



**HAL**  
open science

**Editorial: IFP Energies nouvelles International  
Conference: Photo4E – Photocatalysis for energy, 15–17  
October 2014, Solaize, France**

M. Fontecave, A. Fécant, D. Uzio

► **To cite this version:**

M. Fontecave, A. Fécant, D. Uzio. Editorial: IFP Energies nouvelles International Conference: Photo4E – Photocatalysis for energy, 15–17 October 2014, Solaize, France. Oil & Gas Science and Technology - Revue d'IFP Energies nouvelles, 2015, 70 (5), pp.791-798. 10.2516/ogst/2015029 . hal-01931385

**HAL Id: hal-01931385**

**<https://ifp.hal.science/hal-01931385>**

Submitted on 2 Jan 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



This paper is a part of the hereunder thematic dossier published in OGST Journal, Vol. 70, No. 5, pp. 791-902 and available online [here](#)

Cet article fait partie du dossier thématique ci-dessous publié dans la revue OGST, Vol. 70, n°5, pp. 791-902 et téléchargeable [ici](#)

DOSSIER Edited by/Sous la direction de : **D. Uzio**

IFP Energies nouvelles International Conference / Les Rencontres Scientifiques d'IFP Energies nouvelles  
**PHOTO4E – Photocatalysis for energy**  
**PHOTO4E – Photocatalyse pour l'énergie**

Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies nouvelles, Vol. 70 (2015), No. 5, pp. 791-902

Copyright © 2015, IFP Energies nouvelles

- 791 > *Editorial*  
M. Fontecave, A. Fécant and D. Uzio
- 799 > *Solar Production of Fuels from Water and CO<sub>2</sub>: Perspectives and Opportunities for a Sustainable Use of Renewable Energy*  
Production solaire de carburants à partir de l'eau et de CO<sub>2</sub> : perspectives et opportunités pour une utilisation durable de l'énergie renouvelable  
R. Passalacqua, G. Centi and S. Perathoner
- 817 > *Effect of Post-Synthesis Treatments on the Properties of ZnS Nanoparticles: An Experimental and Computational Study*  
Effet des traitements après-synthèse sur les propriétés de nanoparticules de ZnS : une étude expérimentale et computationnelle  
E. Balantseva, B. Camino, A.M. Ferrari and G. Berlier
- 831 > *Comparative Study on The Photocatalytic Hydrogen Production from Methanol over Cu-, Pd-, Co- and Au-Loaded TiO<sub>2</sub>*  
Étude comparative de production d'hydrogène par photocatalyse à partir de méthanol et à l'aide de différentes phases actives (Cu, Pd, Co et Au) supportées sur TiO<sub>2</sub>  
P.P.C. Udani and M. Rønning
- 841 > *Photocatalytic Conversion of Carbon Dioxide Using Zn–Cu–Ga Layered Double Hydroxides Assembled with Cu Phthalocyanine: Cu in Contact with Gaseous Reactant is Needed for Methanol Generation*  
Conversion photocatalytique du dioxyde de carbone par des hydroxydes doubles lamellaires de Zn–Cu–Ga promus par la phthalocyanine de Cu : nécessité du contact entre le Cu et le réactif gazeux pour la synthèse du méthanol  
S. Kawamura, N. Ahmed, G. Carja and Y. Izumi
- 853 > *Recyclable PhotoFuel Cell for Use of Acidic Water as a Medium*  
Cellule photocombustible recyclable pour l'utilisation d'eau acide en tant que milieu  
Y. Ogura, M. Yoshida, and Y. Izumi
- 863 > *Solar Hydrogen Reaching Maturity*  
L'hydrogène solaire arrive à maturité  
J. Rongé, T. Bosserez, L. Huguenin, M. Dumortier, S. Haussener and J.A. Martens
- 877 > *Design of Compact Photoelectrochemical Cells for Water Splitting*  
Conception de cellules photoélectrochimiques compactes pour la décomposition de l'eau  
T. Bosserez, J. Rongé, J. van Humbeeck, S. Haussener and J. Martens
- 891 > *Simultaneous Production of CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub> from Photocatalytic Reforming of Glucose Aqueous Solution on Sulfated Pd-TiO<sub>2</sub> Catalysts*  
Production simultanée de CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub> par réformage photocatalytique d'une solution aqueuse de glucose sur un catalyseur Pd-TiO<sub>2</sub> sulfaté  
V. Vaiano, G. Iervolino, G. Sarno, D. Sannino, L. Rizzo, J.J. Murcia Mesa, M.C. Hidalgo and J.A. Navio

