

TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

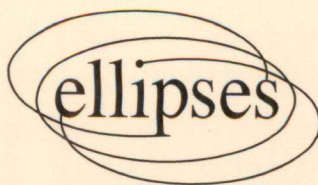
GÉNIE MÉCANIQUE

*nouvelle
édition*

Vibrations des structures

Mesure, analyse modale, modélisation

Georges VENIZELOS



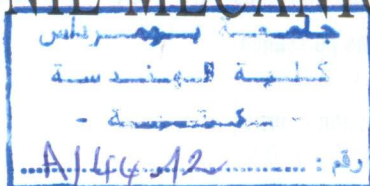


TECHNOSUP

Les FICHES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS



GÉNIE MÉCANIQUE



nouvelle
édition

Vibrations des structures

Mesure, analyse modale, modélisation

Georges VENIZELOS

Professeur au Conservatoire
National des Arts et Métiers

exp.

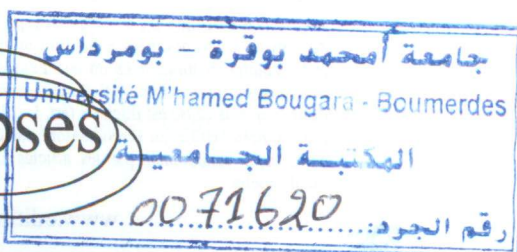
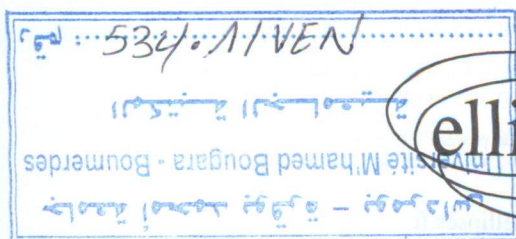


TABLE DES MATIERES

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.....	6
2.1. Système conservatif.....	6
2.2. Système dissipatif.....	7
Exercices.....	11
Chapitre II. VIBRATIONS FORCEES A 1 DDL.....	19
1. Excitation d'une structure.....	19
2. Réponse d'une structure conservative.....	21
2.1. Excitation constante.....	21
2.2. Réponse à une excitation harmonique simple.....	21
2.3. Excitation périodique.....	24
2.4. Excitation quelconque.....	25
3. Réponse d'une structure amortie.....	26
3.1. Excitation constante.....	26
3.2. Excitation harmonique simple.....	26
3.3. Excitation périodique.....	31
3.4. Excitation quelconque.....	32
Exercices.....	34
Chapitre III. MESURE DES VIBRATIONS.....	60
1. Schéma de principe.....	60
2. Sismographie.....	61
3. Accélérométrie.....	62
4. Etalonnage.....	62
Exercice.....	63
Chapitre IV. ANALYSE MODALE.....	66
1. Amortissement de type visqueux.....	66
1.1. La transformée de Laplace.....	66
1.2. Excitation impulsionnelle.....	68
1.3. La transformée de Fourier.....	69
1.4. Excitation harmonique.....	70
1.5. Etude et représentation de la réceptance $H(\omega)$	71
1.6. Représentation de la mobilité $M(\omega)$	76
1.7. Représentation de l'inertance $A(\omega)$	77
1.8. Représentation des fonctions de réponse en fréquence.....	78
2. Autres formes d'amortissement.....	79
2.1. Amortissement hystérétique.....	79
2.2. Force résistante proportionnelle au carré de la vitesse.....	84
Exercices.....	85

