

TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

GÉNIE MÉCANIQUE

Vibrations des structures

Georges VENIZELOS

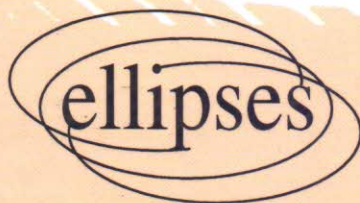


TABLE DES MATIERES

Page

Chapitre I. OSCILLATIONS A UN DEGRE DE LIBERTE	1
1. Mise en équation de l'oscillateur unique	1
1.1. Oscillateur en translation.....	1
1.2. Oscillateur en rotation.....	2
2. Oscillations libres.....	5
2.1. Système conservatif	5
2.2. Système dissipatif.....	6
Exercices	10
Chapitre II. VIBRATIONS FORCEES A 1 DDL	16
1. Excitation d'une structure	16
2. Réponse d'une structure conservative.....	18
2.1. Excitation constante	18
2.2. Réponse à une excitation harmonique simple.....	18
2.3. Excitation périodique	21
2.4. Excitation quelconque.....	22
3. Réponse d'une structure amortie.....	22
3.1. Excitation constante	23
3.2. Excitation harmonique simple	23
3.3. Excitation périodique	28
3.4. Excitation quelconque.....	29
Exercices	31
Chapitre III. MESURE DES VIBRATIONS	48
1. Schéma de principe	48
2. Sismographie.....	49
3. Accélérométrie	50
4. Etalonnage.....	50
Exercice.....	51
Chapitre IV. ANALYSE MODALE	54
1. Amortissement de type visqueux	54
1.1. La transformée de Laplace	54
1.2. Excitation impulsionnelle	56
1.3. La transformée de Fourier.....	57
1.4. Excitation harmonique	58
1.5. Etude et représentation de la réceptance $H(\omega)$	59
1.6. Représentation de la mobilité $M(\omega)$	64
1.7. Représentation de l'inertance $A(\omega)$	65
1.8. Représentation des fonctions de réponse en fréquence.....	66
2. Autres formes d'amortissement	67
2.1. Amortissement hystérétique.....	67
2.2. Force résistante proportionnelle au carré de la vitesse.....	72
Exercices	73

Chapitre V. VIBRATIONS A 2 DEGRES DE LIBERTE.....	78
1. Vibrations libres.....	79
1.1. Sans amortissement.....	79
1.2. Résolution du système (Σ).....	80
1.3. Coordonnées modales.....	82
1.4. Amortissement modal.....	83
1.5. Amortissement proportionnel.....	84
2. Réponse temporelle d'un système excité.....	85
Exercices.....	86
Chapitre VI. ANALYSE MODALE DE N DEGRES DE LIBERTE.....	99
1. Système libre et non amorti.....	99
1.1. Modèle modal.....	100
1.2. Propriété d'orthogonalité du modèle modal.....	100
1.3. Mouvement propre.....	102
2. Réponse dans le domaine fréquentiel d'une structure conservative.....	103
3. Réponse d'une structure avec amortissement visqueux proportionnel.....	106
4. Réponse fréquentielle d'une structure avec amortissement hystérétique proportionnel.....	107
Exercices.....	108
Chapitre VII. CAS GENERAL D'AMORTISSEMENT VISQUEUX.....	129
1. La FRF réceptance pour 1 degré de liberté.....	129
2. Système à N degrés de liberté.....	130
3. Etude du système homogène.....	131
4. Découplage du système par projection sur la base modale.....	133
5. Expression de la matrice des fonctions de réponse en fréquence $[\alpha]$	134
Exercices.....	136
Chapitre VIII. ABSORPTION DES VIBRATIONS.....	145
1. Absorbeur (passif) de vibrations.....	145
2. Amortisseurs de vibrations.....	146
3. Absorbeur actif de vibrations.....	151
Exercice.....	154
Chapitre IX. MODELISATIONS DES VIBRATIONS.....	156
1. Modélisation des vibrations longitudinales d'une barre.....	157
1.1. Discrétisation en élément fini (élément barre).....	157
1.1.1. Fonctions de forme des déplacements.....	157
1.1.2. Matrice de rigidité.....	158
1.1.3. Matrice de masse.....	159
1.1.4. Equations de mouvement.....	160
1.2. Modélisation de la barre en système continu.....	161
1.3. Vibrations longitudinales d'une barre encastrée-libre.....	162
1.3.1. Système continu.....	163
1.3.2. Modèles éléments finis.....	163
1.3.3. Système masses-ressorts.....	167
1.3.4. Comparaison des résultats.....	170

