

## **Développement des revêtements barrières à l'hydrogène élaborés par des technologies de dépôt en phase vapeur**

### **Contexte :**

Les matériaux avancés, sous forme de revêtements, se développent de plus en plus pour répondre aux besoins sociaux, économiques et environnementaux. L'hydrogène peut être produit à partir de diverses sources d'énergies renouvelables et ne dégage pas de CO<sub>2</sub>. Il pourrait constituer par exemple une alternative aux carburants d'origine fossile. Son développement se heurte cependant à des défis scientifiques, technologiques et économiques majeurs. Notamment, l'hydrogène, étant de petite taille, il pénètre dans les sites cristallins de matériaux métalliques et diminue leur durée de vie.

Malgré les nombreux revêtements étudiés ces dernières années, les données bibliographiques restent faibles sur les revêtements architecturés déposés par PVD (Physical Vapour Deposition), par exemple de type multicouches, étudiés dans des conditions réelles de service sous hydrogène. Dans ce sens-là, l'étude de développement de revêtements barrières à hydrogène revêt un caractère original et confirme un fort potentiel et une grande motivation pour la recherche.

### **Objectifs :**

Développer des revêtements de quelques micromètres d'épaisseur (3-7  $\mu\text{m}$ ) pour protéger les métaux et les alliages faisant face au problème de fragilisation par l'hydrogène utilisés dans différents secteurs industriels. L'amélioration de la résistance de revêtements aux conditions environnementales, barrières à l'hydrogène et résistants à la corrosion, présente un immense potentiel scientifique et économique dans le secteur d'énergie.

### **Méthodologie :**

La méthodologie d'étude s'appuie sur une approche multi-échelle permettant de corréliser l'état microstructural du revêtement et les propriétés résultantes. L'étude expérimentale sera réalisée en utilisant des éprouvettes de référence (substrats en acier) et revêtues. Les paramètres qui pourraient influencer la résistance des revêtements à la pénétration de l'hydrogène seront étudiés. Ils peuvent être classés en deux catégories : Paramètres du film (épaisseur, composition chimique, microstructure, présence de défauts, etc.) et conditions du chargement en hydrogène (temps, température, type de sollicitation mécanique, etc.). Le projet s'articule autour de plusieurs tâches :

- 1- Elaboration des revêtements métalliques et céramiques par des technologies de dépôt en phase vapeur. Dans ce projet, des couches minces seront élaborées par pulvérisation cathodique magnétron PVD et/ou CVD. Les revêtements déposés par ces techniques sont essentiellement denses menant à la réduction de la quantité d'humidité ou de gaz qui peut pénétrer à travers le film.
- 2- Quantifier l'hydrogène absorbé dans les éprouvettes de référence et revêtues par deux méthodes : l'électrolyse de l'eau et la technique d'analyse électrochimique.
- 3- Caractérisations des revêtements : Il s'agit des caractérisations cristallographiques (Diffraction des rayons X, microscopie électronique en transmission), morphologique

(microscopie électronique à balayage), chimiques (EDS, XPS) et mécaniques (nanoindentation, test d'usure pion-plan).

4- Etudier l'effet du chargement statique et dynamique en hydrogène sur le comportement du matériau ainsi que sur sa durée de vie (essais de traction et de fatigue sous hydrogène).

5- Interpréter les faciès de rupture, la propagation de fissures, le mécanisme d'endommagement, l'indice de fragilisation et la dangerosité de défauts.

**Profil souhaité de candidat(e) :**

Etudiant(e) Master 2 ou Ingénieur niveau Bac +5 en matériaux et/ ou traitement de surface ou autre spécialité proche.

Intérêt pour le travail expérimental.

Excellente communication, rigueur et bonne autonomie.

Capacité à travailler en équipe.

**Lieu de thèse :**

Université de Technologie de Troyes – Antenne de Nogent 52800.

**Partenariat :**

LaBPS de l'Université de Lorraine et LaSIE de l'Université de la Rochelle.

**Contact :**

Dr. Akram Alhussein

[akram.alhussein@utt.fr](mailto:akram.alhussein@utt.fr)

Tél. : +33 3 51 59 11 74

Pôle Technologique – UTT  
Rue Lavoisier – 52800 Nogent  
France