

Mécanique des champs de dislocations et de désinclinaisons généralisées

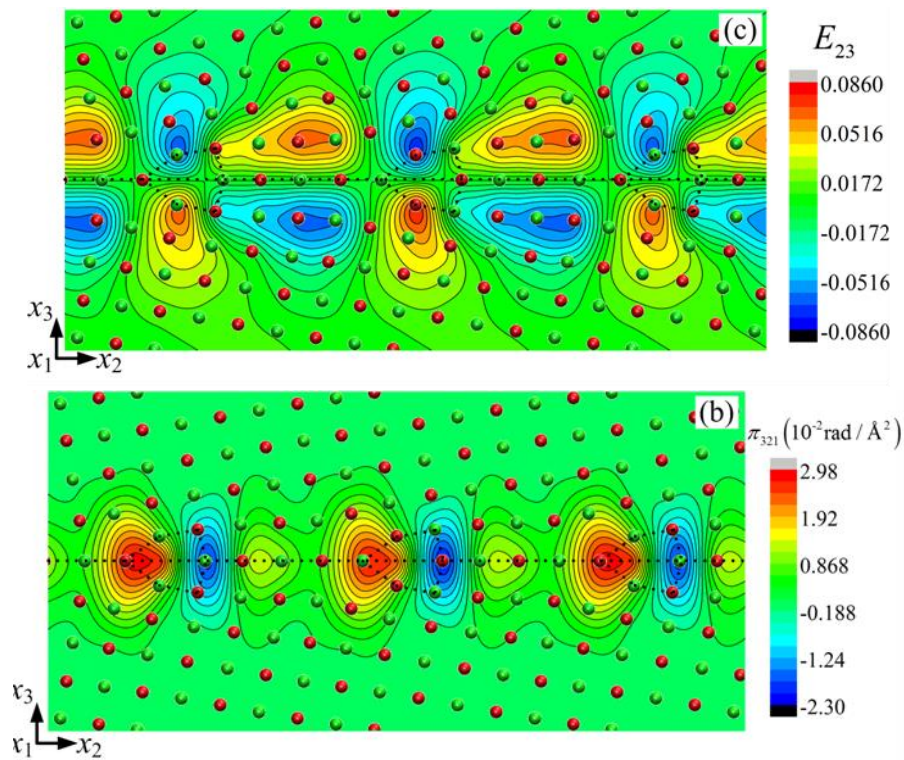
Claude Fressengeas

Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux
LEM3, Université de Lorraine/CNRS/Arts et Métiers ParisTech, France

Le mouvement des dislocations est la manifestation microscopique de la plasticité des matériaux polycristallins dans les conditions usuelles, c'est-à-dire lorsque les grains sont suffisamment gros (typiquement de taille au moins micrométrique) et les systèmes de glissement indépendants en nombre suffisant (supérieur ou égal à 4 dans un polycristal). En revanche, la plasticité est largement assurée par le mouvement des joints de grains dans les matériaux à grains de taille nanométrique, car les phénomènes d'interface y deviennent prépondérants, ou lorsque les systèmes de glissement indépendants et effectivement actifs sont en nombre insuffisant, comme dans le cas de la glace ou de l'olivine, matériau dominant du manteau terrestre supérieur. Il résulte de l'ubiquité des désinclinaisons généralisées aux joints de grains que celles-ci deviennent alors un vecteur essentiel de la plasticité des matériaux polycristallins.

Les dislocations, défauts topologiques en forme de ligne, limitent des surfaces au travers desquelles le champ de déplacements élastiques subit une discontinuité de translation. De même, les désinclinaisons généralisées sont des boucles de défauts topologiques de second ordre limitant des surfaces au travers desquelles le champ de tenseurs de distorsion (rotation et déformation) élastique subit lui-même une discontinuité. Lorsque cette discontinuité affecte seulement la rotation élastique, les désinclinaisons généralisées se réduisent aux désinclinaisons de Volterra. De même que la non-unicité du déplacement élastique de translation entraîne l'existence d'un champ de tenseurs des densités de dislocation α , communément appelé champ de tenseurs de Nye, de même la non-unicité de la distorsion élastique entraîne l'existence d'un champ de tenseurs π des densités de désinclinaisons généralisées.

Dans cette présentation, nous montrons que l'on peut construire une théorie mécanique des transformations élasto-viscoplastiques couplées aux transformations de phase, où les champs de déplacements et les champs de densité de défauts cristallins (α, π) sont les inconnues d'un problème aux limites bien posé, susceptible d'être résolu par une méthode d'éléments finis, ou par une méthode FFT pour des conditions aux limites périodiques, et fournissant une généralisation non-locale, basée sur la physique de ces défauts, des équations conventionnelles de la mécanique des milieux continus. Une telle théorie est potentiellement capable de traiter des interactions élastiques entre dislocations, joints de grains et joints de phase, ainsi que du couplage de leurs mouvements inélastiques dans un chemin de chargement arbitraire. Divers exemples seront présentés.



(c) Joint de flexion symétrique $\Sigma 37(610) \langle 100 \rangle (18.9^\circ)$ dans le cuivre, champ de cisaillement ε_{23} superposé au réseau atomique, et (b) Champ de désinclinaisons généralisées π_{321} associé. La hauteur de chaque figure est 2 nm.