Sujet de Thèse 2014

Développement d'absorbeur sélectif haute température stable sous air pour application solaire thermique à concentration (CSP)

Le contexte mondial actuel d'augmentation de la demande énergétique associée à l'épuisement des ressources fossiles et à une prise de conscience de l'impact de leurs consommations sur l'environnement a conduit à l'accélération du développement des énergies décarbonées au cours des deux dernières décennies. Parmi celles-ci, l'énergie solaire représente une ressource inépuisable. Les technologies basées sur la concentration du rayonnement solaire pour la production d'énergie, dont fait partie le solaire thermodynamique à concentration (CSP), ont connu un fort développement technologique depuis déjà plus d'une trentaine d'années. Le principe du CSP consiste à concentrer le flux solaire à l'aide de miroirs sur un récepteur dans lequel circule un fluide caloporteur. Le récepteur se compose d'un matériau absorbant le rayonnement solaire qui transfère sa chaleur au fluide caloporteur qui circule dans un tube ou une cavité. Ce fluide thermique va être exploité via un cycle thermodynamique pour produire de l'énergie électrique. Ce type de technologies n'est rentable que pour un taux d'ensoleillement élevé. Par ailleurs, le coût de fabrication relativement élevé nécessite une durée de vie de 30 ans afin de garantir la rentabilité économique des centrales. La problématique de la durée de vie des composants reste donc une question centrale dans la conception de ces systèmes. L'efficacité de la conversion dépend directement de la température d'où la nécessité de travailler avec un flux solaire concentré. C'est pourquoi les développements technologiques actuels visent à augmenter la température de travail. Celle-ci dépend du type de concentration utilisé. Pour les centrales du type linéaire (Fresnel, cylindroparabolique), elle est actuellement comprise entre 300 à 400°C. Pour être performant, il est préférable que l'absorbeur soit sélectif. C'est-à-dire qu'il doit absorber le spectre solaire tout en minimisant les pertes par émissivité à la température de travail, cela revient à ce qu'il est une réflectivité importante dans l'infrarouge (loi de Kirchhoff).. Cependant, l'augmentation de la température jusqu'à 500 - 600°C se heurte à l'instabilité des matériaux absorbeurs sélectifs actuels. Dans le domaine des moyennes températures (entre 300 et 500°C) les matériaux absorbeurs sélectifs sont mis en œuvre sous vide. L'utilisation du vide se justifie par des raisons d'efficacité thermique, mais également par l'instabilité des matériaux à l'air. L'utilisation du vide contraint fortement leur mise en œuvre et participe au coût élevé des centraux CSP et à la difficulté de garantir un fonctionnement pendant 30 ans.

Ce sujet de thèse porte sur le développement de nouveaux matériaux absorbeurs sélectifs stables à l'air afin de répondre aux problèmes actuels du marché cité ci-dessus. Ce travail se fera en collaboration étroite entre le Laboratoire des Systèmes Thermiques (LETh) du CEA INES acteur majeur du développement des technologies solaire thermique dont le CSP en France et l'équipe Elaboration et Fonctionnalité de Couches Minces (département CP2S) de l'Institut Jean Lamour (IJL) de Nancy spécialisée dans le dépôt et la caractérisation de couches minces pour applications optiques et solaires. La complémentarité des compétences des deux laboratoires permettra au candidat d'avoir une vision globale du sujet allant du matériau à l'application. Géographiquement, le candidat sera basé à l'IJL avec de fréquents déplacements au LETH sur le site de l'INES. Ce travail se déroulera en plusieurs étapes. Tout d'abord, un état de l'art approfondi du sujet sera mené. Il conduira à la recherche de nouveaux matériaux et architectures permettant de remplir la fonction optique et thermique ayant une stabilité intrinsèque à l'oxydation aux températures visées (< 600°C) sous flux solaire pendant 25 à 30 ans. Ensuite, une étape de simulation optique des dépôts afin d'optimiser les épaisseurs, les compositions et les empilements sera effectuée en amont de la partie expérimentale. La réalisation de dépôt sur substrats représentatif de l'application, leurs caractérisations et la mesure de leurs performances sera ensuite effectuée à l'aide des outils de dépôt de l'IJL. En particulier la technologie de PVD de type HIPIMS (high power impulse magnetron sputtering) sera évaluée. Des études de durabilités seront menées sur les absorbeurs sélectifs présentant de bonnes performances optiques afin de qualifier leurs tenues à l'oxydation. L'objectif de la thèse étant d'aboutir à la réalisation d'un démonstrateur, pour cela un ou plusieurs absorbeurs sélectifs sur tube seront effectués dans la dernière partie de thèse. Pour cela, nous ferons appel à une sous-traitance via une entreprise locale spécialisée dans le dépôt industriel de couches minces sur tube. Ce démonstrateur sera qualifié afin d'en valider les performances.

Démarrage : octobre 2014

Profil du candidat : Ingénieur Matériaux, des connaissances en optique et dans les techniques de dépôt de couches minces seraient appréciées.

Contact : Olivier RACCURT, CEA LETh, INES, 50 avenue du Lac Léman, F-73375 Le Bourget-du-Lac. Email : olivier.raccurt@cea.fr