

Professeur à l'École
des Sciences de Lyon (I.N.S.A.)
Ancien Professeur ENSAM
Ingénieur Mécanicien (DPE)

Maître-Assistant
Laboratoire de Vibrations (I.N.S.A.L.)
Docteur ès-Sciences Physiques
Ingénieur Mécanicien (I.N.S.A.)

AS3-199
TM-192

LES VIBRATIONS MÉCANIQUES

A53.187 1.1
EX. 2



A.53-187 T.1 EX.2

TOME I

THÉORIES ET APPLICATIONS DE BASE
à l'usage des écoles d'ingénieurs
et de la maîtrise de mécanique

PRÉFACE DU RECTEUR J. CAPELLE

MASSON ET Cie, ÉDITEURS
120 Bd Saint-Germain, Paris 6^e
1972

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER. — <i>Les vibrations à un paramètre</i>	1
1.1. <i>Les vibrations sans amortissement</i>	1
1.1.1. Généralités. Rappels théoriques	1
1.1.2. Notion de ressort; les poutres « ressorts »; exemple	3
1.1.3. Isomorphisme	5
1.1.4. Tableau de constantes pour quelques ressorts	8
1.1.5. Trois exemples techniques	8
1.1.6. Petits mouvements en mécanique rationnelle : exemple technique	14
1.1.7. Vibrations avec force constante imposée	17
1.1.8. Vibration avec force sinusoïdale imposée, résonance; battement	20
1.1.9. Combinaisons de ressorts	23
1.1.10. Exercices	25
1.2. <i>Les vibrations avec amortissement</i>	27
1.2.1. Généralités sur l'amortissement	27
1.2.2. Rappel sur les équations différentielles	28
1.2.3. Etude du mouvement sinusoïdal amorti	29
1.2.4. Vibration avec force sinusoïdale imposée	30
1.2.5. Isomorphisme. Equation de Lagrange	34
1.2.6. Trois exemples techniques	37
1.2.7. Action d'un système vibrant sur la fondation	40
1.2.8. Détermination de l'amortissement par la règle dite $\sqrt{2}$	41
1.2.9. Exercices	42
1.3. <i>Analyse indicielle, percussionnelle, harmonique. Réponse à une entrée quelconque. Méthode delta</i>	44
1.3.1. Etude des fonctions d'entrée et de réponse	44
1.3.2. Stabilité de l'équation différentielle générale. Conditions de Routh	46
1.3.3. Réponse indicielle, percussionnelle, linéaire	47
1.3.4. Réponse à une entrée quelconque; exemple	49
1.3.5. Réponse harmonique	50
1.3.6. Méthode Delta	51
1.3.7. Exercices	53
CHAPITRE II. — <i>Les vibrations à plusieurs paramètres</i>	56
* 2.1. <i>Les systèmes différentiels linéaires. Les fonctions cinétique, potentielle, dissipation</i>	56
2.1.1. Les systèmes différentiels sans second membre	56
2.1.2. Les systèmes différentiels sans second membre $y \neq 0$	57
2.1.3. Les formes quadratiques	59

