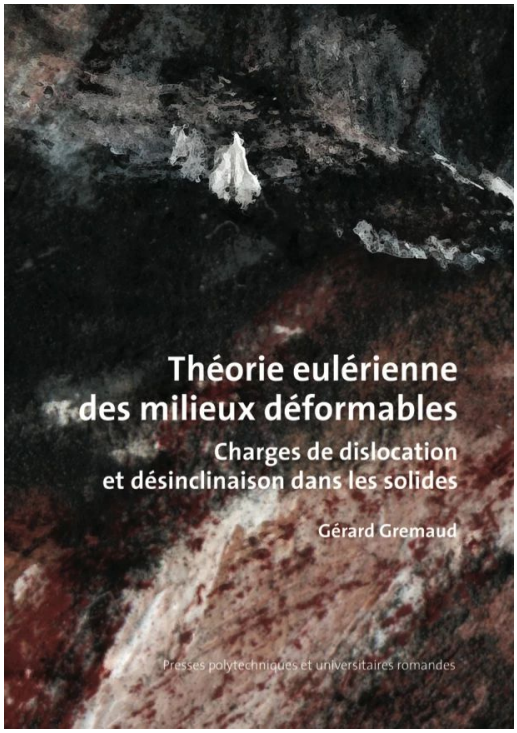
Théorie eulérienne des milieux déformables

Charges de dislocation et désinclinaison dans les solides

Gérard Gremaud

Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), Lausanne (Switzerland), 2013, 751 pages, ISBN 978-2-88074-964-4



Présentation

Cet ouvrage propose une théorie unifiée, originale et novatrice de la déformation des milieux fluides et solides. Les équations fondamentales d'évolution des milieux déformables y sont développées de façon méthodique et rigoureuse, sous forme vectorielle et en coordonnées d'Euler. Elles sont appliquées à la description phénoménologique des fluides viscoélastiques, des fluides chimiques, des solides élastiques, des solides auto-diffusifs, des solutions solides et des solides anélastiques et plastiques. L'introduction dans les équations d'évolution du concept de charges tensorielles de dislocation et de désinclinaison permet une approche rigoureuse de l'anélasticité et de la plasticité des solides, via l'évolution des singularités topologiques qu'ils contiennent.

Sommaire

- Introduction
- Table des matières
- PREMIÈRE PARTIE
- Approche eulérienne unifiée des fluides et des solides
- Chapitre 1 Champs de vitesse et de déformation des solides en coordonnées de Lagrange – Evolution spatio-temporelle des milieux déformables – Système des coordonnées de Lagrange – Description des

faibles déformations d'un solide en coordonnées de Lagrange – Conditions de compatibilité des champs de distorsion – Equations géométrocinétiques des faibles déformations d'un solide en coordonnées de Lagrange

