

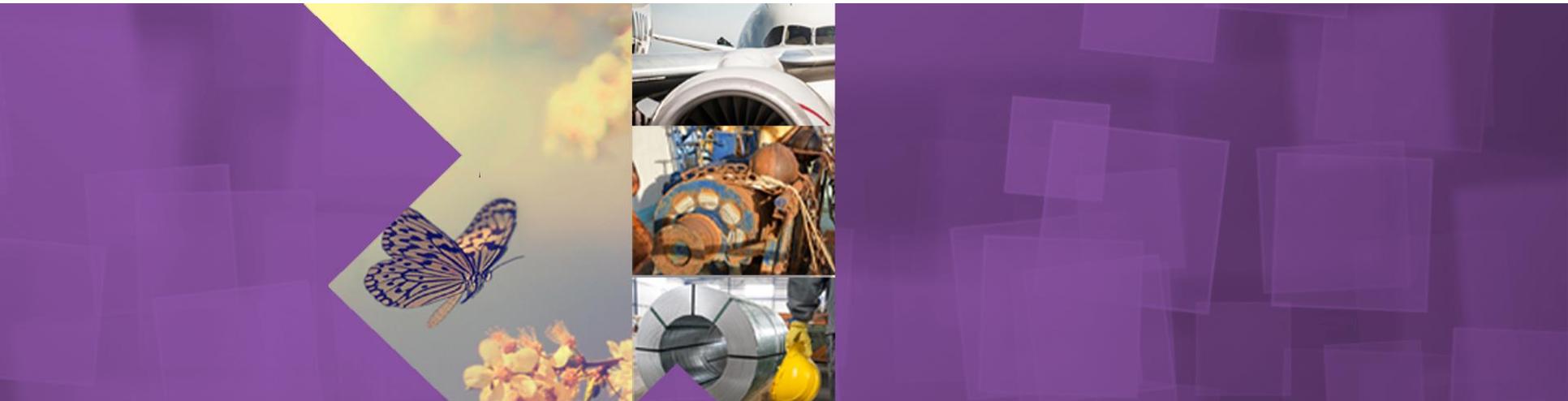


Laboratoire MMS

(Science des Matériaux Métalliques)

Département d'Aérospatiale & Mécanique

Université de Liège



Innovative and Sustainable Coatings

Améliorez durablement les propriétés mécaniques et esthétiques de vos substrats métalliques

Prof. Jacqueline Lecomte-Beckers

Professeur

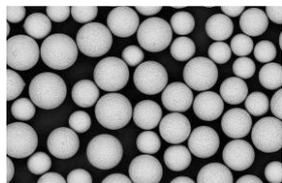
« Microstructure et propriétés de revêtements épais à résistance à l'usure améliorée obtenus par additive manufacturing »

Domaines de compétences – MMS

- ✓ Analyse microstructurale de matériaux métalliques (optique et SEM)
- ✓ Etude des changements de phase (solidification et traitements thermiques)
- ✓ Mesures des propriétés des matériaux :
 - ✓ Propriétés thermophysiques
 - ✓ Propriétés tribologiques
 - ✓ Nanoindentation (module de Young, scratch test)
- ✓ Analyse des phénomènes d'endommagement, corrosion et usure
- ✓ Relations MICRO-MACRO (microstructure – propriétés – process)

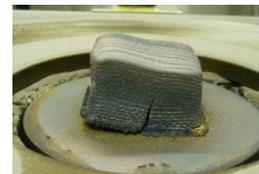
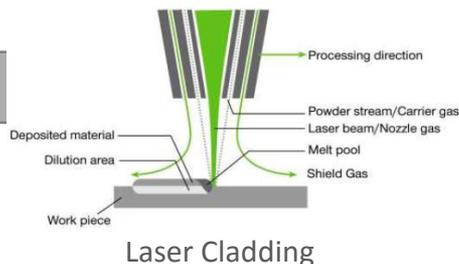
Exemple récent de collaboration : Projet RECYLCLAD

Poudres HSS



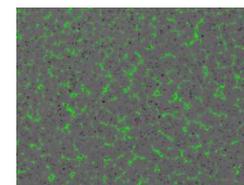
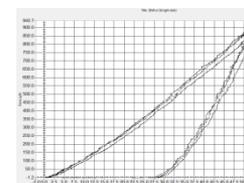
(Partenaire Sirris)