# Editorial

## IFP ENERGIES NOUVELLES INTERNATIONAL CONFERENCE PHOTO4E – PHOTOCATALYSIS FOR ENERGY 15-17 OCTOBER 2014, SOLAIZE, FRANCE

M. Fontecave<sup>1</sup>, A. Fécant<sup>2</sup> and D. Uzio<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Collège de France, Laboratoire de Chimie des Processus Biologiques,  
11 Place Marcelin Berthelot, 75231 Paris 05 - France

<sup>2</sup> IFP Energies nouvelles, Rond-point de l'échangeur de Solaize, BP 3, 69360 Solaize - France

Fuels and energy production from sunlight have attracted considerable attention for many years, given the current challenges facing the fields of energy production and sustainable development. Moreover, research programs in photocatalysis for solar fuels production are now flourishing making this field very promising for the future. The most studied areas involve the production of hydrogen by water photolysis, production of recoverable hydrocarbon (CH<sub>3</sub>OH, HCOOH, or CH<sub>4</sub>) by reduction of CO<sub>2</sub> and the production of electricity from dye sensitized solar cells (known as “Grätzel” fuel cell).

Within the framework of its *Rencontres Scientifiques*, IFP Energies nouvelles (IFPEN) organized an International Conference in October 2014 entitled “*Photocatalysis for Energy (PHOTO4E)*” in Solaize near Lyon (France), under the auspices of the French Academy of Sciences. The general objectives of this conference were to share advances in this field favoring fruitful exchanges between academic, applied research and industry and to assess their potential to address scientific challenges in the solar fuel sector.

The scientific program that was extensively discussed during these three days was organized into four sessions:

- photocatalytic materials (Session 1),
- mechanisms and kinetics aspects (Session 2),
- characterization techniques, engineering and processes (Session 3),
- future opportunities in photocatalysis for energy (Session 4).

### Session 1 Photocatalytic Materials: Emerging Concepts from Photocatalyst Synthesis

Keynotes lecturers were given by **R. Passalacqua** (University of Messina, Italy) on “*Solar Production of Fuels from Water and CO<sub>2</sub>: Perspectives and Opportunities for a Sustainable use of Renewable Energy*” and **Y. Izumi** (University of Chiba, Japan) on “*Photocatalytic Conversion of CO<sub>2</sub> using Zn-Cu-Al or Ga Layered Double Hydroxides: Cu in Contact with Gaseous Reactant is Needed for Methanol Generation*”.

In the field of photocatalytic materials, main research topics deal with: the modification of the intrinsic properties of the semi-conductors, the discovery of new architectures or composite

structures developing optimized heterojunctions and the use of new molecular complexes as dyes for sensitized solar cells and photocatalysts. Among, the phenomena still to be optimized which are in depth investigated, one can report:

- the light harvesting (band gap width engineering for kinetics aspect) and the charges generation at the right electrochemical potentials for the desired chemical reaction (thermodynamic aspect);
- the time life of electrons and holes photogenerated increasing charges separation by doping with a co-catalyst (usually metallic nanoparticles), improvement of transport properties in the bulk of the semiconductor, band bending effects and multijunctions systems or morphology effect;
- the adsorption of the reactants on the semi-conductor surfaces in order to control surface coverages;
- surface plasmon resonance in order to enhance the light absorption.

