



HAL
open science

Calibration et reconstruction 3D à l'échelle microscopique de champ mécanique par la méthode polynomiale de Soloff

Eddy Caron, Arnaud Beaurain, Jean-Francois Witz, Ahmed El Bartali,
Vincent Magnier

► **To cite this version:**

Eddy Caron, Arnaud Beaurain, Jean-Francois Witz, Ahmed El Bartali, Vincent Magnier. Calibration et reconstruction 3D à l'échelle microscopique de champ mécanique par la méthode polynomiale de Soloff. 25e Congrès Français de Mécanique (CFM 2022), Aug 2022, Nantes, France. hal-03812095

HAL Id: hal-03812095

<https://hal.science/hal-03812095>

Submitted on 12 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Calibration et reconstruction 3D à l'échelle microscopique de champ mécanique par la méthode polynomiale de Soloff

E. CARON^a, A. BEAURAIN^a, JF. WITZ^a, A. EL BARTALI^a, V. MAGNIER^a

a. Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, UMR 9013 - LaMcube - Laboratoire de Mécanique, Multiphysique, Multiéchelle, F-59000 Lille, France

eddy.caron@centralelille.fr, ahmed.elbartali@centralelille.fr, arnaud.beaurain@univ-lille.fr, vincent.magnier@polytech-lille.fr

Keywords : Mesures de champs, Déformation hors plan, Calibration optique, Méthode de Soloff

Abstract :

De plus en plus, pour comprendre les mécanismes de plasticité et d'endommagement à l'échelle de la microstructure des matériaux polycristallins, les mesures de champs cinématiques par corrélation d'images numériques (CIN) sont largement développées et utilisées dans le domaine de la micromécanique. Ces mesures servent aussi comme données d'entrée dans les codes de calculs éléments finis pour l'établissement d'un dialogue expérience – numérique.

Ces mesures cinématiques sont essentiellement déployées pour accéder aux champs de déplacements et de déformations dans le plan pour les matériaux homogènes ou en volume (en utilisant la tomographie à rayon X) pour certains matériaux hétérogènes (multi-constituants, défauts...). Par ailleurs, il est bien connu qu'en fatigue en particulier, les mécanismes induisent une plasticité généralisée des grains. Une des conséquences du glissement à l'échelle de la microstructure est un relief important se traduisant par un déplacement hors plan de l'ordre de la dizaine de microns[1] pour un acier 316L en traction. Ces mécanismes de déformations hors plan ne peuvent être mesurés avec une seule caméra dans le cas d'une technique CIN classique. Il est donc nécessaire de développer des observations par stéréovision et des mesures par stéréocorrélation en utilisant au moins deux caméras.

Néanmoins, la résolution 3D de ces champs est actuellement inadaptée à cause essentiellement du manque d'outils. En effet, une difficulté se situe dans la phase de calibration des capteurs qui est indispensable à la reconstruction dans l'espace. Des modèles comme celui du sténopé (pinhole)[2] existent et permettent de calibrer certains systèmes optiques mais ont leurs limites[3]. Ils sont performants pour des observations à des échelles macroscopiques ou mésoscopiques mais inadaptés pour descendre à des échelles microscopiques (échelle de la microstructure) où le modèle de caméra sténopé est faux.

C'est ainsi qu'une méthode de reconstruction 3D open source utilisant les polynômes de Soloff [4] est développée dans le cadre de ce travail pour accéder à des mesures hors plan à l'échelle micrométrique. Cette méthode se décline en deux étapes :

1. *Une première étape de calibration où, à l'aide d'un axe mobile, une mire de calibration est déplacée suivant l'axe z. Cette mire possède plusieurs marqueurs aux dimensions bien précises. Ces marqueurs pouvant être détectés par les caméras gauche et droite, il est possible de lier les coordonnées réelles de ces marqueurs dans l'espace 3D avec les coordonnées de ces mêmes*

marqueurs dans les images capturées par les caméras. Ce lien est traduit comme une fonction polynomiale de Soloff.

2. Une deuxième étape de reconstruction où l'image d'un objet moucheté à identifier est capturée. À l'aide d'une CIN entre la caméra gauche et la caméra droite, il est possible d'identifier un ensemble de points sur les deux caméras. Puis, à l'aide de la fonction calculée lors de la première partie (polynôme de Soloff), la position de chacun de ces points est reconstruite dans l'espace 3D, ce qui permet de calculer la transformation ainsi que les deux composantes supplémentaires de son gradient, permettant de prendre en compte l'impact du mouvement hors-plan de l'éprouvette dans les champs mécaniques.

Cette méthode est performante et une accélération du calcul a été développée, notamment en s'appuyant sur l'Intelligence Artificielle. L'avantage principal d'une telle méthode est qu'elle ne se base pas sur des modèles définis à priori (modèles qui dépendent du système optique utilisé). Ainsi, elle peut s'utiliser sur n'importe quel système, peu importe la complexité de celui-ci. Cependant, sa limite principale est sa dépendance à la précision du montage, ce qui rend nécessaire l'utilisation de matériel de précision.

Enfin, un essai stéréo de traction sur éprouvette d'acier 316L est en développement et devrait être au point très prochainement.

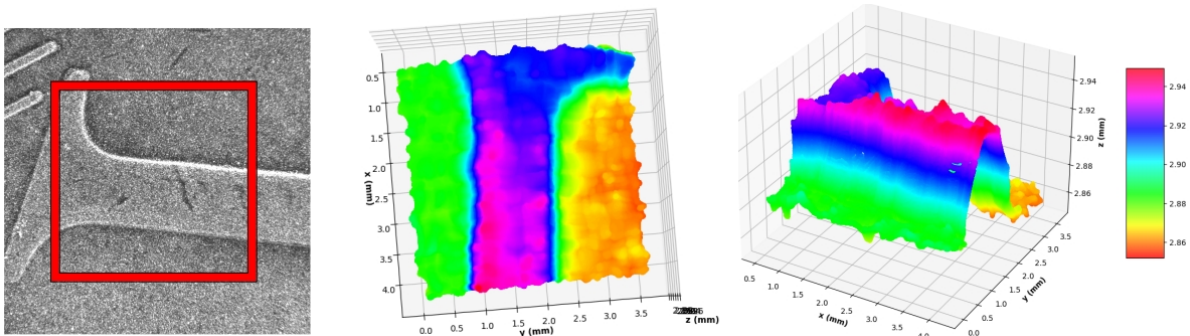


Figure 1: Reconstruction 3D d'une pièce de monnaie (1 cent) par la méthode de Soloff optimisée par IA

Références :

- [1] Seghir, Rian. « Experimental and numerical investigation of thermomechanical couplings and energy balance in metallic polycrystals », s. d., 358.
- [2] Sutton, Michel A, Jean-José Orteu, et Hubert W Schreier. Image correlation for shape, motion and deformation measurements: basic concepts, theory and applications, s. d. <https://hal-mines-albi.archives-ouvertes.fr/hal-01729219>.
- [3] Li, Weixian, Zhenzhong Wei, et Guangjun Zhang. « Affine calibration based on invariable extrinsic parameters for stereo light microscope ». Optical Engineering 53, n^o 10 (mai 2014): 102105. <https://doi.org/10.1117/1.OE.53.10.102105>.
- [4] Soloff, S. M., R. J. Adrian, et Z.-C. Liu. « Distortion Compensation for Generalized Stereoscopic Particle Image Velocimetry ». Measurement Science and Technology 8, n^o 12 (décembre 1997): 1441-54. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/8/12/008>.