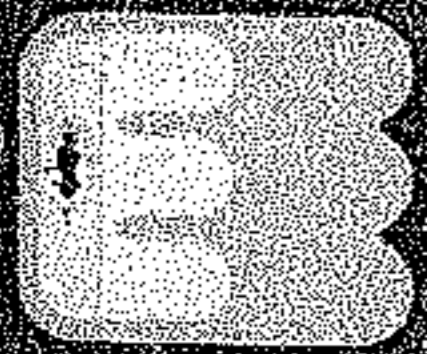
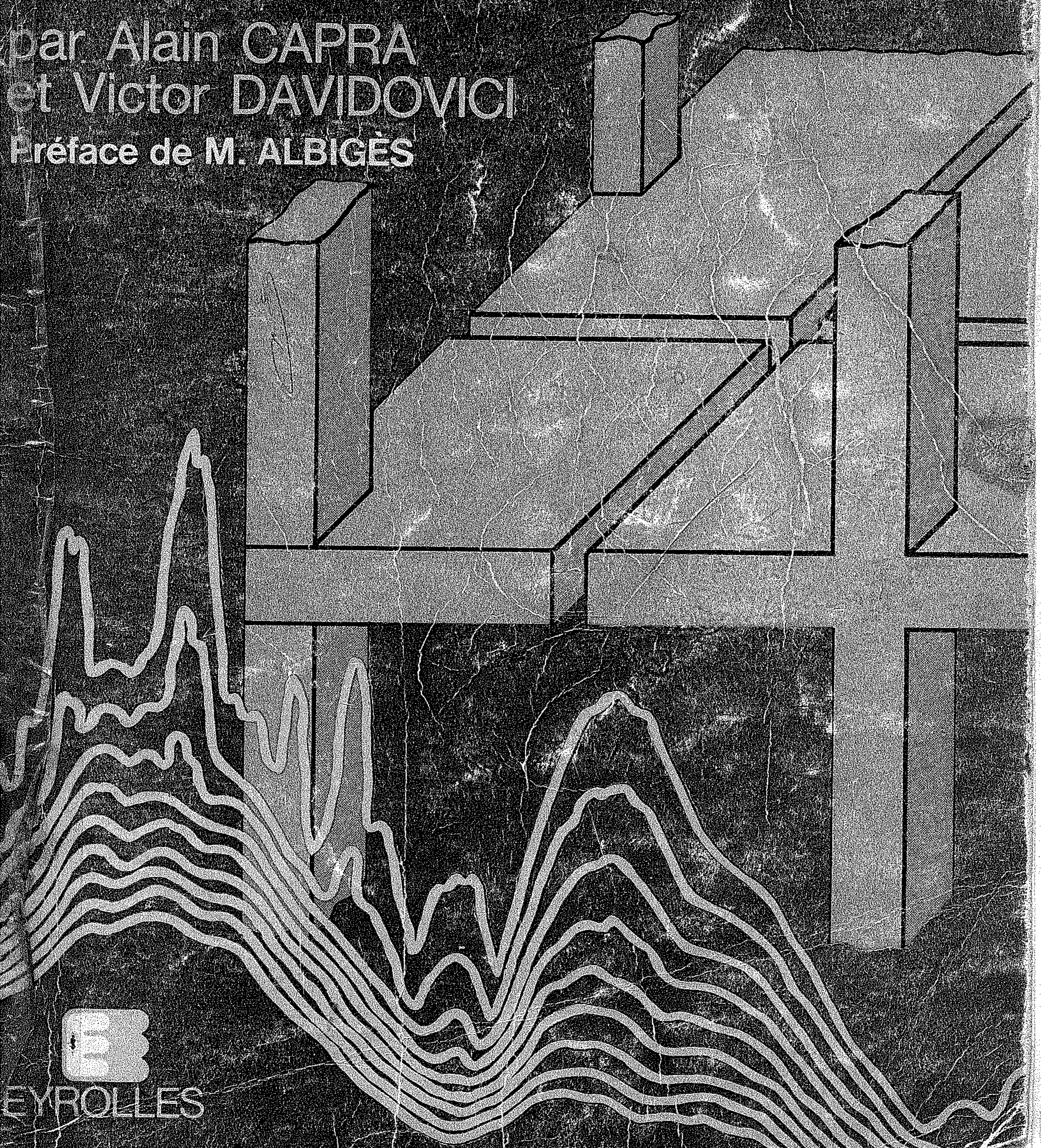