The keynote lecture of introduction of this session presented a review on solar fuels, with a special focus on economic aspects of the photo-electrocatalysis route for the production of molecular hydrogen. Concerning the solids used in the water splitting or CO<sub>2</sub> reduction, these aspects are dealing with cost reduction, performance improvement or substitution of toxic compounds.

### Session 2 Comprehensive Studies on Mechanisms and Kinetics

Keynote lecturer was **R. Su** (*iNano*, Denmark) on “*Photocatalytic Reactions Promoted by Engineered Metal Cocatalyst Nanoparticles*”.

The description of reaction mechanisms and especially the identification of the rate determining step needed to improve processes and photocatalytic materials remains an important issue because of the various potential intermediate species and kinetics pathways, including electronic phenomena (generation, transport and charge accumulation).

Characterization techniques used in photocatalysis are growing quickly especially operando ones allowing to follow the phenomena during the reaction: for instance operando XPS, Transient Absorption Spectroscopy (TAS) for the identification of the mechanisms of production and trapping of electrons, the observations of intermediates chemical species, determination of the life length of excitons, etc. In addition to these experimental techniques, *ab-initio* molecular modeling brings helpful insights in order to rationalize phenomena.

### Session 3 Characterization Techniques, Engineering, Process

Keynotes lecturers were **M. Rioult** (CEA, Saclay, France) on “*Electronic Band Structure of Photoanode Heterojunctions Dedicated to Water Splitting Photocatalysis*” and **S. Kawasaki** (University of Chiba, Japan) on “*Pt-Cocatalyst Effect on the Hydration Structure of a SrTiO<sub>3</sub> Photocatalyst Surface Analyzed by Frequency Modulation-Atomic Force Microscopy (FM-AFM)*”.

In connection with the previous session, among the various characterization techniques reported in the presentations, one can cite:

- the Resonance Photo Emission Spectroscopy (RPES) technique, which in the case of an Oxygen Evolution Reaction (OER) photo-electrochemical cell for the photolysis of water provided access to the electronic heterojunctions structures of thin layers and information on the presence of defects promoting undesired charge recombination;
- X-ray operando absorption used to monitor changes in electronic and structural properties of co-catalyst (*i.e.* Pt) supported on TiO<sub>2</sub>, and for measuring the increase in the electron density of *d* orbitals with the light intensity and wavelengths;
- FM-AFM, operando development which allows to study the adsorption of molecules on a surface, and for instance to study the hydrophilicity of a TiO<sub>2</sub> surface induced by UV exposure.

Finally, systems and innovative implementations have been described, such as the use of the interface between two non-miscible electrolytes, as a favorable medium for carrying out a

(photo)-electrochemical reaction, by the homogeneity of the surface, the absence of defects or the possible separation of reactants and products. Also, a combined system has been presented, including a photocatalytic reactor for the production of H<sub>2</sub> through alcohol dehydrogenation and a Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) whose the operation has been shown, despite a rather low overall performance. And finally, a photochemical unit consisting of two compartments separated by a proton conductive membrane, devoted to the production of electricity by photolysis of water under UV irradiation was presented.

#### Session 4 Future Opportunities in Photocatalysis for Energy

Keynotes lecturers for this more prospective session were given by **K. Takanabe** (Kaust University, Saudi Arabia) on “*Overview of Large Scale Solar Fuel Production: Requirements for Photocatalytic Materials Design from Nano to Kilo Scale*”, **M. Chambers** (UPMC, Paris, France) on “*Photocatalytic reduction of CO<sub>2</sub> in metal organic frameworks: a case study of Rh based catalysts*”, and **D. Hollmann** (University of Rostock, Germany) on “*Dead and Rebirth: Photocatalytic Hydrogen Production by a Self-Organizing Copper-Iron System*”.

In order to present briefly the content of this OGST issue, topics cover different areas presented in the different sessions such as the photocatalytic materials synthesis, or dedicated processes and technology for the production or solar fuels.