Laser Metal Deposition Process

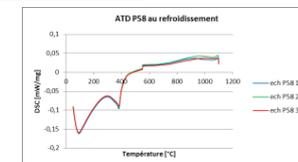
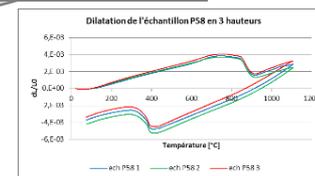


Vérification de la santé interne

Caractérisations microstructurales

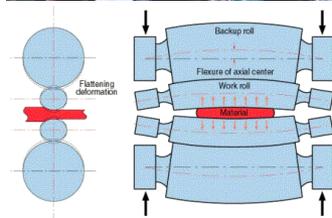
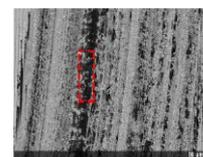
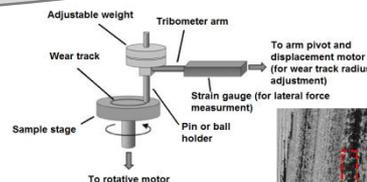


Dilatométrie et ATD, propriétés thermophysiques



Divers essais mécaniques qualitatifs + essai final de validation sur laminoir (Partenaire CRM)

Propriétés tribologiques

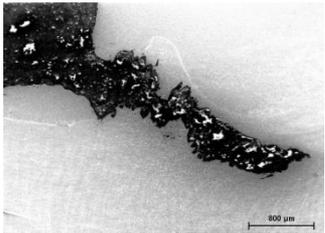


Objectif : Cylindre bimétallique à résistance à l'usure améliorée obtenu par rechargement Laser d'aciers à outils, sur axe REUTILISABLE
→ Rupture technologique + Durabilité

Exemple récent de collaboration : Projet RECYLCLAD

Vérification de la santé interne

A la liaison

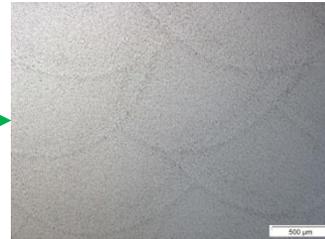
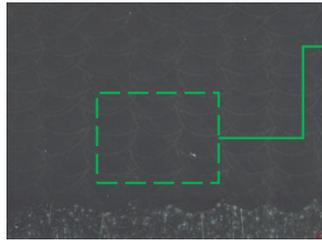


Dans le dépôt



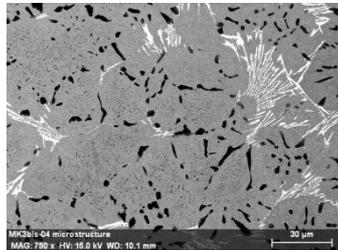
Caractérisations microstructurales

Microstructure (HSS)

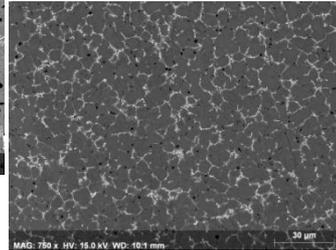


Mini ZAT
Bain de fusion

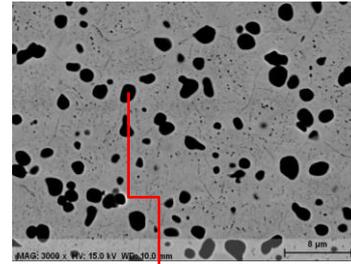
Comparaison Laser Cladding et coulée conventionnelle



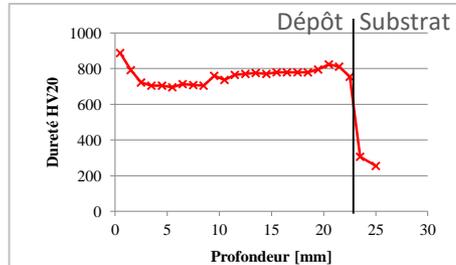
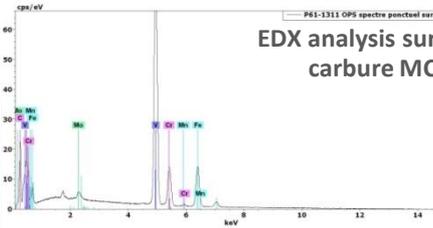
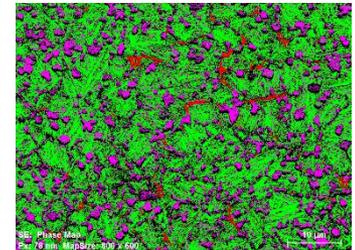
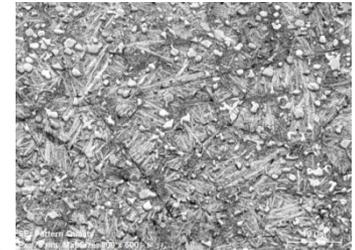
Carbures M_2C en blanc
Carbures MC en noir



