

Table des matières

Avant-propos	1
Chapitre 1. Propagation dans un solide illimité	5
1.1. Rappels de mécanique des milieux continus	6
1.1.1. Équations de conservation	6
1.1.1.1. Équations intégrales	8
1.1.1.2. Équations locales	10
1.1.2. Cinématique des milieux continus	13
1.1.3. Théorème de Poynting : bilan énergétique	14
1.1.4. Loi de comportement linéaire : relations de Maxwell	16
1.2. Solide isotrope	19
1.2.1. Loi de comportement	19
1.2.2. Équation de propagation, découplage	22
1.2.2.1. Décomposition de Helmholtz	22
1.2.2.2. Vitesses des ondes de volume	24
1.2.3. Ondes progressive, plane, sinusoïdale	26
1.2.3.1. Onde progressive	26
1.2.3.2. Onde plane	28
1.2.3.3. Représentation complexe	29
1.2.4. Polarisation	29
1.2.5. Intensité acoustique	31
1.2.6. Ondes cylindriques et sphériques	32
1.2.6.1. Ondes cylindriques	32
1.2.6.2. Ondes sphériques	35
1.3. Solide anisotrope	36
1.3.1. Symétrie et tenseur d'élasticité	37
1.3.2. Équation de propagation, vitesse de phase, polarisation	45

1.3.3. Propagation dans un matériau orthotrope	48
1.3.4. Vitesse de groupe et vitesse de l'énergie	49
1.3.5. Surface des lenteurs et surface d'onde	52
1.3.5.1. Facteur d'anisotropie	56
1.3.5.2. Surfaces des lenteurs 3D	58
1.4. Solide piézoélectrique	58
1.4.1. Loi de comportement : équations tensorielles	59
1.4.2. Réduction du nombre de constantes piézoélectriques indépendantes	64
1.4.3. Ondes planes dans un cristal piézoélectrique	66
1.4.3.1. Propagation dans un matériau de symétrie cubique	71
1.4.3.2. Coefficient de couplage électromécanique	72
1.4.3.3. Propagation dans un cristal du système trigonal	73
1.5. Milieux viscoélastiques	75
1.5.1. Loi de comportement viscoélastique linéaire	76
1.5.2. Modèles rhéologiques simples	77
1.5.3. Vitesse et atténuation dans un milieu viscoélastique	79
1.5.4. Principe d'équivalence temps-température	82
1.5.5. Fluide visqueux newtonien	83

Chapitre 2. Réflexion et transmission aux interfaces 87

2.1. Conditions aux frontières	88
2.2. Direction et polarisation des ondes réfléchies et transmises	91
2.2.1. Construction graphique	92
2.2.2. Découplage des ondes	93
2.2.2.1. Cas général	93
2.2.2.2. Cas isotrope	94
2.2.3. Angle critique, onde évanescence, réflexion totale.	95
2.2.4. Loi de conservation de l'énergie	97
2.3. Solide isotrope : onde transverse horizontale	99
2.3.1. Réflexion et transmission entre deux solides	99
2.3.2. Plaque entre deux solides, adaptation d'impédances	101
2.4. Milieux isotropes : ondes longitudinale et transverse verticale	106
2.4.1. Réflexion sur une surface libre	106
2.4.1.1. Onde incidente longitudinale	107
2.4.1.2. Onde incidente transverse verticale	109
2.4.2. Interface solide-fluide	112
2.4.2.1. Onde incidente longitudinale dans le solide	112
2.4.2.2. Onde incidente transverse verticale dans le solide	114
2.4.2.3. Onde incidente longitudinale dans le fluide	115
2.4.2.4. Interaction d'une onde plane avec une plaque immergée	119
2.5. Milieu anisotrope : matrice de diffraction	122

2.5.1. Résolution algébrique, solution formelle	122
2.5.2. Expression des contraintes	125
2.5.3. Tri des solutions	126
2.5.4. Considérations de symétrie	127
2.5.5. Coefficients de réflexion et de transmission, ondes d'interface. . .	129
2.5.5.1. Matrice de diffraction	129
2.5.5.2. Réflexion sur une surface libre	131
2.5.5.3. Ondes d'interface et de surface	132
2.5.6. Interface entre un solide orthotrope et un solide isotrope	133
Chapitre 3. Ondes de surface et d'interface	137
3.1. Ondes de surface	138
3.1.1. Solide isotrope : onde de Rayleigh	138
3.1.1.1. Méthode des potentiels	139
3.1.1.2. Déplacement mécanique et contraintes	142
3.1.1.3. Amplitude du déplacement et puissance	144
3.1.2. Solide anisotrope	147
3.1.2.1. Méthode des ondes partielles	147
3.1.2.2. Symétrie orthotrope	148
3.1.2.3. Influence du facteur d'anisotropie	152
3.1.2.4. Pseudo-onde de surface	153
3.1.3. Cristal piézoélectrique	157
3.1.3.1. Méthode de recherche, découplage	157
3.1.3.2. Conditions aux limites électriques, permittivité de surface	160
3.1.3.3. Coefficient de couplage électromécanique	163
3.1.3.4. Amplitude du potentiel électrique et puissance	165
3.1.3.5. Caractéristiques des principaux matériaux	166
3.2. Ondes d'interface	170
3.2.1. Interface solide isotrope-fluide parfait	170
3.2.1.1. Équation caractéristique	170
3.2.1.2. Onde de Scholte	172
3.2.1.3. Onde de Rayleigh fuyante	174
3.2.2. Interface entre deux solides isotropes	175
3.2.2.1. Interface parfaite : onde de Stoneley	176
3.2.2.2. Interface dégradée	177
3.3. Onde de Bleustein-Gulyaev	179
Chapitre 4. Ondes élastiques guidées	185
4.1. Guide d'ondes, vitesse de groupe	186
4.1.1. Guide plan élémentaire	187
4.1.2. Vitesse d'un groupe d'ondes	190

4.1.3. Propagation d'une impulsion gaussienne	193
4.2. Ondes transverses horizontales	195
4.2.1. Modes TH guidés	195
4.2.2. Onde de Love	197
4.2.3. Onde de Love dans un milieu inhomogène	198
4.3. Ondes de Lamb	202
4.3.1. Plaque isotrope libre	202
4.3.1.1. Équations de Rayleigh-Lamb	203
4.3.1.2. Courbes de dispersion	207
4.3.1.3. Comportement en basse et haute fréquences	210
4.3.1.4. Modes à vitesse de groupe nulle	215
4.3.1.5. Influence du coefficient de Poisson	219
4.3.1.6. Modes de Lamé	221
4.3.1.7. Plaque de dimensions finies	223
4.3.2. Plaque isotrope immergée dans un fluide	227
4.3.3. Plaque anisotrope libre	232
4.3.3.1. Méthode des ondes partielles	233
4.3.3.2. Solide de symétrie monoclinique	234
4.3.3.3. Solide de symétrie orthorhombique	238
4.3.3.4. Matériau composite	239
4.3.3.5. Vitesse de groupe et courbes des lenteurs	240
4.4. Guides cylindriques	242
4.4.1. Modes de compression	246
4.4.2. Modes de flexion	249
4.4.3. Modes de torsion	251
4.4.4. Guide en forme de tube	252
Annexe 1. Opérateurs différentiels en coordonnées cylindriques et sphériques	255
Annexe 2. Symétrie et tenseurs	261
Annexe 3. Transport de l'énergie	287
Liste des principaux symboles	295
Bibliographie	299
Index	307
Sommaire de <i>Ondes élastiques dans les solides 2</i>	311