**R. Passalacqua, G. Centi and S. Perathoner** “*Solar Production of Fuels from Water and CO<sub>2</sub>: Perspectives and Opportunities for a Sustainable Use of Renewable Energy*” [1] give an overview on the economic aspects of energy demand, the current technological issues required to face an increase of the use of renewable energy, and the main drawbacks related to low efficiency of solar energy production processes, the new routes for producing renewable hydrogen and the biomimicking approach provided by artificial leaves. The critical role of nanoscale engineered processes for the development of efficient and cost-effective systems was also highlighted.

**E. Balantseva, B. Camino, A.M. Ferrari and G. Berlier** “*Effect of Post-Synthesis Treatments on the Properties of ZnS Nanoparticles: An Experimental and Computational Study*” [2] provide a comprehensive study on the effect of adsorbed residual reactants or particle size on electronic properties of ZnS particles.

**P.P.C. Udani and M. Rønning** “*Comparative Study on the Photocatalytic Hydrogen Production from Methanol over Cu-, Pd-, Co- and Au-Loaded TiO<sub>2</sub>*” [3] compare different metals supported on TiO<sub>2</sub> for the photoreforming of MeOH under UVC.

**S. Kawamura, N. Ahmed, G. Carja and Y. Izumi** “*Photocatalytic Conversion of Carbon Dioxide Using Zn–Cu–Ga Layered Double Hydroxides Assembled with Cu Phthalocyanine: Cu in Contact with Gaseous Reactant is Needed for Methanol Generation*” [4] investigate the properties of doped Layered Double Hydroxides (LDH) for the CO<sub>2</sub> reduction by H<sub>2</sub> under UV visible light.

**Y. Ogura, M. Yoshiba and Y. Izumi** “*Recyclable Photofuel Cell for Use of Acidic Water as a Medium*” [5] evaluate the PhotoFuel cell concept using water and light to produce electricity with internal circulation of O<sub>2</sub> from anode to cathode.

**J. Rongé, T. Bosserez, L. Huguenin, M. Dumortier, S. Haussener, J.A. Martens** “*Solar Hydrogen Reaching Maturity*” [6] investigate recent advances and prospects in solar hydrogen processes that are reaching market readiness. Future energy scenarios involving solar hydrogen are proposed and a case is made for systems producing hydrogen from water vapor present in air, supported by advanced modeling.

**T. Bosserez, J. Rongé, J. van Humbeeck, S. Haussener and J.A. Martens** “*Design of Compact Photoelectrochemical Cells for Water Splitting*” [7] present a study on the Solar driven water splitting performed by coupling electrolyzer with PhotoVoltaics (PV). Challenges and upgrading issues of the integration of both functions in a compact PhotoElectroChemical (PEC) cell are presented with perspective for future developments.

**V. Vaiano, G. Iervolino, G. Sarno, D. Sannino, L. Rizzo, J.J. Murcia Mesa, M.C. Hidalgo and J.A. Navio** “Simultaneous Production of  $CH_4$  and  $H_2$  from Photocatalytic Reforming of Glucose Aqueous Solution on Sulfated Pd-TiO<sub>2</sub> Catalysts” [8]. In this paper, the performance of a Pd-TiO<sub>2</sub> photocatalyst is investigated in the reforming of glucose contained in food waste water industry for the production of hydrogen and methane; particle size and pH effects are presented.

Far to cover the fascinating and extraordinary flourishing field of solar fuel research, this collection of selected papers provides a relevant outlook of the main research axis as well as a good and interesting reading we wish you.

