



## Synthèse des photo-anodes en solution aqueuse

**Spécialité** Physique des matériaux

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil**

**Candidature avant le** 27/04/2017

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [STANESCU Dana](#)

+33 1 69 08 50 77

[dana.stanescu@cea.fr](mailto:dana.stanescu@cea.fr)

**Autre lien**

[http://iramis.cea.fr/spec/Phoce/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_ss\\_technique.php?id\\_ast=2550](http://iramis.cea.fr/spec/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast_ss_technique.php?id_ast=2550)

## Résumé

Des photo-anodes dédiées à la photo-électrolyse de l'eau seront réalisées par croissance chimique en milieu aqueux (ACG – Aqueous Chemical Growth). La morphologie, la structure et la composition chimique seront caractérisés par microscopie à force atomique – AFM, microscopie électronique à balayage – MEB, spectroscopie de rayons X – XPS et microscopie en transmission des rayons X – STXM. L'efficacité des photo-anodes pour la production d'hydrogène par dissociation de l'eau sera mesurée sur le banc de mesure de photo-électrolyse installé au SPEC.

## Sujet détaillé

Depuis quelques années une partie de l'activité scientifique du groupe oxyde de SPEC a été dédiée à l'étude des photo-anodes « modèles » dans le cadre de la photo-électrolyse de l'eau. La photo-électrolyse de l'eau vise la production directe d'hydrogène, à partir d'eau, en utilisant l'énergie solaire qui reste la source d'énergie renouvelable la plus abondante. Cela nous a permis d'étudier, d'un point de vue fondamental, quels sont les paramètres importants qui influent sur les performances des photo-anodes pour dissocier l'eau. Ainsi, suite aux études des systèmes modèles comme  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hématite) dopé Ti, ou BaTiO<sub>3</sub>, nous avons démontré que des paramètres comme l'épaisseur du film et le dopage [1], la nano-structuration [2], les lacunes en oxygène [3] et la polarisation électrique dans la couche ferroélectrique de BaTiO<sub>3</sub> [4] ont un rôle essentiel pour les performances des photo-anodes pour la production d'hydrogène.

Aujourd'hui nous développons une nouvelle approche pour élaborer des photo-anodes par une méthode moins contraignante, plus versatile et transposable dans un processus technologique viable : la déposition en solution aqueuse par activation thermique [5]. Pour notre équipe il s'agit d'une nouvelle technique d'élaboration des couches d'oxydes, qui nous permettra de réaliser des photo-électrodes plus performantes tout en s'appuyant sur les acquis résultants de l'étude d'électrodes modèles.

Dans le cadre de ce stage (M1 ou M2) nous proposons, dans un premier temps, de déposer des couches d'hématites

---

non-dopées et dopées Ti par croissance chimique dans des mélanges acides avec pH variable entre 1 et 5, utilisant comme précurseurs FeCl<sub>3</sub> et TiCl<sub>3</sub>. Ces dépôts seront réalisés sur des substrats en verre couverts avec une couche conductrice de FTO (Fluorine-doped Tin Oxide) et sur des membranes en SiN (pour les études de microscopie en transmission, STXM). En variant les paramètres de dépôt (concentration précurseurs, éléments dopants, température, temps du dépôt, etc.) nous pouvons obtenir une multitude de structures morphologiques et cristallographiques allant des couches continues à des nano-fils ou des nanostructures à dimension variable, cristallines ou amorphes [5]. Une attention particulière sera portée à la synthèse de films présentant des nanostructures (exemple : nano-fils).

Dans un deuxième temps nous allons caractériser la morphologie et la composition chimique des dépôts par microscopie à force atomique – AFM, microscopie électronique à balayage – MEB, spectroscopie de rayons X – XPS et microscopie en transmission des rayons X – STXM. Cette dernière expérience s'appuiera sur des collaborations existantes entre le laboratoire SPEC / LNO et le synchrotron SOLEIL, ligne HERMES. Dans ce sens une demande de temps de faisceau a été soumise lors du dernier appel à projets, le 15 septembre 2016, pour une campagne de mesures qui pourra avoir lieu entre mars et juillet 2017. Des mesures macroscopiques du photo-courant, paramètre témoin de la production de l'hydrogène par photo-électrolyse, et de spectroscopie d'impédance pour caractériser l'interface photo-anode / électrolyte (équivalente à un circuit parallèle RC) vont venir compléter la caractérisation des photo-anodes.

[1] M. Rioult, et al., J. Phys. Chem. C, 118(6), 3007 (2014)

[2] M. Rioult et al., Surface Science, 641, 310 (2015)

[3] M. Rioult et al., J. Phys. Chem. C, 120(14), 7482 (2016)

[4] M. Rioult et al., Appl. Phys. Lett., 107, 103901 (2015)

[5] L. Vayssieres, International Journal of Nanotechnology 1 (2004) 1; S. Shen, Sci. Rep. 4, 6627 (2014); J. Y. Kim, Sci. Rep. 3, 2681 (2013); L. Vayssieres, Chem. Mater. 13 (2001) 233

## **Mots clés**

photo-catalyse; photo-anodes; depot oxydes par voie chimique; microscopie champ proche; microscopie en transmission de rayons X;

## **Compétences**

croissance des oxydes en solution aqueuse ; spectroscopie de rayons X – XPS; microscopie à force atomique – AFM; microscopie électronique à balayage – MEB; microscopie en transmission des rayons X – STXM

## **Logiciels**

---

**Summary**

**Full description**

**Keywords**

**Skills**

**Softwares**