2. Vibrations transversales d'une poutre droite.....	172
2.1. Discrétisation en élément fini (élément poutre).....	172
2.1.1. Fonctions de forme des déplacements.....	172
2.1.2. Matrice de masse.....	173
2.1.3. Matrice de rigidité.....	174
2.2. Modélisation de la poutre en système continu.....	175
2.3. Vibrations transversales d'une poutre droite sur 2 appuis simples.....	177
2.3.1. Selon le modèle continu.....	177
2.3.2. Selon le modèle élément fini.....	179
3. Vibrations de torsion d'un arbre.....	181
3.1. Modélisation en système continu.....	181
3.2. Modèle élément fini.....	182
3.3. Vibrations de torsion d'un arbre encastré-libre.....	184
3.3.1. Modèle continu.....	184
3.3.2. Modèle élément fini.....	185
Exercices.....	186

Chapitre X. ANALYSE MODALE EXPERIMENTALE

1. Représentation schématique d'une chaîne de mesure.....	194
2. Analyse d'un signal expérimental périodique.....	195
2.1. Echantillonnage numérique.....	195
2.2. Transformée de Fourier discrète.....	196
2.3. Propriétés du spectre.....	196
2.4. Repliement du spectre.....	197
2.5. Fenêtrage.....	199
3. Analyse statistique d'un signal expérimental aléatoire.....	200
4. Extraction des paramètres modaux.....	202
4.1. A partir de la représentation de Bode.....	202
4.2. A partir du diagramme de Nyquist.....	204
Exercices.....	207

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	212
----------------------------------	-----

INDEX.....	213
------------	-----

TABLE D'EXERCICES

	<u>Page</u>
E1 : Système à 1 ddl avec amortissement critique	10
E2 : Recherche d'un mouvement apériodique critique.....	11
E3 : Extraction des caractéristiques dynamiques d'une structure, à partir de ses oscillations libres.....	13
E4 : Frottement de type sec (de Coulomb)	21
E5 : Transmittance	25
E6 : Fonction de perturbation	27
E7 : Réponse à une excitation périodique représentée par une série de Fourier	38
E8 : Mise en résonance d'une structure par une harmonique de l'excitation.....	42
E9 : Détermination des caractéristiques d'une structure excitée	43
E10 : Etude des vibrations d'un véhicule sur un pont présentant des ondulations.....	48
E11 : Diagramme de Bode de la réceptance	73
E12 : Module de la FRF réceptance	74
E13 : Diagramme de Nyquist de la FRF réceptance.....	75
E14 : Caractéristiques dynamiques d'une structures avec amortissement hystérétique....	76
E15 : Extraction de l'amortissement structural du diagramme de Nyquist	77
E16 : Oscillations libres et forcées d'un système à 2 ddl conservatif	86
E17 : Système amorti avec un seul mode excité.....	90
E18 : Système excité par la base.....	95
E19 : Modes propres d'un système à 2 degrés de liberté	108
E20 : Oscillations autour d'un mouvement d'ensemble.....	111
E21 : Matrice de réceptance d'une structure conservative	115
E22 : Corrélation calcul-essai	120
E23 : Matrice de réceptance d'une structure avec amortissement proportionnel	122
E24 : Cas d'une matrice de masse non diagonale.....	126
E25 : Caractéristiques modales des vibrations latérales d'un bâtiment.....	136
E26 : Modélisation de la ligne de transmission d'un véhicule	138
E27 : Modes propres d'un système à 3 ddl conservatif ou dissipatif	140
E28 : Evaluation d'un absorbeur actif optimisé	154
E29 : Modèle masse-ressorts des vibrations d'une poutre.....	186
E30 : Vibrations de torsion de l'arbre d'une hélice	188
E31 : Réponse de la suspension d'un véhicule à une impulsion unitaire	190
E32 : Modélisation de la suspension complète d'un véhicule	192
E33 : Identification modale	207
E34 : Réponse forcée d'une structure à 3 ddl	210