimiser (matériau de creuset alternatif, couche de passivation).
- **Comparaison préliminaire des résultats avec les simulations numériques.**

#### Profil recherché :

- Connaissances en transferts thermiques/science des matériaux/conversion photovoltaïque
- Intérêt marqué pour l'environnement/les énergies renouvelables
- Motivation pour le travail expérimental, la caractérisation et l'analyse de données
- Ouverture d'esprit et volonté d'apprentissage
- Sens du travail en équipe

#### Contacts :

**Maxime Giteau** : maxime.giteau.pro@gmail.com

**Alexis Vossier** : alexis.vossier@promes.cnrs.fr