Collection UTI

CALCUL DYNAMIQUE des STRUCTURES en ZONE SISMIQUE

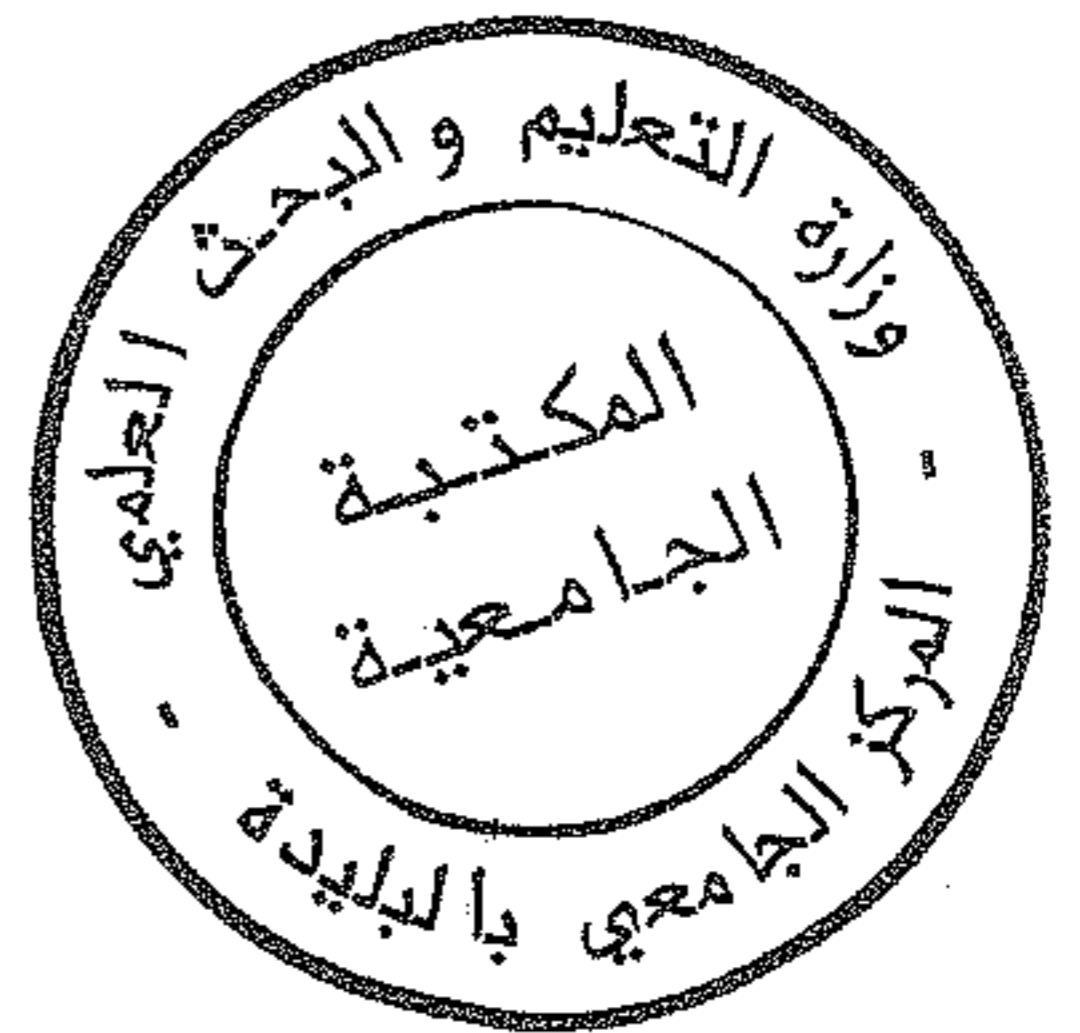
par Alain CAPRA
et Victor DAVIDOVICI
Préface de M. ALBIGÈS



EYROLLES



A.69-150 EX.1



CALCUL DYNAMIQUE DES STRUCTURES EN ZONE SISMIQUE

24, 5 cm

par

Alain CAPRA

*Professeur de dynamique
des structures au CHEC
Ingénieur à la Direction Technique
Dragages et Travaux Publics*

et **Victor DAVIDOVICI**

*Conseiller en
Génie sismique
Direction Technique de la SOCOTEC*

PRÉFACE de

Maurice ALBIGÈS

*Directeur du Centre de Hautes Etudes de la Construction
Président Directeur Général de la SOCOTEC*

