

35

GENIE PARASISMIQUE

sous la direction
de
VICTOR DAVIDOVICI

Presses de l'école nationale des
Ponts et chaussées

SOMMAIRE

Le projet de construction parasismique	1
I. Sismologie générale et sismogénèse	55
1. La tectonique des plaques	57
2. Sismologie générale	63
3. Les réseaux sismiques en zone à haut risque	81
II Etude des mouvements en champ proche	91
1. Dynamique des tremblements de terre	93
2. Calcul du mouvement du sol — état de l'art	103
3. Simulation numérique des mouvements forts	117
4. Etude des séquences de répliques consécutives à un grand tremblement de terre en fonction du temps et de la magnitude	131
5. Instrumentation sismique pour l'enregistrement des mouvements forts	141
III. Evaluation de l'aléa sismique	157
1. Nature et définition de l'aléa sismique	159
2. Sismicité historique et sismicité instrumentale	179
3. La carte sismotectonique de la France	187
4. L'analyse sismotectonique — approches du scientifique et de l'ingénieur	193
5. Evaluation de l'aléa sismique régional — zonage à petite échelle	207
6. Les effets de site d'origine structurale: principaux résultats expérimentaux et théoriques	223
7. Evaluation de l'aléa sismique local — microzonage	239
IV. Prise en compte de l'action sismique sur les sols	273
1. Comportement des sols sous chargement cyclique	275
2. Une loi de comportement pour le chargement cyclique des sols	287
3. Comportement du milieu pulvérulent	303
4. Réponse d'un profil de sol en champ libre	313
5. L'évaluation du risque de liquéfaction à partir d'essais en place	323
6. Mesures in situ des paramètres dynamiques du sol	337
V. Calcul dynamique	355
1. Etat de l'art en matière de calcul dynamique des structures	357
2. Amortissement	365
3. Pratique de l'analyse modale dans le calcul des structures	373
4. Analyse dynamique des structures — techniques de modélisation, redistribution des efforts	385
5. Méthodes d'analyse numérique des problèmes dynamiques	397
6. Le problème de la superposition des modes propres de vibration — utilisation des modes propres de déformation des éléments	405
7. Comparaison de calcul sismique par spectre de réponse et accélérogrammes	417
8. Méthodes de calcul basées sur l'utilisation des spectres sismiques — fondements statistiques	431
9. Calcul de structures par une méthode de sous-structures définies par leurs modes propres — applications linéaires et non linéaires	439
10. Calcul de spectres de plancher — méthodes utilisant le spectre de réponse	449
11. Comparaison paramétrique de calculs dynamiques linéaires et non linéaires d'éléments de béton armé et de charpente métallique	457
VI. Interaction sol-structure	469
1. Méthodes de prise en compte de l'interaction sol-structure	471
2. Interaction sol-structure linéaire sur un sol hétérogène	485
3. Interaction sol-structure pour des conditions particulières	507
4. Comportement au séisme des ouvrages sur fondations profondes — état de la pratique	521
5. Calcul sismique des fondations sur pieux	533
6. Effets non linéaires des décollements de radier sur le comportement dynamique des structures	549

7. Modèles réduits en dynamique	563
8. Simulation de l'interaction sol-structure en dynamique.....	569
VII. Prise en compte de l'action sismique sur les structures	581
1. Comportement des structures en béton armé	583
2. Cas particulier des voiles plans en béton armé	605
3. Constructions à ossature en béton armé et remplissages en maçonnerie	613
4. Utilisation de la précontrainte en zone sismique	621
5. Comportement et concepts de dimensionnement des constructions métalliques en zone sismique.....	627
6. Etude expérimentale du comportement dynamique des structures.....	651
7. Enseignements tirés des séismes	665
VIII. Prise en compte de l'action sismique sur des ouvrages spécifiques	701
1. Conception parasismique des barrages	703
2. Dispositions parasismiques appliquées à deux ponts construits en France.....	749
3. Calcul sismique des murs de soutènement.....	759
4. Dimensionnement des ouvrages de soutènement — état de la pratique.....	773
5. Appuis parasismiques.....	789
6. Calcul déterministe et stochastique de la réponse des structures sur appuis visco-élastiques	797
7. Tenue au séisme des conduites enterrées.....	811
8. Comportement aux séismes des tunnels et des ouvrages souterrains	817
IX. Prise en compte de l'action sismique sur les équipements industriels	833
1. Protection sismique des équipements civils et industriels essentiels	835
2. Interaction fluide-structure — état de l'art	847
3. Calcul des structures soumises à des excitations multiples.....	857
4. Calcul au séisme des tuyauteries.....	869
5. Analyse sismique du circuit primaire des centrales nucléaires à eau pressurisée.....	883
6. Analyse sismique du réacteur rapide intégré	897
7. Essais de validation des modèles et des méthodes de calcul des équipements mécaniques.....	915
8. Qualification du matériel sur table vibrante	933
9. Proposition de qualification sismique expérimentale pour des équipements électriques des réseaux de distribution.....	951
X. Prise en compte effective du risque sismique	959
1. Approche probabiliste des précautions parasismiques.....	961
2. Aspects décisionnels dans l'approche du risque sismique	971
3. Pour une approche sociologique des risques naturels	977
4. Risques naturels et responsabilité de l'Etat: aspects juridiques.....	993
5. Planification urbaine et risque sismique.....	1005
6. La construction parasismique et la création architecturale	1011
7. Simulation de l'action d'un séisme à l'échelle d'une ville et de la région avoisinante	1021

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos (p. IX)
Répertoire d'adresses des auteurs (p. XXVIII)
Notations (p. XXXI)

LE PROJET DE CONSTRUCTION PARASISMIQUE

Jean Despeyroux

1. Introduction (p. 1)
2. Caractères spécifiques de l'action sismique (p. 2)
3. Mécanismes généraux (p. 13)
4. Philosophie et détermination de la sécurité (p. 20)
5. Idées directrices pour l'établissement des projets (p. 23)
6. Les calculs (p. 35)
7. Conclusions (p. 53)

I. SISMOLOGIE GÉNÉRALE ET SISMOGÉNÈSE

I-1 LA TECTONIQUE DES PLAQUES

Haroun Tazieff

I-2 SISMOLOGIE GÉNÉRALE

Armando Cisternas, Roland Gaulon

- 2.1 Rapport entre tectonique des plaques et sismicité (p. 63)
- 2.2 Les sources sismiques — Radiation des ondes (p. 69)
- 2.3 Prédications des tremblements de terre (p. 74)

I-3 LES RÉSEAUX SISMQUES EN ZONE A HAUT RISQUE

Bernard Massinon, Pierre Mechler, André Meesters

- 3.1 Introduction (p. 81)
- 3.2 Historique (p. 82)
- 3.3 Instrumentation (p. 82)
- 3.4 Traitement des données sismiques (p. 85)
- 3.5 Exemples de réseaux sismiques (p. 86)
- 3.6 Conclusions (p. 87)

BIBLIOGRAPHIE

II. ÉTUDE DES MOUVEMENTS EN CHAMP PROCHE

II-1 DYNAMIQUE DES TREMBLEMENTS DE TERRE

Raül Madariaga

- 1.1 Modèles de tremblements de terre (p. 93)
- 1.2 Formulation du problème de fracture (p. 94)
- 1.3 Mécanique du front de rupture (p. 95)
- 1.4 La faille circulaire (p. 98)
- 1.5 Conclusions et perspectives (p. 101)

CONTENTS

Preamble

Authors addresses

Notations

BASIC CONCEPTS FOR SEISMIC DESIGN

Jean Despeyroux

1. Introduction
2. Specificity and characteristics of seismic action
3. General mechanisms of earthquake action
4. Philosophy and assessment of safety
5. General guidelines for seismic design
6. Analysis
7. Conclusions

I. BASIC SEISMOLOGY AND SEISMIC SOURCES

I-1 PLATE TECTONICS

Haroun Tazieff

I-2 BASIC SEISMOLOGY

Armando Cisternas, Roland Gaulon

- 2.1 Plate tectonics and seismicity
- 2.2 Seismic sources — Wave radiation from sources
- 2.3 Earthquake prediction

I-3 SEISMIC NETWORKS IN HIGH RISK AREAS

Bernard Massinon, Pierre Mechler, André Meesters

- 3.1 Introduction
- 3.2 History
- 3.3 Instrumentation
- 3.4 Seismic data processing
- 3.5 Some examples of seismic networks
- 3.6 Conclusions

