

Résistance des **matériaux** par la pratique

Théorie de l'influence
Ponts à poutres sous chaussée
Arcs plans chargés dans leur plan
Ossatures plissées
Statique graphique – Statique des fils
Théorie des plaques
Méthodes des éléments finis

Jean ROUX

4

E Eyrolles

24 346-4/1

2-624-316-4/1

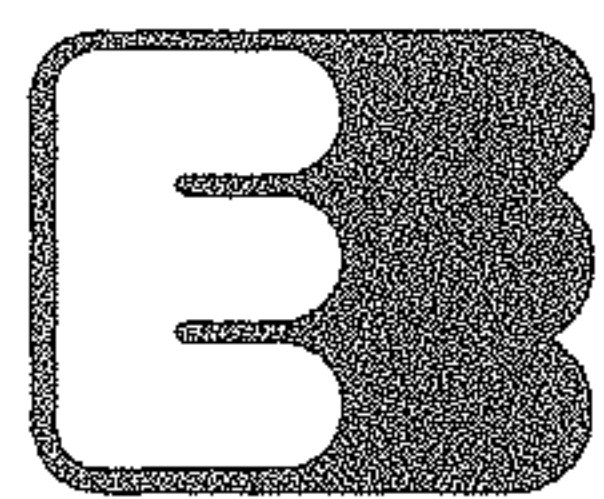
Résistance des matériaux par la pratique

Théorie de l'influence • Ponts à poutres sous
chaussée • Arcs plans chargés dans leur plan •
Ossatures plissées • Statique graphique -
Statique des fils • Théorie des plaques •
Méthode des éléments finis

Jean ROUX

Ingénieur ETP-CHEBAP

Ingénieur SNCF, Professeur à l'ESTP et au CHEC



Eyrolles

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : PRÉAMBULE	9
1. Unités.....	9
2. Symboles utilisés	10
3. Abréviations, représentations et conventions utilisées	11
4. Renvois	12
CHAPITRE 2 : THÉORIE DE L'INFLUENCE	13
I. RAPPELS THÉORIQUES	13
1. Définitions	13
2. Utilisation des lignes d'influence	15
3. Relations entre les fonctions influence	20
4. Méthodes énergétiques	22
II. RENVOIS.....	30
III. APPLICATIONS	31
Application n° 1 : ferme – Ligne d'influence de la poussée.....	31
Application n° 2 : poutre cantilever – Lignes d'influence.....	33
CHAPITRE 3 : PONTS À POUTRES SOUS CHAUSSÉE – MÉTHODE DES ENTRETOISES RIGIDES	39
I. RAPPELS THÉORIQUES	39
1. Constitution - Hypothèses	39
2. Répartition des charges entre les poutres.....	44
3. Flexion des poutres.....	48
4. Effort tranchant dans les poutres	51
5. Calcul des entretoises	55
II. RENVOIS.....	58
III. APPLICATION	59
Application: sollicitations dans une entretoise	59

CHAPITRE 4 : ARCS PLANS CHARGÉS DANS LEUR PLAN	65
I. RAPPELS THÉORIQUES	65
1. Introduction	65
2. Arc à trois articulations sous charges verticales	67
3. Arc à trois articulations sous charges horizontales	74
4. Arc articulé aux naissances	77
5. Arcs encastrés	78
6. Arcs continus à plusieurs travées sous charges verticales	81
II. APPLICATIONS	102
Application n° 1 : arc parabolique à trois articulations	102
Application n° 2 : arc circulaire à trois articulations	107
Application n° 3 : portique à trois articulations	111
Application n° 4 : arc parabolique à deux articulations	115
Application n° 5 : arcs paraboliques bi-articulés et arcs continus	123
 CHAPITRE 5 : EFFORTS HORIZONTAUX EN TÊTE D'APPUI DES OUVRAGES CONTINUS	 131
I. RAPPELS THÉORIQUES	131
1. Généralités	131
2. Poutres continues sur appuis droits	134
3. Poutres continues sur appuis biais	140
4. Poutre continue sur appuis biais quelconques	146
II. RENVOIS	153
III. APPLICATIONS	153
Application n° 1 : pont droit – efforts en tête d'appui	153
Application n° 2 : ponts droits ou biais – Effet du freinage	158
Application n° 3 : ponts biais – effets différés	167
 CHAPITRE 6 : OSSATURES PLISSÉES	 179
I. RAPPELS THÉORIQUES	179
1. Introduction - Notations	179
2. Équations des ossatures plissées	181
3. Résolution du problème des ossatures plissées	187
II. RENVOIS	192

