

TABLE DES MATIÈRES

	REMERCIEMENTS.....	vii
	TABLE DES MATIÈRES.....	ix
CHAPITRE 1	INTRODUCTION.....	1
	1.1 Omniprésence des vibrations.....	1
	1.2 Contexte de l'ouvrage: l'identification des structures.....	1
	1.3 Objectifs poursuivis.....	3
	1.4 Architecture de l'ouvrage.....	4
CHAPITRE 2	ÉLASTODYNAMIQUE DES SYSTÈMES CONTINUS.....	5
	2.1 Formulation forte du comportement dynamique des systèmes continus.....	5
	2.1.1 Cinématique d'une particule d'un système continu.....	5
	2.1.2 Dynamique linéaire d'un système continu.....	9
	2.1.3 Formulation forte de l'élastodynamique.....	12
	2.1.4 Exemple: vibrations longitudinales des barres.....	13
	2.1.5 Exemple: vibrations transversales des poutres.....	15
	2.2 Formulation faible du comportement vibratoire des systèmes continus.....	19
	2.2.1 Forme faible de l'élastodynamique.....	19
	2.2.2 Exemple: vibrations longitudinales des barres.....	22
	2.2.3 Exemple: vibrations transversales des poutres.....	22
	2.3 Formulations faibles approchée et discrète du comportement dynamique des systèmes continus.....	24
	2.3.1 Forme faible approchée de l'élastodynamique.....	24
	2.3.2 Forme faible discrète de l'élastodynamique.....	26
	2.3.3 Exemple: vibrations longitudinales des barres.....	30
	2.3.4 Exemple: vibrations transversales des arbres.....	31
	2.4 Formulation variationnelle de l'élastodynamique.....	37
	2.4.1 Principe de Hamilton et équations de Lagrange.....	37
	2.4.2 Formes énergétiques.....	39
	2.4.3 Dérivation des équations semi-discrètes du mouvement.....	41
CHAPITRE 3	DISCRÉTISATION SPATIALE PAR LA MÉTHODE DES ÉLÉMENTS FINIS.....	43
	3.1 Concepts de base de la méthode des éléments finis.....	43
	3.1.1 Approche globale de la méthode.....	43

3.1.2	Approche locale de la méthode.....	47
3.1.3	Exemple: pulsations propres d'une barre encastrée.....	52
3.2	Descriptions géométrique et cinématique des éléments finis de base pour la modélisation des structures.....	55
3.2.1	Systématisation et notion d'élément père.....	55
3.2.2	Éléments finis solides.....	61
3.2.3	Éléments finis de coque (plaque).....	65
3.2.4	Éléments finis de poutre (arbre).....	71
3.2.5	Éléments finis de transition solide-coque et solide-poutre.....	78
3.2.6	Exemple: élément fini de barre.....	89
3.2.7	Exemple: élément fini bidimensionnel rectangulaire.....	91
3.2.8	Exemple: élément fini hermitien de poutre.....	93
3.3	Détermination des grandeurs structurelles élémentaires des systèmes discrets.....	97
3.3.1	Elaboration générale des grandeurs structurelles élémentaires.....	97
3.3.2	Systématisation et notion d'intégration numérique.....	101
3.3.3	Construction spécifique de la matrice de rigidité élémentaire.....	104
3.3.4	Elaboration d'autres formes de la matrice de masse élémentaire.....	112
3.3.5	Exemple: élément fini de barre.....	115
3.3.6	Exemple: élément fini hermitien de poutre.....	117
3.3.7	Exemple: pulsation propre fondamentale d'une plaque sur appuis simples.....	119

CHAPITRE 4	FRÉQUENCES ET MODES PROPRES DES STRUCTURES.....	133
4.1	Propriétés modales des systèmes conservatifs.....	133
4.1.1	Définition du problème aux valeurs propres généralisé.....	133
4.1.2	Orthogonalité des modes propres de vibration.....	137
4.1.3	Caractérisation variationnelle des fréquences propres.....	142
4.1.4	Exemple: analyse modale d'un barreau libre-libre.....	151
4.1.5	Exemple: analyse modale d'une poutre encastrée.....	155
4.2	Méthodes numériques d'extraction modale pour les systèmes conservatifs.....	162
4.2.1	Classification des méthodes.....	162
4.2.2	Méthode d'itération d'un sous-espace.....	164
4.2.3	Méthode de Lanczos.....	176
4.2.4	Méthode de réduction de Guyan-Irons.....	192
4.2.5	Choix d'une méthode d'extraction.....	210
4.2.6	Exemple: analyse modale d'un barreau libre-libre.....	213
4.2.7	Exemple: analyse modale d'une poutre sur appuis simples.....	220
4.3	Extension aux systèmes gyroscopiques et aux structures dissipatives.....	233
4.3.1	Fréquences et modes propres des systèmes conservatifs en rotation.....	233
4.3.2	Fréquences et modes propres des structures dissipatives.....	254

