

# Formation Spécialisée MASTERE DMS Design des Matériaux et des Structures

## OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2022/2023

### Encadrement

---

Jacques Besson, Thilo Morgeneyer, Yazid Madi et Francesco Delloro (Mines Paris), Emmanuelle Schoener et Thibaut De Terris (EDF)

### Titre

---

**Essais mécaniques sur mini-traction ou mini-charpy prélevées dans des revêtements déposés par cold spray**

### Contexte

---

Ce sujet sera réalisé dans le cadre de la Chaire industrielle ANR « MESSIAH » (Mini-Eprouvettes pour le Suivi en Service des structures avec Application au transport d'Hydrogène) en partenariat avec Air liquide (AL), RICE GRTgaz, EDF R&D, Mannesmann Precision Tubes France SAS (MPTFR) et Transvalor.

Le programme MESSIAH propose d'utiliser des mini-éprouvettes usinées dans des coupons extraits des installations pour évaluer et suivre la ténacité en service. Ces coupons *in situ* seront en effet de petite taille (épaisseur : 1-3 mm, surfaces : quelques cm<sup>2</sup>).

Le procédé Cold Spray permet de fabriquer un dépôt métallique sur un substrat par projection de particules à des vitesses supersoniques. Les particules sont accélérées, jusqu'à des vitesses allant de 300 à 1500 m.s<sup>-1</sup>, par un gaz porteur (N<sub>2</sub>, He ou air) comprimé (50 bar max) et chauffé (1100 °C max). Lors de l'impact, les particules se déforment plastiquement et adhèrent au substrat sous la forme d'un dépôt dense et cohésif de quelques millimètres.

Le procédé Cold Spray fait partie des procédés identifiés pour répondre aux besoins de réparation de certains composants du parc de production nucléaire d'EDF, notamment ceux en aciers austénitiques (304L / 316L). Pour cela une thèse a déjà été conduite entre 2019 et 2022 afin de comparer des conditions de fabrication de dépôts d'acier inox 316L, ainsi que des traitements thermiques de parachèvement sur les propriétés métallurgiques des dépôts.

### Objectif et travail proposé

---

Sur la base des travaux déjà effectués lors de cette thèse, l'objectif de ce stage est d'étudier l'impact des paramètres de projection de poudre de 316L par le procédé Cold Spray sur les propriétés mécaniques du dépôt tels que :

- Les paramètres « pistolet » : température, nature du gaz porteur, et pression ;
- Les paramètres de la poudre : composition chimique, granulométrie
- Les traitements thermiques de parachèvement (durée / température / cinétiques).

Pour ce faire, des éprouvettes mini-traction et mini-Charpy seront prélevées dans des revêtements réalisés par Cold Spray et seront testées mécaniquement. A travers ce stage, l'étude et le développement des mini-éprouvettes visera à permettre le suivi en service des structures et la transférabilité des résultats obtenus sur mini-éprouvettes à des éprouvettes standard ou des structures entre autres via la modélisation.

Le stagiaire assistera et participera aux projections par Cold Spray sur l'installation du département MMC du site d'EDF R&D des Renardières, et effectuera les caractérisations mécaniques avec les équipes des laboratoires associées. Il réalisera les expertises métallurgiques après essais mécanique et projection par des techniques de métallographie usuelles (microscopie optique, microscopie électronique, dureté).

La première partie du stage se concentrera sur des projections réalisées à partir de deux poudres de compositions chimiques différentes disponibles chez Ampère Alloys : une avec un taux de Si standard (0.75%) et une avec un taux plus faible (0.38%). L'impact de la granulométrie sera également étudié par tamisage des poudres. Enfin, l'effet des traitements thermiques sera investigué par le stagiaire afin de définir quelles conditions permettent de retrouver des propriétés de dépôts équivalentes à un acier inox 316L conventionnel....

### **Compétences et profil demandé**

---

Capacité d'analyse et de synthèse, de la rigueur de l'autonomie et une grande force de proposition. De bonnes connaissances en mécanique avec un attrait pour le travail expérimental et la simulation numérique. Qualités personnelles démontrant l'aptitude à travailler en équipe.

Chaire ANR « **MESSIAH** ». <https://messiah.minesparis.psl.eu/>