



**HAL**  
open science

**Une étude multi-échelle du comportement en surface de l'acier X38CrMoV5 : approche numérique et expérimentale**  
Ahmed Zouaghi, Vincent Velay, Adriana Soveja, R. Chieragatti, Farhad Rezai-Aria

► **To cite this version:**

Ahmed Zouaghi, Vincent Velay, Adriana Soveja, R. Chieragatti, Farhad Rezai-Aria. Une étude multi-échelle du comportement en surface de l'acier X38CrMoV5 : approche numérique et expérimentale. CFM 2013 - 21ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2013, Bordeaux, France. ⟨hal-03441147⟩

**HAL Id: hal-03441147**

**<https://hal.science/hal-03441147v1>**

Submitted on 22 Nov 2021

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.



HAL Authorization

# Une étude multi-échelle du comportement en surface de l'acier X38CrMoV5 : approche numérique et expérimentale

A. Zouaghi<sup>a,b</sup>, V. Velay<sup>a</sup>, A. Soveja<sup>b</sup>, R. Chieragatti<sup>b</sup>, F. Rezai-Aria<sup>a</sup>

*a Université de Toulouse ; INSA, UPS, Mines Albi, ISAE ; ICA (Institut Clément Ader), Campus Jarlard, F-81013 Albi cedex 09, France  
b Université de Toulouse; INSA, UPS, Mines Albi, ISAE; ICA (Institut Clément Ader), 10 Avenue Edouard Belin, F-31055 Toulouse Cedex 4, France*

## 1. Introduction

La conception des outillages de mise en forme à chaud nécessite une bonne maîtrise de leur comportement thermomécanique. L'objet de ce travail porte sur l'acier martensitique X38CrMoV5 utilisé dans la conception des outillages de travail à chaud (forge, estampage, fonderie, etc.). L'étude du comportement et de sa modélisation s'appuie souvent sur les réponses macroscopiques des matériaux considérés isotropes. Ces modèles négligent donc les hétérogénéités présentes dans le matériau. Lors de l'usinage des outillages puis de leur comportement en service (mise en forme) des déformations locales de cisaillement sont engendrées donnant un caractère anisotrope à la microstructure en surface des outillages. Ainsi, les modèles du comportement tenant compte de l'anisotropie sont nécessaires. Cette étude porte sur le comportement mécanique en surface de l'acier X38CrMoV5. Elle se propose d'utiliser un modèle de type multi-échelle adapté à la microstructure complexe de cet acier.

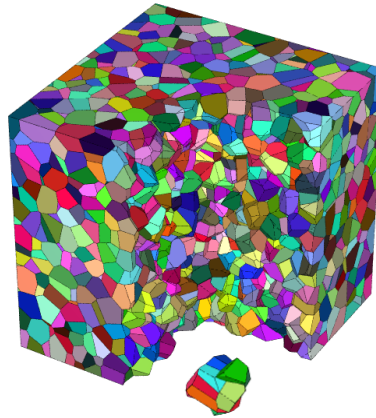
## 2. Méthodologie

La composition chimique de l'acier X38CrMoV5 montre une faible teneur en carbone. De ce fait et dans le cadre de l'approche numérique, nous nous sommes appuyés sur des travaux utilisant des techniques expérimentales avancées, notamment la diffraction des électrons rétrodiffusés (EBSD) sur des aciers martensitiques similaires, soit faiblement alliés en carbone (Morito, Huang, Furuhashi, Maki, & Hansen, 2006). Suite aux traitements thermiques adéquats, les orientations des lattes martensitiques générées ne sont pas aléatoires. Celles-ci possèdent des liens de « parenté » avec les anciens grains austénitiques. Dans le cadre de notre travail, nous avons opté pour deux relations d'orientations fréquemment observées dans des structures proches à celle de l'acier X38CrMoV5 :

