

Synthesis of nanocomposite photocatalyst films by magnetron sputtering assisted by aerosols

Thesis director: Ass. Prof. P. Briois, *tel: +33 3 84 58 37 01, e-mail: pascal.briois@utbm.fr*

Thesis co-director: Pr. N. Martin, *tel: +33 3 63 08 24 31, e-mail: nicolas.martin@femto-st.fr*

Thesis co-supervisor: Dr. E. Aubry, *tel: +33 3 84 58 37 21, e-mail : eric.aubry@utbm.fr*

Thesis co-supervisor: Dr. O. Sublemontier, *tel: +33 1 69 08 77 91, e-mail : olivier.sublemontier@cea.fr*

CONTEXT:

In the frame of the collaboration between the CEA in Saclay and the FEMTO-ST laboratory in Besançon, a unique process for the synthesis of nanocomposite films have been developed. The films are in the form of nanoparticles uniformly embedded in a host matrix of a different material. The process is based on the association of magnetron sputtering with nano-aerosol jets. Both techniques have been implemented in a unique prototype that allows a independent control of the size and nature of the nanoparticles, defined by the aerosols, and the properties of the host matrix that are controlled by the sputtering process parameters. In consequence, the process is theoretically generic, as any kind of nanoparticles could virtually be embedded in any kind of matrix. The first experiments have shown a highly porous character of some nanocomposite films. The objectives of the thesis consist in the evaluation of the potentialities of this unique technique and in the exploitation of its ability to synthesize nanocomposite photocatalyst films with high specific surface areas. Photocatalysis is a growing field of research since the end of the last century and is involved in crucial societal issues connected to energy, environment and health. For example, chemical reactions are made possible by using only free solar energy to degrade pollutant molecules adsorbed on the surface of the catalyst film, for which the active surface area is a key point.

THESIS WORK:

The doctoral works will consist in the elaboration of nanocomposite films based on matrix such as TiO₂, ZnO or BiVO₄ recognized for their photocatalytic activity in UV or visible light respectively. As a reference, gold nanoparticles will be firstly introduced as a surface-plasmon-induced enhancer. Then, based on relevant bibliography, other types of nanoparticles will be tested. First, the characterization will be focused on the measure of the specific surface area of the film (AFM or other techniques). Second, microstructure and optical properties of the films will be investigated. Furthermore, these analyses could be completed by means of computational simulation (optic and X-ray diffraction) to determine the phase proportion. Finally, the determination of the photocatalytic activity will be determined by following the degradation kinetics of a dye. The thesis works will take place mainly on the SURFACE platform of FEMTO-ST in Montbéliard. Travels and stays to CEA Saclay will be organized. The doctoral scholarship is granted by the French ministry of Education (~ 1500 €/month net).

SKILLS:

- High knowledge in chemistry, physic and material science
- Strong taste for experimental work
- Inclination for the numerical techniques for the use of simulation software

REFERENCES:

- [1]. *F 1850 744* : O. Sublemontier, Y. Rousseau, C. Petit, J-P. Gaston, P. Briois, A. Billard, Nanocomposite films on large surface areas (2018).
- [2]. M. Horakova, N. Martin, E. Aubry, P. Spatenka, *Catal. Lett.* 132 (2009) 244.

Synthèse de revêtements nanocomposites photocatalytiques par pulvérisation cathodique assisté par jet d'aérosol

Directeur de thèse : Dr., HDR P. Briois, tel: +33 3 84 58 37 01, e-mail: pascal.briois@utbm.fr

Co-directeur de thèse : Pr. N. Martin, tel: +33 3 63 08 24 31, e-mail: nicolas.martin@femto-st.fr

Co-encadrant: Dr. E. Aubry, tel: +33 3 84 58 37 21, e-mail : eric.aubry@utbm.fr

Co-encadrant: Dr. O. Sublemontier, tel: +33 1 69 08 77 91, e-mail : olivier.sublemontier@cea.fr

CONTEXTE :

Dans le cadre d'une collaboration entre le CEA et le laboratoire FEMTO-ST de Besançon, un procédé unique de synthèse de films nanocomposites a été développé. Les films se présentent sous la forme de nanoparticules enrobées d'une matrice hôte d'un matériau différent. Le procédé est basé sur l'association de la pulvérisation cathodique magnétron et d'un jet de nanoaérosols. L'association des deux techniques autorise un contrôle de la taille et de la nature des particules définies par l'aérosol, indépendamment des paramètres de pulvérisation liés à la formation de la matrice hôte. En conséquence, le procédé est théoriquement générique, puisqu'il permet d'associer virtuellement toute sorte de nanoparticules avec toute sorte de matrice. Les premiers dépôts ont montré une tendance à la formation de porosités. Les objectifs de la thèse consistent en l'évaluation des potentialités de cette technique et en son exploitation en vue de synthétiser des films nanocomposites à propriétés photocatalytiques ayant une surface spécifique élevée. La photocatalyse est un thème de recherche qui a émergé à la fin du siècle dernier et qui connaît un intérêt croissant pour des sujets d'importance sociétale liés à l'énergie, l'environnement et la santé. Par exemple, des réactions chimiques sont rendus possibles en utilisant l'énergie solaire pour dégrader des molécules polluantes adsorbées à la surface de film catalyseur, pour lequel la surface active est un point critique.

TRAVAUX DE THESE :

Les travaux doctoraux consisteront à synthétiser ses films nanocomposites ayant pour matrice TiO_2 , ZnO ou BiVO_4 reconnus pour leur activité dans l'ultra-violet et le visible respectivement. Dans un 1^{er} temps, des nanoparticules d'or seront introduites (référence). Puis, basé sur une recherche bibliographique pertinente, d'autres types de nanoparticules pourront être testées. La caractérisation des films se focalisera, dans un 1^{er} temps, sur la détermination de la surface réelle par AFM voire d'autres techniques. Les propriétés microstructurales et optiques pourront être analysées par spectrophotométrie, et diffraction des rayons X et complétées au moyen de logiciels de simulation, pour déterminer la proportion de phase. Finalement, l'activité photocatalytique sera estimée en suivant la cinétique de dégradation de colorants. La plupart des travaux seront effectués au sein de la plate-forme SURFACE de FEMTO-ST à Montbéliard. Des séjours au CEA à Saclay seront également à prévoir. Le financement de la thèse est assuré par une bourse ministérielle (~ 1500 €/mois net).

COMPETENCES :

- Fortes connaissances en chimie, physique et science des matériaux
- Goût pour le travail expérimental
- Attrait pour la simulation

REFERENCES:

- [1]. *F 1850 744* : O. Sublemontier, Y. Rousseau, C. Petit, J-P. Gaston, P. Briois, A. Billard, Production de revêtements nanostructurés sur de grandes surfaces (2018).
- [2]. M. Horakova, N. Martin, E. Aubry, P. Spatenka, Catal. Lett. 132 (2009) 244