Deuxième édition
revue et corrigée


EYROLLES

61, boulevard Saint-Germain, 75005 Paris
1982

TABLE DES MATIÈRES

Préface	VII
1. Généralités sur les séismes	1
1.1. Ondes sismiques	1
1.2. Intensités	6
1.3. Magnitudes	9
1.4. Comportement du sol	10
2. Oscillateur simple	13
2.1. Introduction	13
2.2. Formulation de l'équation du mouvement	14
2.3. Oscillations libres	15
2.3.1. Oscillateur non-amorti	15
2.3.2. Oscillateur amorti	16
2.4. Oscillations forcées	18
2.4.1. Cas particulier de l'excitation harmonique	19
2.4.2. Cas général	21
2.5. Détermination du coefficient d'amortissement	22
2.5.1. Energie dissipée par amortissement	23
2.5.2. Mesure du coefficient d'amortissement	24
2.5.3. Valeurs pratiques du coefficient d'amortissement	26
2.6. Excitation par déplacement d'appui (cas du séisme)	27
2.6.1. Calcul du déplacement relatif	27
2.6.2. Pseudo-accélération	28
3. Spectres de réponse	30
3.1. Spectre de déplacement et de pseudo-accélération	30
3.2. Spectre de calcul	38
3.3. Spectre réglementaire	39
3.4. Influence du sol sur le spectre de réponse	40
3.5. Utilisation des spectres de réponse	42

4. Oscillateur multiple	44
4.1. Définitions	44
4.1.1. Matrice de rigidité	45
4.1.2. Matrice des masses	47
4.1.3. Matrice d'amortissement	48
4.2. Formulation de l'équation du mouvement	48
4.3. Oscillations libres	49
4.4. Oscillations forcées	52
4.5. Excitation par déplacement d'appui (cas du séisme)	54
5. Méthodes de calcul	60
5.1. Etude dans le temps d'après un accélérogramme	60
5.1.1. Calcul des modes propres de vibrations	60
5.1.2. Calcul des réponses modales	61
5.1.3. Superposition des réponses modales	61
5.1.4. Prise en compte d'une excitation sismique selon trois directions	61
5.1.5. Spectres de plancher	62
5.2. Etude à l'aide d'un spectre de réponse	62
5.2.1. Calcul des réponses modales	62
5.2.2. Sélection des modes utiles	63
5.2.3. Choix du coefficient d'amortissement	64
5.2.4. Superposition des réponses modales	65
5.2.5. Prise en compte d'une excitation sismique selon trois directions	72
5.3. Règles parasismiques P.S. 1969	73
5.3.1. Calcul du premier mode de vibration	74
5.3.2. Calcul des forces statiques équivalentes	74
5.3.2.1. Forces horizontales	74
5.3.2.2. Forces verticales	75
5.3.2.3. Couples d'axe vertical	75
5.3.3. Calcul des efforts dans la structure	75
5.4. Choix de la méthode de calcul	76
6. Modélisation des structures	78
6.1. Remarque générale sur les modes de vibration des structures	79
6.1.1. Cas des structures symétriques	79
6.1.2. Cas des structures non symétriques	81
6.2. Modélisation des structures	82
6.2.1. Modélisation pour le calcul direct des efforts	82
6.2.2. Modélisation pour le calcul des pseudo-accélérations	83
6.3. Modélisation des masses	85
6.3.1. Cas du séisme horizontal	85
6.3.2. Cas du séisme vertical	86
6.4. Modélisation du sol	87
6.4.1. Influence du sol sur la réponse d'une structure. Interaction sol-structure	87
6.4.2. Modélisation par des ressorts	89
6.4.3. Modélisation par éléments finis	90

