

Métrologie à très petites échelles FIB-MEB-DIC : Développement de techniques optiques de mesure de champs cinématiques en présence de fissures

MAMMADI Y^a, HEDAN S^b, VALLE V^a

younes.mammadi@univ-poitiers.fr, valery.valle@univ-poitiers.fr,

a. Institut PPRIME, Université de Poitiers, CNRS, ENSMA, UPR 3346, 8696, Chasseneuil France
stephen.hedan@univ-poitiers.fr

b. Institut IC2MP, Université de Poitiers, CNRS, UMR 7285, ENSI Poitiers, 86073 Poitiers France

Résumé :

Actuellement, la corrélation d'images numériques [1], le suivi de marqueurs et la méthode des grilles sont généralement les techniques optiques de mesure de champs cinématiques les plus couramment utilisées pour étudier le comportement mécanique des matériaux et des structures sur une zone d'intérêt allant de l'échelle du mètre à l'échelle du millimètre. Lorsque nous souhaitons réaliser des études à des échelles encore plus petites, telles que les échelles micrométriques et sub-micrométriques, nous devons non seulement utiliser un moyen d'observation plus complexe, le microscope électronique à balayage «MEB-FEG», mais aussi avoir des marquages adaptés à ces échelles. Ces derniers peuvent être obtenus par diverses techniques comme par exemple en utilisant le Dual-Beam «FIB». Pour la démarche proposée, nous nous sommes focalisés sur la technique de corrélation d'images numériques (DIC) et nous avons commencé par développer un mouchetis artificiel, avec une profondeur de gravure de l'ordre de 100 nanomètres pour un champ observé de 100 μm . Afin d'évaluer les performances de nos gravures, nous nous sommes appuyés sur des outils statistiques classiques tels que l'histogramme en niveaux de gris, l'auto corrélation en faisant varier le nombre de passes de gravure et le grandissement. Cette étape s'avère nécessaire pour adopter le marquage optimal et avoir de meilleurs résultats. Nous avons prolongé ces premiers tests portant sur le mouchetis, par des mesures de champs cinématiques afin de quantifier ces performances en terme de mesure de grandeurs cinématiques.

Pour ce faire, nous avons couplé la DIC et les microscopes FIB-SEM et MEB-FEG afin de construire une solution métrologique maîtrisée et fiable pour observer et quantifier les mouvements et les déformations de la matière à ces échelles. Différents essais ont été réalisés sur trois métaux qui sont l'Acier 304L, l'Inconel 718 et le biphasé Al/omega-Al-Cu-Fe [2] pour s'assurer de la répétabilité et la reproductibilité de la procédure. Dans ces essais, nous avons proposé de calculer les déplacements horizontaux et verticaux ainsi que l'erreur liée à ces déplacements. La même démarche a été menée sur les champs de déformation. Différents résultats ont été obtenus en fonction de la variation de l'écart type trouvé dans les données acquises permettant de quantifier les erreurs de mesure ainsi que la répétabilité et la dérive dans le temps.

La dernière partie du travail proposé porte sur l'adaptation des méthodes de mesure aux mécanismes particuliers de déformation à ces échelles comme la localisation sous forme de fractures [3]. Un exemple est montré pour l'analyse des déformations d'un composite métallique sous chargement en compression, lors de l'apparition de micro-fracturations.

Mots clefs : Champ Cinématique, FIB-SEM MEB-FEG, Mouchetis, DIC-HDIC

Remerciement

LABEX INTERACTIFS pour le soutien financier et Aurélie JOSEPH pour sa collaboration.

Ces travaux relèvent en partie du programme du gouvernement français "Investissements d'Avenir". (LABEX INTERACTIFS, référence ANR-11-LABX-0017-01).

Ces travaux ont été partiellement soutenus par la région « Nouvelle Aquitaine » et par les fond structurels d'investissements européens (référence FEDER : P-2016-BAFE-94/95).

Références

- [1] Hubert SCHREIER, Jean-José ORTEU et Michael A. SUTTON. *Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements*. Springer US, 2009. DOI : 10.1007/978-0-387-78747-3.
- [2] A. JOSEPH, V. GAUTHIER-BRUNET, J.P. MONCHOUX, A. JOULAIN, F. BRISSET, C. TROMAS, J. DOUIN, F. PETTINARI, J. BONNEVILLE et S. DUBOIS. « Formation processes of the ω -Al 70 Cu 20 Fe 10 phase synthesized by SPS technique ». In : *Journal of Alloys and Compounds* 699 (mar. 2017), p. 1157-1165. DOI : 10.1016/j.jallcom.2016.12.221.
- [3] V. VALLE, S. HEDAN, P. COSENZA, A. L. FAUCHILLE et M. BERDJANE. « Digital Image Correlation Development for the Study of Materials Including Multiple Crossing Cracks ». In : *Experimental Mechanics* 55.2 (sept. 2014), p. 379-391. DOI : 10.1007/s11340-014-9948-1.