

José OUIN

Ingénieur INSA Toulouse
Ancien élève de l'ENS Cachan
Professeur Agrégé de Génie civil
Professeur Agrégé de Mathématiques

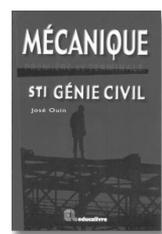
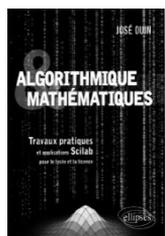
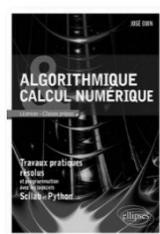
Mécanique des structures par la pratique

Rappels de cours et exercices corrigés

BTS, IUT(Bachelor), Licence, Master, Écoles d'ingénieurs,
CAPET, Agrégation.



Du même auteur aux Editions Ellipses et Educative



ISBN : 978-2-9592760-1-9

© José OUIN – 2024



Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayant cause, est illicite" (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'auteur ou du Centre français du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins 75006 Paris), constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

www.joseouin.fr

Avant-Propos

Dans le vaste champ des disciplines scientifiques, la mécanique occupe une place fondamentale. Elle constitue le socle sur lequel s'appuient nombre de phénomènes technologiques, qu'ils relèvent de la productique, du génie civil, du génie énergétique, de la maintenance, et bien d'autres domaines encore.

Tout comme pour d'autres matières scientifiques, enseigner la mécanique demande une structuration rigoureuse du cours, accompagnée d'une panoplie d'exercices en lien direct avec les concepts abordés. C'est dans cette optique que j'ai entrepris la conception de cet ouvrage.

En rassemblant des rappels de cours clairs et des exercices résolus et chiffrés, j'ai cherché à offrir un outil méthodique, à même d'accompagner les étudiants tout au long de leur parcours académique. Des sections de BTS aux étudiants en Licence et en Master, en passant par les écoles d'ingénieurs, j'ai eu à cœur de fournir un support pédagogique polyvalent. De plus, cet ouvrage pourra également se révéler précieux pour ceux se préparant aux concours du CAPET et de l'Agrégation.

La mécanique des structures a jalonné l'ensemble de mon parcours académique. J'ai puisé dans cette discipline une source d'inspiration constante et j'ai souhaité, à travers ce livre, partager cette passion et offrir aux lecteurs un compagnon de route dans leur quête de connaissances.

J'espère sincèrement que cet ouvrage saura répondre aux attentes des étudiants et des enseignants, et qu'il contribuera à nourrir leur réussite académique. Que ce livre puisse être un guide sûr, un repère dans le dédale des concepts et des problématiques de la mécanique, et qu'il soit un maillon essentiel dans la chaîne de votre succès.

José OUIN

Table des matières

Préliminaires : Notations utilisées et conventions de signe

1- Notations utilisées	11
2- Conventions de signe	12

Première partie : Prérequis essentiels

1- Caractéristiques géométriques d'une section.....	17
1-1. Moment statique – Centre de gravité	17
1-1.1 Expression du moment statique	17
1-1.2 Expression du centre de gravité.....	17
1-1.3 Exemples.....	18
1-2. Moment quadratique	23
1-2.1 Expression du moment quadratique.....	23
1-2.2 Théorème de Huygens.....	24
1-2.3 Exemples.....	24
2- Modélisation des liaisons	29
2-1. Hypothèses	29
2-2. Définition des liaisons élémentaires	29
3- Modélisation des actions mécaniques.....	30
3-1. Actions mécaniques sur un solide.....	30
3-1.1 Notion de force	30
3-1.2 Système de forces.....	31
3-1.3 Actions mécaniques à distance.....	33
3-1.4 Actions mécaniques de contact.....	34
3-2. Actions mécaniques dans les liaisons entre solides	35
3-2.1 Torseur mécanique de liaison	35
3-3. Principe des actions mutuelles.....	38
4- Isolement d'un système de solides	39
5- Statique	41
5-1. Principe fondamental de la statique.....	41
5-1.1 Théorème de la résultante	41
5-1.2 Théorème du moment résultant	41
5-2. Résolution d'un problème de statique	42
5-2.1 Méthode de détermination de l'isostaticité ou de l'hyperstaticité d'un système.....	43
5-2.2 Algorithme de résolution.....	45
5-2.3 Méthode analytique de résolution	45

