

Groupe de Travail « Vecteurs/Stockages/Réseaux » du CNRS

Fiche de synthèse « sujet de recherche » période 2008-2014

Rédacteur : Stéphane Abanades **Date :** 18/04/2014

Domaine : vecteurs stockages réseaux

Degré de maturité (TRL) : 4

Laboratoire : PROMES UPR 8521 **Tutelles :** CNRS

Responsable scientifique du sujet (mail) : Stéphane Abanades
(stephane.abanades@promes.cnrs.fr)

Chercheurs et enseignants-chercheurs impliqués :

Laboratoires partenaires : IEM

Rôle du laboratoire sur le sujet : coordinateur partenaire

Industriels partenaires : IHI, EADS, Rhodia

Sujet : Conversion et stockage thermo-chimique de l'énergie solaire à haute température pour la production de vecteurs énergétiques

Problématique : Le développement de moyens de stockage de l'énergie solaire à long terme nécessite le développement de nouvelles voies thermo-chimiques de production de vecteurs énergétiques. Les combustibles de synthèse visés sont l'hydrogène, le gaz de synthèse et les carburants liquides dérivés ou les biocarburants. L'énergie solaire concentrée est utilisée en tant que source de chaleur à haute température pour les réactions endothermiques.

Caractère pluridisciplinaire éventuel (champs thématiques connexes concernés) : thermique, énergétique, matériaux, chimie du solide, génie des procédés.

Objectifs : Synthèse de nouveaux matériaux réactifs (maîtriser leur élaboration, leurs propriétés, leur mise en forme et leur vieillissement), étude de la réactivité des systèmes solide/gaz, cinétiques, caractérisation physico-chimique, développement de réacteurs thermo-chimiques solaires HT, conception des procédés.

Applications industrielles et commerciales : CSP, Carburants produits à partir de gaz de synthèse.

Transfert de technologie envisagée (via quelles structures) :

Compétences et Moyens disponibles : Réacteurs thermochimiques solaires pour la réduction d'oxydes métalliques et pour la production de combustibles, réacteurs tubulaires haute température en atmosphère contrôlée, moyens d'analyse de gaz.

Financements obtenus (CNRS, ANR, Europe, industriels,..) : ANR 2009 JCJC, programme Energie CNRS, 2 contrats industriels.

Valorisations (nb de publis, brevets,..) : 40 pubs int. (2008-2013), 20 Confs. Int., 2 brevets, 1 prix Pollutec-Ademe.

Labellisation par des pôles de compétitivité :

Principaux résultats : Concernant la production d'hydrogène par décomposition de l'eau, de nouveaux cycles thermochimiques à 2 étapes mettant en jeu des oxydes de cérium et des oxydes mixtes à base de cériine dopée ont été proposés et démontrés. Par ailleurs, de nouvelles voies impliquant des systèmes redox à base d'oxydes métalliques ont été proposées pour la valorisation du CO₂ en combustible solaire.

Des prototypes de réacteurs solaires innovants avec injection continue de solide réactif pour la synthèse de poudres nanométriques (Zn et SnO) à très haute température (1600-1700°C) et en atmosphère contrôlée ont été expérimentés à l'échelle laboratoire. Des réactivités élevées de ces nanopoudres solaires pour la réduction de l'eau et du CO₂ ont été mises en évidence.

Principaux verrous actuels : mise en forme, stabilité thermique et thermochimique des matériaux au cours du cyclage (oxydes mixtes), prototype échelle pilote manquant (financement).

Perspectives : Identification de nouveaux schémas réactionnels, recherche de nouveaux matériaux réactifs, optimisation de la composition des oxydes mixtes, mise en œuvre dans des réacteurs solaires continus, optimisation des efficacités énergétiques (réduction des coûts).

Positionnement du sujet au niveau national, européen, international : forte augmentation des activités sur la thermochimie solaire au niveau international au cours des 5 dernières années : Suisse (PSI/ETH), Allemagne (DLR), Espagne (IMDEA), Israël (WIS), USA (SNL, U. Minnesota, U. Colorado, U. Floride, California Institute of Technology,...), Japon (Tokyo Institute of Technology, Niigata University), Australie, Mexique, Corée, Chine,...

Commentaires complémentaires :

Illustrations :

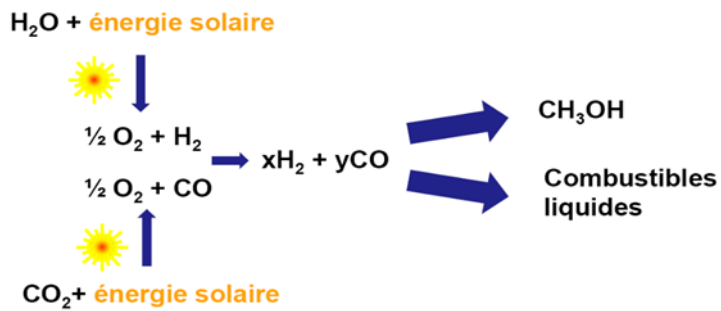


Figure 1 : Voie thermochimique de production de gaz de synthèse à partir de CO_2 et d'eau



Figure 2 : Prototype de réacteur thermochimique solaire pour la réduction d'oxydes

Principales Références Bibliographiques :

1. Abanades S., Chambon M., CO_2 dissociation and upgrading from 2-step solar thermochemical processes based on ZnO/Zn and SnO_2/SnO redox pairs, *Energy & Fuels*, 24(12), 2010, 6667-6674.
2. Le Gal A., Abanades S., Catalytic investigation of ceria-zirconia solid solutions for solar hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(8), 2011, 4739-4748.
3. Le Gal A., Abanades S., Flamant G., CO_2 and H_2O splitting for thermochemical production of solar fuels using non-stoichiometric ceria and ceria/zirconia solid solutions, *Energy & Fuels*, 2011, 25(10), 4836-4845.
4. Abanades S., Villafán-Vidales H.I., CO_2 and H_2O conversion to solar fuels via two-step solar thermochemical looping using iron oxide redox pair, *Chemical Engineering Journal*, 2011, 175, 368-375.
5. Abanades S., Villafán-Vidales H.I., CO_2 valorization based on $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FeO}$ thermochemical redox reactions using concentrated solar energy, *International Journal of Energy Research*, 2013, 37(6), 598-608.
6. Le Gal A., Abanades S., Dopant incorporation in ceria for enhanced water-splitting activity during solar thermochemical hydrogen generation, *The Journal of Physical Chemistry C*, 2012, 116(25), 13516-13523.
7. Abanades S., Le Gal A., CO_2 splitting by thermo-chemical looping based on $\text{Zr}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_2$ oxygen carriers for synthetic fuel generation, *Fuel*, 2012, 102, 180-186.
8. Levêque G., Abanades S., Kinetic analysis of high-temperature solid-gas reactions by an inverse method applied to ZnO and SnO_2 solar thermal dissociation, *Chemical Engineering Journal*, 2013, 217, 139-149.

9. G. Levêque, S. Abanades, J-C. Jumas, J. Olivier-Fourcade, Characterization of two-step tin-based redox system for thermochemical fuel production from solar-driven CO₂ and H₂O splitting cycle, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2014, 53 (14), 5668–5677.
