

Caractérisation de la plasticité de l'olivine par tomographie électronique

Alexandre Mussi¹, Sylvie Demouchy², Patrick Cordier¹

¹ *UMET CNRS UMR 8207, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq*

² *Géoscience Montpellier CNRS UMR 5243, Université de Montpellier, Montpellier
alexandre.mussi@univ-lille1.fr*

La dissipation de la chaleur interne de la Terre s'effectue par mouvements convectifs des roches du manteau, responsable de la tectonique des plaques. Pour comprendre le mouvement des plaques tectoniques et son couplage avec le manteau supérieur, il est indispensable d'étudier la rhéologie de la partie sommitale du manteau supérieur. L'olivine est le minéral prédominant dans cette partie du manteau qui se déforme à des températures inférieures à 1000°C (vers $T_f/2$). Dans ces conditions, la plasticité est contrôlée par le glissement de dislocations [001] de nature vis. Ces dislocations sont très souvent rectilignes de par la forte friction de réseau des dislocations vis pour ces températures. La caractérisation des systèmes de glissement de l'olivine est donc compliquée. C'est pourquoi, vers $T_f/2$, les mécanismes de déformation plastique de l'olivine ne sont pas encore bien connus. Les plans de glissement peuvent être obtenus uniquement par la présence de quelques rares segments non-vis. La projection stéréographique est une technique qui donne accès aux systèmes de glissement, mais elle est fastidieuse et peu précise. La tomographie électronique des dislocations est une technique récente [1] parfaitement adaptée pour cette étude. Elle permet de faire l'inventaire des dislocations courbées sur tout un volume reconstruit, à 180°, ce qui augmente considérablement le nombre de plans de glissement accessibles et ce pour une très bonne résolution angulaire (2°). Nous avons effectué les caractérisations MET avec un microscope FEI[®] Tecnaï G2-20-Twin sous une tension de 200 kV, avec un filament LaB₆. Les dislocations ont été imagées en WBDF afin d'obtenir un rapport signal sur bruit élevé. Les séries tiltées ont été acquises avec une légère précession pour homogénéiser le contraste [2]; elles ont été centrées au pixel prêt et filtrées numériquement pour augmenter le contraste des dislocations. Enfin, les volumes ont été reconstruits avec l'algorithme WBP, accessible avec le plug-in TomoJ du logiciel ImageJ et le logiciel de reconstruction Gatan[®]. Dans cette étude, grâce à la de tomographie électronique, nous avons pu obtenir les microstructures 3D des dislocations dans l'olivine déformée vers $T_f/2$. Les systèmes de glissement ont ainsi pu être caractérisés [4]. Nous avons noté les nouveaux plans de glissement {120}, {130}, {140} pour [001] et {041} pour [100][3-6]. Un exemple est présenté sur la figure 1 ci-dessous. La tomographie nous a permis de mettre en évidence le mécanisme d'interactions de dislocation par annihilations colinéaires [5], un exemple est présenté sur la figure 2 ci-après. Enfin, nous avons pu retracer l'historique de déformation de l'olivine à basse température [6].

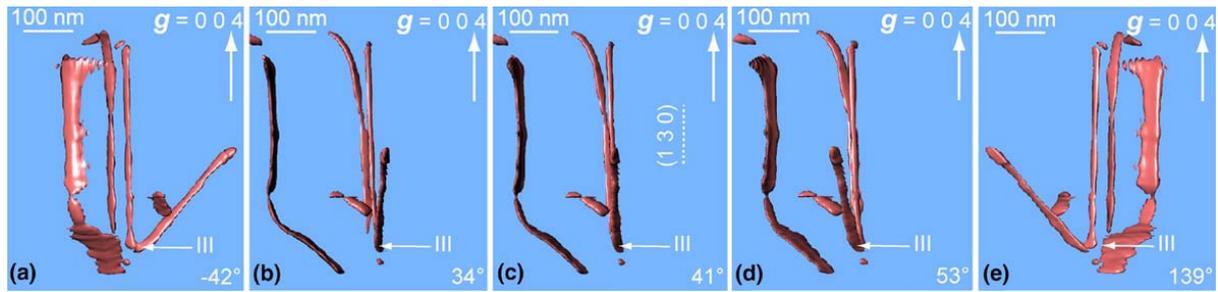


Figure 1 d'après [4] : Cinq micrographies à -42° (a), 34° (b), 41° (c), 53° (d) et 139° (e). La dislocation « III » appartient au plan de glissement (130) puisqu'elle rectiligne, parallèle à ce plan, selon l'axe de zone [3-10].