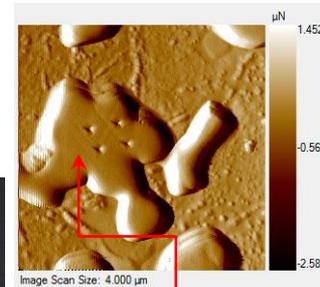
MEB



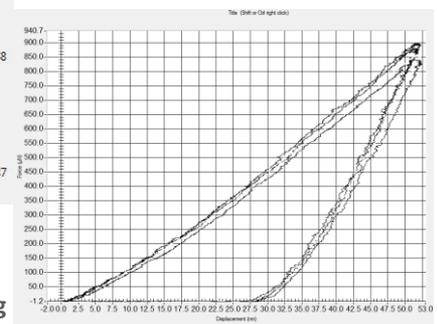
EBSD (MC en violet, M_7C_3 en rouge, martensite en vert)
Quantification des phases et taille des grains



Profil de duretés

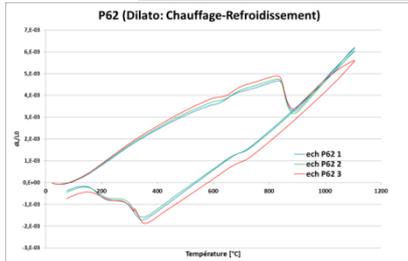
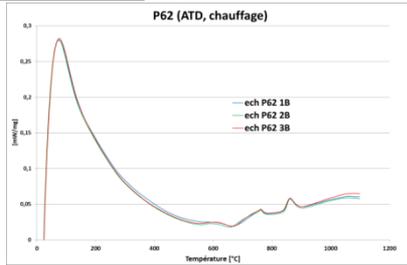


Nanoindentation



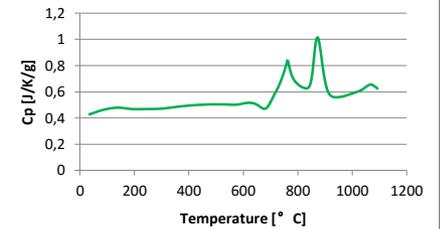
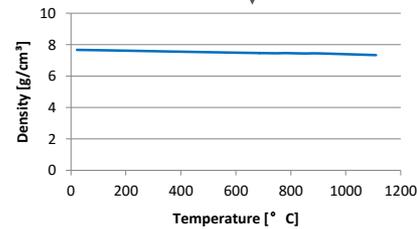
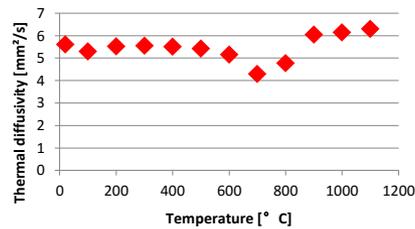
Exemple récent de collaboration : Projet RECYLCLAD