6- Mécanique des structures	46
6-1. Objectifs et hypothèses de la mécanique des structures	46
6-1.1 Objectifs	46
6-1.2 Hypothèses	46
6-2. Etude d'une poutre.....	46
6-2.1 Définition de la poutre	46
6-2.2 Sollicitations internes	47
6-3. Identification de la nature des sollicitations	52
6-4. Etude des sollicitations simples ou composées.....	53
6-4.1 Exploitation et interprétation d'un essai de traction.....	53
6-4.2 Traction simple – Compression simple sans flambement.....	54
6-4.3 Flexion simple	56

Deuxième partie : Calculs des déplacements d'une structure

Formules générales de Bresse

1- Formules générales de Bresse	71
1-1. Définition.....	71
1-2. Enoncé des formules générales de Bresse	71

Applications

Etude d'une poutre encastree	75
Etude d'un portique de bâtiment.....	77
Etude d'un anneau dynamométrique.....	80
Etude de la structure d'un hall de gare	86
Approche intuitive de la résolution d'un système hyperstatique	92

Troisième partie : Résolution de systèmes hyperstatiques

Poutres continues – Théorème des trois moments

1- Théorème des trois moments.....	99
1-1. Définition.....	99
1-2. Enoncé du théorème des trois moments.....	99
1-3. Relation entre les sollicitations internes et les moments sur appuis	101
1-4. Formulaire des rotations	102

Applications

Etude d'une panne reposant sur trois fermes	105
Etude d'une poutre encastrée à une extrémité.....	113
Etude d'une poutre reposant sur quatre appuis.....	120
Etude d'une poutre encastrée à une extrémité et reposant sur trois appuis.....	130
Etude d'une poutre encastrée avec appui élastique	142

Quatrième partie : Résolution de systèmes hyperstatiques Méthode des forces – Principe des travaux virtuels

1- Méthode des forces.....	149
1-1. Méthode générale de résolution d'un système hyperstatique.....	149
1-1.1 Présentation de la méthode générale	149
1-1.2 Exemple de résolution.....	150
1-2. Enoncé du principe des travaux virtuels	151
1-2.1 Présentation	151
1-2.2 Enoncé du principe des travaux virtuels.....	151
1-2.3 Théorème de la charge unité	152
1-2.4 Méthode graphique de calcul du travail de déformation.....	152
1-2.5 Intégrales de Mohr	154

Applications

Etude d'une poutre encastrée	161
Etude d'un portique de bâtiment articulé en pied	165
Etude de l'influence de la température sur un système hyperstatique.....	173
Etude d'une poutre encastrée avec appui élastique	178
Etude d'une grue de manutention.....	183
Etude d'un abri à bicyclettes	195
Etude d'une poutre continue	204
Etude d'un portique de bâtiment encastré en pied	210

Cinquième partie : Résolution de systèmes hyperstatiques

Méthode des déplacements – Matrice de rigidité d'une structure

1- Méthode des déplacements	223
1-1. Présentation générale	223
1-1.1 Présentation de la méthode des déplacements	223
1-1.2 Principe de la méthode des déplacements	223
1-2. Relations entre les actions des nœuds et les déplacements	224
1-2.1 Description	224
1-2.2 Formulaire des réactions de liaisons.....	227
1-2.3 Hypothèse simplificatrice	229
1-3. Equations d'équilibre des nœuds	230
1-3.1 Description de la methode	230
1-3.2 Exemples d'équations d'équilibre.....	230
1-3.3 Cas particuliers	232
1-4. Méthode graphique de détermination des degrés de liberté d'une structure	234
1-4.1 Description de la méthode	234
1-4.2 Exemple 1	234
1-4.3 Exemple 2	235
1-4.4 Exemple 3	236
1-4.5 Exemple 4	236
1-5. Relations entre les sollicitations internes et les actions des nœuds sur les extrémités des barres	237
1-6. Organigramme de la méthode des déplacements	238

Applications

Etude de la structure d'un abri	241
Etude d'une grue de manutention	250
Etude d'une poutre continue	259
Etude d'un portique de bâtiment encastré en pied	266
Etude de la structure d'un entrepôt	278

Cet ouvrage a été achevé en avril 2024
Dépôt légal : avril 2024
Déposé auprès de la BnF (Bibliothèque Nationale de France)