REFERENCES

II. STUDY OF NEAR FIELD MOTION

II-1 EARTHQUAKE SOURCE DYNAMICS

Raül Madariaga

- 1.1 Earthquake source models
- 1.2 Formulation of the fracture problem
- 1.3 Rupture front mechanics
- 1.4 The circular fault
- 1.5 Conclusions and future work

II-2 CALCUL DU MOUVEMENT DU SOL — ÉTAT DE L'ART

Bagher Mohammadioun

- 2.1 Introduction (p. 103)
- 2.2 Rappel de certaines caractéristiques intervenant dans le calcul du mouvement fort (p. 104)
- 2.3 Étude des mouvements forts dans les régions sismiques (p. 108)
- 2.4 Prévision des mouvements sismiques de référence sur un site (p. 110)
- 2.5 Conclusions (p. 116)

II-3 SIMULATION NUMÉRIQUE DES MOUVEMENTS FORTS

Michel Campillo, Michel Bouchon

- 3.1 Introduction (p. 117)
- 3.2 Fondements mathématiques (p. 118)
- 3.3 Méthodes utilisées (p. 118)
- 3.4 Les déplacements du sol pendant un séisme (p. 119)
- 3.5 Modèles de rayonnement sismique à haute fréquence (p. 125)
- 3.6 Décroissance de l'amplitude des mouvements du sol avec la distance épicentrale (p. 127)
- 3.7 Conclusions (p. 128)

II-4 ÉTUDE DES SÉQUENCES DE RÉPLIQUES CONSÉCUTIVES A UN GRAND TREMBLEMENT DE TERRE EN FONCTION DU TEMPS ET DE LA MAGNITUDE

Georgianna Mohammadioun, Jean-Pierre Faye

- 4.1 Introduction (p. 131)
- 4.2 Constitution d'un catalogue de séismes (p. 132)
- 4.3 Distribution des magnitudes (p. 133)
- 4.4 Distribution temporelle des répliques (p. 134)
- 4.5 Discussion des résultats (p. 136)
- 4.6 Conclusions (p. 139)

II-5 INSTRUMENTATION SISMIQUE POUR L'ENREGISTREMENT DES MOUVEMENTS FORTS

Henri Ferrieux

- 5.1 Introduction (p. 141)
- 5.2 Caractéristiques des mouvements sismiques à mesurer (p. 141)
- 5.3 Définition des systèmes de mesure (p. 142)
- 5.4 Instrumentation sismique usuelle des mouvements forts (p. 145)
- 5.5 Traitement des informations (p. 148)
- 5.6 Instrumentation sismique des centrales nucléaires (p. 148)
- 5.7 Conclusions (p. 149)

BIBLIOGRAPHIE

III. ÉVALUATION DE L'ALÉA SISMIQUE

III-1 NATURE ET DÉFINITION DE L'ALÉA SISMIQUE

Pierre Godefroy, Agnès Levret

- 1.1 Introduction (p. 159)

II-2 CALCULATION OF GROUND MOTION STATE OF THE ART

Bagher Mohammadioun

- 2.1 Introduction
- 2.2 Overview of certain characteristics involved in the calculation of strong motion
- 2.3 Study of strong ground motions in areas
- 2.4 Predicting seismic reference motion on a site
- 2.5 Conclusions

II-3 NUMERICAL MODELING OF STRONG GROUND MOTIONS

Michel Campillo, Michel Bouchon

- 3.1 Introduction
- 3.2 Mathematical foundations
- 3.3 Description of the different methods
- 3.4 The ground displacement during an earthquake
- 3.5 Source models for the high frequency radiation
- 3.6 The dependence of ground motion on epicentral distance
- 3.7 Conclusions

II-4 A STUDY OF AFTERSHOCK SEQUENCES ASSOCIATED WITH MAJOR EARTHQUAKES AS FUNCTIONS OF TIME AND MAGNITUDE

Georgianna Mohammadioun, Jean-Pierre Faye

- 4.1 Introduction
- 4.2 Setting up an earthquake report
- 4.3 Magnitude distribution
- 4.4 Time distribution of aftershocks
- 4.5 Discussion of results
- 4.6 Conclusions

II-5 SEISMIC EQUIPMENT FOR RECORDING STRONG GROUND MOTION

Henri Ferrieux

- 5.1 Introduction
- 5.2 Characteristics of seismic ground motions to be measured
- 5.3 Definition of measuring systems
- 5.4 Seismic equipment commonly used for strong ground motions
- 5.5 Data processing
- 5.6 Seismic equipment for nuclear power plants
- 5.7 Conclusions

REFERENCES

III. ASSESSMENT OF SEISMIC HAZARD

III-1 NATURE AND DEFINITION OF SEISMIC HAZARD

Pierre Godefroy, Agnès Levret

- 1.1 Introduction

- 1.2 Les différents types d'effets engendrés par les tremblements de terre (p. 160)
- 1.3 Mesure des effets engendrés par les tremblements de terre (p. 168)
- 1.4 Notion de risque sismique et d'aléa sismique (p. 175)
- 1.5 La notion d'aléa sismique aux différentes échelles (p. 176)
- 1.6 Conclusions (p. 177)

III-2 SISMICITÉ HISTORIQUE ET SISMICITÉ INSTRUMENTALE

Jean Vogt, Bernard Massinon

- 2.1 Introduction (p. 179)
- 2.2 La sismicité historique stricto sensu (p. 180)
- 2.3 Les enquêtes macrosismiques en France (p. 181)
- 2.4 La sismicité instrumentale (p. 183)

III-3 LA CARTE SISMOTECTONIQUE DE LA FRANCE

Jean Goguel, Jean Vogt, Christian Weber

- 3.1 Origine et conception du projet (p. 187)
- 3.2 L'exécution du projet (p. 188)
- 3.3 Présentation de la carte sismotectonique (p. 189)
- 3.4 Les prolongements de la carte sismotectonique (p. 189)
- 3.5 Problèmes de mise à jour et d'évolution de la carte sismotectonique (p. 192)
- 3.6 Ouverture sur un vaste projet de synthèse sismotectonique de la méditerranée (p. 192)

III-4 L'ANALYSE SISMOTECTONIQUE — APPROCHES DU SCIENTIFIQUE ET DE L'INGÉNIEUR

Jean-Claude Bousquet, Jean Fauré, Henri Ferrieux, Hervé Philip

- 4.1 Introduction (p. 193)
- 4.2 Les données utilisées pour l'analyse sismotectonique (p. 194)
- 4.3 Les synthèses réalisées à partir des analyses sismotectoniques (p. 196)
- 4.4 Conclusions (p. 204)

III-5 ÉVALUATION DE L'ALÉA SISMIQUE RÉGIONAL — ZONAGE A PETITE ÉCHELLE

Xavier Goula, Pierre Godefroy

- 5.1 Introduction: les problèmes posés (p. 207)
- 5.2 Définition des lieux d'occurrence possible de futurs séismes. Apport des méthodes de reconnaissance de formes (p. 208)
- 5.3 Caractérisation de l'activité des zones sismiques (p. 208)
- 5.4 Modélisation de l'énergie rayonnée par une source sismique et description du mouvement du sol (p. 212)
- 5.5 Application de l'évaluation de l'aléa sismique régional dans le cadre de règles parasismiques de construction (p. 218)
- 5.6 Conclusions (p. 221)

- 1.2 The various types of effects generated by earthquakes
- 1.3 Measurement of effects generated by earthquakes
- 1.4 Notion seismic risk and seismic hazard
- 1.5 Notion of seismic hazard at different scales
- 1.6 Conclusions

III-2 HISTORICAL AND INSTRUMENTAL SEISMICITY

Jean Vogt, Bernard Massinon

- 2.1 Introduction
- 2.2 Historical seismicity stricto sensu
- 2.3 Macroseismic investigations in France
- 2.4 Instrumental seismicity

III-3 SEISMOTECTONIC MAPPING OF FRANCE

Jean Goguel, Jean Vogt, Christian Weber

- 3.1 Why and how
- 3.2 Three year's work
- 3.3 A glimpse on the map
- 3.4 Later work
- 3.5 Updating required by new knowledge and conceptual trends
- 3.6 A glimpse on the seismotectonic project of the mediterranean area

III-4 SEISMOTECTONIC ANALYSIS — DIFFERENT APPROACHES

Jean-Claude Bousquet, Jean Fauré, Henri Ferrieux, Hervé Philip

- 4.1 Introduction
- 4.2 Data used in seismotectonic analysis
- 4.3 Synthesis derived from seismotectonic analysis
- 4.4 Conclusions

