

Table des matières

Préface	11
Bruno CASTANIÉ	
Avant-propos	13
Introduction	15
Chapitre 1. Les contraintes	17
1.1. Notion de contraintes	17
1.1.1. Les forces extérieures	17
1.1.2. Efforts intérieurs de cohésion	17
1.1.3. Contrainte normale, contrainte tangentielle.	18
1.2. Propriétés du vecteur contrainte.	19
1.2.1. Conditions aux limites	19
1.2.2. Tenseur des efforts de cohésion.	21
1.2.3. Actions réciproques.	24
1.2.4. Théorème de Cauchy, réciprocité des contraintes	25
1.3. Matrice des contraintes	27
1.3.1. Notation	27
1.3.2. Invariants du tenseur des contraintes	29
1.3.3. Relation entre la matrice des contraintes et le vecteur contrainte	30
1.3.4. Contraintes principales et directions principales	34
1.4. Equation d'équilibre.	36
1.5. Cercle de Mohr.	38

Chapitre 2. Les déformations	43
2.1. Notion de déformation	43
2.1.1. Vecteur déplacement	43
2.1.2. Allongement unitaire	44
2.1.3. Distorsion angulaire	46
2.2. Matrice des déformations.	49
2.2.1. Définition de la matrice des déformations	49
2.2.2. Déformations principales et directions principales	52
2.2.3. Dilatation volumique	54
2.2.4. Invariants du tenseur des déformations	55
2.2.5. Conditions de compatibilité	56
2.3. Mesure des déformations : jauge de déformation.	56
Chapitre 3. Loi de comportement.	59
3.1. Quelques définitions	59
3.2. Essai de traction	59
3.2.1. Matériaux fragiles.	60
3.2.2. Matériaux ductiles	61
3.2.3. Cas particuliers	62
3.3. Essai de cisaillement	62
3.3.1. Matériaux fragiles.	63
3.3.2. Matériaux ductiles	64
3.4. Cas général	65
3.5. Matériaux anisotropes : exemple du composite.	69
3.6. Thermo-élasticité	70
Chapitre 4. Méthodes de résolution	75
4.1. Positionnement du problème de mécanique des solides déformables	75
4.2. Méthode des déplacements.	77
4.3. Méthode des forces	77
4.4. Méthode des éléments finis	78
Chapitre 5. Théorèmes énergétiques : principe des éléments finis	79
5.1. Théorèmes énergétiques	79
5.1.1. Hypothèses.	79
5.1.2. Energie de déformation	80

5.1.3. Travail des forces extérieures	81
5.1.4. Energie de déformation	82
5.1.5. Minimisation de l'énergie : méthode de Ritz	84
5.2. Principe des éléments finis	85
5.2.1. Principe général des éléments finis	85
5.2.2. Exemple de l'élément triangulaire à trois nœuds	89
5.3. Application : triangle en éléments finis surfaciques sous Catia	95

Chapitre 6. Critères de dimensionnement

d'une structure aéronautique	97
6.1. Introduction	97
6.2. Détermination expérimentale d'un critère de dimensionnement	99
6.3. Critères en contrainte normale ou en contrainte principale : matériaux fragiles	101
6.4. Critères en contrainte ou en énergie de cisaillement maxi : matériaux ductiles	105
6.4.1. Critère de Tresca	105
6.4.2. Critère de Von Mises	107
6.4.3. Rupture d'un matériau ductile	110
6.5. Critères en cisaillement maxi avec frottement : matériaux fragiles en compression	113
6.6. Critères anisotropes : cas du composite	119

Chapitre 7. Plasticité 123

7.1. Introduction	123
7.2. Instabilité plastique : striction, contrainte vraie et déformation vraie	125
7.3. Loi de comportement plastique : loi de Ramberg-Osgood	130
7.4. Exemple d'un calcul élasto-plastique : plaque trouée en traction	132

Chapitre 8. Physique des matériaux de structure aéronautique 141

8.1. Introduction	141
8.2. L'aluminium 2024	144
8.3. Le composite carbone/époxy T300/914	150
8.4. Les polymères	154

Chapitre 9. Exercices	167
9.1. Dépouillement de rosettes	167
9.2. Cisaillement pur	169
9.3. Compression d'un solide élastique	170
9.4. Barrage poids	170
9.5. Module de cisaillement	172
9.6. Module d'un composite	173
9.7. Cylindre en torsion	174
9.8. Compression plastique	175
9.9. Traction d'une poutre bi-matériau	178
9.10. Dilatation d'une poutre	179
9.11. Cube en cisaillement	181
9.12. Réservoir sphérique sous pression	182
9.13. Flexion plastique	186
9.14. Disque en traction radiale	187
9.15. Poutre en flexion : résolution par la méthode de Ritz	190
9.16. Concentration de contrainte en bord de trou	191
9.17. Poutre en flexion	194
Chapitre 10. Corrigé des exercices	201
10.1. Dépouillement de rosettes	201
10.2. Cisaillement pur	209
10.3. Compression d'un solide élastique	211
10.4. Barrage poids	214
10.5. Module de cisaillement	219
10.6. Module d'un composite	222
10.7. Cylindre en torsion	224
10.8. Compression plastique	230
10.9. Traction d'une poutre bi-matériau	234
10.10. Dilatation d'une poutre	243
10.11. Cube en cisaillement	249
10.12. Réservoir sphérique sous pression	253
10.13. Flexion plastique	259
10.14. Disque en traction radiale	263
10.15. Poutre en flexion : résolution par la méthode de Ritz	270
10.16. Concentration de contrainte en bord de trou	274
10.17. Poutre en flexion	278

Annexe. Formulaire d'analyse	291
Bibliographie	299
Index	301