

Apprentissage profond pour la détection de boucles de dislocation dans un HEA

T. BILYK, A. M. GORYAEVA, E. MESLIN, M.-C. MARINICA

La caractérisation d'objets de taille nanométrique, détectés par microscopie électronique en transmission (MET), est essentielle pour évaluer le comportement mécanique des matériaux. Ces objets, visibles par contraste de phase (nanobulles) ou contraste de diffraction (boucles de dislocation ou précipités cohérents), et souvent nombreux sur une micrographie, sont des candidats de choix pour l'automatisation. Une quantité importante de données est produite et la problématique de leur analyse se pose.

Une analyse manuelle est minutieuse, répétitive, sujette à l'erreur humaine et coûteuse en temps. Les méthodes semi-automatiques, *e.g.* de seuillage constituent une première approche. Elles présentent plusieurs limites comme un choix de paramètres arbitraire et limitant la transférabilité, ainsi que des étapes particulières de post-traitement pour individualiser des objets superposés. Une seconde piste est apportée par l'intelligence artificielle, particulièrement adaptée à ces problématiques de données en grand nombre. Les réseaux neuronaux convolutifs (CNN) ont notamment révolutionné le domaine de la vision par ordinateur au cours de la dernière décennie. L'idée étant de mettre en évidence les traits caractéristiques dans une image en corrélant les pixels avec leurs pixels environnant. L'utilisation d'un *Mask R-CNN* permet d'effectuer à la fois détection et segmentation des objets étudiés [1].

Ce type d'approche sera donc présenté dans un premier temps, suivi d'une application à la segmentation de boucles de dislocations sur des micrographies en STEM-BF d'alliages à haute entropie après irradiations aux ions. L'apprentissage repose sur l'annotation de micrographies telles que celle représentée en figure 1.a). Après celui-ci, le *Mask R-CNN* peut être utilisé pour la détection de boucles de dislocations, comme illustré en figure 1.b). Enfin, l'analyse des masques obtenus permet une caractérisation individuelle et collective des objets. Comme il sera discuté, la fonction de distribution radiale des boucles de dislocations, présentée en figure 1.c), soutient notamment une faible mobilité des boucles après leurs formations. L'approche est généralisable à d'autres cas et d'autres travaux sont en cours.

- [1] K. He, G. Gkioxari, P. Dollár, and R. B. Girshick, "Mask r-cnn," *2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 2980–2988, 2017.

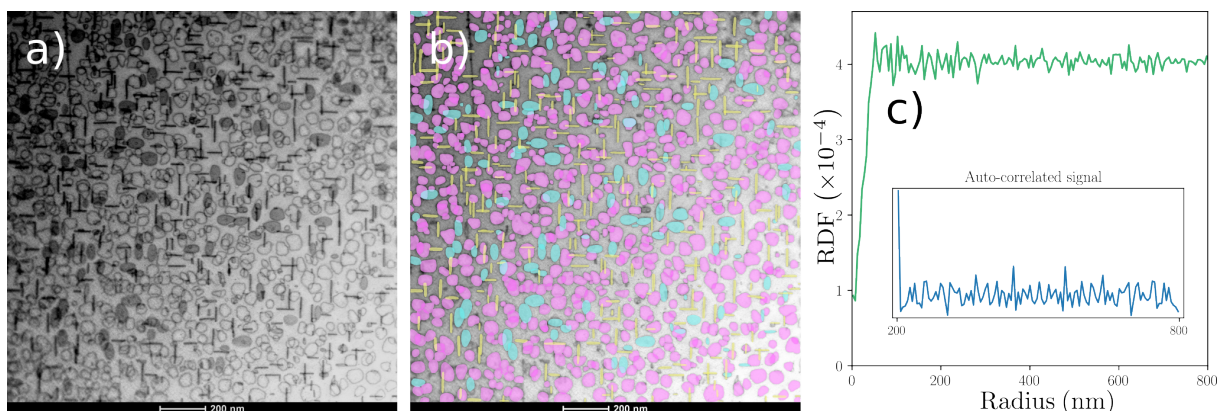


FIGURE 1 – a) Micrographie STEM-BF d'un HEA après irradiation avec des ions fer. b) Prédiction effectuée avec un Mask R-CNN, les boucles parfaites ouvertes sont représentées en magenta, sur-chant en jaunes et les boucles fautes en cyan. c) Fonction de distribution radiale, et autocorrélation, appliquée aux centres des boucles.