III. APPLICATIONS	192
Application n° 1 : ossature plissée à trois voiles	192
Application n° 2 : charnière entre voiles coplanaires	205
 CHAPITRE 7 : STATIQUE GRAPHIQUE – STATIQUE DES FILS	 211
I. RAPPELS THÉORIQUES	211
1. Statique élémentaire	211
2. Dynamique et funiculaire d'un système de forces.....	212
3. Forces continues parallèles –Equation différentielle de la courbe funiculaire	216
4. Sollicitations	217
5. Déformations des poutres droites soumises à des charges verticales	222
6. Statique des fils.....	223
II. RENVOIS.....	228
III. APPLICATIONS	231
Application n° 1 : équilibre statique d'un massif	231
Application n° 2 : poutre console à inertie variable	234
Application n° 3 : lignes de force	245
Application n° 4 : fil – Charges réparties	248
Application n° 5 : fil – Charges concentrées	251
 CHAPITRE 8 : THÉORIE DES PLAQUES	 255
I. RAPPELS THÉORIQUES	255
1. Définitions - Notations	255
2. Étude de l'équilibre des plaques	257
3. Flexion des plaques	269
4. Plaques épaisses.....	285
5. Plaques minces – Théorie approchée.....	327
II. RENVOIS.....	341
III. APPLICATIONS	344
Application n° 1 : plaque rectangulaire allongée.....	344
Application n° 2 : plaque rectangulaire soumise à des moments constants sur ses côtés...	350
Application n° 3 : flexion sphérique d'une plaque circulaire	354
Application n° 4 : plaque circulaire épaisse – Charge concentrée centrée	356

CHAPITRE 9 : RELATIONS DE COMPORTEMENT DES SOLIDES 369

I. RAPPELS THÉORIQUES 369

1. Introduction 369

2. Relations de comportement entre contraintes et déformations 370

3. Élasticité linéaire 370

4. Plasticité classique 370

5. Viscoplasticité 390

6. Relations incrémentales 400

II. RENVOIS..... 400

III. APPLICATIONS 400

Application n° 1 : relation entre tenseurs déviatoriques des contraintes et des déformations 400

Application n° 2 : élévation initiale de température 400

CHAPITRE 10 : MÉTHODE DES ÉLÉMENTS FINIS 411

I. RAPPELS THÉORIQUES 411

1. Théorème des travaux virtuels en quasi-statique 411

2. Énergie potentielle 418

3. Méthode des éléments finis 420

II. RENVOIS..... 440

III. APPLICATIONS 450

Application n° 1 : élément fini en triangle équilatéral 450

Application n° 2 : déformations planes d'un cylindre 460

NOTATIONS SYMBOLES 495

INDEX ALPHABÉTIQUE 501

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 505

Résistance des matériaux par la pratique

4

Si l'utilisation des outils informatiques et de nombreux programmes de calculs de structures s'est répandue ces dernières années dans les entreprises et les bureaux d'études, cela ne saurait dispenser les ingénieurs et techniciens d'une bonne maîtrise de la résistance des matériaux, indispensable pour contrôler l'exactitude et la pertinence des résultats : contrôle des ordres de grandeur, validation des hypothèses et des résultats,...

