

1 Cinématique	9
1.1 Introduction	9
1.2 Description du mouvement	9
1.2.1 Construction d'un paramétrage	9
1.2.2 Calcul de l'énergie cinétique	11
1.3 Espace des vitesses virtuelles	12
1.3.1 Rappel sur le Principe des Puissances Virtuelles	12
1.3.2 Construction de \mathbf{V}	14
1.4 Formule de Lagrange	16
1.4.1 Le cas général	16
1.4.2 Exemples	17
1.4.3 Le cas des solides indéformables	18
1.5 Mouvements élémentaires	24
1.5.1 Cadre	24
1.5.2 Oscillateur amorti	24
1.5.3 Propagation d'ondes planes	26
2 Les systèmes conservatifs discrets	31
2.1 Introduction	31
2.2 Les problèmes conservatifs	32
2.2.1 Définition	32
2.2.2 Equations du mouvement	32
2.2.3 Intérêt	33
2.2.4 Exemples	34
2.3 Le problème en petites perturbations	37
2.3.1 Description du problème posé	37
2.3.2 Linéarisation	37
2.3.3 Exemple	39
2.4 Etude des modes propres	39
2.4.1 Position du problème	39
2.4.2 Définition et calcul	40
2.4.3 Exemples	41
2.5 Analyse vibratoire	42
2.5.1 Equations en notation complexe	42
2.5.2 Analyse en modes propres	43
2.5.3 Réponse vibratoire du cas général	46
2.5.4 Stabilité linéaire	47
2.5.5 Stabilisation et contrôle	48

3	Théorie des barres	53
3.1	Introduction	53
3.2	Description cinématique	54
3.3	Equations du mouvement	55
3.3.1	Choix des vitesses virtuelles et efforts d'accélération	55
3.3.2	Puissance des efforts intérieurs et extérieurs.	55
3.3.3	Equations d'équilibre	57
3.3.4	Hypothèse de comportement	58
3.4	Le problème aux limites	59
3.4.1	Formulation variationnelle	59
3.4.2	Formulation forte	60
3.5	Dynamique d'une barre en traction	61
3.5.1	Ecriture du problème	61
3.5.2	Propagation des perturbations	62
3.5.3	Action des conditions aux limites	64
3.5.4	Mécanisme final	65
3.6	Calcul des modes propres	65
3.6.1	La barre homogène en traction	65
3.6.2	Sensibilité aux conditions aux limites	68
3.6.3	Le cas général	69
3.7	Analyse modale	71
3.7.1	Version de base	71
3.7.2	Superposition modale. Version 2.	72
4	Théorie des poutres	77
4.1	Introduction	77
4.2	Description cinématique	78
4.3	Principe des Puissances Virtuelles	79
4.3.1	Choix des vitesses virtuelles	79
4.3.2	Puissance des efforts intérieurs	79
4.3.3	Puissance des efforts extérieurs	82
4.3.4	Puissance des efforts d'accélération	83
4.3.5	Equations d'équilibre	84
4.4	Poutres droites en petites transformations	85
4.4.1	Introduction	85
4.4.2	Petites déformations de poutres droites	86
4.4.3	Hypothèses de comportement	87
4.5	Equations du mouvement	88
4.5.1	Formulation variationnelle	88
4.5.2	Formulation forte	90
4.5.3	Conditions aux limites	92
4.5.4	La poutre console	93
4.6	Calcul des modes propres	94
4.6.1	Poutre console en flexion plane	94
4.6.2	Sensibilité aux conditions aux limites	96
4.6.3	Le cas général	98

5	Dynamique des solides hyperélastiques	101
5.1	Introduction	101
5.2	Le problème élastique général	103
5.2.1	Modélisation géométrique	103
5.2.2	Description des efforts	105
5.2.3	Equations d'équilibre sur Ω	106
5.2.4	Elasticité	107
5.2.5	Exemples de densité d'énergie	108
5.2.6	Poutre élastique en déformation modérée	108
5.3	Extension aux structures minces	110
5.3.1	Cinématique des coques	110
5.3.2	Mesure des déformations	111
5.3.3	Puissance des efforts intérieurs	111
5.3.4	Equations du mouvement	112
5.3.5	Lois de comportement	112
5.4	Le problème en petites perturbations	113
5.4.1	Equations du mouvement sur Ω_0	113
5.4.2	Linéarisation	115
5.4.3	Interprétation physique	116
5.5	Formulation variationnelle	118
5.5.1	Description et équations	118
5.5.2	Raideur géométrique	119
5.5.3	Le cas des poutres non linéaires	120
5.6	Propagation en milieu tridimensionnel	121
5.6.1	Les ondes planes	121
5.6.2	Réflexions sur les interfaces	122
5.6.3	Propagation tridimensionnelle	125
5.7	Analyse modale et vibratoire	127
5.7.1	Calcul des modes propres	127
5.7.2	Calcul de la charge de flambement	128
5.7.3	Analyse vibratoire	128
6	Rayonnement acoustique	131
6.1	Définition du problème	131
6.2	Les équations de l'acoustique linéaire	132
6.2.1	Introduction	132
6.2.2	Equations de bilan	132
6.2.3	Thermodynamique	133
6.2.4	Hypothèses de comportement	134
6.2.5	Les équations acoustiques	135
6.3	Solutions particulières	136
6.3.1	Propagation unidimensionnelle	136
6.3.2	Les ondes radiatives	137
6.4	Etude des interfaces	138
6.4.1	Interface fluide-structure	138
6.4.2	Condition de rayonnement de Sommerfeld	139

6.5	Puissance acoustique	141
6.5.1	Flux d'intensité acoustique	141
6.5.2	Puissance rayonnée	141
6.5.3	Exemple : la sphère en translation périodique	142
7	Interaction fluide-structure	145
7.1	Introduction	145
7.2	Exemple introductif	146
7.2.1	Problème modèle et équations	146
7.2.2	Etude de l'interaction fluide-structure	147
7.2.3	Amortissement par rayonnement acoustique	150
7.3	Ecriture du problème général	150
7.3.1	Description du problème et équations	150
7.3.2	Analyse spectrale	152
7.3.3	Elimination de la pression	153
7.4	Analyse mécanique du couplage et exemples	154
7.4.1	Interprétation mécanique	154
7.4.2	Calcul de la dissipation	157
7.4.3	Exemple de la sphère pulsante	158
7.4.4	Couplage par masse ajoutée	158
7.4.5	Calcul numérique des termes de couplage	162
8	Conclusion	165
A	Rappels de théorie spectrale	169
B	Problèmes de vibration	173
C	Problèmes de poutres	187
D	Exercice de rayonnement acoustique	201
E	Problèmes de résonance	205