



ECOLE DOCTORALE  
ED 468  
« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



**Proposition de sujet de thèse- Contrats Doctoraux MESRI 2021-2024**

<b>Titre du sujet</b>	Etude du comportement en fatigue multiaxiale de systèmes mixtes (TA6V-WC) élaborés par projection thermique pour applications aéronautiques
<b>Directeur de thèse</b>	Nom Prénom : CHAUSSUMIER Michel Etablissement de rattachement : ICA, INSA Toulouse Adresse email : <a href="mailto:michel.chaussumier@insa-toulouse.fr">michel.chaussumier@insa-toulouse.fr</a>
<b>Co-Directeurs de thèse</b>	Nom Prénom : SOVEJA Adriana Etablissement de rattachement : ICA, UT2J Toulouse Adresse email : <a href="mailto:adriana.oveja@univ-tlse2.fr">adriana.oveja@univ-tlse2.fr</a> Nom Prénom : COSTIL Sophie Etablissement de rattachement : ICB, PMDM-LERMPS, UTBM Adresse email : <a href="mailto:sophie.costil@utbm.fr">sophie.costil@utbm.fr</a>
<b>Laboratoire</b>	Institut Clément Ader Indiquer la spécialité du doctorat : génie mécanique, mécanique des matériaux

**Description du sujet**

Les alliages de titane, grâce à leur rapport résistance-poids élevé, trempabilité, résistance à la corrosion supérieure, propriétés de fatigue remarquables [1], sont utilisés avec succès pour des pièces de structure aéronautique. Cependant, leurs propriétés tribologiques (frottement, usure, abrasion) laissent parfois à désirer [2]. Pour pallier ces déficits, on a souvent recours à la modification des surfaces grâce à des revêtements adaptés. Les revêtements en carbure de tungstène (WC) déposés par projection flamme supersonique (HVOF) ou encore projection à froid sont largement utilisés pour la protection des surfaces [2, 3, 4]. Bien que l'objet principal du revêtement soit la protection contre l'usure et la corrosion, la plupart des composants revêtus sont des systèmes structurels (train d'atterrissage d'avions, cylindres hydrauliques, arbres de transmission, etc.) et en tant que tels subissent une charge cyclique pendant le service ce qui peut entraîner des défaillances par fatigue. Certes, les revêtements WC présentent des propriétés tribologiques favorables mais leur influence sur le comportement en fatigue est peu explorée. A ce jour, il n'y a pas de consensus concernant l'influence des caractéristiques des dépôts sur l'augmentation [5,6] ou la diminution [5,7] de la durée de vie des composants revêtus.

Dans ce contexte, l'objectif de la thèse est donc d'étudier l'influence du procédé d'élaboration par projection de revêtements WC sur pièces en alliage de titane sur la tenue en fatigue multiaxiale et d'en optimiser les paramètres. Les propriétés des revêtements dépendent en effet fortement des paramètres du procédé de mise en forme ce qui génère une forte



ECOLE DOCTORALE  
ED 468

« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



anisotropie dans le comportement mécanique des pièces revêtues [5,6,7]. Aussi, la première étape de ce travail de thèse sera donc d'étudier l'influence de cette anisotropie au travers de l'approche développée à l'ICA mettant en concurrence trois paramètres influents : la micro-géométrie de surface, les contraintes résiduelles dans l'épaisseur sous-jacente à la surface et la métallurgie de cette couche. Pour cela, une étude expérimentale basée sur les conditions de préparation de la surface (paramètres d'usinage, pré-traitements avant projection, ...) ainsi que les paramètres d'élaboration du revêtement (granulométrie des poudres, paramètres cinétiques,...) sera mise en place. Des essais de fatigue uniaxiale (traction, torsion, pression interne) et multiaxiale (solllicitations combinées) seront alors réalisés et les modes de rupture (amorçage, propagation, ...) analysés.

Selon la prédominance des paramètres, une modélisation analytique/numérique par EF adaptée sera réalisée en vue d'améliorer les prévisions de tenue en service des pièces en alliage de titane revêtues de WC et soumises à des chargements multiaxiaux.

Un tel sujet de thèse est pluridisciplinaire et relève des deux domaines de compétences. L'étude de la microstructure du revêtement nécessite en effet des compétences dans le domaine de la physique des matériaux tandis que l'analyse du comportement des systèmes sous sollicitation combinée fait appel à des compétences dans le domaine de la mécanique.

[1] R.R. Boyer, R.D. Briggs, The use of  $\beta$  titanium alloys in the aerospace industry, J.Mater. Eng. Perform. 22 (2013) 2916–2920

[2] Q.L. Niu, X.H. Zheng, W.W. Ming, M. Chen, Friction and wear performance of titanium alloys against tungsten carbide under dry sliding and water lubrication, Tribol. Trans. 56 (2013) 101–108

[3] A. S.M. Ang, Ch. C. Berndt, Study of mechanical performance and residual stress in Kinetic Metallization™ WC-Co coatings, proceeding ITSC 2018, 7-10 mai 2018 Orlando , USA

[4] M. S. Lamana, A.G.M. Pukasiewicz , Evaluation of High Velocity Oxy-Fuel (HVOF) Deposition Process on Erosion and Abrasion Resistance of Tungsten Carbide Coatings, proceeding ITSC 2018, 7-10 mai 2018 Orlando , USA

[5] Ding Kunying, Guo Yafei, Zou Hui, Effect of Residual Stress on Bending Fatigue Behavior of Inconel 718 Coated with WC-17Co, Rare Metal Materials and Engineering, 2017, 46(2) 0307-0311