Cet ouvrage, extrait du cours de résistance des matériaux professé au Centre des Hautes Études de la Construction, est destiné aussi bien aux projeteurs, jeunes ingénieurs, élèves ingénieurs et étudiants désireux d'acquérir les mécanismes et ordres de grandeur couramment pratiqués dans le domaine du calcul des structures en bâtiment et en génie civil, qu'aux ingénieurs confirmés souhaitant perfectionner leurs connaissances.

Les nombreuses informations relatives à la construction, au bâtiment et au génie civil rassemblés dans ce livre rendront plus aisé le travail du technicien et de l'ingénieur dans l'élaboration et la vérification des projets.

Le contenu de cet ouvrage complète celui des trois tomes précédents :

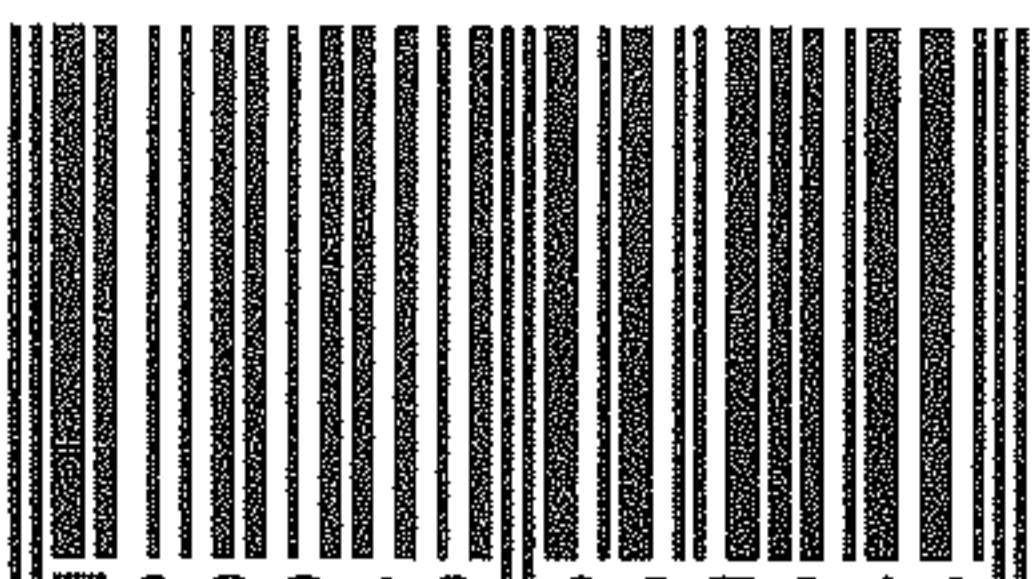
- ▶ pour les calculs relatifs à certaines formes de structures complexes (ponts à poutres sous chaussée, ossatures plissées, arcs plans chargés dans leur plan, etc.) ;
- ▶ pour la statique graphique et la statique des fils ;
- ▶ pour ce qui concerne la théorie des plaques ;
- ▶ enfin, pour ce qui relève des relations de comportement des solides et la méthode des éléments finis.

Chaque chapitre est organisé en deux parties :

- ▶ un exposé théorique des méthodes de calcul accompagné d'explications et de démonstrations simples, qui permettent d'en cerner le domaine d'application et d'en comprendre la philosophie,
- ▶ une ou plusieurs applications commentées et intégralement traitées, choisies dans les divers domaines de la construction, du bâtiment et du génie civil (mécanique des sols, calcul de structures, béton armé et précontraint, constructions métalliques, etc.).

Jean Roux, ingénieur ETP - CHEBAP, qui pratique la résistance des matériaux sous une double approche du fait de ses activités d'ingénieur à la SNCF et de professeur à l'ESTP et au CHEC, a conçu cet ouvrage avec le souci de répondre aux interrogations de l'étudiant, et de faciliter la tâche de l'ingénieur.

Code éditeur : G00524
ISBN : 2-212-00524-5



9 782212 005240

www.editions-eyrolles.com

Eyrolles

barbary & courtie
info@barbary-courtie.com