III-5 REGIONAL SEISMIC HAZARD ASSESSMENT — SMALL SCALE ZONING

Xavier Goula, Pierre Godefroy

- 5.1 Introduction: the problems to be addressed
- 5.2 The identification of areas where future earthquake might occur. Contribution of pattern recognition methods
- 5.3 Estimation of the activity of seismic zones
- 5.4 Modelisation of seismic source radiation and description of ground motion
- 5.5 The application of regional seismic hazard assessment to anti-seismic building codes
- 5.6 Conclusions

III-6 LES EFFETS DE SITE D'ORIGINE STRUCTURALE: PRINCIPAUX RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET THÉORIQUES

Pierre-Yves Bard

- 6.1 Introduction (p. 223)
- 6.2 Les méthodes numériques: leur intérêt et leurs limites (p. 224)
- 6.3 Effets de la topographie de surface (p. 224)
- 6.4 Effets de la couverture sédimentaire, dans l'approximation élastique linéaire (p. 228)
- 6.5 Conclusion: applications possibles en France (p. 237)

III-7 ÉVALUATION DE L'ALÉA SISMIQUE LOCAL — MICROZONAGE

Jean-Louis Durville, Jean-Pierre Meneroud, Pierre Mouroux, Jean-Michel Simon

- 7.1 Introduction (p. 239)
- 7.2 Eléments intervenant dans le microzonage sismique (p. 242)
- 7.3 Les différents microzonages sismiques (p. 256)
- 7.4 Conclusions (p. 261)

BIBLIOGRAPHIE

IV. PRISE EN COMPTE DE L'ACTION SISMIQUE SUR LES SOLS

IV-1 COMPORTEMENT DES SOLS SOUS CHARGEMENT CYCLIQUE

Alain Pecker

- 1.1 Introduction (p. 275)
- 1.2 Description du comportement des sols (p. 275)
- 1.3 Observations expérimentales (p. 278)
- 1.4 Modélisation — Comportement avant rupture (p. 279)
- 1.5 Etude du comportement à la rupture — Liquéfaction (p. 283)
- 1.6 Conclusions (p. 285)

IV-2 UNE LOI DE COMPORTEMENT POUR LE CHARGEMENT CYCLIQUE DES SOLS

Jean-Claude Hujeux

- 2.1 Introduction — Les domaines de comportement (p. 287)
- 2.2 Présentation de la loi de comportement (p. 291)
- 2.3 Validation du modèle (p. 297)
- 2.4 Conclusions (p. 301)

IV-3 COMPORTEMENT DU MILIEU PULVÉRULENT

Pierre Habib, Minh Phong Luong

- 3.1 Comportement expérimental du sol pulvérulent (p. 303)
- 3.2 Comportement modélisé (p. 309)
- 3.3 Conclusions (p. 311)

III-6 SITE EFFECTS DUE TO THE GEOMETRY OF SUPERFICIAL LAYERS: A REVIEW OF EXPERIMENTAL AND NUMERICAL RESULTS

Pierre-Yves Bard

- 6.1 Introduction
- 6.2 Numerical methods: their interest and their limitations
- 6.3 The effects of surface topography
- 6.4 Effects of the sedimentary cover (for linearly elastic media)
- 6.5 Conclusion: possible applications in France

III-7 LOCAL SEISMIC HAZARD EVALUATION — MICROZONATION

Jean-Louis Durville, Jean-Pierre Meneroud, Pierre Mouroux, Jean-Michel Simon

- 7.1 Introduction
- 7.2 The factors of microzonation
- 7.3 The different ways of microzoning
- 7.4 Conclusions

REFERENCES

IV. DYNAMIC BEHAVIOUR OF SOILS

IV-1 STRESS-STRAIN BEHAVIOUR OF SOILS UNDER CYCLIC LOADING

Alain Pecker

- 1.1 Introduction
- 1.2 Description of soil behaviour
- 1.3 Experimental data
- 1.4 Modelisation -- Prefailure behaviour
- 1.5 Behaviour at failure — Liquefaction
- 1.6 Conclusions

IV-2 A STRESS-STRAIN MODEL FOR CYCLIC LOADING OF SOILS

Jean-Claude Hujeux

- 2.1 Introduction — The domains of behaviour
- 2.2 Presentation of the constitutive relation
- 2.3 Validation of the stress-strain model
- 2.4 Conclusions

IV-3 BEHAVIOUR OF COHESIONLESS MATERIAL

Pierre Habib, Minh Phong Luong

- 3.1 Experimental behaviour of cohesionless soil
- 3.2 Modelled behaviour
- 3.3 Conclusions

IV-4 RÉPONSE D'UN PROFIL DE SOL EN CHAMP LIBRE

Alain Pecker

- 4.1 Introduction (p. 313)
- 4.2 Choix des caractéristiques de l'onde sismique (p. 314)
- 4.3 Réponse sismique d'un profil viscoélastique à onde de volume (p. 315)
- 4.4 Réponse non linéaire à une onde sismique de volume (p. 318)
- 4.5 Conclusions (p. 322)

IV-5 L'ÉVALUATION DU RISQUE DE LIQUÉFACTION A PARTIR D'ESSAIS EN PLACE

Jean-François Corté

- 5.1 Introduction (p. 323)
- 5.2 Evaluation à partir du standard penetration test (p. 324)
- 5.3 Evaluation à partir du pénétromètre statique (p. 330)
- 5.4 Evaluation à partir du piézocône (p. 331)
- 5.5 Evaluation à partir du pressiomètre autoforeur (p. 333)
- 5.6 Conclusions (p. 334)

IV-6 MESURES IN-SITU DES PARAMÈTRES DYNAMIQUES DU SOL

Jacques Lakshmanan, Yves Bertrand

- 6.1 Rappel des relations vitesses sismiques-modules dynamiques (p. 337)
- 6.2 Propagation des ondes sismiques provoquées (p. 340)
- 6.3 Mesure des vitesses sismiques (p. 342)
- 6.4 Méthodologie des essais cross hole, down hole et up hole (p. 343)

BIBLIOGRAPHIE

V. CALCUL DYNAMIQUE

V-1 ÉTAT DE L'ART EN MATIÈRE DE CALCUL DYNAMIQUE DES STRUCTURES

Jacques Betbeder-Matibet

- 1.1 Introduction (p. 357)
- 1.2 Rappels (p. 358)
- 1.3 La méthode modale spectrale (p. 359)
- 1.4 Les méthodes temporelles dans le cas linéaire (p. 361)
- 1.5 Les méthodes applicables aux structures non linéaires (p. 362)
- 1.6 Méthodes probabilistes (p. 363)
- 1.7 Conclusions (p. 363)

V-2 AMORTISSEMENT

Françoise Gantenbein

- 2.1 Introduction (p. 365)
- 2.2 Différents types d'amortissement (p. 365)
- 2.3 Grandeurs physiques — Valeurs réglementaires (p. 368)
- 2.4 Prise en compte dans les calculs (p. 369)
- 2.5 Interaction sol-fondation (p. 372)

IV-4 FREE-FIELD RESPONSE OF A SOIL PROFILE

Alain Pecker

- 4.1 Introduction
- 4.2 Determination of the characteristics of the seismic waves
- 4.3 Seismic response of a viscoelastic soil profile to body waves
- 4.4 Seismic response of a non linear soil profile to body waves
- 4.5 Conclusions

IV-5 EVALUATION OF LIQUEFACTION POTENTIAL USING IN-SITU TESTS

Jean-François Corté

- 5.1 Introduction
- 5.2 Evaluation using the standard penetration test
- 5.3 Evaluation using the cone penetration test
- 5.4 Evaluation using the piezocone
- 5.5 Evaluation using the self-boring pressuremeter
- 5.6 Conclusions

IV-6 IN-SITU DETERMINATION OF DYNAMIC SOIL PROPERTIES

Jacques Lakshmanan, Yves Bertrand

- 6.1 Relationship between seismic velocities and dynamic moduli
- 6.2 Movement of artificial seismic waves
- 6.3 Measurement of seismic velocities
- 6.4 Cross-hole, down-hole and up-hole technology

REFERENCES

V. DYNAMIC ANALYSIS

V-1 STATE OF THE ART IN DYNAMIC ANALYSIS OF STRUCTURES

Jacques Betbeder-Matibet

- 1.1 Introduction
- 1.2 Recappings
- 1.3 The spectral modal method
- 1.4 Time-history methods in the linear case
- 1.5 Methods of analysis for non-linear structures
- 1.6 Probabilistic methods
- 1.7 Conclusions

V-2 DAMPING

Françoise Gantenbein

- 2.1 Introduction
- 2.2 Damping phenomena
- 2.3 Physical values — Regulatory values
- 2.4 Incorporation in computer programmes
- 2.5 Soil-structure interaction

