

Projet	PROFI2
Laboratoire	FRCM : Fabrication & Réparation des Composants Métalliques
Objet de la fiche	Proposition de sujet d'alternance 2025-2027

## Objet : Optimisation des conditions de projection pour la réalisation de revêtements en 316L par cold spray

Ce document sert de support à la définition d'un sujet de stage dans le cadre du projet PROF I 2.

### 1 Contexte

L'alternance proposée s'effectuera au sein d'EDF R&D sur le site d'EDF Lab Les Renardières (77), dans le département Matériaux et Mécanique des Composants (MMC), dont la mission est de conduire les investigations nécessaires pour répondre aux exigences de sûreté, de fiabilité et de productivité des installations industrielles, dans les domaines des matériaux et de la thermomécanique. Le sujet proposé s'inscrit dans un projet dédié aux procédés de fabrication innovants et concernera particulièrement le procédé cold spray disponible dans le laboratoire FRCM (Fabrication et Réparation des Composants Métalliques).

Le procédé de projection dynamique par gaz froids, cold spray, est un procédé de projection thermique relativement récent (breveté au début des années 1990, premiers équipements industriels dans les années 2000) qui connaît un succès grandissant, de par sa relative facilité de mise en œuvre et son caractère « froid ». Le principe de ce procédé repose sur l'accélération de particules de poudre métallique par un gaz porteur (typiquement N<sub>2</sub>, He) à travers une tuyère de Laval pour porter et projeter ces particules de poudre à une vitesse très largement supersonique. A l'impact, la conversion de l'énergie cinétique en déformation plastique, amorçant des phénomènes de fusion très locale et recristallisation dynamique lors de l'impact, est le fondement de la construction de dépôts denses et cohésifs sur diverses natures de substrats métalliques ou non. Ces dépôts ainsi formés peuvent, par exemple, servir de réparation de surface.

Lorsque les conditions de projection sont maîtrisées, il est possible de former des revêtements adhérents présentant une bonne qualité métallurgique (absence de fissures et de pores). En revanche, lorsque les conditions ne sont pas optimisées, les dépôts formés peuvent présenter des défauts conduisant à de mauvaises propriétés des revêtements.

### 2 Sujet proposé

Dans le but de pouvoir réaliser des revêtements dont la qualité répond à différentes exigences (adhérence, étanchéité, tenue en service, ...) il est nécessaire de connaître l'effet des paramètres de projection sur les dépôts réalisés. L'alternant aura donc pour objectif de réaliser des projections d'acier inoxydable austénitique 316L en faisant varier les paramètres du procédé, afin de mettre au point des jeux de paramètres optimisés pour la projection de cette matière.

Les paramètres à étudier sont nombreux : nature de la poudre (granulométrie, morphologie, etc.), nature du gaz, pression, température, vitesse de déplacement de la buse, stratégie de scan, distance de projection, débit de matière, type de préparation de surface, etc...

Après la projection de revêtements permettant de conclure sur l'effet de chaque paramètre, différents revêtements seront réalisés avec des conditions dites « optimales » afin de caractériser plus finement le comportement des dépôts optimisés. Ces caractérisations seront de différents ordres : métallurgiques (microscopie optique et électronique), contraintes résiduelles (DRX), corrosion, mécanique (mini-éprouvettes), ...

L'alternant aura pour mission dans un premier temps de mettre au point les plans d'expériences des projections à réaliser en ce basant sur la bibliographie et sur les études passées d'EDF R&D. Une fois les projections préliminaires réalisées, il sera en charge de caractériser la matière élaborée et de tirer des conclusions des résultats obtenus afin d'orienter les étapes d'optimisation des paramètres. En parallèle, il aura pour objectif de développer un programme permettant de tracer des cartographies de paramètres permettant de définir les domaines de projections optimisés pour différents critères recherchés (densité, dureté, épaisseur, etc.).

### 3 Compétences recherchées

- Formation en science des matériaux, métallurgie avec un fort intérêt pour les essais expérimentaux et l'observation ;
- Connaissances en métallurgie des aciers ;
- Une connaissance en programmation (type Python) serait un plus.

Du fait du caractère expérimental du projet, il est nécessaire que l'alternant soit capable de respecter attentivement les règles de sécurité.

L'alternant devra également faire preuve de rigueur, d'autonomie, d'esprit de synthèse et de qualités personnelles démontrant son aptitude à travailler en équipe.

### 4 Cadre de l'étude

Un encadrement T27 est proposé : E. Schoener & T. Girard essentiellement, et une supervision de T. De Terris.

L'alternant sera en contact régulier avec les techniciens du laboratoire d'expertises métallurgiques (découpe, polissage, microscopie optique, dureté) et de microscopie (DRX, éventuellement MEB, découpe). Il sera formé sur toutes ces différentes techniques.

Une durée de 2 ans est à prévoir pour cette alternance.