

# EBSD à Haute Résolution Angulaire

Claire MAURICE<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Georges Friedel, Ecole des Mines, 158 cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne

\* [maurice@emse.fr](mailto:maurice@emse.fr) ; Téléphone : +33 (0)4 77 42 02 89; Fax : +33 (0)4 77 42 00 00

## 1. INTRODUCTION

La résolution standard est de l'ordre de 0,5 à 1°, ce qui est parfois insuffisant pour l'étude des structures de déformation et leur évolution au cours de la restauration. En outre, cette résolution standard ne permet pas d'évaluer les distorsions élastiques du réseau. Depuis une dizaine d'années, de nombreux travaux [1-7] ont été entrepris pour améliorer la résolution angulaire de la technique de Diffraction des Electrons Rétrodiffusés (EBSD), dans le but ultime d'évaluer les contraintes résiduelles à l'échelle locale. Cet exposé se concentre sur les principes de base des mesures EBSD à Haute Résolution Angulaire, ainsi que sur les limitations actuelles.

## 2. MESURE DE LA DISTORSION ELASTIQUE DU RESEAU

### 2.1 Effets d'une déformation élastique sur le diagramme EBSD

Un diagramme EBSD n'est rien d'autre que la projection gnomonique de la géométrie du réseau cristallin. Ainsi, toute distorsion élastique du réseau se traduit par une distorsion du diagramme EBSD (figure 1). Une déformation élastique quelconque peut être décomposée en une partie sphérique (changement de volume de la maille) et une partie déviatorique (changement de forme de la maille). La partie sphérique n'induit qu'une modification de l'angle de Bragg, et se traduit par une modification de la largeur des bandes de Kikuchi ; cet effet n'est pas exploité pour l'instant, car son amplitude est difficilement mesurable. La partie déviatorique de la déformation produit quant à elle des effets mesurables, tels que la modification des positions des axes de zone, ou le changement des angles interplanaires.

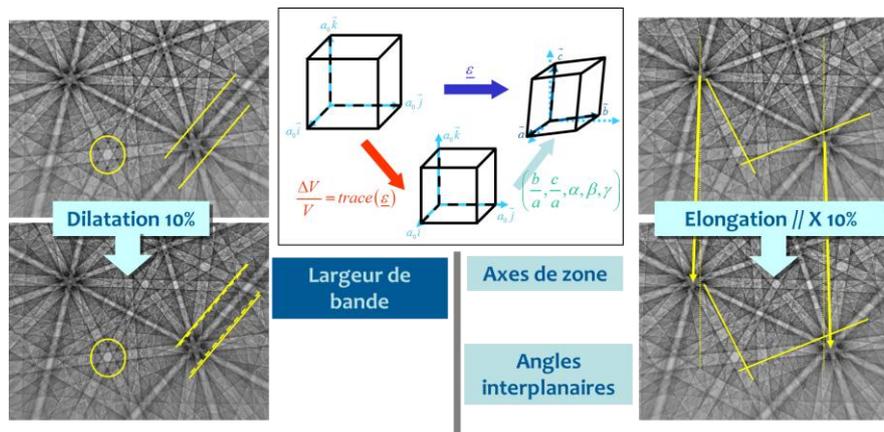


Figure 1. Diagrammes EBSD simulés (selon [4]) – Effets des parties sphériques (à gauche) et déviatoriques (à droite) d'une déformation élastique quelconque.

### 2.2 Principes de mesure de la distorsion du réseau cristallin

Jusqu'à présent, la technique de mesure la plus aboutie est indiscutablement la méthode relative, basée sur des techniques de Corrélation d'Images Numériques, initialement proposée par Troost et al [1], puis développée par Wilkinson et al. [2-3].