## REFERENCES

- 1 Passalacqua R., Centi G., Perathoner S. (2015) Solar production of fuels from water and CO<sub>2</sub>: perspectives and opportunities for a sustainable use of renewable energy, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 799-815.
- 2 Balantseva E., Camino B., Ferrari A.M., Berlier G. (2015) Effect of post-synthesis treatments on the properties of ZnS nanoparticles: an experimental and computational study, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 817-829.
- 3 Udani C.P.P., Rønning M. (2015) Comparative study on the photocatalytic hydrogen production from methanol over Cu-, Pd-, Co- and Au-loaded TiO<sub>2</sub>, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 831-839.
- 4 Kawamura S., Ahmed N., Morikawa M., Mikami G., Carja G., Izumi Y. (2015) Photocatalytic conversion of carbon dioxide using Zn–Cu–Ga layered double hydroxides assembled with Cu phthalocyanine: Cu in contact with gaseous reactant is needed for methanol generation, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 841-852.
- 5 Ogura Y., Yoshida M., Izumi Y. (2015) Recyclable photofuel cell for use of acidic water as a medium, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 853-862.
- 6 Rongé J., Bosserez T., Huguenin L., Dumortier M., Haussener S., Martens J.A. (2015) Solar hydrogen reaching maturity, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 863-876.
- 7 Bosserez T., Rongé J., van Humbeeck J., Haussener S., Martens J.A. (2015) Design of compact photoelectrochemical cells for water splitting, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 877-889.
- 8 Vaiano V., Iervolino G., Sarno G., Sannino D., Rizzo L., Murcia Mesa J.J., Hidalgo M.C., Navio J.A. (2015) Simultaneous production of CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub> from photocatalytic reforming of glucose aqueous solution on sulfated Pd-TiO<sub>2</sub> catalysts, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 891-902.

# Éditorial

## RENCONTRES SCIENTIFIQUES D'IFP ENERGIES NOUVELLES PHOTO4E – PHOTOCATALYSE POUR L'ÉNERGIE 15-17 OCTOBRE 2014, SOLAIZE, FRANCE

M. Fontecave<sup>1</sup>, A. Fécant<sup>2</sup> and D. Uzio<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Collège de France, Laboratoire de Chimie des Processus Biologiques,  
11 Place Marcelin Berthelot, 75231 Paris 05 - France

<sup>2</sup> IFP Energies nouvelles, Rond-point de l'échangeur de Solaize, BP 3, 69360 Solaize - France

La production de carburants et d'énergie à partir de la lumière du soleil attire une attention considérable depuis de nombreuses années, compte tenu des défis actuels auxquels font face les domaines de la production d'énergie et du développement durable. En outre, les programmes de recherches en photocatalyse pour la production de carburants solaires sont maintenant florissants rendant ce domaine très prometteur pour l'avenir. Les voies les plus étudiées concernent la production d'hydrogène par photodissociation de l'eau, la production d'hydrocarbures valorisables (CH<sub>3</sub>OH, HCOOH, CH<sub>4</sub> par exemple) par réduction de CO<sub>2</sub> et la production d'électricité grâce aux cellules solaires à colorants (dites de « Graetzel » du nom de son inventeur).

Dans le cadre de ses Rencontres Scientifiques, *IFP Energies nouvelles (IFPEN)* a organisé une conférence internationale en Octobre 2014 intitulée « *La photocatalyse pour l'énergie (PHOTO4E)* » à Solaize près de Lyon (France), sous les auspices de l'Académie des Sciences. Les objectifs généraux de cette conférence étaient de partager les avancées dans ce domaine en favorisant les échanges entre les acteurs universitaires, ceux de la recherche appliquée et de l'industrie et d'évaluer leur potentiel pour relever les défis scientifiques dans le secteur de l'énergie et des carburants solaires.

Le programme scientifique, qui a été longuement discuté au cours de ces trois jours, a été structuré en quatre sessions:

- les matériaux photocatalytiques (session 1),
- les mécanismes réactionnels et la cinétique (session 2),
- la caractérisation, l'ingénierie et les procédés (session 3),
- les futures opportunités en photocatalyse pour l'énergie (session 4).

### **Session 1 Les matériaux photocatalytiques : concepts émergents en synthèse de semiconducteurs**

Les conférences « *keynotes* » ont été données par **R. Passalacqua** (Université de Messine, Italie) sur « *Production solaire de carburants à partir d'H<sub>2</sub>O et de CO<sub>2</sub> : perspectives et opportunités pour une utilisation durable de l'énergie renouvelable* » et **Y. Izumi** (Université de Chiba,

Japon) sur « *La conversion photocatalytique du CO<sub>2</sub> sur hydroxydes doubles lamellaires de type Zn-Cu-Al ou Ga : le Cu en contact avec le réactif gazeux est nécessaire pour la production de méthanol* ».