	4.3.3	Fréquences et modes propres des systèmes dissipatifs en rotation.....	278
	4.3.4	Exemple: pulsations propres d'un rotor de type	299
	4.3.5	Exemple: analyse modale d'une barre encastrée amortie	309
CHAPITRE 5	RÉPONSE TEMPORELLE DES STRUCTURES PAR SUPERPOSITION MODALE		319
	5.1	Régime forcé des systèmes conservatifs	319
	5.1.1	Principe de la méthode de superposition modale	319
	5.1.2	Troncature modale.....	330
	5.1.3	Exemple: réponse impulsionnelle d'un barreau encastré amorti.....	335
	5.1.4	Exemple: réponse temporelle d'une poutre à double encastrement.....	340
	5.2	Méthodes numériques d'intégration temporelle pour les systèmes conservatifs ou faiblement dissipatifs	344
	5.2.1	Classification des méthodes	344
	5.2.2	Schémas à un pas de Newmark.....	346
	5.2.3	Quelques schémas classiques à pas multiples.....	379
	5.2.4	Choix d'une méthode de résolution temporelle.....	393
	5.2.5	Exemple: réponse à un échelon de charge d'un barreau encastré	396
	5.3	Extension aux systèmes tournants et aux structures dissipatives à amortissement non proportionnel	405
	5.3.1	Réponse temporelle des systèmes conservatifs en rotation	405
	5.3.2	Réponse temporelle des structures dissipatives à amortissement non proportionnel.....	414
	5.3.3	Réponse temporelle des systèmes dissipatifs en rotation	419
CHAPITRE 6	EXEMPLES D'APPLICATION.....		427
	6.1	Réponse temporelle d'une plaque soumise à un échelon de force	427
	6.2	Vitesses critiques d'un groupe hydro-électrique	432
	6.3	Fréquences propres d'une ailette de turboréacteur.....	437
	6.4	Fréquences et modes propres d'un cadre de motocycle.....	441
ANNEXE A	FONCTIONS DE BASE DE QUELQUES ÉLÉMENTS FINIS ARCHÉTYPES		447
	A.1	Fonctions de base des éléments finis solides de classe C^0	447
	A.2	Fonctions de base des éléments finis de coque de classe C^0	453
	A.3	Fonctions de base des éléments finis de poutre (arbre).....	456
	A.4	Fonctions de base des éléments finis de transition de classe C^0 ...	458
ANNEXE B	FORMULES D'INTÉGRATION NUMÉRIQUE (MÉTHODE DE GAUSS).....		467
	B.1	Règles d'intégration numérique pour les éléments finis rectilignes (1D), quadrangulaires (2D) et hexaédriques (3D)	467

	B.2 Règles d'intégration numérique pour les éléments finis triangulaires (2D) et prismatiques (3D).....	469
	B.3 Règles d'intégration numérique pour les éléments finis tétraédriques (3D)	470
ANNEXE C	MATRICES D'ÉLASTICITÉ (LOI MATÉRIELLE DE HOOKE)	473
	C.1 Matrice d'élasticité des éléments finis solides	473
	C.2 Matrice d'élasticité des éléments finis de coque (type dégénéré)	474
	C.3 Matrice d'élasticité des éléments finis de poutre (type dégénéré)	474
	C.4 Matrice d'élasticité des éléments finis rectilignes de poutre.....	475
ANNEXE D	MÉTHODES NUMÉRIQUES CLASSIQUES D'EXTRACTION MODALE.....	477
	D.1 Méthodes d'itération sur les vecteurs propres	477
	D.2 Méthodes de transformation	489
	D.3 Méthodes basées sur le polynôme caractéristique ou ses propriétés annexes.....	506
ANNEXE E	FACTORISATION DE MATRICES RÉELLES SYMÉTRIQUES	521
	E.1 Factorisation de Gauss	521
	E.2 Factorisation de Cholesky	523
	E.3 Factorisation de Schmidt	524
	BIBLIOGRAPHIE.....	529
	LISTE DES SYMBOLES.....	549
	INDEX.....	559