



PHYSIQUE – CHIMIE
INGENIERIE

NANOSCIENCES – PHOTONIQUE – SCIENCES DES MATERIAUX & CARACTERISATION



Membre UBFC



Membre UBFC

Université Fédérale de Recherche



Université Bourgogne Franche-Comté

OFFRE DE THESE
AUTOMNE 2017

Nouvelles méthodes de détermination de contraintes résiduelles locales

Laboratoire	Laboratoire ICB – Département Procédés Métallurgiques et Durabilité des Matériaux – Equipe LERMPS, site de l'UTBM
Etablissement d'accueil	Université de Technologie de Belfort Montbéliard (UTBM), membre de l'université de Bourgogne - Franche-Comté (UBFC) – Site de l'UTBM, Rue de Leupe, 90400 Sevenans
Ecole Doctorale de Rattachement	ED Sciences Pour l'Ingénieur et Microtechnique – ED37
Domaine	Sciences pour l'Ingénieur
Spécialité	Matériaux
Mots clés	Matériaux, revêtements, contraintes résiduelles, Spectroscopie Raman, spectroscopie Micro-onde.
Type de contrat	Contrat Doctoral UTBM avec financement de la région Bourgogne –Franche Comté (sous réserve d'acceptation) Avenant Enseignement UTBM possible
Durée	3 ans à partir d'octobre ou novembre 2017

Contexte

Quel que soit le domaine d'application, les pièces techniques réalisées sont le plus souvent usinées, traitées ou revêtues afin de leur donner les propriétés et/ou les fonctionnalités souhaitées. Si les procédés mis en œuvre sont multiples, ils ont en commun d'introduire en surface de contraintes résiduelles. Cette problématique est au cœur de nombreux échecs lors de la réalisation d'usinage ou de revêtements sur des pièces complexes ou lors du changement d'échelles entre des échantillons de laboratoire et des composants industriels. D'un point de vue expérimental, selon la forme des pièces et la nature des matériaux, différentes techniques de mesure existent permettant d'évaluer le niveau des contraintes résiduelles, la plus connue étant sans doute la technique par diffraction de Rayons X [1,2]. Certaines comme les mesures de déflexion (méthode de Stoney par exemple [3,4]) permettent d'avoir des niveaux de contraintes moyennes dans des pièces traitées ou revêtues. Des profils de

contraintes peuvent également être obtenus par la réalisation de mesures successives avec enlèvement de matière (DRX, méthode du trou incrémental, enlèvement de couches...[5]). Cependant lorsqu'il s'agit de déterminer les contraintes résiduelles existant à une échelle plus locale comme par exemple une singularité géométrique de la pièce ou les premières couches de revêtement déposées, très peu de techniques restent envisageables et la plupart sont soit difficiles d'accès car nécessitant le recours à des grands instruments soit pas assez précises dans leur localisation. La recherche de méthodes plus accessibles, plus précises quant à la localisation de la zone d'intérêt et plus adaptables à la diversité des matériaux aujourd'hui utilisés dans l'industrie est donc l'objet du travail proposé par le réseau MIFHySTO, regroupant les laboratoires ICB (département PMDM), FEMTO ST (MecAppli) et UTINAM qui a clairement identifié cette thématique comme un axe de recherche important pour le développement de toutes ses activités en lien avec les surfaces. Deux techniques prometteuses ont été identifiées et feront donc l'objet d'une étude plus approfondie et couplée dans le cadre de ce projet de thèse, à savoir la spectroscopie Raman et la microscopie Micro-Onde.

Programme de travail

Afin d'atteindre les objectifs précisés ci-dessus, le projet sera divisé en deux phases successives à savoir :

Phase 1 : Obtention des courbes de calibration des signaux SMM et Raman.