Dans le domaine des matériaux photocatalytiques, les principaux axes de recherches se répartissent selon : la modification des propriétés intrinsèques des semi-conducteurs, la recherche de nouvelles architectures ou structures composites générant des hétérojonctions particulières, ou encore l'utilisation de nouveaux complexes moléculaires utilisés comme photosensibilisateur. Parmi les phénomènes qui restent à optimiser et qui font l'objet de recherches intenses, on peut citer de manière non exhaustive : la collecte de la lumière et la génération des charges en nombre et potentiel optimisés, la séparation de ces mêmes charges photo-générées pour leur bonne utilisation (ex. : piégeage par un co-catalyseur, transport dans le semi-conducteur, optimisation des courbures de bandes et systèmes multi-jonctions, effet de morphologie), l'adsorption des réactifs via des propriétés de surfaces adaptées, ou encore la résonance plasmon de surface.

Cette session a été introduite par une revue sur les fuels solaires, avec en particulier une analyse technico-économique de la voie PhotoElectroCatalyse (PEC) pour la production d'hydrogène moléculaire (H<sub>2</sub>). Concernant les nouvelles formulations, destinées, soit à la photodissociation de l'eau, soit à la réduction du CO<sub>2</sub>, les solutions étudiées poursuivent des objectifs divers : la réduction de coût, l'amélioration des performances ou encore la substitution des composés toxiques utilisés actuellement.

## Session 2 Études des mécanismes réactionnels et aspects cinétiques

La *keynote* conférence a été donnée par **R. Su** (*iNano*, Danemark) sur « *Réactions photocatalytiques promues par design de nanoparticules de co-catalyseurs métalliques* ».

L'élucidation des mécanismes réactionnels et notamment l'identification de l'étape déterminant la vitesse essentielle à l'amélioration des procédés et systèmes photocatalytiques restent un challenge important étant donné la multitude d'étapes et d'intermédiaires réactionnels possibles, en incluant les processus électroniques (génération, transport/accumulation des charges). Le domaine de la photocatalyse connaît un fort développement des techniques de caractérisation notamment pour le suivi des phénomènes en fonctionnement (par exemple XPS *operando*, *Transient Absorption Spectroscopy* (TAS)) pour l'identification des mécanismes de production et de piégeage des électrons, l'observation d'espèces chimiques formées, la détermination de la durée de vie des excitons, etc. On notera aussi le recours à des calculs de modélisation moléculaire *ab-initio* pour rationaliser les phénomènes.

## Session 3 Techniques de caractérisation, ingénierie, procédés

Les présentations *keynotes* étaient de **M. Rioult** (CEA, Saclay) sur « *Structure de bande électronique d'hétérojonctions anodiques dédiées à la photolyse de l'eau* » et de **S. Kawasaki** (Université de Chiba, Japon) sur « *Influence d'un cocatalyseur Pt sur l'hydratation d'un photocatalyseur SrTiO<sub>3</sub> suivi par FM-AFM (Frequency Modulation-Atomic Force Microscopy)* ».

En lien avec la session précédente, parmi les diverses techniques rapportées à l'occasion des exposés figurent :

- la technique de RPES (*Resonance Photo Emission Spectroscopy*) qui, dans le cas d'une cellule photo-électrochimique destinée à la dissociation photocatalytique de l'eau par réaction d'OER (*Oxygen Evolution Reaction*), a permis d'accéder à la structure électronique des hétérojonctions de couches minces et de renseigner sur la présence de défauts favorisant une recombinaison non souhaitée des charges ;



- l'absorption *X operando*, utilisée pour suivre les modifications des propriétés électroniques et structurales d'un métal (Pt) supporté sur TiO<sub>2</sub>, et qui permet de mesurer l'augmentation de la densité électronique des orbitales *d* avec l'intensité lumineuse et la longueur d'onde ;
- la FM-AFM, technique *operando* en développement qui permet d'étudier l'adsorption de molécules sur une surface, et ainsi d'expliquer l'hydrophilicité d'une surface de TiO<sub>2</sub> induite par l'exposition aux UV.

