



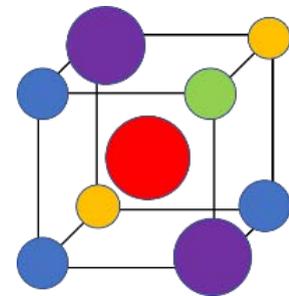
## Synthèse et mise en œuvre de revêtements à base d'alliages à haute entropie

L'objectif du projet est de développer des revêtements haute performance à partir d'une classe émergente de matériaux, les alliages à haute entropie (HEA). Ces alliages sont constitués d'un grand nombre d'éléments métalliques ce qui leur confère des propriétés uniques en termes de dureté, résistance à l'usure et à la corrosion.

Dans le cadre de ce projet, des alliages quinaires sont appliqués sous forme de revêtements afin d'apporter une fonctionnalité nouvelle ou améliorée aux pièces traitées.

L'apport de la modélisation par ULille a permis de définir un premier alliage quinaire (5 éléments métalliques). La stabilité de la phase  $Cr_{23}C_6$ , présente dans l'alliage sous forme massive, et des différentes phases présentes lors du refroidissement a été étudiée.

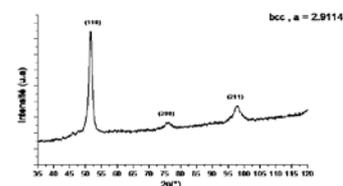
Des poudres d'alliages mécano-synthétisées à ULille-UMET et des mélanges de poudres commerciales sont utilisées pour la réalisation de cibles et l'application de revêtements minces par pulvérisation plasma à Materia Nova, ou de revêtements épais par procédé laser au CRIBC.



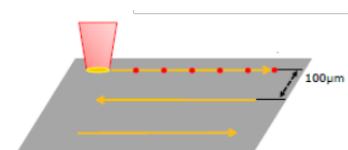
Les dépôts de couches minces sont réalisés sur acier ainsi que sur des substrats spécifiques tels que des acier polis pour faciliter les caractérisations mécaniques et tribologiques (au LAMIH-UPHF) ou silicium et pastilles KBr pour les caractérisations physico chimiques.

Les duretés sont assez proches de celles généralement obtenues par chromage électrolytique. Une dureté plus élevée ainsi qu'une meilleure résistance à l'usure ont été observées pour les dépôts issus de poudres d'alliages mécano synthétisées. Des analyses supplémentaires sont en cours pour comprendre ces différences.

La composition chimique (EDX) est homogène et similaire à celle des cibles et mélanges de poudres initiaux. Les dépôts sont stables en température, sans évolution de la structure cristallographique (DRX-MET) jusque 800 ou 950 °C ni du caractère paramagnétique (spectroscopie Mössbauer).

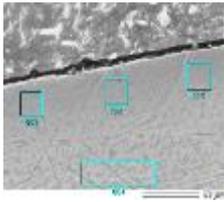


Les couches épaisses (> 10  $\mu\text{m}$ ) sont réalisées par technique laser, sur des aciers à bas taux de carbone. Le principe consiste à déposer une encre contenant un mélange de poudres métalliques commerciales (de composition identique à celles des couches minces), d'un solvant et d'additifs organiques. Ce dépôt est ensuite traité par laser avec un traitement impliquant la fusion globale des différents métaux.

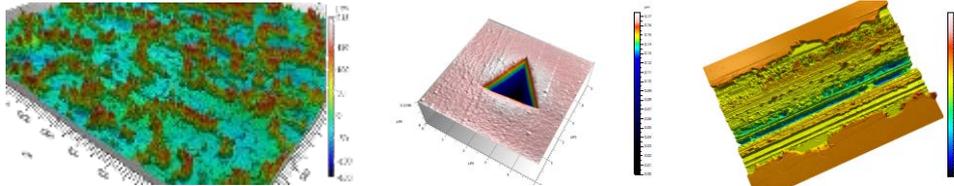




## ALLIHENTROP



L'optimisation de la composition de l'encre et des paramètres laser a permis l'obtention de revêtements de structure parfaitement cubique centrée, d'épaisseur comprise entre 30 et 80  $\mu\text{m}$ , en fonction de l'épaisseur initialement déposée. Par rapport à la composition initiale, le revêtement présente une sur-stoechiométrie en fer attribuée à l'apport du substrat lors du traitement laser. L'observation de la tranche des revêtements par MEB montre une microstructure homogène, formée de grains de quelques microns. Une bonne adhésion du revêtement sur le substrat est observée.



D'autres dépôts ont également été préparés à partir de mélanges quaternaires, le cinquième élément, à savoir, le fer, étant apporté par le substrat.

En parallèle, une autre voie de développement de revêtements épais a été initiée, via la technologie SPS. Celle-ci, outre l'obtention de revêtements d'épaisseur plus importante, permet de pallier certains écueils de la technologie laser et notamment l'oxydation de certains éléments métalliques, tels que l'aluminium. Des revêtements de composition  $\text{Al}_{19}\text{Cr}_{22}\text{Fe}_{34}\text{Mn}_{19}\text{Mo}_6$  d'épaisseur de l'ordre de 300 $\mu\text{m}$  ont ainsi été obtenus, revêtements dont la dureté est identique à celle mesurée sur des dépôts couches minces de même composition.

## LES PARTENAIRES



Projet soutenu par



Recherche et innovation

Plus d'infos

[www.interreg-fwvl.eu](http://www.interreg-fwvl.eu)  
@InterregFWVL

Avec le soutien du Fonds européen de développement régional