

## AVIS DE SOUTENANCE

Monsieur Naguy MOUSSA

Présentera ses travaux en soutenance

Le *vendredi 12 décembre 2025* à 10h00

Lieu : UTBM, rue de Leupe, 90400 Sevenans, Bâtiment Pont

Salle : P228

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat de Matériaux

Titre des travaux : Contribution au développement de capteurs d'hydrogène à base d'oxydes métalliques semi-conducteurs par projection plasma de solution : détection de fuites d'hydrogène dans l'air et quantification en milieu anoxique

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 33

Unité de recherche : Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne

Directeur de thèse : Hanlin LIAO

Codirecteur de thèse : Sophie COSTIL ☒ HDR ☐ NON HDR

Soutenance : ☒ Publique ☐ A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Hanlin LIAO	Professeur émérite	Université de Technologie Belfort-Montbéliard	Directeur de thèse
M. Eric IMPELLIZZERI	Ingénieur	General Electric Vernova - GEEPF	Co-encadrant de thèse
Mme Sophie COSTIL	Professeur des universités	Université de Technologie Belfort-Montbéliard	Co-directrice de thèse
Vincent GUIPONT	Chargé de recherche	MINES Paristech	Rapporteur
Marc DEBLIQUY	Professeur	Université de Mons	Rapporteur
Mustapha JOUIAD	Professeur des universités	Université de Picardie Jules Verne	Examineur

## Résumé de la thèse (en français) :

Ces dernières années, les besoins en matière de détection et d'analyse de gaz, notamment de l'hydrogène, ont considérablement augmenté. Cet intérêt accru est essentiellement dû à l'attention croissante portée à l'environnement, à la sécurité et au contrôle des procédés. Les capteurs chimiques ont fait l'objet d'une activité intense en recherche et développement. Il en existe plusieurs familles qui se distinguent par le type de couche sensible et le principe de transduction. Parmi tous les types de capteurs de gaz, ceux à base de semi-conducteurs présentent des avantages considérables. Les capteurs d'hydrogène à semi-conducteurs qui sont les plus utilisés actuellement sont à base de semi-conducteurs à oxyde métallique (« MOS »). Cependant, il reste encore un certain nombre de problèmes à résoudre avant que les capteurs d'hydrogène à MOS ne soient largement utilisés. En effet, les capteurs de gaz doivent être dotés de bonnes propriétés analytiques. Par ailleurs, même pour un gaz réputé simple comme H<sub>2</sub>, il n'est pas courant qu'un matériau de détection du type MOS possède à la fois une bonne sensibilité, une bonne linéarité et une bonne sélectivité. Par conséquent, un défi important consiste à concevoir des capteurs présentant à la fois une sensibilité acceptable, un bref temps de réponse à des températures proches de l'ambiante, une bonne stabilité de la réponse et une bonne sélectivité pour le gaz cible. Pour améliorer les performances de détection dans ces conditions, la capacité de synthétiser des MOS possédant des morphologies particulières et reproductibles expérimentalement, représente un enjeu crucial. Comme le démontrent de nombreuses études, il est bien connu que pour augmenter la sensibilité, la structure du revêtement doit être contrôlée à l'échelle nanométrique en assurant notamment une surface spécifique élevée et une faible énergie de bande interdite. Il a alors été clairement montré que la projection thermique de précurseurs en solution (SPTS) est un moyen rapide et facile de déposer des films d'oxyde métallique finement structurés à partir de simples précurseurs chimiques projetés à partir d'une solution. Cette thèse a donc pour objectif de contribuer à l'élaboration par projection plasma de dépôts nanostructurés aptes à constituer les éléments sensibles de capteurs d'hydrogène et à développer de bonnes performances métrologiques tout en assurant une fabrication à la fois rapide et à coût modéré, par conséquent susceptible d'industrialisation.

## Résumé de la thèse (en anglais) :

In recent years, the need for gas detection and analysis, particularly of hydrogen, has increased significantly. This increased interest is mainly due to the growing focus on the environment, safety and process control. Chemical sensors have been the subject of intense research and development activity. There are several families of chemical sensors that differ in the type of sensitive layer and the transduction principle. Of all the types of gas sensors, those based on semiconductors have considerable advantages. The most widely used semiconductor hydrogen sensors today are based on metal oxide semiconductors ('MOS'). However, there are still a number of issues to be resolved before MOS hydrogen sensors are widely used. Gas sensors need to have good analytical properties. Furthermore, even for a gas that is considered simple such as H<sub>2</sub>, it is not common for a MOS-type sensing material to have good sensitivity, linearity and selectivity at the same time. Therefore, a major challenge is to design sensors with acceptable sensitivity, short response time at near ambient temperatures, good response stability and good selectivity for the target gas. To improve the sensing performance under these conditions, the ability to synthesise MOS with specific and experimentally reproducible morphologies is a crucial issue. As demonstrated by numerous studies, it is well known that in order to increase sensitivity, the coating structure must be controlled at the nanoscale by ensuring a high specific surface area and low band gap energy. It was then clearly shown that thermal solution spraying of precursors (TSPS) is a fast and easy way to deposit finely structured metal oxide films from simple chemical precursors sprayed from a solution. This thesis therefore aims to contribute to elaboration of nanostructured deposits by plasma spraying, capable of constituting the sensitive elements of hydrogen sensors and to develop good metrological performances while ensuring a fabrication that is both fast and at moderate cost, and therefore susceptible to industrialization.