V-3 PRATIQUE DE L'ANALYSE MODALE DANS LE CALCUL DES STRUCTURES

Alain Capra

- 3.1 Introduction (p. 373)
- 3.2 Choix du modèle de calcul (p. 373)
- 3.3 Sélection des modes (p. 381)
- 3.4 Rappel des équations (p. 384)

V-4 ANALYSE DYNAMIQUE DES STRUCTURES — TECHNIQUES DE MODÉLI- SATION, REDISTRIBUTION DES EFFORTS

*Anne Bouvard, Jacques Chataigner,
Wolfgang Jalil*

- 4.1 Introduction (p. 385)
- 4.2 Calcul des raideurs équivalentes (p. 386)
- 4.3 Répartition des efforts provenant du cal-
cul dynamique (p. 390)
- 4.4 Conclusions (p. 390)
- 4.5 Annexe: Application au contreventement
des bâtiments par façades et murs (p. 391)

V-5 MÉTHODES D'ANALYSE NUMÉRIQUE DES PROBLÈMES DYNAMIQUES

Philippe Pouyet

- 5.1 Introduction (p. 397)
- 5.2 Classes de problèmes numériques rencon-
trés en analyse dynamique (p. 397)
- 5.3 Calcul des fréquences propres et modes
propres de vibration d'un système mécani-
que (p. 398)
- 5.4 Intégration des équations du mouvement
(p. 400)
- 5.5 Transformation du domaine temps
(p. 402)

V-6 LE PROBLÈME DE LA SUPERPOSITION DES MODES PROPRES DE VIBRATION — UTILISATION DES MODES PROPRES DE DÉFORMATION DES ÉLÉMENTS

Vincent Guillot

- 6.1 Introduction (p. 405)
- 6.2 Position du problème (p. 405)
- 6.3 Superposition des composantes modales
des sollicitations d'un élément -- Méthode
traditionnelle (p. 408)
- 6.4 Méthode des modes naturels locaux
(p. 410)

V-7 COMPARAISON DE CALCUL SISMIQUE PAR SPECTRE DE RÉPONSE ET ACCÉLÉ- ROGRAMMES

Philippe Perdriau, Jean-Pierre Yris

- 7.1 Introduction (p. 417)
- 7.2 Méthodes d'analyse dynamique — Théorie
(p. 417)
- 7.3 Application numérique (p. 422)
- 7.4 Conclusions (p. 429)

V-8 MÉTHODES DE CALCUL BASÉES SUR L'UTILISATION DES SPECTRES SISMI- QUES — FONDEMENTS STATISTIQUES

*Michel Livolant, Françoise Gantenbein,
René J. Gibert*

- 8.1 Introduction (p. 431)
- 8.2 Propriétés statistiques moyennes de la
réponse (p. 432)

V-3 PRACTICAL OF MODAL ANALYSIS

Alain Capra

- 3.1 Introduction
- 3.2 Choice of calculation model
- 3.3 Modes selection
- 3.4 Recall of equations

V-4 MODELING METHODS, FORCES AND MOMENTS DISTRIBUTION IN DYNAMIC AN- ALYSIS

*Anne Bouvard, Jacques Chataigner,
Wolfgang Jalil*

- 4.1 Introduction
- 4.2 Determination of equivalent rigidities
- 4.3 Forces and moments distribution
- 4.4 Conclusions
- 4.5 Appendix: Earthquake dynamic respon-
of combined frames and shear walls

V-5 NUMERICAL ANALYSIS METHODS DYNAMIC PROBLEMS

Philippe Pouyet

- 5.1 Introduction
- 5.2 Classes of numerical problem encounter-
in dynamic analysis
- 5.3 Eigen frequencies and mode shapes co-
putation
- 5.4 Integration of equations of motion
- 5.5 Time domain transformation

V-6 THE PROBLEM OF MODAL SUPERPO- TION — USE OF THE ELEMENTS MO- SHAPES

Vincent Guillot

- 6.1 Introduction
- 6.2 Problem definition
- 6.3 Superposition of stresses modal compo-
nents in an element — Tradition-
method
- 6.4 Method using local mode shapes

V-7 COMPARISON BETWEEN RESPON- SPECTRUM AND TIME HISTOR- METHODS IN SEISMIC CALCULATIONS

Philippe Perdriau, Jean-Pierre Yris

- 7.1 Introduction
- 7.2 Dynamic analysis methods — Theory
- 7.3 Numerical example
- 7.4 Conclusions

V-8 CALCULATION METHODS BASED SEISMIC SPECTRUM STATISTIC BASIS

*Michel Livolant, Françoise Gantenbein, René
J. Gibert*

- 8.1 Introduction
- 8.2 Statistical properties of the response

8.3 Maxima de la réponse (p. 433)	8.3 Maximum value of the response
8.4 Récapitulation des étapes du calcul du maximum de la réponse en un point, sous l'action d'un mouvement sismique (p. 434)	8.4 Summary of the different steps of response due to seismic motion
8.5 Exemples (p. 435)	8.5 Examples
8.6 Conclusions (p. 436)	8.6 Conclusions
8.7 Annexes (p. 437)	8.7 Appendixes
V-9 CALCUL DE STRUCTURES PAR UNE MÉTHODE DE SOUS-STRUCTURES DÉFINIES PAR LEURS MODES PROPRES — APPLICATIONS LINÉAIRES ET NON LINÉAIRES	V-9 CALCULATION METHOD BASED ON SUBSTRUCTURES DEFINED BY THEIR NATURAL MODES — LINEAR AND NON LINEAR APPLICATION
<i>Françoise Gantenbein, Michel Livolant</i>	<i>Françoise Gantenbein, Michel Livolant</i>
9.1 Introduction (p. 439)	9.1 Introduction
9.2 Principe de méthodes de sous-structures (p. 439)	9.2 Substructuration methods
9.3 Formalisme de sous-structures libres (p. 440)	9.3 Method for free substructures
9.4 Méthodes de résolution (p. 441)	9.4 Resolution methods
9.5 Résultats de calcul (p. 441)	9.5 Results calculation
9.6 Prise en compte des non-linéarités (p. 444)	9.6 Study on non linearities
9.7 Conclusions (p. 447)	9.7 Conclusions
V-10 CALCUL DE SPECTRES DE PLANCHER — MÉTHODES UTILISANT LE SPECTRE DE RÉPONSE	V-10 DETERMINATION OF FLOOR RESPONSE SPECTRA — METHODS ON THE BASIS OF THE RESPONSE SPECTRUM
<i>Philippe Deflandre</i>	<i>Philippe Deflandre</i>
10.1 Introduction (p. 449)	10.1 Introduction
10.2 Réponse d'un oscillateur simple fixé sur une structure élastique (p. 449)	10.2 Response of a single-degree-of-freedom system attached to an elastic structure
10.3 Méthode de Biggs et Roesset (p. 450)	10.3 Method of Biggs and Roesset
10.4 Méthode de Peters, Schmitz et Wagner (p. 451)	10.4 Method of Peters, Schmitz and Wagner
10.5 Comparaison des méthodes (p. 452)	10.5 Comparison of the methods
10.6 Conclusions (p. 456)	10.6 Conclusions
V-11 COMPARAISON PARAMÉTRIQUE DE CALCULS DYNAMIQUES LINÉAIRES ET NON LINÉAIRES D'ÉLÉMENTS DE BÉTON ARMÉ ET DE CHARPENTE MÉTALLIQUE	V-11 PARAMETRIC ANALYSIS OF LINEAR AND NON LINEAR DYNAMIC ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE AND STEEL STRUCTURAL ELEMENTS
<i>Jean-Marc Locci</i>	<i>Jean-Marc Locci</i>
11.1 Introduction (p. 457)	11.1 Introduction
11.2 Méthode de calcul (p. 457)	11.2 Calculation method
11.3 Etude qualitative (p. 459)	11.3 Qualitative analysis
11.4 Etude comparative (p. 462)	11.4 Comparative analysis
11.5 Conclusions (p. 465)	11.5 Conclusions
BIBLIOGRAPHIE	REFERENCES
VI. INTERACTION SOL-STRUCTURE	VI. SOIL-STRUCTURE INTERACTION
VI-1 MÉTHODES DE PRISE EN COMPTE DE L'INTERACTION SOL-STRUCTURE	VI-1 SOIL-STRUCTURE INTERACTION ANALYSES
<i>Jean-Paul Walter</i>	<i>Jean-Paul Walter</i>
1.1 Introduction (p. 471)	1.1 Introduction
1.2 Influence du sol sur le comportement sismique d'un ouvrage (p. 471)	1.2 Effects of soil on seismic behaviour of structures
1.3 Méthodes par étapes (p. 474)	1.3 Multistep methods
1.4 Impédance des fondations rigides (p. 475)	1.4 Impedance of rigid foundations
1.5 Calcul dynamique de la réponse (p. 479)	1.5 Dynamic analysis
1.6 Méthodes directes (p. 481)	1.6 Direct methods
1.7 Prise en compte des non-linéarités (p. 483)	1.7 Non-linear effects