6.5. <i>Modélisation des structures des bâtiments courants</i>	91
6.5.1. Modélisation des éléments de contreventement	93
6.5.2. Modélisation des planchers	94
7. Applications	96
7.1. <i>Oscillateur simple en rotation. Moment d'inertie massique</i>	96
7.1.1. Moment d'inertie massique	96
7.1.2. Période des oscillations libres	98
7.2. <i>Oscillateur double</i>	99
7.3. <i>Structure rigide sur sol élastique</i>	100
7.3.1. Cas du séisme vertical	101
7.3.2. Cas du séisme horizontal	101
7.3.3. Exemple de calcul	105
7.4. <i>Bâtiments à soubassement rigide</i>	107
7.5. <i>Mode local de vibration</i>	109
7.6. <i>Calcul d'un portique par la méthode du spectre de réponse. Superposition quadratique des efforts</i>	112
7.6.1. Modélisation pour le calcul des pseudo-accélérations	113
7.6.2. Calcul des modes propres de vibration	115
7.6.3. Modélisation pour le calcul des efforts	119
7.6.4. Superposition quadratique des efforts	121
7.6.5. Méthodes approchées	123
7.7. <i>Etude d'un réfrigérant</i>	125
7.8. <i>Etude d'un pylône métallique</i>	131
7.9. <i>Etude d'un bâtiment de grande hauteur</i>	133
7.10. <i>Adaptation des règles P.S. 1969 pour l'étude d'une structure particulière</i>	141

ANNEXES

A. Rappel sur le calcul matriciel	145
A.1. <i>Définitions</i>	145
A.1.1. Vecteurs	145
A.1.2. Matrices	145
A.2. <i>Opérations sur les vecteurs et les matrices</i>	147
A.2.1. Produit de deux vecteurs	147
A.2.2. Combinaison linéaire de matrices	147
A.2.3. Produit d'une matrice par un vecteur	148
A.2.4. Forme bilinéaire	149
A.2.5. Forme quadratique	149
A.2.6. Déterminant d'une matrice	150
A.2.7. Propriétés des opérations sur les vecteurs et les matrices ..	150
B. Propriétés des vecteurs modaux	151
C. Calcul approche des périodes propres par la méthode de Rayleigh	153
C.1. <i>Exposé de la méthode</i>	153

C.2. <i>Application</i>	155
C.2.1. <i>Première variante</i>	155
C.2.2. <i>Deuxième variante</i>	157
C.2.3. <i>Solution exacte</i>	157
D. <i>Calcul des périodes propres d'oscillation. Formules résolues</i>	159
D.1. <i>Masse concentrée au sommet d'une console de section constante et de masse non négligeable</i>	159
D.2. <i>Tronc de cône</i>	160
D.3. <i>Masse unique située sur une poutre de masse négligeable</i>	161
D.4. <i>Poutres de section constante et de masse uniformément répartie</i>	162
D.5. <i>Plaques rectangulaires: Période du premier mode de vibration</i>	163
BIBLIOGRAPHIE	164

ALBIGÈS & COIN - **Résistance des matériaux appliquée** - (coll. U.T.I. - I.T.B.T.P.)

tome 1 : 592 p., 1982

tome 2 : 464 p., 1979

CHARON - **La méthode de Cross et le calcul pratique des constructions hyperstatiques. Théorie et applications** - 320 p., 1982

D.T.U. - **Règles parasismiques 1969 et annexes** - (Règles PS69)

288 p., 1982 (coll. U.T.I.)

FAUCHART - **Initiation au calcul des structures. Béton et acier** - 312 p., 1981 (coll. E.N.P.C.)

JALIL & ADER - **Calcul pratique des structures - Exercices de résistance des matériaux avec leurs solutions** -

272 p., 1979 (coll. U.T.I.)

LAROZE - **Résistance des matériaux et structures :**
(co-édition MASSON)

Tome I : Milieux continus solides. Plaques et coques -

228 p., 1980

Tome II : Théorie des poutres - 196 p., 1980

Tome III : Dynamique des structures. Contraintes et déformations d'origine thermique - 272 p., 1979

L'HERMITE - **Flambage et stabilité** (coll. U.T.I. - I.T.B.T.P.) :

- Le flambage élastique des pièces droites - 240 p., 1976

- Le flambage élasto-plastique des colonnes et systèmes de barres droites - 248 p., 1976

- flambage des arcs et des plaques - 264 p., 1976

MASSONNET & CESCOTTO - **Mécanique des matériaux** - 412 p., 1980

ROCKEY, EVANS, GRIFFITHS & NETHERCOT - **Introduction à la méthode des éléments finis** - 240 p., 1979


EYROLLES

11305