

Apport de la texture dans l'analyse de champs thermomécaniques polycristallins

R. Seghir¹, J-F. Witz¹, E. Charkaluk¹, P. Dufrénoy¹

¹LML, UMR 8107, Univ Lille Nord de France, F-59000 Lille, France

rian.seghir,jean-francois.witz,eric.charkaluk}@ec-lille.fr, philippe.dufrenoy@polytech-lille.fr

Résumé — Cet article détaille une méthode de post-traitement de différents champs expérimentaux obtenus par corrélation d'images numériques et thermographie infrarouge quantitative au regard de la microstructure d'un polycristal sollicité en traction monotone. Il est montré qu'il est possible de projeter les champs en faisant des hypothèses compatibles avec la nature hétérogène du matériau. Il est de même possible d'accéder à un opérateur de dérivation peu sensible au bruit, permettant d'observer des déformations ainsi que des flux thermiques. Cet article met finalement en évidence que la multiplicité des mesures de champs (déplacement, température, orientation cristalline...) autorise une meilleure compréhension des phénomènes physiques.

Mots clés — Thermographie infrarouge, Corrélation d'images numériques, analyses E.B.S.D.

1 Contexte

Les phénomènes de localisation de la déformation dans les matériaux métalliques ont fait l'objet de nombreuses investigations, à la fois expérimentales et théoriques, depuis de nombreuses années. Dans ce cadre, une des techniques consiste à lier ces phénomènes de localisation à la signature thermique du matériau [1]. Les travaux de Louche [2] mettent ainsi en évidence, à l'échelle macroscopique et sous sollicitations monotones, le phénomène de localisation thermique accompagnant l'apparition des bandes de Lüders. Des phénomènes de localisation plus locaux, à l'échelle de la microstructure de polycristaux, peuvent également être rencontrés (microplasticité, fatigue, endommagement). Il semble donc intéressant d'étendre ce type d'analyse à ces phénomènes. L'analyse des couplages thermomécaniques à des échelles micrométriques est cependant complexe à réaliser et à traiter, notamment à cause de la forte hétérogénéité observée à cette échelle. Il semble alors essentiel de mener une réflexion approfondie autour de la stratégie numérique à adopter afin d'analyser ces champs hétérogènes ainsi que de trouver des mesures complémentaires pouvant améliorer les traitements. L'objectif est ici de proposer une méthode s'appuyant sur la mesure de texture locale.

1.1 Données expérimentales

Un dispositif expérimental original de mesures de champs cinématiques et thermiques à l'échelle des grains d'un acier inoxydable A316L, a été développé au sein de notre laboratoire dans le cadre de la thèse de L. Bodelot [2]. La technique s'appuie notamment sur le logiciel Correli Q4 pour la détermination des champs de déplacement. Nous disposons donc d'informations localement couplées de températures et de déplacements au cours d'un essai de traction uniaxiale. Nous disposons par ailleurs des orientations cristallographiques issues d'analyses E.B.S.D ainsi que d'une micrographie de surface réalisée en fin d'essai. La nature très hétérogène des champs, liée à la nature polycristalline du matériau est incompatible avec la détermination de certaines variables couramment recherchées dans le cadre d'un bilan d'énergie: les déformations et les sources respectivement liées à la dérivée première des déplacements et à la dérivée seconde des températures. Une projection des données préservant cette notion d'hétérogénéité matérielle a donc été mise en place

2 Traitement

2.1 Méthode

La méthode de traitement des données brutes consiste à projeter les champs de déplacements et de températures sur des bases biparaboliques propres à chaque grain et déterminées à l'aide des données E.B.S.D. La projection s'opère via les moindres carrés. Elle permet d'obtenir des dérivations analytiques au sein de chaque grain.

2.2 Résultats traités

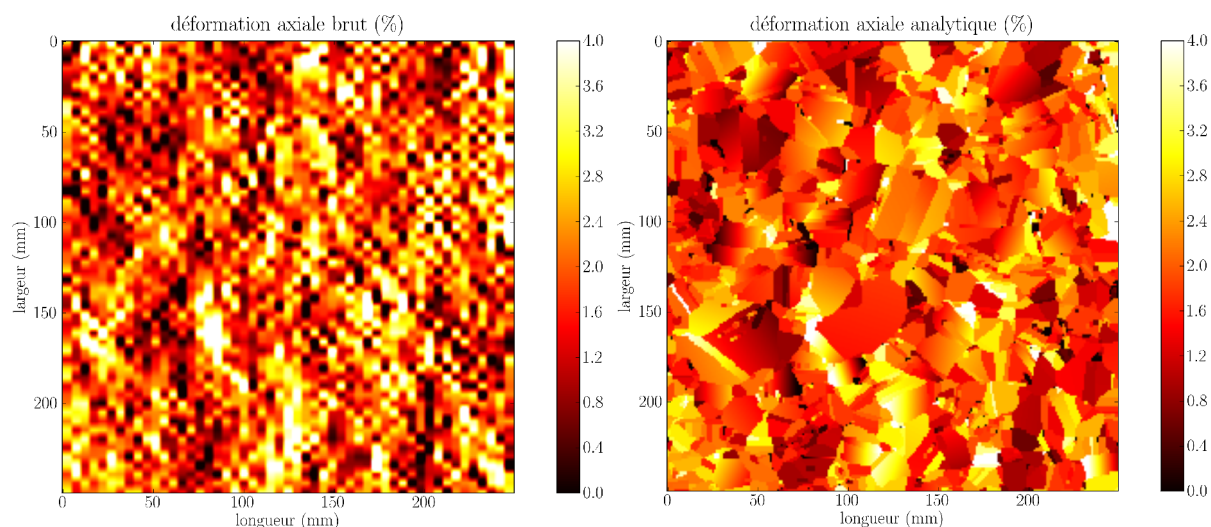


FIG. – Champs axiaux de déformations aux différences finies et analytiques

La figure 1 présente la comparaison entre un champ de déformation calculé aux différences finies basé sur un champ de déplacement brut et un champ de déformation analytique issu de la projection sur la base biparabolique. Les champs thermomécaniques résultant de cette méthode permettent l'analyse des phénomènes de localisation en regard de la microstructure. Les gradients intragranulaires sont mis en évidence et corrélés aux propriétés texturales des grains voisins et analysés en regard de la micrographie de surface. Les traitements effectués permettent donc une étude des couplages entre les propriétés cristallographiques, l'évolution des déformations et des flux et enfin offrent la possibilité d'accéder à des discontinuités cinématiques et thermiques aux joints de grains.

Les perspectives à court terme sont l'analyse des phénomènes de localisation et de couplages thermomécaniques locaux ainsi que l'identification des paramètres de modèles elastoplastiques polycristallins. A plus long terme, la réalisation d'un code de corrélation intégré basé sur la connaissance de la microstructure semble devenir pertinent pour l'étude des matériaux hétérogènes.

2.4 Références bibliographiques

- [1] W. Oliferuk, A. Korbel, W. Bochniak. *Energy balance and macroscopic strain localization during plastic deformation of polycrystalline metals*, *Mat. Sci. Eng. A*, 319-321, p250-p53, 2001.
- [2] H. Louche, A. Chrysochoos, *Thermal and dissipative effects accompanying Lüders band propagation*, *Mat. Sci. Eng. A*, 307, p15-p22, 2001.
- [3] L. Bodelot et al., *Experimental set up for fully-coupled kinematic and thermal measurements at the microstructure scale of an AISI 316L steel*, *Mat. Sci. Eng. A*, 501, p52-p60, 2009.