VI-2 INTERACTION SOL-STRUCTURE LINÉAIRE SUR UN SOL HÉTÉROGÈNE

Denis Aubry, François Chapel, Jean-Marc Crépel

- 2.1 Introduction (p. 485)
- 2.2 Formulation du problème couple d'interaction sol-structure-fondation rigide (p. 486)
- 2.3 Diffraction du champ incident sur la fondation (p. 490)
- 2.4 Analyse de l'impédance du sol (p. 493)
- 2.5 Réponse de la structure à des ondes incidentes (p. 501)
- 2.6 Cas de plusieurs fondations rigides (p. 502)
- 2.7 Cas d'une fondation élastique (p. 505)
- 2.8 Conclusions (p. 506)

VI-3 INTERACTION SOL-STRUCTURE POUR DES CONDITIONS PARTICULIÈRES

Jacques-Noël Levadoux, René Bonaz

- 3.1 Introduction (p. 507)
- 3.2 Influence de l'inclinaison de substratum (p. 507)
- 3.3 Influence des ondes de surface (p. 511)
- 3.4 Influence de l'encastrement de la fondation (p. 513)

VI-4 COMPORTEMENT AU SÉISME DES OUVRAGES SUR FONDATIONS PROFONDES — ÉTAT DE LA PRATIQUE

Jean-Paul Walter

- 4.1 Introduction (p. 521)
- 4.2 Généralités (p. 522)
- 4.3 Comportement sismique et dynamique des fondations sur pieux (p. 523)
- 4.4 Méthodes de calcul des sous-structures (p. 526)
- 4.5 Méthodes globales (p. 529)
- 4.6 Conclusions (p. 531)

VI-5 CALCUL SISMIQUE DES FONDATIONS SUR PIEUX

Denis Aubry, François Chapel, Jean-Marc Crépel

- 5.1 Introduction (p. 533)
- 5.2 Formulation du problème et décomposition (p. 534)
- 5.3 Introduction de la cinématique des pieux (p. 536)
- 5.4 Modélisation de la réponse du sol (p. 537)
- 5.5 Exemples — Résultats (p. 538)
- 5.6 Méthodes simplifiées (p. 542)
- 5.7 Conclusions (p. 547)

VI-6 EFFETS NON LINÉAIRES DES DÉCOLLEMENTS DE RADIER SUR LE COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES STRUCTURES

Philippe Bisch

- 6.1 Introduction (p. 549)
- 6.2 Interprétation physique des phénomènes (p. 550)
- 6.3 Modélisation de l'interaction par des ressorts répartis (p. 552)
- 6.4 Différents aspects de la modélisation de l'interaction (p. 556)
- 6.5 Méthodes de résolution (p. 559)
- 6.6 Conclusions (p. 560)

VI-2 LINEAR SOIL-STRUCTURE INTERACTION FOR A HETEROGENEOUS SOIL

Denis Aubry, François Chapel, Jean-Marc Crépel

- 2.1 Introduction
- 2.2 Formulation of the coupled problem of soil-structure interaction for a rigid foundation
- 2.3 Diffraction of the incident field on the foundation
- 2.4 Soil impedance analysis
- 2.5 Response of the structure of incident waves
- 2.6 Multiple rigid foundations
- 2.7 Elastic foundation
- 2.8 Conclusions

VI-3 SOIL-STRUCTURE INTERACTION FOR SPECIAL CONDITIONS

Jacques-Noël Levadoux, René Bonaz

- 3.1 Introduction
- 3.2 Influence of a sloping bedrock
- 3.3 Influence of surface waves
- 3.4 Effect of the foundation's embedment

VI-4 EARTHQUAKE BEHAVIOUR OF PILE FOUNDED STRUCTURE STATE OF PRACTICE

Jean-Paul Walter

- 4.1 Introduction
- 4.2 Generals
- 4.3 Seismic and dynamic behaviour of pile foundations
- 4.4 Sub-structure analysis
- 4.5 Direct methods
- 4.6 Conclusions

VI-5 SEISMIC COMPUTATION OF PILES FOUNDATIONS

Denis Aubry, François Chapel, Jean-Marc Crépel

- 5.1 Introduction
- 5.2 Formulation of the problem and decomposition
- 5.3 Introduction of the piles kinematics
- 5.4 Modelization of the soil response
- 5.5 Examples — Results
- 5.6 Simplified methods
- 5.7 Conclusions

VI-6 NON-LINEAR EFFECTS OF BASE MAT LIFTING-OFF ON THE DYNAMIC BEHAVIOUR OF BUILDINGS

Philippe Bisch

- 6.1 Introduction
- 6.2 Physical interpretation of the phenomena
- 6.3 Interaction modelisation with distribution of springs
- 6.4 Modelisation interaction aspects
- 6.5 Solution methods
- 6.6 Conclusions

VI-7 MODÈLES RÉDUITS EN DYNAMIQUE

Pierre Habib, Amos Zelikson

- 7.1 Introduction (p. 563)
- 7.2 Conditions de similitude (p. 563)
- 7.3 Réalisation pratique des modèles (p. 566)
- 7.4 Conclusions (p. 568)

VI-8 SIMULATION DE L'INTERACTION SOL-STRUCTURE EN DYNAMIQUE

Amos Zelikson, Pierre Habib

- 8.1 Introduction (p. 569)
- 8.2 Etude de l'ensemble sol et structure (p. 570)
- 8.3 Etude par découpage de sous-ensembles (p. 572)
- 8.4 Conclusions (p. 576)

BIBLIOGRAPHIE

VII. PRISE EN COMPTE DE L'ACTION SISMIQUE SUR LES STRUCTURES

VII-1 COMPORTEMENT DES STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

Victor Davidovici, Michel Kavyrchine

- 1.1 Introduction (p. 583)
- 1.2 Comportement des matériaux (p. 583)
- 1.3 Comportement des éléments de structure (p. 588)
- 1.4 Etude des structures (p. 594)
- 1.5 Dispositions constructives (p. 598)

VII-2 CAS PARTICULIER DES VOILES PLANS EN BÉTON ARMÉ

Bernard Fouré

- 2.1 Généralités (p. 605)
- 2.2 Caractères essentiels du comportement (p. 606)
- 2.3 Conséquence sur la conception et le calcul (p. 609)

VII-3 CONSTRUCTIONS A OSSATURE EN BÉTON ARMÉ ET REMPLISSAGES EN MAÇONNERIE

Jean Moulin

- 3.1 Introduction (p. 613)
- 3.2 Comportement lors des séismes (p. 614)
- 3.3 Etudes expérimentales et théoriques (p. 616)
- 3.4 Conception et calcul (p. 618)
- 3.5 Conclusions (p. 620)

VII-4 UTILISATION DE LA PRÉCONTRAINT EN ZONE SISMIQUE

Pierre Xercavins, Michel Kavyrchine

- 4.1 Introduction (p. 621)
- 4.2 Adaptation de la précontrainte totale (p. 621)
- 4.3 Les obstacles à l'emploi de la précontrainte en bâtiment courant (p. 622)
- 4.4 Le béton armé précontraint (p. 622)
- 4.5 Critères de calcul (p. 624)
- 4.6 Conclusions (p. 625)

VI-7 SIMILARITY FOR DYNAMICS

Pierre Habib, Amos Zelikson

- 7.1 Introduction
- 7.2 Scaling laws
- 7.3 Model construction
- 7.4 Conclusions

VI-8 SIMULATION OF DYNAMIC SOIL-STRUCTURE INTERACTION

Amos Zelikson, Pierre Habib

- 8.1 Introduction
- 8.2 Study of soil and structure
- 8.3 Study by cutting to sub blocks
- 8.4 Conclusions

REFERENCES

VII. DESIGN OF EARTHQUAKE-RESISTANT STRUCTURES

VII-1 BEHAVIOUR OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Victor Davidovici, Michel Kavyrchine

- 1.1 Introduction
- 1.2 Behaviour of materials
- 1.3 Behaviour of structural elements
- 1.4 Structural design
- 1.5 Detailing