Dilatométrie et ATD, propriétés thermophysiques

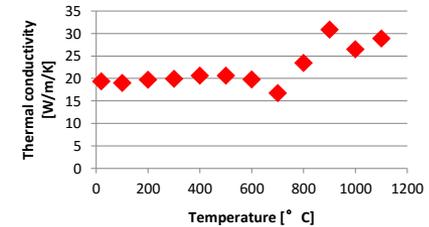


Simulation traitement thermique

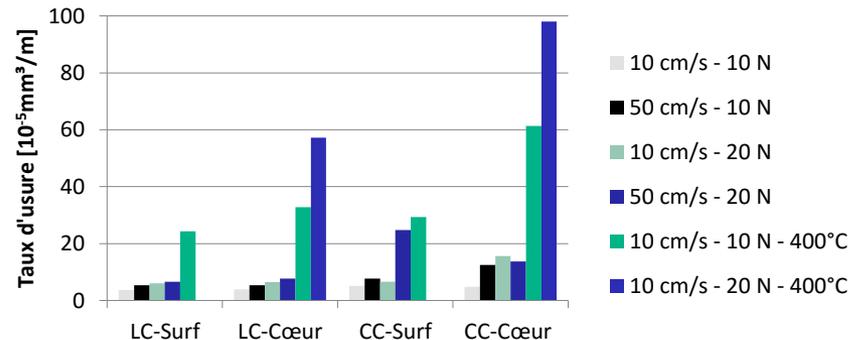
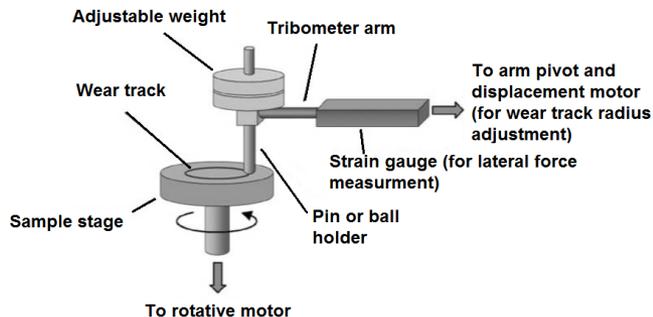
$$\chi(T) = \alpha(T) * \rho(T) * C_p(T)$$



Conductivité thermique



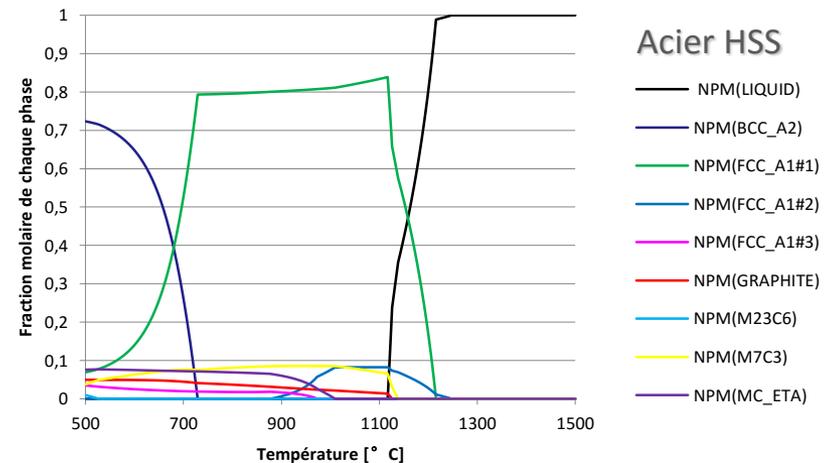
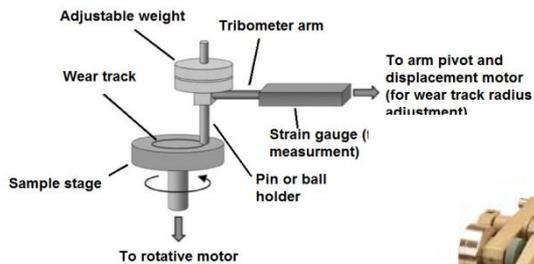
Propriétés tribologiques



LC : Laser Cladding ; CC : coulée conventionnelle

Offre de Services

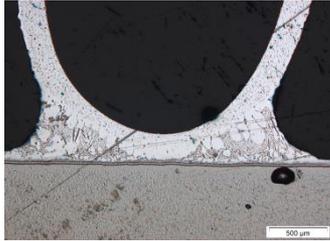
- ✓ Stages et TFEs en entreprise ou centre de recherche (ing. méca, électromec, aéro)
- ✓ Mesure des propriétés thermophysiques $\chi(T) = \alpha(T) * \rho(T) * C_p(T)$
- ✓ Calcul des propriétés tribologiques (pin-on-disc, abrasimètre Taber)
- ✓ Simulations ThermoCalc, DICTRA (calculs thermodynamiques), CES (logiciel de sélection des matériaux)
- ✓ Expertises (endommagement, rupture et corrosion, →)



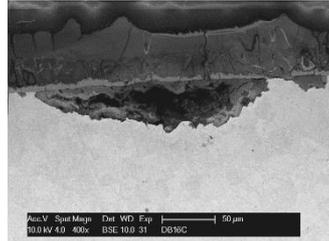
Evolution de la proportion des phases à l'équilibre entre l'état liquide et 500° C (ThermoCalc)