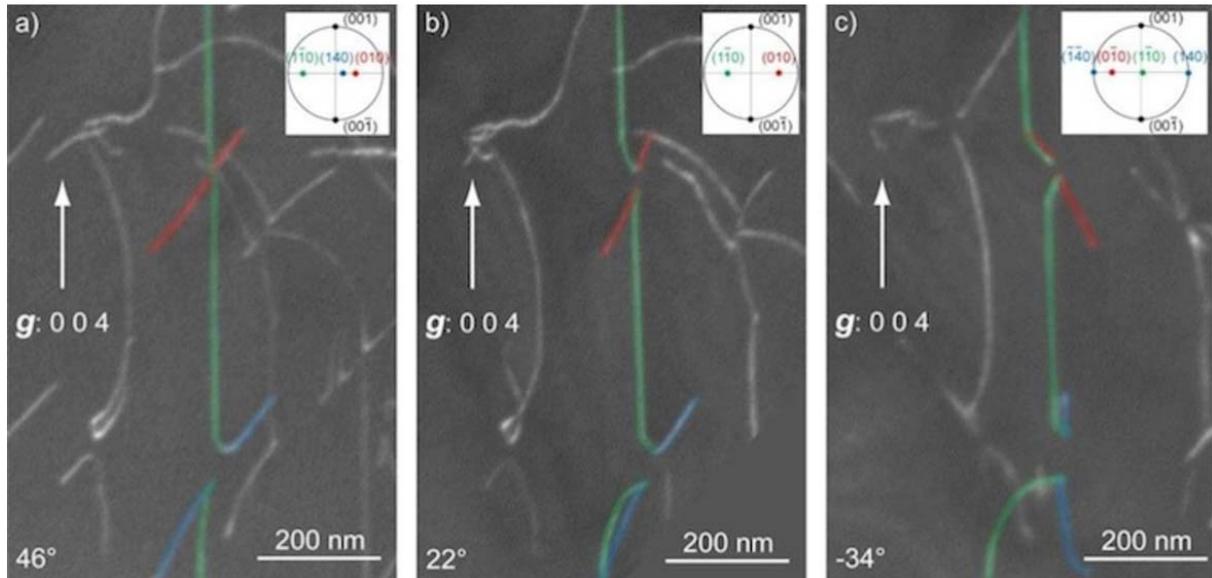


Figure 2 d'après [5] : Trois micrographies à 46° (a), 22° (b) et -34° (c), associées avec leurs projections stéréographiques en haut à droite. Le volume reconstruit par tomographie nous a permis d'obtenir les plans de glissement des segments de dislocation colorés en vert, rouge et bleu. Ces plans sont respectivement (1-10), (010) et (140). Deux annihilations colinéaires ont eu lieu : $[001](1-10)$ avec $[00-1](010)$ et $[001](1-10)$ avec $[00-1](140)$.

[1] J.S. Barnard, J. Sharp, J.R. Tong, P.A. Midgley, *High-resolution three-dimensional imaging of dislocations*, *Science* **313**, 319 (2006).

[2] J.M. Rebled, L.I. Yedra, S. Estradé, J. Portillo, F. Peiró, *A new approach for 3D reconstruction from bright field TEM imaging: Beam precession assisted electron tomography*, *Ultramicroscopy* **111**, 1504 (2011).

[3] S. Demouchy, A. Mussi, F. Barou, A. Tommasi, P. Cordier, *Viscoplasticity of polycrystalline olivine experimentally deformed at high pressure and 900°C*, *Tectonophysics* **623**, 123 (2014).

[4] A. Mussi, P. Cordier, S. Demouchy, C. Vanmansart, *Characterization of the glide planes of the [001] screw dislocations in olivine using electron tomography*, *Phys. Chem. Miner.* **41**, 537 (2014).

[5] A. Mussi, P. Cordier, S. Demouchy, *Characterization of dislocation interactions in olivine using electron tomography*, *Philos. Mag.* **95**, 335 (2015).

[6] A. Mussi, M. Nafi, S. Demouchy, P. Cordier, *On the deformation mechanism of olivine single crystals at lithospheric temperatures: an electron tomography study*, in review in *Eur. J. Mineral.* (2015).