VII-2 PARTICULAR CASE OF REINFORCED CONCRETE SHEAR-WALLS

Bernard Fouré

- 2.1 Generalities
- 2.2 Main features of behaviour
- 2.3 Consequence for design

VII-3 REINFORCED CONCRETE FRAMES WITH MASONRY INFILLS

Jean Moulin

- 3.1 Introduction
- 3.2 Seismic behaviour
- 3.3 Experimental and theoretical studies
- 3.4 Conception, design and calculation
- 3.5 Conclusions

VII-4 THE USE OF PRESTRESSING IN SEISMIC AREA

Pierre Xercavins, Michel Kavyrchine

- 4.1 Introduction
- 4.2 Adaptation for total prestressing
- 4.3 Nuisances for the use of prestressing in standard buildings
- 4.4 Prestressed reinforced concrete
- 4.5 Criteria for design
- 4.6 Conclusions

VII-5 COMPORTEMENT ET CONCEPTS DE DIMENSIONNEMENT DES CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES EN ZONE SISMIQUE

Jean-Marie Aribert, Jacques Brozzetti

- 5.1 Introduction (p. 627)
- 5.2 Résistance et stabilité aux actions sismiques des éléments de structures métalliques (p. 629)
- 5.3 Méthodes d'analyse des structures dans le domaine inélastique (p. 637)
- 5.4 Caractérisation globale des ossatures — Considérations sur les éléments d'habillage et planchers (p. 646)
- 5.5 Conclusions (p. 649)

VII-6 ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES STRUCTURES

Jean Paquet

- 6.1 Introduction (p. 651)
- 6.2 Présentation simplifiée de l'analyse modale (p. 652)
- 6.3 Utilisation de l'excitation harmonique (p. 654)
- 6.4 Expériences acquises dans ce domaine (p. 659)
- 6.5 Comparaison entre le comportement prévu et le comportement observé (p. 660)
- 6.6 Informations complémentaires apportées par les essais dynamiques (p. 661)
- 6.7 Autres techniques d'excitation (p. 663)
- 6.8 Conclusions (p. 664)

VII-7 ENSEIGNEMENTS TIRÉS DES SÉISMES

Victor Davidovici

- 7.1 Introduction (p. 665)
- 7.2 Conception de bâtiments (p. 667)
- 7.3 Constructions en béton armé (p. 672)
- 7.4 Constructions en charpente métallique (p. 682)
- 7.5 Maisons individuelles (p. 684)
- 7.6 Éléments non structuraux (p. 685)
- 7.7 Ouvrages spécifiques (p. 687)
- 7.8 Equipements publics (p. 690)
- 7.9 Conclusions (p. 693)

BIBLIOGRAPHIE

VIII. PRISE EN COMPTE DE L'ACTION SISMIQUE SUR DES OUVRAGES SPÉCIFIQUES

VIII-1 CONCEPTION PARASISMIQUE DES BARRAGES

Georges Post, Bernard Tardieu, Michel Lino

- 1.1 Introduction (p. 703)
- 1.2 Les séismes de projets (p. 704)
- 1.3 Modélisation du comportement dynamique (p. 705)
- 1.4 Détermination expérimentale des caractéristiques dynamiques des sols et matériaux de remblais (p. 710)
- 1.5 La conception des ouvrages — Les dispositions parasismiques (p. 711)
- 1.6 Méthodes simplifiées (p. 721)
- 1.7 Méthodes de calculs (p. 733)
- 1.8 Conclusions (p. 748)

VII-5 BEHAVIOUR AND DESIGN CONCEPTS OF STEELWORK CONSTRUCTIONS IN EARTHQUAKE ZONE

Jean-Marie Aribert, Jacques Brozzetti

- 5.1 Introduction
- 5.2 Earthquake strength and stability of structural steel elements
- 5.3 Structural analysis methods in the inelastic field
- 5.4 Global characterization of frames — Considerations on light-gauge steel panels and floors
- 5.5 Conclusions

VII-6 EXPERIMENTAL STUDY OF THE DYNAMIC BEHAVIOUR OF STRUCTURES

Jean Paquet

- 6.1 Introduction
- 6.2 Simplified presentation of modal analysis
- 6.3 Use of harmonic excitation
- 6.4 Experiences acquired in this field
- 6.5 Comparaison between expected behaviour and observed behaviour
- 6.6 Additional information brought by dynamic tests
- 6.7 Other excitation techniques
- 6.8 Conclusions

VII-7 LEARNING FROM EARTHQUAKES

Victor Davidovici

- 7.1 Introduction
- 7.2 Structural form
- 7.3 Reinforced concrete structures
- 7.4 Steel structures
- 7.5 Dwellings
- 7.6 Non-structural components
- 7.7 Special structures
- 7.8 Lifelines
- 7.9 Conclusions

REFERENCES

VIII. DESIGN OF EARTHQUAKE-RESISTANT SPECIAL STRUCTURES

VIII-1 PARASEISMIC DESIGN OF DAMS

Georges Post, Bernard Tardieu, Michel Lino

- 1.1 Introduction
- 1.2 Design earthquakes
- 1.3 Modelisation of dynamic constitutive relations
- 1.4 Experimental determination of dynamic properties of soil and fill
- 1.5 Earthquake resistant design and paraseismic features
- 1.6 Preliminary design methods of dams in seismic areas
- 1.7 Analytical methods
- 1.8 Conclusions

VIII-2 DISPOSITIONS PARASISMIQUES APPLIQUÉES A DEUX PONTS CONSTRUITS EN FRANCE

Jean-Claude Bastet

- 2.1 Introduction (p. 749)
- 2.2 Le viaduc de Caronte (p. 749)
- 2.3 Le viaduc de Sainte-Agnès (p. 752)
- 2.4 Conclusions (p. 756)

VIII-3 CALCUL SISMIQUE DES MURS DE SOUTÈNEMENT

Denis Aubry, Didier Chouvet

- 3.1 Introduction (p. 759)
- 3.2 Approche expérimentale du comportement dynamique des murs de soutènement (p. 760)
- 3.3 Méthodes simplifiées de dimensionnement (p. 762)
- 3.4 Calcul numérique d'interaction sol-structure non linéaire (p. 764)
- 3.5 Conclusions (p. 771)

VIII-4 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT — ÉTAT DE LA PRATIQUE

Jean-François Corté, André Isnard, Richard Souloumiac

- 4.1 Introduction (p. 773)
- 4.2 Rappel de l'analyse statique d'un mur de soutènement (p. 774)
- 4.3 Analyse pseudo-statique d'un mur de soutènement - poids contenant un remblai pulvérulent sec (p. 776)
- 4.4 Analyse pseudo-statique de murs de soutènement particuliers (p. 781)

VIII-5 APPUIS PARASISMIQUES

Roger Guéraud

- 5.1 Introduction (p. 789)
- 5.2 Idées directrices (p. 790)
- 5.3 Conséquences du choix du filtrage (p. 790)
- 5.4 Description du dispositif d'appuis parasismiques simples (p. 791)
- 5.5 Dimensionnement et caractéristiques des appuis parasismiques simples (p. 792)
- 5.6 Dispositif d'appuis parasismiques à glissement (p. 793)
- 5.7 Incidence des appuis sous l'action de la composante verticale du séisme (p. 794)
- 5.8 Protection partielle contre le séisme vertical (p. 794)
- 5.9 Conclusions (p. 795)

VIII-6 CALCUL DÉTERMINISTE ET STOCHASTIQUE DE LA RÉPONSE DES STRUCTURES SUR APPUIS VISCO-ÉLASTIQUES

Robert Bouc, Gilles Delfosse, Bernard Nayroles

- 6.1 Introduction (p. 797)
- 6.2 Les systèmes d'isolation à la base (p. 798)
- 6.3 Approche simplifiée du calcul des structures non linéaires sous entrée aléatoire (p. 806)
- 6.4 Conclusions (p. 809)

VIII-2 EARTHQUAKE DETAILS CONCERNING TWO FRENCH BRIDGES

Jean-Claude Bastet

- 2.1 Introduction
- 2.2 The viaduct of Caronte
- 2.3 The viaduct of Sainte-Agnès
- 2.4 Conclusions

VIII-3 SEISMIC COMPUTATION OF RETAINING WALLS

Denis Aubry, Didier Chouvet

- 3.1 Introduction
- 3.2 Experimental approach of the dynamic behaviour of retaining walls
- 3.3 Simplified methods of design
- 3.4 Computation of non-linear soil-structure interaction
- 3.5 Conclusions

VIII-4 DESIGN OF EARTH RETAINING STRUCTURES — STATE OF THE PRACTICE

Jean-François Corté, André Isnard, Richard Souloumiac

- 4.1 Introduction
- 4.2 Static analysis of earth retaining walls
- 4.3 Quasi-static analysis of a gravity retaining - wall supporting a dry cohesionless earthfill
- 4.4 Quasi-static analysis of special retaining structures