Chapitre V. VIBRATIONS A 2 DEGRES DE LIBERTE	90
1. Vibrations libres	91
1.1. Sans amortissement	91
1.2. Résolution du système (Σ)	92
1.3. Coordonnées modales	94
1.4. Amortissement modal	95
1.5. Amortissement proportionnel	96
2. Réponse temporelle d'un système excité	97
Exercices	98
Chapitre VI. ANALYSE MODALE DE N DEGRES DE LIBERTE	111
1. Système libre et non amorti	111
1.1. Modèle modal	112
1.2. Propriété d'orthogonalité du modèle modal	112
1.3. Mouvement propre	114
2. Réponse dans le domaine fréquentiel d'une structure conservative	115
3. Réponse d'une structure avec amortissement visqueux proportionnel	118
4. Réponse fréquentielle d'une structure avec amortissement hystérétique proportionnel	119
Exercices	120
Chapitre VII. CAS GENERAL D'AMORTISSEMENT VISQUEUX	141
1. La FRF réceptance pour 1 degré de liberté	141
2. Système à N degrés de liberté	142
3. Etude du système homogène	143
4. Découplage du système par projection sur la base modale	145
5. Expression de la matrice des fonctions de réponse en fréquence $[\alpha]$	146
Exercices	148
Chapitre VIII. ABSORPTION DES VIBRATIONS	157
1. Absorbeur (passif) de vibrations	157
2. Amortisseurs de vibrations	158
3. Absorbeur actif de vibrations	163
Exercice	166
Chapitre IX. MODELISATIONS DES VIBRATIONS	168
1. Modélisation des vibrations longitudinales d'une barre	169
1.1. Discrétisation en élément fini (élément barre)	169
1.1.1. Fonctions de forme des déplacements	169
1.1.2. Matrice de rigidité	170
1.1.3. Matrice de masse	171
1.1.4. Equations de mouvement	172
1.2. Modélisation de la barre en système continu	173
1.3. Vibrations longitudinales d'une barre encastrée-libre	174
1.3.1. Système continu	175
1.3.2. Modèles éléments finis	175
1.3.3. Système masses-ressorts	179
1.3.4. Comparaison des résultats	182

2. Vibrations transversales d'une poutre droite	184
2.1. Discrétisation en élément fini (élément poutre)	184
2.1.1. Fonctions de forme des déplacements	184
2.1.2. Matrice de masse	185
2.1.3. Matrice de rigidité	186
2.2. Modélisation de la poutre en système continu	187
2.3. Vibrations transversales d'une poutre droite sur 2 appuis simples	189
2.3.1. Selon le modèle continu	189
2.3.2. Selon le modèle élément fini	191
3. Vibrations de torsion d'un arbre	193
3.1. Modélisation en système continu	193
3.2. Modèle élément fini	194
3.3. Vibrations de torsion d'un arbre encastré-libre	196
3.3.1. Modèle continu	196
3.3.2. Modèle élément fini	197
Exercices	198
 Chapitre X. ANALYSE MODALE EXPERIMENTALE	210
1. Représentation schématique d'une chaîne de mesure	210
2. Analyse d'un signal expérimental périodique	211
2.1. Echantillonnage numérique	211
2.2. Transformée de Fourier discrète	212
2.3. Propriétés du spectre	212
2.4. Repliement du spectre	213
2.5. Fenêtrage	215
3. Analyse statistique d'un signal expérimental aléatoire	216
4. Extraction des paramètres modaux	218
4.1. A partir de la représentation de Bode	218
4.2. A partir du diagramme de Nyquist	220
Exercices	223
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	228
 INDEX	229

L'ouvrage : niveau B (IUP - Licence)

Issu d'un cours dispensé au CNAM par l'auteur, l'ouvrage apporte les connaissances indispensables pour :

- prévoir le comportement d'une structure,
- créer un modèle spatial par discrétisation,
- donner sa réponse temporelle,
- développer une analyse modale,
- traiter des applications industrielles.

De façon claire et précise, il analyse successivement les vibrations à un, deux, puis n degrés de liberté, libres et excitées, avec différents types d'amortissement. Il développe également la modélisation des vibrations des structures et l'analyse modale expérimentale.

Chaque chapitre est complété par de très nombreux exercices résolus.

L'auteur :

Georges VENIZELOS, Bachelor of science (Londres) et Ingénieur du CNAM (Paris), a intégré le corps professoral du Conservatoire National des Arts et Métiers après un bref passage dans l'industrie avec laquelle il conserve des liens étroits comme conseil en engineering.

Illustration de couverture : Dessin de Léonard de Vinci.