- Champs de vitesse et de déformation des fluides et des solides en coordonnées d'Euler – Définition de grandeurs locales en coordonnées d'Euler – Equations géométrocinétiques eulériennes – Tenseurs eulériens de distorsion – Application: exemples de champs de vitesse et de distorsion
- Chapitre 3 Principes de la dynamique newtonienne et de la thermocinétique en coordonnées d'Euler – Principe de continuité de la masse d'inertie – Principe de continuité de l'énergie – Principe de continuité de l'entropie – Application: la mécanique du solide indéformable
- Chapitre 4 Équations d'évolution des fluides viscoélastiques – Application des principes de continuité aux fluides viscoélastiques – Equations d'évolution spatio-temporelle d'un fluide viscoélastique – Relations phénoménologiques d'un fluide viscoélastique – Bilan énergétique et équations d'évolution spatio-temporelle
- Chapitre 5 Application: éléments de phénoménologie des fluides viscoélastiques – Approche phénoménologique des équations d'état des fluides – Transition d'état liquide-gaz – Coefficients de thermoconduction – Coefficients de viscosité – Equation de Navier-Stockes des fluides parfaits viscoélastiques – Propagation d'ondes dans les fluides viscoélastiques
- Chapitre 6 équations d'évolution des fluides chimiques – Mélanges fluides d'espèces chimiques – Equations d'évolution d'un fluide chimique viscoélastique – Relations phénoménologiques d'un fluide chimique – Bilan énergétique et équations d'évolution spatio-temporelle
- Chapitre 7 Application: éléments de phénoménologie des fluides chimiques viscoélastiques – Equations d'état des fluides chimiques – Equations de transport et relations d'Onsager – Coefficients de viscosité d'un mélange – Mélanges fluides binaires – Réactions chimiques – Transition de précipitation dans une solution liquide non miscible
- Chapitre 8 Champs de distorsion et de contorsion et compatibilité des solides en coordonnées d'Euler – Solides à l'échelle microscopique – Définition de repères locaux dans les réseaux solides – Projection des équations géométrocinétiques dans le référentiel local – Postulat de géométrocompatibilité en coordonnées d'Euler – Tenseurs de contorsion d'un solide – Interprétation physique des équations de compatibilité – Conditions de passage à travers une interface compatible – Application: exemples de champs de flexion et de torsion
- Chapitre 9 équations d'évolution des solides élastiques – Thermocinétique et potentiels de contrainte – Principes de la dynamique newtonienne dans un réseau solide – Equations d'évolution d'un solide élastique – Relations phénoménologiques d'un solide élastique – Bilan énergétique et équations d'évolution spatio-temporelle
- Chapitre 10 Application: éléments de phénoménologie des solides élastiques – Fonctions et équations d'état des solides isotropes – Fonctions et équations d'état des solides anisotropes – Matrice des coefficients de thermoconduction – Equations thermoélastiques d'évolution du solide parfait isotrope – Une formulation «maxwellienne» des cisaillements purs – Propagation d'ondes dans le solide parfait isotrope – Discussion du développement de l'énergie libre du solide isotrope
- Chapitre 11 équations d'évolution des solides autodiffusifs – Diffusion de défauts ponctuels intrinsèques dans un solide – Thermocinétique et potentiels chimiques – Principes de la dynamique newtonienne dans un réseau autodiffusif – Equations d'évolution d'un solide autodiffusif – Relations phénoménologiques d'un solide autodiffusif – Bilan énergétique et équations d'évolution spatio-temporelle
- Chapitre 12 Application : éléments de phénoménologie des solides autodiffusifs – Equations d'état des solides autodiffusifs – Equations de transport et matrice des coefficients cinétiques – Phénomène de création-annihilation de paires lacune-interstitiel – Evolution vers l'équilibre thermodynamique – Processus de relaxation des défauts ponctuels – Formulation «maxwellienne» des cisaillements purs dans le solide isotrope autodiffusif – Propagation d'ondes dans le solide isotrope autodiffusif
- Chapitre 13 équations d'évolution des solutions solides – Solutions solides lacunaires – P otentiels chimiques et équation thermocinétique – Dynamique newtonienne dans les solutions solides – Equations d'évolution des solutions solides – Relations phénoménologiques des solutions solides – Bilan énergétique et équations d'évolution spatio-temporelle
- Chapitre 14 Application: précipitation et transition de phase ordre-désordre dans les solutions solides – Energie libre d'interaction d'une solution solide binaire – Paramètre d'ordre d'une solution solide binaire – Transformation de phase par précipitation dans une solution solide – Transition de phase ordre-désordre dans une solution solide
- Chapitre 15 équations d'évolution des solides anélastiques et plastiques – Anélasticité et plasticité d'un réseau solide de particules – Thermocinétique d'un réseau anélastique et plastique – Dynamique newtonienne d'un réseau anélastique et plastique – Autodiffusion en présence de sources de sites de réseau – Equations d'évolution d'un solide anélastique et plastique – Relations phénoménologiques d'un solide anélastique et plastique – Bilan énergétique et équations d'évolution spatio-temporelle
- Chapitre 16 Application : éléments de phénoménologie des solides anélastiques – A nélasticité des solides – Phénomènes de relaxations et d'hystérèses anélastiques – Activation thermique de l'anélasticité – Formulation «maxwellienne» des cisaillements purs dans le solide isotrope, autodiffusif

et anélastique – Ondes transversales dans le solide isotrope anélastique – Anélasticité par transformations structurales displacives de deuxième et de première espèce – Discussion de la phénoménologie de l'anélasticité