[6] Andrew Vackel, Sanjay Sampath, Fatigue behavior of thermal sprayed WC-CoCr- steel systems: Role of process and deposition parameters, Surf. Coat. Technol. 315 (2017) 408–416

[7] B.S. Saini, V.K. Gupta, Effect of WC/C PVD coating on fatigue behaviour of case carburized SAE8620 steel, Surface & Coatings Technology 205 (2010) 511–518



ECOLE DOCTORALE  
ED 468  
« Mécanique, Énergétique, Génie Civil, Procédés »



**Thesis proposal for a Doctoral position 2021-2024**

<b>Title</b>	Study of the multi-axial fatigue behaviour of mixed systems (TA6V-WC) developed by thermal spraying for aeronautical applications.
<b>Supervisor</b>	Name First Name: CHAUSSUMIER, Michel Home institution: ICA, INSA Toulouse Email: <a href="mailto:michel.chauffumier@insa-toulouse.fr">michel.chauffumier@insa-toulouse.fr</a>
<b>Second Supervisors</b>	Name First Name: SOVEJA Adriana Home institution: ICA, UT2J Toulouse Email: <a href="mailto:adriana.oveja@univ-tlse2.fr">adriana.oveja@univ-tlse2.fr</a> Name First Name: COSTIL, Sophie Home institution: ICB PMDM-LERMPs, UTBM Email: <a href="mailto:sophie.costil@utbm.fr">sophie.costil@utbm.fr</a>
<b>Laboratory</b>	Institute Clement Ader Indicate the speciality of the doctorate: mechanical engineering, mechanics of materials

**Research project description:**

Titanium alloys, thanks to their high strength-to-weight ratio, hardenability, superior corrosion resistance, remarkable fatigue properties [1], are successfully used for aerospace structural parts. However, their tribological properties (friction, wear, abrasion) are not always satisfactory [2]. These problems are often overcome by modifying the surface with suitable coatings. Tungsten carbide (WC) coatings deposited by supersonic flame spraying (HVOF) or cold spraying are widely used for surface protection [2, 3, 4]. Even though the main purpose of the coating is to protect against wear and corrosion, most coated components are structural systems (aircraft landing gear, hydraulic cylinders, drive shafts, etc.) and as such are subject to cyclic loading during service which can lead to fatigue failure. Certainly the WC coatings have good tribological properties, but their influence on fatigue behaviour is little explored. This day, there is no consensus on the influence of deposit characteristics on the increase [5.6] or decrease [5.7] in the service life of coated components.

In this context, the aim of the thesis is therefore to study the influence of the process of elaboration by spraying WC coatings on titanium alloy parts on the multiaxial fatigue resistance and to optimize its parameters. The properties of the coatings are strongly dependent on the parameters of the forming process, which leads to a high anisotropy in the mechanical behaviour of the coated parts [5,6,7]. Therefore, the first step of this thesis work will be to study the influence of this anisotropy through the approach developed at the ICA putting in competition three influential parameters: the surface micro-geometry, the residual stresses in the thickness underlying the surface and the metallurgy of this layer. To this purpose, an experimental study based on the surface preparation conditions (machining



ECOLE DOCTORALE  
ED 468

« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



parameters, pre-treatments before spraying, etc.) as well as the coating development parameters (powder granulometry, kinetic parameters, etc.) will be set up. Uniaxial (tensile, torsion, internal pressure) and multiaxial (combined stresses) fatigue tests will then be carried out and the failure modes (initiation, propagation, etc.) analyzed.

Depending on the predominance of the parameters, a modelling by Finite Element (EF) will be carried out to improve the service life predictions of WC-coated titanium alloy parts subjected to multi-axial loading.

Such a thesis topic is multidisciplinary and falls within both fields of expertise. The study of the microstructure of the pavement requires skills in the field of materials physics, while the analysis of the behaviour of systems under combined stress requires skills in the field of mechanics.

[1] R.R. Boyer, R.D. Briggs, The use of  $\beta$  titanium alloys in the aerospace industry, J.Mater. Eng. Perform. 22 (2013) 2916–2920

[2] Q.L. Niu, X.H. Zheng, W.W. Ming, M. Chen, Friction and wear performance of titanium alloys against tungsten carbide under dry sliding and water lubrication, Tribol. Trans. 56 (2013) 101–108

[3] A. S.M. Ang, Ch. C. Berndt, Study of mechanical performance and residual stress in Kinetic Metallization™ WC-Co coatings, proceeding ITSC 2018, 7-10 mai 2018 Orlando , USA

[4] M. S. Lamana, A.G.M. Pukasiewicz , Evaluation of High Velocity Oxy-Fuel (HVOF) Deposition Process on Erosion and Abrasion Resistance of Tungsten Carbide Coatings, proceeding ITSC 2018, 7-10 mai 2018 Orlando , USA

[5] Ding Kunying, Guo Yafei, Zou Hui, Effect of Residual Stress on Bending Fatigue Behavior of Inconel 718 Coated with WC-17Co, Rare Metal Materials and Engineering, 2017, 46(2) 0307-0311

[6] Andrew Vackel, Sanjay Sampath, Fatigue behavior of thermal sprayed WC-CoCr- steel systems: Role of process and deposition parameters, Surf. Coat. Technol. 315 (2017) 408–416

[7] B.S. Saini, V.K. Gupta, Effect of WC/C PVD coating on fatigue behaviour of case carburized SAE8620 steel, Surface & Coatings Technology 205 (2010) 511–518