

# Table des matières

<b>Introduction</b> . . . . .	1
<b>Partie 1. Élasticité cristalline : représentation adimensionnelle et multi-échelle.</b> . . . . .	7
<b>Introduction de la partie 1</b> . . . . .	9
<b>Chapitre 1. Écriture conventionnelle</b> . . . . .	11
1.1. Loi de Hooke généralisée . . . . .	11
1.1.1. Symétrie cubique . . . . .	12
1.1.2. Symétrie hexagonale . . . . .	16
1.2. Théorie et précautions expérimentales . . . . .	18
<b>Chapitre 2. Représentation adimensionnelle et simplification.</b> . . . . .	21
2.1. Symétrie cubique : métaux cc et cfc . . . . .	22
2.2. Symétrie hexagonale . . . . .	28
2.3. Autres symétries . . . . .	35
2.4. Problème posé par les sous-symétries cubiques . . . . .	36

---

<b>Chapitre 3. Du monocristal à la maille atomique. . . . .</b>	<b>39</b>
3.1. Représentation discrète. . . . .	39
3.2. Représentation continue pour la symétrie cubique. . . . .	41
3.3. Représentation continue pour la symétrie hexagonale . . . . .	45
<b>Chapitre 4. Du monocristal au polycristal . . . . .</b>	<b>51</b>
4.1. Homogénéisation : quelques approches historiques et une approche simplifiée . . . . .	51
4.2. Choix de sets de données « idéales » et comparaison des différentes approches . . . . .	55
4.3. Matériaux biphasés . . . . .	59
4.4. Problème inverse . . . . .	60
4.5. Matériaux texturés. . . . .	62
<b>Chapitre 5. Élasticité macroscopique expérimentale : relation avec les aspects structuraux et les propriétés physiques . . . . .</b>	<b>65</b>
5.1. Une méthode expérimentale performante . . . . .	65
5.2. Élasticité des superalliages base nickel. . . . .	69
5.2.1. Superalliage monograin . . . . .	69
5.2.2. Passage de la symétrie cubique à la symétrie isotrope transverse . . . . .	70
5.2.3. Mise en radeaux. . . . .	73
5.2.4. Précipitation dans un Inconel 718. . . . .	74
5.3. Élasticité et propriétés physiques . . . . .	78
5.3.1. Transformations de phase. . . . .	78
5.3.2. Magnéto-élasticité . . . . .	81
5.3.3. Ferroélectricité et transformation de phase . . . . .	83
5.4. Influence de la porosité et de l'endommagement sur l'élasticité . . . . .	84
5.4.1. Porosité isotrope . . . . .	84
5.4.2. Porosité anisotrope . . . . .	86
5.4.3. Microfissures et porosité extrême. . . . .	88

5.5. Le mystère de la structure diamant . . . . .	90
5.6. Et les matériaux amorphes dans tout cela ? . . . . .	91
5.7. Anélasticité et structure fine des cristaux . . . . .	94
5.7.1. Relaxation de défauts substitutionnels . . . . .	94
5.7.2. Relaxation de défauts interstitiels . . . . .	97

## **Partie 2. Théorie lagrangienne des vibrations : application à la caractérisation de l'élasticité . . . . . 101**

### **Introduction de la partie 2 . . . . . 103**

### **Chapitre 6. Traction-compression sur barreau cylindrique . . 105**

6.1. Traction-compression sans déformation transverse . . . . .	105
6.2. Traction-compression avec déformation transverse . . . . .	106
6.3. Détermination de E et de $\nu$ de matériaux isotropes et anisotropes. . . . .	107

### **Chapitre 7. Flexion de poutre . . . . . 111**

7.1. Flexion de poutre homogène sans cisaillement. . . . .	111
7.2. Flexion de poutre homogène avec cisaillement (rotation) . . . .	113
7.3. Flexion de poutre homogène avec cisaillement (déformation) . .	117
7.4. Flexion de poutre homogène avec cisaillement (comparaison). .	122
7.5. Application à la caractérisation de l'élasticité des matériaux massifs . . . . .	123
7.6. Flexion de poutre composite (substrat + revêtement). . . . .	124
7.7. Flexion de poutre composite (substrat + revêtement « sandwich ») . . . . .	127
7.8. Application à la caractérisation de l'élasticité de monorevêtements . . . . .	128
7.9. Flexion de poutre tricouche . . . . .	130
7.10. Matériaux multicouches et à gradient de propriétés élastiques . . . . .	134

<b>Chapitre 8. Torsion de plaque</b> . . . . .	137
8.1. Torsion de cylindre homogène . . . . .	137
8.2. Torsion de plaque homogène . . . . .	138
8.3. Détermination du module de cisaillement et du coefficient de Poisson de matériaux massifs. . . . .	141
8.4. Torsion de plaque composite . . . . .	144
<b>Chapitre 9. Flexion de plaque mince</b> . . . . .	147
9.1. Vibrations en flexion de plaque mince homogène . . . . .	147
9.2. Application à la caractérisation de l'élasticité de plaques minces. . . . .	150
<b>Chapitre 10. Mesures vibratoires et contraintes internes macroscopiques</b> . . . . .	155
10.1. Mise en évidence expérimentale du relâchement des contraintes internes de matériaux massifs . . . . .	155
10.2. Contraintes internes et vibration de poutre homogène . . . . .	158
10.3. Analyse du profil de contraintes de matériaux revêtus (statique) . . . . .	160
10.3.1. Analyse du profil de contraintes de birevêtements symétriques. . . . .	160
10.3.2. Analyse du profil de contraintes de monorevêtements . . . . .	161
10.4. Influence des contraintes internes sur les vibrations de matériaux revêtus en configuration « sandwich » . . . . .	164
10.5. Influence des contraintes internes sur les vibrations de matériaux revêtus en configuration monorevêtement. . . . .	165
10.6. Application à la détermination des contraintes internes de matériaux revêtus . . . . .	166
<b>Conclusion</b> . . . . .	173
<b>Bibliographie</b> . . . . .	175
<b>Index</b> . . . . .	181