Kurdjumov-Sachs (K-S)	$\{111\}_\gamma // \{011\}_\alpha$ et $\langle 101 \rangle_\gamma // \langle 111 \rangle_\alpha$	24 variants
Nishiyama-Wassermann (N-W)	$\{111\}_\gamma // \{011\}_\alpha$ et $\langle -12-1 \rangle_\gamma // \langle 0-11 \rangle_\alpha$	12 variants

Un algorithme permettant de générer les orientations des différentes lattes martensitiques d'une manière équiprobable a été mis en place. L'identification de la relation d'orientation et le critère de sélection des variants potentiels ne peuvent être obtenus qu'à travers des techniques expérimentales diffractives (DRX) et EBSD. Dans cette même démarche, l'approche numérique consiste en l'utilisation de loi de comportement de type (Méric & Cailletaud, 1991) avec des techniques d'homogénéisation à champs moyens, soit des modèles auto-cohérents (Berveiller & Zaoui, 1979) (Pilvin & Cailletaud, 1994) et des techniques d'homogénéisation à champs complets, la méthode des éléments finis. Pour les calculs avec la méthode des éléments finis, la microstructure de l'acier a été représentée par des cellules de Voronoï (Quey, Dawson, & Barbe, 2011) contenu dans un volume élémentaire représentative (VER). Dans le cadre de notre étude, les cellules de Voronoï sont représentatives des différents paquets de lattes martensitiques, soit un ensemble de lattes (ou de blocs de lattes) issus d'un même plan  $\{111\}_\gamma$  parent. Les anciens grains austénitiques sont tout simplement le regroupement d'environ quatre cellules voisines, tandis que les lattes sont représentés par des « sous-cellules » de Voronoï issus de la subdivision des paquets de lattes et ayant des morphologies assez

proches et quasi-parallèles (la procédure de subdivision est en cours de développement).



**Figure 1. Cellules de Voronoï représentant les paquets de lattes martensitiques**

Une première pré-identification des paramètres de la loi de comportement est effectuée avec des modèles auto-cohérents sur des essais de traction monotones et de chargement cyclique d'un acier supposé « isotrope ». La pré-identification présente à première vue une bonne concordance du modèle tout en tenant en compte de la physique des interactions des différents systèmes de glissements (Gérard, 2008). Cependant, celle-ci reste tout de même à valider avec des calculs par éléments finis.

### **3. Conclusions et perspectives**

Les tâches réalisées jusqu'ici présentent un premier pas vers une modélisation complète du comportement en surface de l'acier X38CrMoV5. Elle reste à compléter par une démarche expérimentale que nous sommes en train de développer. Celle-ci aura pour objectif par le biais de frottements cycliques de générer une surface à caractère anisotrope représentative des surfaces des matrices de forges. Les microstructures ainsi générées présenteraient une évolution de la morphologie des grains de la surface vers le cœur de l'échantillon, ce qui conforterait donc la pertinence du modèle multi-échelle. Cette démarche expérimentale et numérique permettrait à première vue de faire le lien entre le comportement à l'échelle macroscopique et à l'échelle mésoscopique.

### **Références**

- Berveiller, M., & Zaoui, A. (1979). An extension of the self-consistent scheme to plastically-flowing polycrystals. *J. Mech. Phys. Sol.*, 26, pp. 325-344.
- Gérard, C. (2008). *Mesures de champs et identification de modèles de plasticité cristalline*. Thèse de doctorat: Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Méric, L., & Cailletaud, G. (1991). Single Crystal Modelling for Structural Calculations. Part 2 : Finite Element Implementation. *J. Eng. Mater. Technol.*, 113, pp. 537-566.
- Morito, S., Huang, X., Furuhashi, T., Maki, T., & Hansen, N. (2006). The morphology and crystallography of lath martensite in alloy steels. *Acta Materialia*, 54, pp. 5323-3790.
- Pilvin, P., & Cailletaud, G. (1994). Utilisation de modèles polycristallins pour le calcul par éléments finis. *Revue Européenne des Elements Finis*, 3, 515-541.
- Quey, R., Dawson, P., & Barbe, F. (2011). Large-scale 3D random polycrystals for the finite element method: Generation, meshing and remeshing. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 200, pp. 1729-1745.