VIII-5 ASEISMIC BEARINGS

Roger Guéraud

- 5.1 Introduction
- 5.2 Leading ideas
- 5.3 Consequences of the filtration choice
- 5.4 Description of the simple aseismic bearing system
- 5.5 Design and characteristics of simple aseismic bearing pads
- 5.6 Aseismic bearing system with sliding
- 5.7 Incidence of bearings under vertical earthquake component
- 5.8 Partial protection against vertical earthquake component
- 5.9 Conclusions

VIII-6 DETERMINISTIC AND STOCHASTIC DESIGN OF STRUCTURES ON VISCOELASTIC BEARINGS

Robert Bouc, Gilles Delfosse, Bernard Nayroles

- 6.1 Introduction
- 6.2 Base isolation systems
- 6.3 Simplified method of calculation of non-linear structures with random input
- 6.4 Conclusions

VIII-7 TENUE AU SÉISME DES CONDUITES ENTERRÉES

Christian Coladant, Jacques Betbeder-Matibet

- 7.1 Introduction (p. 811)
- 7.2 Approche simplifiée (p. 811)
- 7.3 Modèles faisant intervenir l'interaction sol-conduite (p. 813)
- 7.4 Le comportement lors de séismes (p. 815)
- 7.5 Conclusions (p. 816)

VIII-8 COMPORTEMENT AUX SÉISMES DES TUNNELS ET DES OUVRAGES SOUTERRAINS

Jean-François Coudert, Marc Panet, Jacques Robert

- 8.1 Introduction (p. 817)
- 8.2 Les mouvements sismiques en profondeur (p. 818)
- 8.3 Galerie flexible creusée dans un sol (p. 818)
- 8.4 Modèles d'interaction sol-ouvrage souterrain (p. 821)
- 8.5 Les tunnels creusés dans un massif rocheux (p. 823)
- 8.6 Conclusions (p. 824)

BIBLIOGRAPHIE

IX. PRISE EN COMPTE DE L'ACTION SISMIQUE SUR LES ÉQUIPEMENTS INDUSTRIELS

IX-1 PROTECTION SISMIQUE DES ÉQUIPEMENTS CIVILS ET INDUSTRIELS ESSENTIELS

Pierre Bourrier, Francis Le Breton, Alain Thouvenot

- 1.1 Introduction (p. 835)
- 1.2 Les aspects spécifiques des équipements (p. 835)
- 1.3 Les équipements essentiels face au risque sismique (p. 836)
- 1.4 Analyse sismique des équipements (p. 837)
- 1.5 Exemples des équipements civils (p. 839)
- 1.6 Exemples des équipements nucléaires (p. 842)

IX-2 INTERACTION FLUIDE-STRUCTURE — ÉTAT DE L'ART

René J. Gibert, Françoise Gantenbein, François Axisa

- 2.1 Introduction (p. 847)
- 2.2 Les différents aspects de l'effet d'un fluide sous écoulement baignant une structure vibrante (p. 848)
- 2.3 Aperçu sur les méthodes de calcul (p. 853)

IX-3 CALCUL DES STRUCTURES SOUMISES A DES EXCITATIONS MULTIPLES

Jean Rigaudeau, Pierre Sollogoub

- 3.1 Introduction (p. 857)
- 3.2 Equations du mouvement et fondements théoriques (p. 858)

VIII-7 SEISMIC ANALYSIS OF BURIED PIPELINES

Christian Coladant, Jacques Betbeder-Matibet

- 7.1 Introduction
- 7.2 Simplified approach
- 7.3 Models including soil-pipe interaction

- 7.4 The behaviour during earthquakes
- 7.5 Conclusions

VIII-8 BEHAVIOUR OF TUNNELS AND UNDERGROUND STRUCTURES DURING EARTHQUAKES

Jean-François Coudert, Marc Panet, Jacques Robert

- 8.1 Introduction
- 8.2 Deep seismic motions

- 8.3 Flexible adit excavated in soil

- 8.4 Soil-underground structure interaction-models

- 8.5 Tunnels excavated in rock masses

- 8.6 Conclusions

REFERENCES

IX. DESIGN OF EARTHQUAKE RESISTANT EQUIPMENTS

IX-1 EARTHQUAKE PROTECTION OF ESSENTIAL CIVIL AND INDUSTRIAL EQUIPMENTS

Pierre Bourrier, Francis Le Breton, Alain Thouvenot

- 1.1 Introduction
- 1.2 Peculiarities of equipments

- 1.3 Essential equipments facing seismic risk

- 1.4 Seismic analysis of equipment

- 1.5 Examples of civil equipment
- 1.6 Examples of nuclear equipment

IX-2 FLUID STRUCTURE INTERACTION — STATE OF THE ART

René J. Gibert, Françoise Gantenbein, François Axisa

- 2.1 Introduction
- 2.2 Different aspects of fluid-structure interaction

- 2.3 Overview of calculation methods

IX-3 ANALYSIS OF STRUCTURES SUBJECTED TO MULTIPLE SPECTRA INPUT

Jean Rigaudeau, Pierre Sollogoub

- 3.1 Introduction
- 3.2 Motion equations and theoretical basis

- 3.3 Calcul approché de la réponse maximale par analyses spectrale et statique (p. 861)
- 3.4 Correction pour la prise en compte des modes « rigides » (p. 863)
- 3.5 Calcul de la réponse temporelle (p. 865)
- 3.6 Conclusions (p. 866)
- 3.7 Annexe: propriétés algébriques de la superposition modale (p. 867)

IX-4 CALCUL AU SÉISME DES TUYAUTERIES

Gilbert Anglaret, Jean-Louis Béguin

- 4.1 Description sommaire des réseaux de tuyauteries (p. 869)
- 4.2 Enchaînement des calculs — Méthodologie générale (p. 870)
- 4.3 Analyse sismique — Aspects théoriques (p. 872)
- 4.4 Analyse sismique — Aspects pratiques (p. 874)
- 4.5 Supports (p. 876)
- 4.6 Validation — Contrôle (p. 879)

IX-5 ANALYSE SISMIQUE DU CIRCUIT PRIMAIRE DES CENTRALES NUCLÉAIRES A EAU PRESSURISÉE

Laurent Borsoi, Pierre Sollogoub

- 5.1 Introduction (p. 883)
- 5.2 Présentation du circuit primaire des centrales nucléaires à eau pressurisée (p. 884)
- 5.3 Analyses sismiques du circuit primaire (p. 889)
- 5.4 Prise en compte du séisme dans la conception du circuit primaire (p. 893)
- 5.5 Conclusions (p. 895)
- 5.6 Annexe: Méthode de la superposition modale non-linéaire (p. 895)

IX-6 ANALYSE SISMIQUE DU RÉACTEUR RAPIDE INTÉGRÉ

Pierre Desclève, Claude Bertaut, Patrice Chéron

- 6.1 Introduction (p. 897)
- 6.2 Présentation de la centrale de Creys-Malville (p. 897)
- 6.3 Méthode d'analyse (p. 900)
- 6.4 Etude sismique du bloc réacteur (p. 903)
- 6.5 Etude sismique des gros composants (p. 907)
- 6.6 Résultats expérimentaux (p. 909)
- 6.7 Conclusions (p. 914)

IX-7 ESSAIS DE VALIDATION DES MODÈLES ET DES MÉTHODES DE CALCUL DES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES

Pascal Buland, Marc Lasne

- 7.1 Introduction (p. 915)
- 7.2 Analyse modale expérimentale (p. 916)
- 7.3 Moyens d'essais (p. 916)
- 7.4 Essais sur maquette (p. 917)
- 7.5 Exemples d'essais de validation (p. 917)

IX-8 QUALIFICATION DU MATÉRIEL SUR TABLE VIBRANTE

Roger Fabries, Pascal Buland, Henri Lemaire

- 8.1 Introduction (p. 933)

- 3.3 Determination of approximate maximum response through spectral and static analysis

- 3.4 Correction for « rigid » modes

- 3.5 Time history analysis

- 3.6 Conclusions

- 3.7 Appendix: algebraic properties of modal superposition

IX-4 SEISMIC DESIGN OF PIPING SYSTEMS

Gilbert Anglaret, Jean-Louis Béguin

- 4.1 Short description of piping systems
- 4.2 Management of computations — General methodology
- 4.3 Seismic analysis -- Theoretical point of view
- 4.4 Seismic analysis — Practical point of view
- 4.5 Support devices
- 4.6 Validation — Control