Les deux techniques développées et disponibles au laboratoire ICB permettent de mettre en évidence des évolutions de signaux représentatifs de la présence de contraintes résiduelles au sein du matériau. Le principal enjeu de ce projet est donc de définir une méthodologie permettant d'obtenir les courbes de calibration nécessaires à la traduction de ces informations en valeur de contraintes résiduelles. Cela nécessite la réalisation d'essais de référence tant expérimentaux que numériques afin d'identifier le protocole conduisant à une loi de correspondance fiable. Pour ces essais de référence, il faut disposer d'échantillons tests et de techniques de comparaison

Pour réaliser des échantillons tests, deux voies seront suivies. La première utilisera des matériaux massifs (métalliques ou céramiques) et des essais mécaniques expérimentaux et numériques modèles d'indentation statique et dynamique ainsi que de microtraction seront réalisés afin d'obtenir des champs de contraintes connus et modélisable en simulation par éléments finis. La seconde voie consistera à réaliser des revêtements homogènes conduisant à des états de contraintes résiduelles caractérisables par les techniques aujourd'hui disponibles. Ces revêtements seront réalisés par projection thermique (ICB-département PMDM) ou par voie électrochimique (UTINAM). Ces différents échantillons seront ensuite caractérisés en utilisant les méthodes de caractérisation des contraintes résiduelles disponibles (selon les échantillons) à savoir la diffraction des Rayons X (UTINAM), la technique de la flèche/Stoney (UTINAM/ICB). Les échantillons seront ensuite testés par SMM et/ou Raman afin de pouvoir corréliser les signaux obtenus avec les valeurs de contraintes déterminés par les techniques conventionnelles ou numériques. La pertinence des différentes méthodes sera alors évaluée ainsi que leur fiabilité. Une méthodologie permettant d'obtenir une correspondance acceptable (exprimée en % d'erreur) sera alors proposée ainsi que les cas et limites d'application.

Phase 2 : Phase de validation de la méthode proposée sur des surfaces industrielles complexes.

Cette seconde partie du projet sera dédiée à la mise à l'épreuve de la méthode sur des pièces et surfaces hétérogènes telles que celles obtenues en usinage (FEMTO ST – Département MecAppli), en fabrication additive (ICB-Département PMDM et FEMTO ST Département MecAppli), sur des revêtements hétérogènes ou déposés sur des géométries complexes (ICB- Département PMDM et UTINAM). Cette seconde partie sera aussi l'occasion de comparer les résultats expérimentaux issus de l'utilisation de la méthode développée avec ceux donnés par les simulations numériques des procédés. Ce dernier aspect est très certainement le plus porteur de développements. La plupart des procédés tant de revêtement que d'usinage font aujourd'hui l'objet de simulation dont les volets contraintes résiduelles ne sont que très rarement validés faute de données expérimentales. La seconde phase de ce projet permettra de valider la pertinence de l'approche proposée. L'objectif de cette seconde phase est également de poser les limites et performances de la méthode développée afin de pouvoir proposer son utilisation pertinente aux différents partenaires tant académiques qu'industriels du réseau MIFHySTO.

Attendus :

L'objectif de ce projet est donc la définition et validation d'une méthodologie d'essais permettant d'identifier les champs de contraintes résiduels locaux (zones de quelques mm² sur quelques 0,01mm de profondeur) au sein d'une pièce ou d'un revêtement. Cette méthode reposera sur une procédure de calibration préalable. Cette méthode permettra alors d'identifier les champs de contraintes issus d'un usinage ou d'un procédé de revêtement. Ces informations serviront aussi bien à mieux caractériser les pièces réalisées qu'à valider des modèles numériques.

Profil du candidat :

Le(La) candidat (e) sera titulaire d'un Master dans le domaine des matériaux ou d'un diplôme d'ingénieur avec un parcours Mécanique-Matériaux.

Rigoureux(se), motivé(e) et curieux(se), le (la) candidat devra avoir un profil combinant des compétences en modélisation et simulation numérique de comportement mécanique des matériaux ainsi qu'un goût prononcé pour la caractérisation expérimentale.

Dossier de candidature :

Le(La) candidat(e) fournira un dossier comportant l'ensemble des notes obtenues lors de son cursus universitaire en master ou école ingénieur ainsi qu'une lettre de motivation. Une audition sera organisée pour les candidatures retenues.

Contacts :

Cécile LANGLADE, ICB – Site de l'UTBM, Rue de leupe, 90400 Sevenans

Tel : 03 84 58 31 50, email : cecile.langlade@utbm.fr

Eric BOURILLOT, ICB – Site de Dijon, Faculté des Sciences Mirande, 9 Avenue A. Savary - 21000 Dijon

Tel : [03.80.39.60.21](tel:03.80.39.60.21), email : eric.bourillot@u-bourgogne.fr