



Vieillessement de matériaux pour les récepteurs CSP : détection et caractérisation de défauts mécaniques par technique acoustique

1 – Contexte

Le laboratoire PROMES-CNRS (UPR 8521) s'intéresse depuis de nombreuses années à la compréhension du vieillissement des matériaux soumis à un flux solaire concentré. En effet, afin d'optimiser, dans la durée, le fonctionnement des récepteurs solaires, il est nécessaire de comprendre comment le matériau dont ils sont constitués se comporte dès lors qu'il est soumis à ces hauts flux et comment, au cours de la durée d'utilisation des récepteurs, sa structure peut être altérée et ses propriétés peuvent influencer leur efficacité. Dans le cadre de plusieurs projets européens successifs (SFERA, SFERA II, RAISELIFE et SFERA III), des montages expérimentaux innovants ainsi que des méthodes de conception optimale d'expérience ont été développés et mis au point. Les thèses financées lors de ces projets s'intéressent toutes à l'étude des mécanismes de vieillissement des matériaux par le suivi de l'évolution de leurs propriétés thermophysiques et mécaniques au cours du temps. Les méthodes de vieillissement des récepteurs de centrales solaires à concentration (CSP) ne sont pas normalisées. L'anticipation de leur comportement mécanique et de l'évolution de leurs propriétés doit donc faire l'objet de différentes études faisant intervenir de nombreuses configurations : matériaux employés (structure, composition), forme des récepteurs, fluides caloporteurs associés...

2 – Objectifs

La compréhension du vieillissement et de l'endommagement de matériaux destinés à la fabrication des récepteurs solaires est un enjeu dans le cadre de la conception et de la maintenance des centrales à concentration. L'objectif principal de cette thèse est de détecter l'apparition de défauts mécaniques sur des récepteurs CSP avant qu'une éventuelle rupture ne se produise et mette en péril l'intégralité de la centrale.

Pour cela, le banc expérimental IMPACT, conçu et optimisé lors de thèses précédentes, sera mis à profit. Il s'agit d'un dispositif unique et innovant permettant de suivre et d'enregistrer les signaux acoustiques produits par un échantillon de matériau lorsque celui-ci est soumis à un flux solaire concentré très élevé, de 800 à 1500 kW/m². Des essais ont été réalisés sur des échantillons massifs (Inconel, SiC) et sur des assemblages (SiC/brasure BraSiC®/SiC). Des premiers comportements avant rupture ont été mis en évidence, comme la diminution de l'activité acoustique, vis-à-vis de l'énergie absolue cumulée.

Un des objectifs des travaux serait de mettre en évidence les signes précurseurs indiquant que la rupture est imminente et d'en faire un catalogue. De plus, il s'agirait aussi de mettre en œuvre de nouvelles procédures de vieillissement permettant un endommagement progressif du matériau. Ainsi, il serait possible d'enregistrer un maximum de salves acoustiques avant rupture et ainsi constituer une base de données des événements acoustiques produits lors d'une sollicitation thermique et de les lier à un comportement thermomécanique. En parallèle, des analyses fines structurales pourraient être menées, comme la recherche de fissures, microfissures ou délaminations, à l'aide par exemple de la microscopie optique avec profondeur de champ, microscopie électronique à balayage, voire éventuellement de la tomographie à rayon X. L'objectif de cette partie est de visualiser l'apparition de défauts et pouvoir les associer à certains types d'événements acoustiques, toujours avant que la rupture n'ait lieu. L'étude pourrait être complétée par un suivi de l'évolution des propriétés thermophysiques des matériaux testés. Finalement, à terme, l'étude devrait permettre de mettre au point un modèle prédictif de la rupture et ainsi contribuer à la connaissance du comportement des matériaux sous haut flux et donc à l'augmentation de la durée de vie des récepteurs CSP et des centrales dans leur ensemble.

3 – Compétences recherchées

Le sujet proposé est un sujet très pluridisciplinaire. Les principaux champs disciplinaires concernés sont la mécanique et les transferts thermiques.

Le candidat/la candidate devra se montrer à l'aise avec l'acquisition de données, les outils de traitement du signal, de simulation et de programmation scientifique/embarquée (Python). Il/elle devra aussi avoir de solides connaissances dans le domaine du comportement thermomécanique des matériaux, connaître leurs propriétés et les méthodes de caractérisations mécaniques de matériaux. En outre, il lui sera demandé de fortement contribuer à l'amélioration du banc de vieillissement et suivi acoustique ainsi qu'à la mise au point de protocoles expérimentaux adaptés. Il/elle devra donc montrer un goût particulier pour l'aspect expérimental.

Ainsi, une formation initiale généraliste couplée à une formation de deuxième cycle en génie mécanique serait le cursus idéal. Une connaissance des transferts thermiques sera particulièrement appréciée.

4 – Laboratoire d'accueil (www.promes.cnrs.fr) et contrat doctoral

Le doctorant/la doctorante sera accueilli(e) par le laboratoire PROMES (« Procédés, Matériaux et Énergie Solaire »). Celui-ci est une unité propre de recherche du CNRS (UPR 8521) conventionnée avec l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD). Il aborde l'énergie solaire et sa valorisation. Ses activités de recherche sont structurées selon trois axes thématiques : Matériaux pour l'Énergie et l'Espace (MEE), Centrales Solaires de Prochaines Générations (CSPG) et Stockage et Chimie Solaire (SCS).

Il/elle sera basé(e) sur le site d'Odeillo ou bien sur le site de Perpignan avec des périodes d'expérimentation à Odeillo.

Il/elle bénéficiera d'une bourse ministérielle à travers l'école doctorale 305 Energie Environnement.

5 – Encadrants

Reine Reoyo-Prats, MCF, 60^{ème} section du CNU, reine.reoyo@univ-perp.fr

Olivier Faugerox, MCF HDR, 62^e section du CNU, faugerox@univ-perp.fr

6 – Candidature

Un CV et une lettre de motivation sont à envoyer aux encadrants. Des lettres de recommandation peuvent être jointes.

Date limite : 7 avril.

7 – Bibliographie

[1] Florian Bonzoms, Caractérisation et localisation de l'endommagement de structures solaires par technique acoustique : application aux récepteurs utilisés en CSP, thèse de doctorat, laboratoire PROMES-CNRS, 2022.

[2] Yasmine Lalau et al., IMPACT: A novel device for in-situ thermo-mechanical investigation of materials under concentrated sunlight. Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 172, 2017, Pages 59-65, doi:10.1016/j.solmat.2017.07.002.

[2] A. Boubault, B. Claudet, O. Faugerox, G. Olalde, Aging of solar absorber materials under highly concentrated solar fluxes, Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 123 (2014) 211–219. doi:10.1016/j.solmat.2014.01.010.

[3] Reine Reoyo-Prats et al., Accelerated aging of absorber coatings for CSP receivers under real high solar flux – Evolution of their optical properties. Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 193, 2019, Pages 92-100, doi:10.1016/j.solmat.2018.12.030.