

Milieux micromorphes et de Cosserat. Théorie générale et applications à la plasticité

Samuel Forest
Centre des Matériaux / UMR 7633
Mines ParisTech / CNRS
F-91003 Evry Cedex
samuel.forest@ensmp.fr

L'enrichissement de la cinématique de la particule matérielle par l'attribution d'un trièdre directeur déformable conduit à l'élaboration d'une nouvelle classe de milieux continus, baptisés micromorphes par Eringen au début des années 1960. La cinématique et les équations de bilan régissant les milieux micromorphes seront établies dans le contexte des transformations finies. Des tenseurs de contraintes généralisées sont introduits sur la base du principe des puissances virtuelles. L'introduction de liaisons internes permet d'obtenir des cas particuliers importants, tels que le milieu de Cosserat, lorsque le trièdre directeur est rigide, et le milieu du second gradient atteint lorsque le trièdre directeur est astreint à suivre la matière. La formulation de lois de comportement élasto-viscoplastique s'appuie sur la thermodynamique des milieux continus. Elle requiert une discussion sur le choix des mesures de déformations, leur décomposition en parties élastique et plastique, et le développement de lois d'écoulement viscoplastique et de lois d'évolutions pour les variables internes. Les critères de plasticité intègrent les contributions des différents tenseurs des contraintes de la théorie.

Des problèmes aux limites élémentaires seront résolus pour des milieux micromorphes élastiques ou élastoplastiques afin d'illustrer l'importance des conditions aux limites supplémentaires qui surgissent dans le cadre de cette théorie. Le cas de la formation et de la propagation de bandes de localisation de la déformation plastique sera traité en particulier, avec les applications que l'on connaît lors de la déformation des aciers.

L'approche micromorphe s'étend à des degrés de liberté supplémentaires non directement de nature cinématique, tels que des variables d'écroutissage en plasticité ou des paramètres d'ordre dans la méthode des champs de phases. En particulier, la plasticité à gradient, largement invoquée dans les dix dernières années pour décrire certains effets d'échelle observés dans la plasticité des métaux, s'avère être un cas particulier du modèle micromorphe, au prix de liaisons internes adaptées. On établira la nature isotrope ou cinématique des écroutissages supplémentaires induits par les variables micromorphes. On illustrera les effets de taille attendus dans le cas de microstructures lamellaires ou granulaires, notamment dans le contexte de la plasticité cristalline. Ces exemples nécessiteront le développement de techniques d'homogénéisation des milieux micromorphes.