

Validation expérimentale d'un modèle d'absorbeur volumique solaire à haute température

S. Mey, C. Caliot, G. Flamant

Laboratoire Procédés, Matériaux et Énergie Solaire, PROMES, CNRS, 7 rue du Four Solaire, 66120 Font-Romeu-Odeillo-Via, France

Keywords : milieu poreux, solaire concentré, rayonnement thermique

1 Introduction

Les absorbeurs volumiques solaires constituent une technologie prometteuse pour chauffer de l'air à des températures supérieures à 1000 °C pouvant être utilisé dans des cycles combinés (cycles thermodynamiques de Brayton et de Rankine en cascade) de production d'électricité par voie solaire [1]. Les caractéristiques de l'absorbeur (matériau et géométrie) sont les paramètres clés à optimiser pour atteindre de hautes efficacités de conversion thermosolaire.

2 Caractérisation expérimentale des absorbeurs

Dans cette étude, nous avons conçu un banc de tests (voir Figure 1) permettant la caractérisation des performances thermosolaires d'échantillons en mousses céramiques à pores ouverts utilisées comme absorbeurs volumiques solaires. Des améliorations du dispositif par rapport à l'état de l'art [2] actuel ont été apportées grâce à l'utilisation d'un homogénéisateur à réflexions, assurant des conditions quasi-1D pour le flux incident. Une densité de flux uniforme évite l'apparition de points chauds et de points froids conduisant à des contraintes thermomécaniques critiques et des instabilités d'écoulement. Une configuration co-courant entre le flux incident et le débit massique d'air a été retenue.

Une campagne de fluxmétrie a été réalisée avec deux objectifs : caractériser l'installation expérimentale d'une part (distribution gaussienne du flux à la focale), et valider les conditions opératoires de flux uniforme obtenu grâce à l'homogénéisateur.

Différents échantillons de mousses céramiques ont été testés (carbure de silicium SiC provenant de quatre fournisseurs) visant les hautes porosités (72–92%) et couvrant un large choix de tailles de pores (5–20 PPI ; Pores Per Inch) disponible dans l'industrie. De plus, une mousse en matériau sélectif (diborure de zirconium ZrB₂) a également été testée. Les résultats expérimentaux des mousses ont été comparés à une structure nids-d'abeilles en SiC, considérée comme l'absorbeur volumique de référence.

3 Modèle d'absorbeur volumique solaire

Dans cette partie, un modèle simplifié de l'absorbeur solaire est présenté [3] qui utilise l'approche de milieu homogène équivalent (moyenne volumique locale) et des propriétés effectives. L'interface d'entrée de l'absorbeur est traitée par une pseudo-surface. Celle-ci permet de prendre en compte l'absorption du flux solaire incident sur la face irradiée et le transfert par conduction à la structure solide.

4 Validation expérimentale

Les résultats des campagnes expérimentales sont comparés aux résultats du modèle d'absorbeur (voir Figure 2) afin de le valider, grâce à des mesures effectuées sur un matériau gris (SiC) et un matériau spectral (ZrB₂).

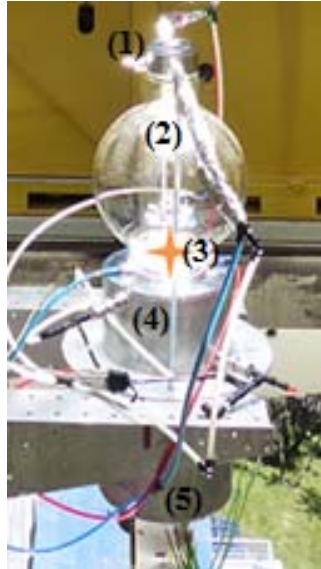


Figure 1: Dispositif de caractérisation des performances de récepteurs volumiques solaires poreux à haute température ; (1) entrée d'air et hublot en CaF₂, (2) ballon en verre, (3) point focal, (4) homogénéisateur, (5) porte échantillon.

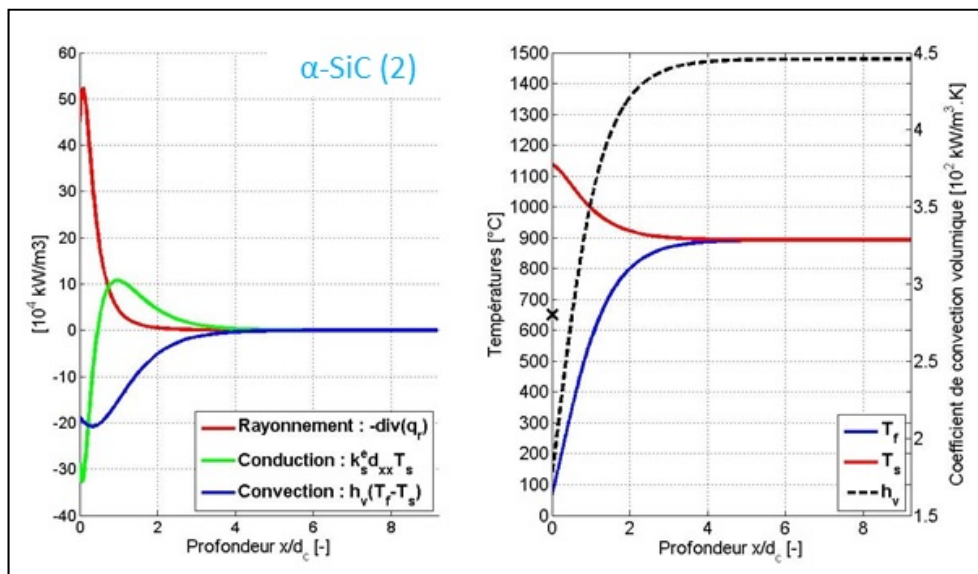


Figure 2: Résultats de simulation numérique pour le modèle 1D de l'échantillon d'absorbeur poreux en α -SiC ; (gauche) profils des termes sources, (droite) profils des températures en fonction de la profondeur.

References

- [1] A. L. Avila-Marin, Volumetric receivers in solar thermal power plants with central receiver system technology: A review, *Solar Energy*, 85, 891-910 (2011).
- [2] T. Fend, B. Hoffschmidt, R. Pitz-Paal, O. Reutter, P. Rietbrock, Porous materials as open volumetric receivers: Experimental determination of thermophysical and heat transfer properties, *Energy*, 29, 823-833 (2004).
- [3] A. Kribus, Y. Gray, M. Grijnevich, G. Mittelman, S. Mey, C. Caliot, The promise and challenge of solar volumetric absorbers, *Solar Energy*, 110, 463-481 (2014).