Cette approche est basée sur la comparaison entre deux EBSPS, l'un considéré comme état de référence, l'autre étant "le diagramme déformé". La transformation entre les deux diagrammes est d'abord évaluée au moyen de la corrélation croisée effectuée sur un grand nombre de Régions d'Intérêt distribuées sur les diagrammes. Cette transformation est alors interprétée en termes de changement de translation de la position du faisceau et de distorsion du réseau (déformation + rotation). On a montré [7] qu'en présence d'un gradient d'orientation supérieur à 1° entre les deux volumes sondés, une étape préliminaire de « remapping » d'un des diagrammes est nécessaire avant de pouvoir appliquer la corrélation croisée.

Cependant, il y a deux limitations majeures à cette technique pour son application au cas général de polycristaux déformés. D'une part l'état mécanique de référence est a priori inconnu, limitant ainsi la signification physique

de la mesure aux variations de contraintes intragranulaires. La deuxième limitation provient de l'étape de « remapping » qui peut induire des artefacts de mesure si la position du point source est mal définie.

### 3. CONCLUSION

Dans cette contribution, les principes de base de l'EBSD à Haute Résolution Angulaire sont revus dans le but de clarifier le lien triple entre la transformation des diagrammes EBSP, la distorsion du réseau et l'analyse de mécanique au sens des milieux continus (voir Figure 2).

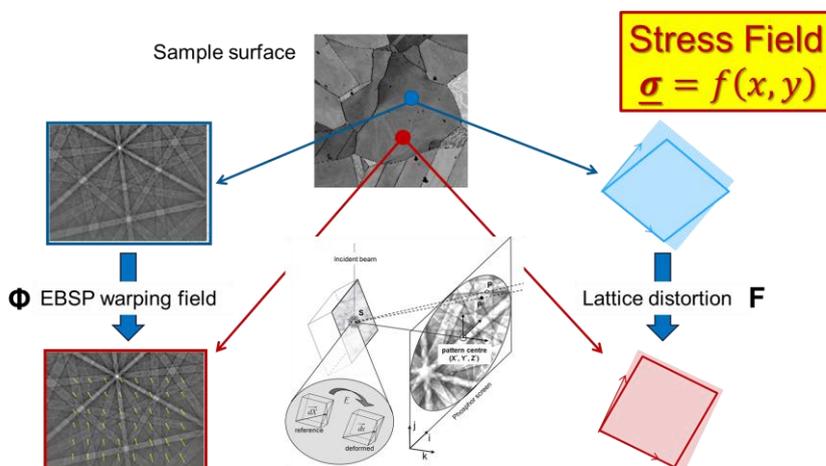


Figure 2. Relations entre transformation des EBSPs ( $\Phi$ ), distorsion élastique du réseau ( $F$ ) et la cartographie des contraintes à l'échelle locale.

En combinant une analyse de contraintes avancée avec une technique de Corrélation d'Image Numérique modifiée, on montre que des cartes de contraintes indépendantes du point de référence choisi peuvent être obtenues. En outre, la sensibilité à la position du point source est fortement diminuée. Ces travaux ouvrent des perspectives nouvelles quant à la détermination des contraintes résiduelles à l'échelle locale.

### REFERENCES

- [1] Troost, K.Z., Vandersluis P., and Gravesteijn D.J. *Applied Physics Letters*, **62(10)**, 1110-1112 (1993)
- [2] Wilkinson, A. *Ultramicroscopy*, **62**, 237-247 (1996)
- [3] Wilkinson, A.J., Meaden, G., and Dingley, D.J. *Ultramicroscopy*, **106(4-5)**, 307-313 (2006)
- [4] Winkelmann, A., Trager-Cowan, C., Sweeney, F., Day, A.P., and Parbrook, P. *Ultramicroscopy*, **107(4-5)**, 414-421 (2007)
- [5] Villert, S., Maurice, C., Wyon, C., and Fortunier, R. *Journal of Microscopy-Oxford*, **233(2)**, 290-301 (2009)
- [6] Mingard, K., Day, A., Maurice, C. and Quedest, P. *Ultramicroscopy*, **111**, 320-329 (2011)
- [7] Maurice, C., Driver, J.H. and Fortunier, R. *Ultramicroscopy*, **113**, 171-181 (2012)