

Analyse tridimensionnelle et couplages d'orientation par STEM et sonde atomique tomographique

I. Mouton¹, J. Houard¹, I. Blum¹, F. Danoix¹, T. Epicier², E. Cadel¹, A. Etienne¹, M. Guérin³, G. Odemer³, C. Blanc³, W. Lefebvre^{1*}

¹*Groupe de Physique des matériaux – UMR 6634, Saint Etienne du Rouvray, France*

²*MATEIS, UMR 551, INSA de Lyon, Villeurbanne, France*

³*Université de Toulouse, Institut CARNOT CIRIMAT, UPS/CNRS/INPT, ENSIACET, Toulouse, France*

**williams.lefebvre@univ-rouen.fr*

L'analyse de nano-objets (nano-matériaux fonctionnels, nano-précipités dans les alliages métalliques...) nécessite l'accès à de nombreuses informations ne pouvant le plus souvent pas être obtenues au moyen d'une seule technique. Pour l'analyse tridimensionnelle à l'échelle nanométrique, les techniques de sonde atomique tomographique (SAT) et de microscopie électronique en transmission en mode balayage (STEM) sont d'une très grande pertinence. La SAT donne accès à des reconstructions post-mortem dans lesquelles environ 50% des atomes sont représentés et où leur nature chimique est déterminée. Cette technique souffre néanmoins d'aberrations inhérentes au processus physique d'évaporation par effet de champ : l'évolution dynamique des rugosités atomiques à la surface de l'échantillon en cours d'analyse peut fréquemment faire évoluer les lois de projection et générer des biais dans les reconstructions de SAT. L'analyse corrélative consistant, avant l'analyse SAT, à effectuer une acquisition par tomographie électronique en STEM, permet de mieux prendre en compte les éventuels biais de reconstruction et conduit parfois à des résultats spectaculaires. Néanmoins, faire correspondre les volumes reconstruits par ces deux techniques de tomographie n'est pas une chose évidente. En outre, plus d'informations peuvent être extraites de la corrélation entre ces deux techniques. Parmi ces informations figurent les données cristallographiques rarement accessibles en SAT.

Dans cette étude, nous présentons un outil logiciel qui permet de lier, au moyen de la projection stéréographique, deux volumes reconstruits indépendamment par SAT et tomographie électronique. L'intérêt de cette méthode est notamment illustré dans le cas d'un alliage d'aluminium d'intérêt technologique. Dans celui-ci, plusieurs familles de précipités (T_1 -Al₂CuLi et θ' -Al₂Cu) s'appuient sur différents plans cristallins de l'aluminium et la forte densité de précipitation, menant à des structures de précipités interconnectées, rend très complexe l'analyse de ces alliages par des projections bidimensionnelles. Tirant profit du développement méthodologique réalisé, les reconstructions tridimensionnelles sont analysées en détail suivant des orientations cristallographiques précises, les défauts sont mis en relation avec le réseau de la matrice d'aluminium et les directions cristallographiques propres aux précipités, les interfaces peuvent être orientées et il est également possible de lier les phénomènes de ségrégation à la cristallographie du volume.