Enfin, des systèmes et des mises en œuvre innovants ont été décrits, comme par exemple l'utilisation de l'interface entre deux électrolytes non miscibles, en tant que milieu favorable à la réalisation d'une réaction (photo)-électrochimique, de par l'homogénéité de sa surface, l'absence de défaut ou encore la séparation possible des réactifs et produits formés. Également, a été présenté un système combiné, intégrant un réacteur photocatalytique pour la production d'H<sub>2</sub> par déshydrogénation d'alcool et une pile à combustible PEMFC, dont le fonctionnement opérationnel a été démontré, en dépit d'une performance globale qui reste encore faible. Enfin, une cellule photochimique a été présentée, composée de deux compartiments séparés par une membrane conductrice de protons, et destinée à la production d'électricité par photolyse de l'eau sous irradiation UV.

#### Session 4 Futures opportunités en photocatalyse pour l'énergie

Les *Keynotes* conférences pour cette session plus prospective étaient données par **K. Takanabe** (Université Kaust, Arabie Saoudite) sur la « *Production de carburants solaires à grande échelle : les exigences pour la conception de matériaux photocatalytiques de l'échelle du nano au kilo* », **M. Chambers** (UPMC, France) sur la « *Réduction photocatalytique du CO<sub>2</sub> dans les MOF : une étude de catalyseurs à base de Rh* », et **D. Hollmann** (Université de Rostock, Allemagne) sur « *Mort et renaissance : production photocatalytique d'hydrogène par un système cuivre-fer auto-organisé* ».

Le contenu de ce numéro traite de sujets en lien étroit avec les sessions précédemment résumées et en particulier avec les matériaux photocatalytiques et les procédés et la technologie dédiée pour la production de carburants solaires.

**R. Passalacqua, G. Centi et S. Perathoner** « *Production solaire de carburants à partir de l'eau et de CO<sub>2</sub> : perspectives et opportunités pour une utilisation durable de l'énergie renouvelable* » [1] présentent un aperçu des aspects économiques liés à la demande d'énergie, les enjeux technologiques actuels nécessaires pour faire face à une augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables, et des principaux inconvénients liés à la faible efficacité des procédés solaires de production d'énergie, les nouvelles routes pour produire de l'hydrogène renouvelable et l'approche bio-mimétique proposée par les feuilles artificielles. Le rôle essentiel d'une ingénierie à l'échelle nanométrique des procédés pour le développement de systèmes efficaces et rentables est également souligné.

**E. Balantseva, B. Camino, A.M. Ferrari et G. Berlier** « *Effet des traitements après-synthèse sur les propriétés des nanoparticules de ZnS : une étude expérimentale et computationnelle* » [2] montrent une étude approfondie sur l'effet des réactifs résiduels adsorbés et de la taille des particules sur les propriétés électroniques de particules de ZnS.

**C. Udani et M. Rønning** « *Étude comparative de production d'hydrogène par photocatalyse à partir de méthanol et à l'aide de différentes phases actives (Cu, Pd, Co et Au) supportées sur TiO<sub>2</sub>* » [3] ont comparé différents métaux supportés sur TiO<sub>2</sub> pour le photoreformage de MeOH sous UVC.

**S. Kawamura, N. Ahmed, G. Carja et Y. Izumi** « *Conversion photocatalytique du dioxyde de carbone par des hydroxydes doubles lamellaires de Zn-Cu-Ga promus par la phthalocyanine de Cu : nécessité du contact entre le Cu et le réactif gazeux pour la synthèse du méthanol* » [4] ont étudié les propriétés des hydroxydes doubles lamellaires (*Hydroxide Double Layers*, HDL) dopées pour la réduction du CO<sub>2</sub> par H<sub>2</sub> sous UV visible.