- Chapitre 17 Application : éléments de phénoménologie des solides plastiques – Plasticité des solides – Essais de fluage – Essais de traction – Essais de fatigue – Activation thermique de la plasticité – Limites de l'approche phénoménologique de la plasticité
- SECONDE PARTIE
- Charges de distorsions et de contorsions plastiques dans les solides
- Chapitre 18 Densités et flux de charges de dislocation et densité de charges de désinclinaison – Concept macroscopique de charges de distorsions plastiques – Concept macroscopique de charges de contorsions plastiques – Description topologique complète des solides chargés
- Chapitre 19 Singularités topologiques associées aux charges de dislocation et de désinclinaison – Singularités topologiques macroscopiques – Cordes et lignes de dislocation – Membranes de dislocation et joints de torsion, de flexion et d'accommodation – Cordes et lignes de désinclinaison aux frontières de membranes de dislocation – Cordes et lignes de dispiration et réseaux solides à symétrie axiale – Boucles de dislocation et de désinclinaison – Amas de dislocations, de désinclinaisons et de dispirations
- Chapitre 20 Flux de charges de dislocation et relations d'Orowan – Interprétation des flux de charges – Charges et flux linéiques pour des lignes de dislocation – Relations d'Orowan
- Chapitre 21 équations d'évolution des solides chargés et force de Peach et Koehler – Remplacement du tenseur des distorsions plastiques – F orce de Peach et Koehler agissant sur les charges de dislocation – Equations d'évolution spatio-temporelle des solides chargés
- Chapitre 22 Application : phénoménologie des solides parfaits chargés et représentations « maxwelliennes » – Le solide parfait chargé – Equations «maxwelliennes» à expansion volumique constante – Equations «quasi maxwelliennes» des solides usuels aux faibles perturbations de l'expansion volumique
- Chapitre 23 Champs, énergies et interactions des charges de dislocation dans un solide parfait – Champs et énergie de repos d'une charge localisée de rotation – Champs et énergies d'une dislocation vis – Champs et énergies d'une dislocation coin – Champs et énergies d'une dislocation coin dans un milieu solide sans ou avec conditions aux limites – Interactions entre charges de dislocation
- Chapitre 24 Transformation de Lorentz et dynamique relativiste des charges de dislocation – Charges mobiles et transformations de Lorentz – Dynamique relativiste d'une dislocation vis rectiligne – Dynamique relativiste d'une charge sphérique de rotation – Dynamique relativiste d'une boucle de désinclinaison vis – Force de Peach et Koehler et force relativiste de Lorentz
- Chapitre 25 Modèle de la corde d'une dislocation non rectiligne – Modèle de la corde – Applications du modèle de la corde – Effets d'une contrainte statique forte sur une dislocation ancrée – Effets d'une contrainte dynamique faible sur une dislocation ancrée
- Chapitre 26 Champs et interactions de singularités de courbure localisées dans un solide parfait – Champ d'expansion dû à une singularité de courbure localisée – Champ statique d'expansion d'une singularité sphérique – Interaction de nature «gravitationnelle» entre deux singularités de courbure – Interaction entre une dislocation de type coin et une singularité de courbure – Analogies étonnantes entre notre théorie eulérienne des solides et les grandes théories de la physique
- Annexe A éléments de calcul différentiel et vectoriel – Calcul différentiel – Calcul vectoriel – Analyse vectorielle
- Annexe B éléments de thermodynamique – Thermodynamique phénoménologique – Critères d'évolution des systèmes thermodynamiques – Potentiels thermodynamiques et transformations de Legendre – Coefficients thermodynamiques – Relations d'Euler et de Gibbs-Duhem dans les milieux chimiques
- Annexe C éléments de physique statistique – Principes de la physique statistique – Ensemble canonique
- Annexe D éléments d'activation thermique – Activation thermique du mouvement des particules – Champ de force de résistance périodique – Champ de force de résistance apériodique
- Annexe E éléments de spectroscopie mécanique – Complaisance et module dynamiques. Facteur de perte – Mesure expérimentale du facteur de perte
- Annexe F Réseaux de Bravais et systèmes cristallins
- Bibliographie
- Liste des symboles principaux