

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Buts de l'ouvrage	1
1.2	Origine du comportement plastique	4
1.2.1	Mécanisme général du comportement plastique	4
1.2.2	Diversité des matériaux et structure cristalline	7
1.3	Articulation des chapitres	8
1.4	Bibliographie	9
2	Structure des solides	11
2.1	Introduction	11
2.2	Géométrie cristalline	12
2.2.1	Définition du cristal parfait	12
2.2.2	Réseau de Bravais	14
2.2.3	Mailles élémentaires	18
2.2.4	Maille conventionnelle	19
2.2.5	Classification des réseaux; réseaux cubiques.	20
2.3	Exemples de structures simples.	22
2.3.1	Empilements d'atomes identiques.	23
2.3.2	Alliages métalliques	28
2.3.3	Exemples d'autres structures.	30
2.4	Solides non-cristallins	31
3	Mécanique des solides déformables	35
3.1	Introduction	35
3.2	Rappels sur l'élasticité	35
3.2.1	Tenseurs fondamentaux	35
3.2.2	Changements de coordonnées	38
3.2.3	Tenseur d'élasticité et symétrie cristalline	39
3.2.4	Milieu isotrope	43
4	défauts ponctuels	45
4.1	Classification des défauts des cristaux.	45
4.2	Equilibre de défauts indépendants	49
4.2.1	Equilibres statistiques.	49

4.2.2	Concentration d'équilibre des défauts	50
4.3	Lacunes	51
4.3.1	Energie de formation d'une lacune	52
4.3.2	Déplacements aléatoires des lacunes, diffusion.	57
5	Géométrie des dislocations	67
5.1	Introduction	67
5.2	Dislocation de type coin	69
5.2.1	Processus hypothétiques de formation.	69
5.2.2	Circuit et vecteur de Burgers	72
5.2.3	Dislocation en boucle de type coin	75
5.3	Autres types de dislocations	77
5.3.1	Dislocation rectiligne de type vis	77
5.3.2	Boucles de dislocations à portions coin, vis et mixte.	78
5.3.3	Propriétés du vecteur de Burgers.	80
5.4	Processus de Volterra	81
5.4.1	Dislocations coin et vis	81
5.4.2	Cas général	84
5.5	Observation des dislocations	85
5.5.1	Réflexion des électrons sur des plans réticulaires.	85
5.5.2	Principe du contraste d'une dislocation	88
5.5.3	Plans réticulaires et réseau réciproque.	90
5.5.4	Diffraction en microscopie électronique.	92
6	Dislocations et contraintes	95
6.1	Introduction	95
6.2	Champ de contrainte d'une dislocation	96
6.2.1	Dislocation rectiligne de type vis	97
6.2.2	Dislocation rectiligne de type coin	99
6.2.3	Dislocation rectiligne mixte	102
6.2.4	Energie élastique d'une boucle de dislocation	102
6.3	Action d'une contrainte sur une dislocation	103
6.3.1	Force effective appliquée à une dislocation	103
6.3.2	Relation de Peach et Koehler	104
6.4	Tension de ligne d'une dislocation	106
6.5	Interactions entre dislocations	108
6.5.1	Considérations qualitatives	108
6.5.2	Calcul des forces	110
6.6	Interaction entre dislocation et lacune	112
7	Interactions avec le réseau cristallin	115
7.1	Introduction	115
7.2	Structure de coeur d'une dislocation coin	116
7.2.1	Position des atomes	117
7.2.2	Composantes de l'énergie du coeur	118
7.2.3	Détermination de la largeur du coeur	120

7.3	Contrainte de Peierls-Nabarro	123
7.3.1	Glissement d'une dislocation	123
7.3.2	Principe du calcul de la contrainte critique	124
7.4	Dissociation du coeur d'une dislocation	125
8	Mécanisme microscopique de la plasticité	129
8.1	Introduction	129
8.2	Déformation globale et cisaillement local	131
8.2.1	Amplitude des glissements	131
8.2.2	Effet de l'inclinaison, contrainte de cission réduite.	132
8.2.3	Caractéristiques cristallographiques du glissement	132
8.3	Limite d'élasticité	134
8.3.1	Dislocations coin	135
8.3.2	Dislocations vis	136
8.3.3	Contrainte de cission pure	137
8.3.4	Glissement par déplacement de dislocations	138
8.3.5	Nombre de dislocations évacuées.	138
8.4	Sources de dislocations.	139
8.4.1	Reconfiguration de dislocations	140
8.4.2	Source de Frank et Read	140
8.4.3	Source spirale	142
8.5	Glissement et montée d'une dislocation	143
8.6	Ecrouissage	144
8.6.1	Obstacles au glissement d'une dislocation	144
8.6.2	Mécanisme de l'écrouissage	150
8.6.3	Déblocage des dislocations	151
8.7	Influence de la température	153
8.8	Vitesse de déformation	156
8.8.1	Formule d'Orowan	156
8.8.2	Vitesse des dislocations	156
8.9	La diversité des comportements plastiques	157
8.9.1	Plans de glissement facile	157
8.9.2	Métaux à structure compacte	157
8.9.3	Autres matériaux	159
9	Aspects microscopiques de l'élasticité	163
9.1	Introduction	163
9.2	Oscillations collectives des atomes d'un cristal	163
9.2.1	Périodisation d'un cristal de dimensions finies	164
9.2.2	Cristal biatomique à une dimension.	165
9.2.3	Cristal monoatomique tridimensionnel	170
9.3	Théorie quantique de l'élasticité	172
9.3.1	Compressibilité d'un métal	172
9.3.2	Détermination quantique des propriétés élastiques.	173

A Exercices	175
A.1 Structure des solides cristallins (chap. 2)	175
A.2 Diffusion (Chap. 4)	177
A.3 Dislocations, vecteur de Burgers (Chap. 5)	180
A.4 Déformations et forces (Chap. 6)	185
A.5 Coeur d'une dislocation (Chap. 7)	190
A.6 Mécanisme de la plasticité (Chap. 8)	194
B Corrigés des exercices	205