

Production d'hydrogène par photo-électrolyse de l'eau bio-inspirée

Muriel MATHERON

Dans le cadre du développement des nouvelles technologies pour l'énergie, l'utilisation de l'hydrogène est souvent mise en avant car l'oxydation de ce gaz dans une pile à combustible permet de générer de l'électricité en ne rejetant que de l'eau dans l'atmosphère. Cependant, un des grands défis à relever pour mettre en place les technologies de l'hydrogène réside dans le développement des procédés de production d'hydrogène à partir de ressources renouvelables. Les procédés actuels utilisent en effet majoritairement les énergies fossiles.

La solution la plus attrayante consiste à réaliser la décomposition de l'eau en utilisant l'énergie solaire. Le principe en a été démontré en 1972 par Fujishima et Honda. Depuis, la plupart des systèmes développés utilisent le platine comme catalyseur de production d'hydrogène. Or, la production minière de ce métal rare et extrêmement coûteux est actuellement destinée en grande majorité au secteur des pots catalytiques et piles à combustible, en pleine croissance, si bien qu'il n'est pas envisageable d'utiliser le platine pour mettre en place un procédé de production de l'hydrogène de façon durable.

Des recherches effectuées au Laboratoire de Chimie et Biologie des Métaux (LCBM) depuis 2001 ont permis d'accéder à des systèmes moléculaires bio-inspirés sans métaux nobles, et catalysant la production d'hydrogène avec des efficacités proches de celle du platine. La photoproduction d'hydrogène a également pu être démontrée en couplant les catalyseurs à des photosensibilisateurs. L'efficacité de ces (photo)catalyseurs moléculaires ayant été mise en évidence en solution, il reste à intégrer ceux-ci dans une cellule de photo-électrolyse de l'eau afin d'obtenir un démonstrateur. C'est l'objectif du projet Carnot « pH₂oton ». Plusieurs entités du CEA sont engagées dans ce projet pluridisciplinaire : le LCBM, l'IRAMIS, le LITEN et le LETI.

Pour obtenir le démonstrateur, l'une des étapes clés est l'immobilisation des catalyseurs moléculaires sur les électrodes. Cela nécessite un travail de synthèse d'agents de couplage, permettant aux catalyseurs d'être greffés, et la mise au point d'un procédé d'immobilisation des catalyseurs sur les surfaces. Le LETI, comme l'IRAMIS, intervient dans ce projet sur ces deux aspects. Le LETI apporte ses connaissances en synthèse organique et fonctionnalisation de surfaces via sa plateforme chimie. Le LETI sera également impliqué au moment de la réalisation du démonstrateur, en fournissant des électrodes fonctionnalisées.

Ce projet Carnot permet au LETI d'élargir ses connaissances sur les procédés de fonctionnalisation, en travaillant sur de nouveaux substrats comme l'ITO ou le TiO₂ et en synthétisant des agents de couplage adaptés à ces surfaces.

¹ Numéro spécial « Toward a Hydrogen Economy » Science 2004 vol 305, 5686, 901.

² « Hydrogen lifts off – with a heavy load » P. Grant Nature 2003, 424, 129.

³ « Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode » A. Fujishima, K. Honda Nature 1972, 238, 37.

⁴ « Proton electroreduction catalyzed by cobaloximes: functional models for hydrogenases » M. Razzavet, V. Artero and M. Fontecave Inorg. Chem. 2005, 44, 13, 4786.

⁵ « Cobaloxime-based photocatalytic devices for hydrogen production » A. Fhri, V. Artero, M. Razzavet, C. Baffert, W. Leibl and M. Fontecave Angew. Chem. Int. Ed. 2008, 47, 564.