

TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

STRUCTURES

Mécanique des structures

Du calcul analytique au calcul matriciel

Jean-Charles CRAVEUR

Claude CHÈZE



TABLE DES MATIERES

I. APPROCHE GLOBALE	1
1 – PROBLEMATIQUE	1
2 – STATIQUE	3
3 – CONDITIONS AUX LIMITES ET LIAISONS	5
4 – STATICITE DES STRUCTURES	8
5 – NOTION DE CONTRAINTE	10
II. LOIS DE COMPORTEMENT	16
1 – DEFINITIONS	16
2 – LES ESSAIS	17
3 – RESULTATS. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX	21
4 – LOI DE HOOKE. MECANIQUE LINEAIRE	25
III. POUTRES	28
1 – DEFINITIONS, HYPOTHESES	28
2 – CONTRAINTES DANS LA SECTION DROITE	29
3 – EQUATIONS D'EQUILIBRE DE LA POUTRE	30
4 – DIAGRAMMES	33
5 – CHARGE EQUIVALENTE A UNE CHARGE REPARTIE	35
IV. TRACTION	45
1 – TRACTION UNIFORME	45
2 – LES LOIS	46
3 – TRACTION NON UNIFORME	47
4 – CALCUL D'UNE POUTRE EN TRACTION	48
5 – CONCENTRATION DE CONTRAINTE	49
6 – ENVELOPPES A PAROIS MINCES	51
V. TORSION	65
1 – TORSION PURE UNIFORME	65
2 – LES LOIS	67
3 – CALCUL D'UNE POUTRE EN TORSION	69
4 – SECTION ECONOMIQUE	69
5 – PROBLEME TYPE	70
6 – RESSORT DE TORSION	71
7 – TORSION DES POUTRES DE SECTION QUELCONQUE	72
VI. FLEXION	82
1 – FLEXION PURE	82
2 – LES LOIS	84
3 – CALCUL D'UNE POUTRE EN FLEXION	86
4 – SECTIONS ECONOMIQUES	87
5 – FLEXION DEVIEE	88

6 – DEFORMEE APPROCHEE D'UNE POUTRE DROITE EN FLEXION PLANE	90
7 – EXEMPLE	91
8 – FORMULES DE BRESSE	92
9 – POUTRES HYPERSTATIQUES	94
VII. CISAILLEMENT	111
1 – CAS DE CISAILLEMENT	111
2 – LES LOIS	112
3 – CALCUL D'UNE PIECE AU CISAILLEMENT	114
4 – COMPLEMENTS	116
VIII. SOLLICITATIONS COMPOSEES	125
1 – SUPERPOSITION	125
2 – PRINCIPAUX CAS SIMPLES	125
3 – FLEXION ET TORSION, MOMENTS IDEAUX	128
4 – APPROCHE DES TREILLIS	130
IX. FLAMBAGE	141
1 – PHENOMENE DE FLAMBAGE D'UNE POUTRE DROITE	141
2 – THEORIE D'EULER	143
3 – POUTRE RECTILIGNE COMPRIMEE EXCENTRIQUEMENT	145
4 – POUTRE AYANT UNE COURBURE INITIALE	146
5 – POUTRE REELLE	147
X. METHODES ENERGETIQUES	154
1 – DEFINITIONS ET HYPOTHESES	154
2 – CALCUL DE L'ENERGIE DE DEFORMATION	155
3 – RAIDEUR ET SOUPLESSE	159
4 – FORMES QUADRATIQUES POUR L'ENERGIE INTERNE	161
5 – METHODES « GLOBALES », METHODES « LOCALES »	165
XI. TREILLIS	177
1 – BARRES ET POUTRES	177
2 – STATICITE DES STRUCTURES	178
3 – DISCRETISATION	180
4 – DEGRES DE LIBERTE	183
5 – MECANIQUE LINEAIRE (compléments)	184
6 – SYMETRIE DES TREILLIS	187
7 – METHODES ANALYTIQUES ET RESOLUTION CLASSIQUE	189
XII. MATRICE DE RAIDEUR	193
1 – MATRICE DE RAIDEUR D'UNE BARRE EN AXES PROPRES	193
2 – MATRICE DE RAIDEUR D'UNE POUTRE EN AXES PROPRES	195
3 – MATRICE DE RAIDEUR ETENDUE	198
4 – MATRICE DE RAIDEUR EN AXES STRUCTURAUX (2D)	199
5 – ASSEMBLAGE DES MATRICES ELEMENTAIRES	202

XIII. METHODE DES DEPLACEMENTS	204
1 – LES METHODES MATRICIELLES	204
2 – METHODE DES DEPLACEMENTS	205
3 – CONDITIONS AUX LIMITES	207
4 – CONDITIONNEMENT NUMERIQUE	213
5 – EFFORTS NODAUX, CONTRAINTES DANS LES ELEMENTS	215
6 – AXES LOCAUX	215
XIV. RESOLUTION DU PROBLEME	217
1 – INVERSION DU SYSTEME MATRICIEL	217
2 – METHODES DIRECTES ET METHODES INVERSES : PRINCIPE	218
3 – METHODES DE GAUSS	219
4 – AUTRES METHODES DIRECTES	222
5 – MULTIPLICATEURS DE LAGRANGE	223
XV. EXEMPLE COMPLET	228
1 – MATRICES ELEMENTAIRES ET ASSEMBLAGE	228
2 – AUTRES DEFINITIONS DU SYSTEME	230
3 – CONDITIONS AUX LIMITES ET RESOLUTION	232
4 – EFFORTS DANS LES BARRES ET CONTRAINTES	233
5 – UTILISATION DES SYMETRIES	236
6 – VARIANTES	237
XVI. EXERCICES COMPLEMENTAIRES	239
1 – BARRES COAXIALES IDENTIQUES	239
2 – AUTRE TREILLIS DE DEUX BARRES	243
3 – TREILLIS DE CINQ BARRES	247
XVII. EXTENSION AUX ELEMENTS FINIS	251
1 – RETOUR SUR LA METHODE DES DEPLACEMENTS	251
2 – EXTENSION DE LA METHODE DES DEPLACEMENTS	252
3 – METHODE DES ELEMENTS FINIS	253
Annexe A	258
Inertie des surfaces	258
Annexe B	267
Contraintes en milieu tridimensionnel	267
INDEX	273