Offre de Services : Expertises

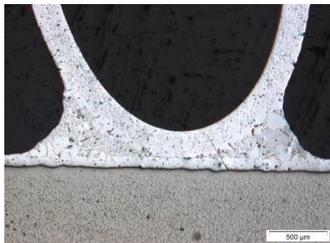
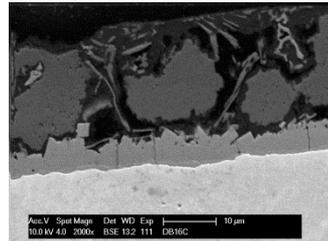
Analyse microstructurale et résistance à la corrosion (vieillesse aux brouillards salins) de deux dépôts Al sur tubes en acier avec ailettes Al soudées pour application de type « échangeur thermique » (tour de refroidissement)



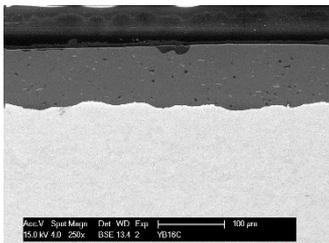
Ailette soudée sur dépôt aluminisé au substrat en acier (avant corrosion)



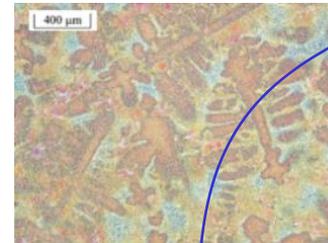
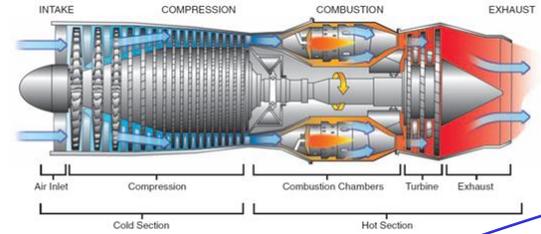
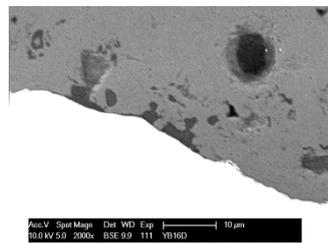
Corrosion caverneuse du substrat sous dépôt aluminisé, favorisée par infiltration préférentielle (corrosion) suivant interface entre intermétalliques en réseau continu et matrice du dépôt Al



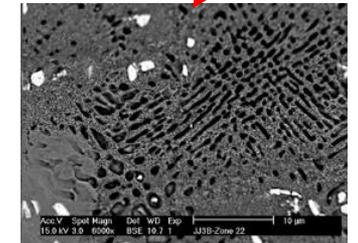
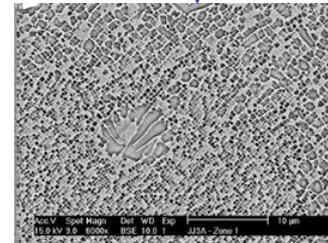
Ailette soudée sur dépôt collé au substrat en acier (avant corrosion)



Meilleure protection du substrat contre la corrosion par dépôt Al collé (issu d'une tôle laminée, avec précipités fins et dispersés)



Vues générales de la microstructure dendritique héritée de la solidification à la base (gauche) et dans l'aube (droite)



Surchauffe en service d'une aube en super alliage de Ni (dernier étage compression turboréacteur) avec modification de la microstructure par phénomène de rafting (globulisation des précipités $Ni_3(Al, Ti)$ (droite) qui sont initialement cuboïdes (gauche))



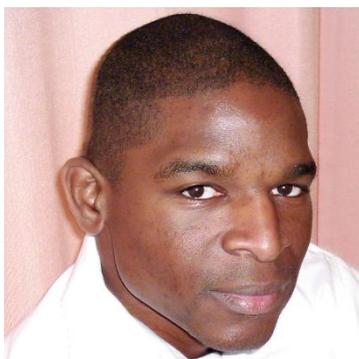
Laboratoire MMS

(Science des Matériaux Métalliques)

**Allée de la découverte 9 (B52/3)
4000 Liège (Sart Tilman)**

www.metaux.ulg.ac.be

Université de Liège



Ir. Jérôme Tchoufang TCHUINDJANG

Senior Researcher

@ j.tchuindjang@ulg.ac.be

☎ +32 4 366 91 62