IX-5 SEISMIC ANALYSIS OF THE REACTOR COOLANT SYSTEM OF PWR NUCLEAR POWER PLANTS

Laurent Borsoi, Pierre Sollogoub

- 5.1 Introduction
- 5.2 Description of the reactor coolant system (R.C.S.) of PWR nuclear power plants
- 5.3 R.C.S. Seismic analyses
- 5.4 The effect of seismic loads on R.C.S. design
- 5.5 Conclusions
- 5.6 Appendix: non-linear modal superposition method

IX-6 SEISMIC ANALYSIS OF THE FAST BREEDER REACTOR

Pierre Desclève, Claude Bertaut, Patrice Chéron

- 6.1 Introduction
- 6.3 Description of the Creys-Malville Power Station
- 6.3 Method of analysis
- 6.4 Reactor vessel seismic analysis
- 6.5 Main components seismic analysis
- 6.6 Experimental results
- 6.7 Conclusions

IX-7 VALIDATION TESTS OF MODELS AND METHODS USED FOR CALCULATION OF MECHANICAL EQUIPMENTS

Pascal Buland, Marc Lasne

- 7.1 Introduction
- 7.2 Experimental modal analyses
- 7.3 Test facilities
- 7.4 Reduced scale tests
- 7.5 Examples of validation tests

IX-8 EQUIPMENT QUALIFICATION ON SHAKING TABLE

Roger Fabries, Pascal Buland, Henri Lemaire

- 8.1 Introduction

- 8.2 Normes de référence (p. 934)
- 8.3 Généralités (p. 935)
- 8.4 Classe sismique générale (C.S.G.) (p. 937)
- 8.5 Classe sismique spécifique (C.S.S.) (p. 939)
- 8.6 Essais de composants (p. 941)
- 8.7 Moyens d'essai (p. 942)
- 8.8 Recommandations (p. 948)
- 8.9 Conclusions (p. 949)

IX-9 PROPOSITION DE QUALIFICATION SISMIQUE EXPÉRIMENTALE POUR DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

Henri Lemaire

- 9.1 Introduction (p. 951)
- 9.2 Essais de tenue (p. 953)
- 9.3 Proposition de programme d'essai (p. 955)
- 9.4 Conclusions (p. 955)

BIBLIOGRAPHIE

X. PRISE EN COMPTE EFFECTIVE DU RISQUE SISMIQUE

X-1 APPROCHE PROBABILISTE DES PRÉCAUTIONS PARASISMIQUES

Didier Costes

- 1.1 Introduction (p. 961)
- 1.2 Approche déterministe (p. 962)
- 1.3 L'approche probabiliste en général (p. 963)
- 1.4 L'aléa sismique (p. 964)
- 1.5 Comportement des ouvrages de génie civil (p. 965)
- 1.6 Comportement des systèmes supportés (p. 967)
- 1.7 Convolution entre aléa sismique et fragilité (p. 967)
- 1.8 Commentaires et conclusions (p. 969)

X-2 ASPECTS DÉCISIONNELS DANS L'APPROCHE DU RISQUE SISMIQUE

Vidal Cohen

- 2.1 Introduction (p. 971)
- 2.2 Théorie statistique de la décision (p. 971)
- 2.3 Utilisation de la théorie de la décision en génie parasismique (p. 974)
- 2.4 Conclusions (p. 975)

X-3 POUR UNE APPROCHE SOCIOLOGIQUE DES RISQUES NATURELS

Bernadette de Vanssay

- 3.1 Introduction (p. 977)
- 3.2 Les origines de la sociologie des catastrophes (p. 978)
- 3.3 Domaine et objectifs de la sociologie des catastrophes (p. 980)
- 3.4 Conclusions (p. 991)

X-4 RISQUES NATURELS ET RESPONSABILITÉ DE L'ÉTAT: ASPECTS JURIDIQUES

Bernadette de Vanssay

- 4.1 Introduction (p. 993)
- 4.2 Les législations étrangères (p. 994)
- 4.3 La législation française (p. 998)
- 4.4 Conclusions (p. 1004)

- 8.2 Standards reference
- 8.3 General
- 8.4 General seismic class (G.S.C.)
- 8.5 Specific seismic class (S.S.C.)
- 8.6 Components testing
- 8.7 Test facilities
- 8.8 Recommendations
- 8.9 Conclusions

IX-9 PROPOSAL FOR SEISMIC QUALIFICATION BY TEST OF ELECTRIC EQUIPMENTS OF POWER MAINS

Henri Lemaire

- 9.1 Introduction
- 9.2 Withstanding tests
- 9.3 Test programme proposal
- 9.4 Conclusions

REFERENCES

X. ENGINEERING DECISION AND SEISMIC RISK

X-1 A PROBABILISTIC APPROACH TO EARTHQUAKE SAFEGUARDS

Didier Costes

- 1.1 Introduction
- 1.2 Deterministic approach
- 1.3 Probabilistic approach in general
- 1.4 Seismic hazard
- 1.5 Behaviour of civil structures — Fragility curves
- 1.6 Behaviour of supported equipment
- 1.7 Convolution between seismic hazard and fragility
- 1.8 Comments and conclusions

X-2 DECISION ANALYSIS OF THE SEISMIC RISK

Vidal Cohen

- 2.1 Introduction
- 2.2 Statistical decision theory
- 2.3 The use of the decision theory in the earthquake engineering
- 2.4 Conclusions

X-3 SOCIOLOGICAL APPROACH OF NATURAL DISASTERS

Bernadette de Vanssay

- 3.1 Introduction
- 3.2 Origins and history of sociological disaster research
- 3.3 Scope and goals of sociological disaster research
- 3.4 Conclusions

X-4 GOVERNMENT LIABILITY FOR NATURAL DISASTERS: LEGAL ASPECTS

Bernadette de Vanssay

- 4.1 Introduction
- 4.2 Comparative study of foreign legislations
- 4.3 French legislation
- 4.4 Conclusions

X-5 PLANIFICATION URBAINE ET RISQUE SISMIQUE

Patrick Le Merdy

- 5.1 Introduction (p. 1005)
- 5.2 La question urbaine (p. 1006)
- 5.3 Les incertitudes du développement urbain (p. 1006)
- 5.4 Le territoire naturel (p. 1006)
- 5.5 La tradition sécuritaire (p. 1007)
- 5.6 La réalité sismique (p. 1007)
- 5.7 Pour un usage des sols adaptés aux contraintes (p. 1007)
- 5.8 L'architecture des sites (p. 1008)
- 5.9 La nature planifiée (p. 1008)

X-6 LA CONSTRUCTION PARASISMIQUE ET LA CRÉATION ARCHITECTURALE

Claude Michel

- 6.1 Introduction (p. 1011)
- 6.2 Le programme architectural (p. 1012)
- 6.3 Le terrain (p. 1012)
- 6.4 Le projet (p. 1012)
- 6.5 Conclusions (p. 1018)

X-7 SIMULATION DE L'ACTION D'UN SÉISME A L'ÉCHELLE D'UNE VILLE ET DE LA RÉGION AVOISINANTE

Jean-Louis Durville, Jean-Louis Doury, Jean-Claude Bastet

- 7.1 Définition et objectifs d'une simulation (p. 1021)
- 7.2 Quelques expériences récentes de simulation (p. 1022)
- 7.3 Processus de la simulation (p. 1023)
- 7.4 Principales phases de l'étude (p. 1023)
- 7.5 Conclusions (p. 1032)

BIBLIOGRAPHIE

INDEX FRANÇAIS-ANGLAIS

INDEX ANGLAIS-FRANÇAIS

X-5 TOWN PLANNING AND SEISMIC RISK

Patrick Le Merdy

- 5.1 Introduction
- 5.2 The urban issue
- 5.3 The uncertainties of urban development
- 5.4 Natural land
- 5.5 The security tradition
- 5.6 Seismic reality
- 5.7 For a land-use adapted to constraints
- 5.8 Sites architecture
- 5.9 Planned nature

X-6 ASEISMIC BUILDING AND ARCHITECTURAL CREATIVITY

Claude Michel

- 6.1 Introduction
- 6.2 Architectural concept
- 6.3 Soil conditions
- 6.4 Design process
- 6.5 Conclusions

X-7 SIMULATION OF EARTHQUAKE EFFECTS AT A TOWN LEVEL AND ITS AREA

Jean-Louis Durville, Jean-Louis Doury, Jean-Claude Bastet

- 7.1 Definition and aim of a simulation
- 7.2 Some recent simulations
- 7.3 Simulation process
- 7.4 Main phases of a simulation
- 7.5 Conclusions

REFERENCES

FRENCH-ENGLISH INDEX

ENGLISH-FRENCH INDEX