**Y. Ogura, M. Yoshiba et Y. Izumi** « *Cellule photocombustible recyclable pour l'utilisation d'eau acide en tant que milieu* » [5] évaluent le concept de cellule photofuel utilisant de l'eau et la lumière pour produire de l'électricité avec une circulation interne d'O<sub>2</sub> de l'anode vers la cathode.

**J. Rongé, T. Bosserez, L. Huguenin, M. Dumortier, S. Haussener et J.A. Martens** « *L'hydrogène solaire arrive à maturité* » [6] montrent les progrès récents et les perspectives des procédés de synthèse d'hydrogène solaire. Des scénarios énergétiques futurs impliquant l'hydrogène sont proposés notamment un exemple de production d'hydrogène à partir de la vapeur d'eau présente dans l'air ambiant.

**T. Bosserez, J. Rongé, J. van Humbeeck, S. Haussener et J.A. Martens** « *Conception de cellules photoélectrochimiques compactes pour la décomposition de l'eau* » [7] présentent une étude sur la scission de l'eau réalisée en couplant un électrolyseur et une cellule PhotoVoltaïque (PV). Les défis et les enjeux liés à l'amélioration et l'intégration des deux fonctions dans une cellule PhotoElectroChimique (PEC) compacte sont discutés.

**V. Vaiano, G. Iervolino, G. Sarno, D. Sannino, L. Rizzo, J.J. Murcia Mesa, M.C. Hidalgo et J.A. Navio** « *Production simultanée de CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub> par reformage photocatalytique d'une solution aqueuse de glucose sur un catalyseur Pd-TiO<sub>2</sub> sulfaté* » [8]. Dans cet article, le rendement d'un photocatalyseur Pd-TiO<sub>2</sub> est étudié pour la réaction de reformage du glucose contenu dans les effluents industriels d'eau alimentaire pour la production d'hydrogène et de méthane, et également la taille des particules et des effets de pH sont présentés.

Enfin, loin de couvrir le domaine fascinant et en plein développement de la recherche sur les carburants solaires, ce recueil d'articles sélectionnés fournit un panorama des principaux axes de recherches dans le domaine ainsi qu'une bonne et intéressante base de lecture que nous vous souhaitons.

## REFERENCES

- 1 Passalacqua R., Centi G., Perathoner S. (2015) Solar production of fuels from water and CO<sub>2</sub>: perspectives and opportunities for a sustainable use of renewable energy, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 799-815.
- 2 Balantseva E., Camino B., Ferrari A.M., Berlier G. (2015) Effect of post-synthesis treatments on the properties of ZnS nanoparticles: an experimental and computational study, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 817-829.
- 3 Udani C.P.P., Rønning M. (2015) Comparative study on the photocatalytic hydrogen production from methanol over Cu-, Pd-, Co- and Au-loaded TiO<sub>2</sub>, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 831-839.
- 4 Kawamura S., Ahmed N., Morikawa M., Mikami G., Carja G., Izumi Y. (2015) Photocatalytic conversion of carbon dioxide using Zn-Cu-Ga layered double hydroxides assembled with Cu phthalocyanine: Cu in contact with gaseous reactant is needed for methanol generation, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 841-852.
- 5 Ogura Y., Yoshiba M., Izumi Y. (2015) Recyclable photofuel cell for use of acidic water as a medium, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 853-862.
- 6 Rongé J., Bosserez T., Huguenin L., Dumortier M., Haussener S., Martens J.A. (2015) Solar hydrogen reaching maturity, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 863-876.
- 7 Bosserez T., Rongé J., van Humbeeck J., Haussener S., Martens J.A. (2015) Design of compact photoelectrochemical cells for water splitting, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 877-889.
- 8 Vaiano V., Iervolino G., Sarno G., Sannino D., Rizzo L., Murcia Mesa J.J., Hidalgo M.C., Navio J.A. (2015) Simultaneous production of CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub> from photocatalytic reforming of glucose aqueous solution on sulfated Pd-TiO<sub>2</sub> catalysts, *Oil Gas Sci. Technol.* **70**, 5, 891-902.