2.1.4.	La fonction cinétique	60
2.1.5.	La fonction potentielle	60
2.1.6.	La fonction dissipation	62
2.1.7.	Exemple de calcul des fonctions précédentes	64
2.1.8.	Exercices	67
2.2.	<i>Les équations de Lagrange. Emploi et application</i>	69
2.2.1.	Forme générale des équations de Lagrange	69
2.2.2.	Théorie des vibrations à deux paramètres	72
2.2.3.	Exemples de vibrations à deux paramètres	77
2.2.4.	Vibrations à 3 paramètres; symétrie; anti-symétrie	87
2.2.5.	Vibrations des fils pourvus de masses. Isomorphisme	90
2.2.6.	Réalité physique des directions propres	94
2.2.7.	Exercices	96
2.3.	<i>Les coefficients d'influence</i>	97
2.3.1.	Définitions	97
2.3.2.	La matrice d'influence	99
2.3.3.	Les intégrales de Mohr	100
2.3.4.	Exemple de calculs de coefficients d'influence	101
2.3.5.	Exercices	101
2.4.	<i>Les équations d'influence. Emploi et applications</i>	102
2.4.1.	Forme générale des équations d'influence	102
2.4.2.	Exemples d'emploi des coefficients d'influence	103
2.4.3.	La méthode d'itération, application numérique	106
2.4.4.	Exercices	107
2.5.	<i>Théories et applications diverses sur les vibrations à deux paramètres</i>	108
2.5.1.	Système à deux paramètres avec force sinusoïdale imposée	108
2.5.2.	Absorbeur de vibrations	109
2.5.3.	Vibrations avec déplacement imposé	110
2.5.4.	Vibrations à deux paramètres avec amortissement, sans forces extérieures	112
2.5.5.	Application technique à des volants et engrenages	114
2.5.6.	Exercices	116
CHAPITRE III. — Vibrations des structures continues		117
3.1.	<i>Généralités</i>	117
3.2.	<i>Vibrations à un paramètre, compte tenu de la masse du ressort</i>	117
3.2.1.	Règle du tiers	117
3.2.2.	Méthode de modification de masse	119
3.2.3.	Application à la poutre encastree libre en vibrations de flexion	119
3.2.4.	Application à la poutre sur deux appuis	121
3.2.5.	Application à un cadre	122
3.2.6.	Remarques	122
3.2.7.	Exercices	123

3.3. Formule de Rayleigh et méthode de Ritz	124
3.3.1. Formule de Rayleigh	124
3.3.2. Application à la poutre encastree-libre	126
3.3.3. Application à la poutre sur deux appuis	127
3.3.4. Notions sur la méthode de Ritz	128
3.3.5. Exercices	130
3.4. Théorie des masses concentrées	131
3.4.1. Principe de séparation	131
3.4.2. Exposé théorique	131
3.4.3. Application à la poutre encastree libre chargée ou non à son extré- mité. Vibrations de flexion	132
3.4.4. Application à la poutre sur deux appuis. Calcul des pulsations supérieures	137
3.4.5. Vibrations des fils fortement tendus	145
3.4.6. Vibration d'une tige supportant un volant; isomorphisme	147
3.4.7. Problème à caractère industriel	149
3.4.8. Structure sur appuis élastiques	152
3.4.9. Exercices	154
CHAPITRE IV. — <i>Applications techniques</i>	156
4.1. Généralités	156
4.2. Vibrations de torsion	156
4.2.1. Vibrations de volants	156
4.2.2. Cas particulier de 3 volants	161
4.2.3. Calcul par itération de la plus basse des pulsations; exemple numé- rique	163
4.2.4. Théorie de la méthode d'Holzer	165
4.2.5. Calcul numérique avec la méthode d'Holzer	166
4.2.6. Vibrations forcées des volants	168
4.2.7. Utilisation de la théorie des inerties concentrées	169
4.2.8. Vibrations de torsion d'un arbre encastree-libre	170
4.2.9. Vibrations de torsion d'un arbre à inertie variable	173
4.2.10. Exercices	176
4.3. Vitesse critique des arbres. Vibrations latérales	177
4.3.1. Arbre vertical sur deux paliers avec volant au milieu	177
4.3.2. Arbre horizontal. Vitesse critique de seconde espèce	178
4.3.3. Effet de disque. Cas d'un arbre avec volant en porte-à-faux	179
4.3.4. Méthodes de détermination des vitesses critiques	184
4.3.5. Exemples	190
4.3.6. Discussion	195
4.3.7. Exercices	196

4.4. Vibrations des véhicules	197
4.4.1. Généralités	197
4.4.2. Théorie et calcul des pulsations libres. Notions de foyers	197
4.4.3. Vibrations forcées	201
4.4.4. Application numérique	205
4.4.5. Exercices	208
Conclusions	209
Bibliographie	211
ANNEXE. — Intégrales de Mohr	213
Index alphabétique	217

LE