

Nguyen Quoc Son

Stabilité des structures
élastiques



Springer-Verlag

Paris Berlin Heidelberg New York

Londres Tokyo Hong Kong

Barcelone Budapest

Table des matières

Préface de Paul Germain	V
Avant-Propos	VII
Chapitre 1. Stabilité d'un équilibre	1
1.1 Equation de mouvement	1
1.2 Equilibre et stabilité	2
1.3 Etude de la stabilité de l'équilibre	3
1.3.1 Méthode directe de Liapounov	4
1.3.2 Méthode de linéarisation	4
1.4 Systèmes conservatifs	12
1.4.1 Quelques définitions	12
1.4.2 Conséquence de la méthode de linéarisation	13
1.4.3 Conséquence de la méthode directe	14
1.5 Illustrations	15
1.5.1 Système barres - ressorts sous chargement conservatif	15
1.5.2 Stabilité d'un système de ballons	16
Chapitre 2. Quelques rappels mathématiques	19
2.1 Calcul des variations	19
2.1.1 Dérivée directionnelle et dérivée	19
2.1.2 Extremum d'une fonctionnelle	20
2.1.3 Extremum d'une fonctionnelle intégrale	20
2.1.4 Généralisations diverses	22
2.2 Exemples d'illustration	23
2.2.1 Equilibre d'une tige flexible et inextensible	24
2.2.2 Equilibre d'une bulle de savon	25
2.3 Problème aux vecteurs propres généralisé	29
2.4 Rappels sur les systèmes linéaires	31
Chapitre 3. Point de bifurcation - Point limite	33
3.1 Equilibres d'un système conservatif	33
3.1.1 Courbes d'équilibres	33
3.1.2 Exemple	34

3.2	Point de bifurcation - Point limite	35
3.2.1	Point de bifurcation	35
3.2.2	Problème en vitesses	36
3.3	Courbe d'équilibres au voisinage d'un point régulier	38
3.4	Courbe d'équilibres au voisinage d'un point limite	39
3.4.1	Expression locale	39
3.4.2	Echange de stabilité	39
3.5	Remarques	41
Chapitre 4. Analyse de bifurcation		43
4.1	Un exemple simple	43
4.1.1	Diagramme de bifurcation	43
4.1.2	Courbe effort - déplacement	45
4.1.3	Stabilité	45
4.2	Analyse de bifurcation	47
4.2.1	Cadre d'étude	47
4.2.2	Analyse de bifurcation	48
4.2.3	Echange de stabilité	50
4.3	Exemples d'illustration	51
4.3.1	Flambage d'un système barres - ressorts	51
4.3.2	Flambage d'une tige flexible et inextensible	52
4.3.3	Anneau inextensible sous pression externe	56
Chapitre 5. Flambage élastique des structures usuelles		59
5.1	Solides en petite déformation - grande rotation	59
5.1.1	Cadre d'étude	59
5.1.2	Analyse de bifurcation	60
5.2	Etude des poutres	61
5.2.1	Poutre droite sous compression axiale	61
5.2.2	Poutre droite sous contrôle déplacement	64
5.2.3	Flambage des rails de chemin de fer sous contraintes thermiques	65
5.3	Plaques et coques	68
5.3.1	Généralités	68
5.3.2	Compression d'une éprouvette cruciforme	69
Chapitre 6. Influence des imperfections		73
6.1	Retour à l'exemple simple	73
6.2	Cas général	74
6.2.1	Cadre d'étude	74
6.2.2	Courbe d'équilibres avec imperfection	76
6.2.3	Remarques générales	79
Chapitre 7. Bifurcation en mode multiple		81
7.1	Un exemple de bifurcation en mode multiple	81
7.2	Remarques générales	85

Chapitre 8. Stabilité sous liaisons parfaites	89
8.1 Liaisons parfaites	89
8.1.1 Un exemple simple	89
8.1.2 Liaisons parfaites bilatérales	91
8.1.3 Liaisons parfaites unilatérales	92
8.1.4 Équilibre d'un système conservatif sous liaisons parfaites	93
8.2 Stabilité sous liaisons parfaites	94
8.2.1 Théorème de Lejeune-Dirichlet généralisé	94
8.2.2 Critère de seconde variation du Lagrangien	94
8.2.3 Exemples	95
8.3 Flambage d'un solide en contact unilatéral	102
8.3.1 Exemples	102
8.3.2 Solide élastique avec contact unilatéral sans frottement	104
Chapitre 9. Bifurcation statique et bifurcation dynamique	107
9.1 Retour à l'évolution dynamique	107
9.2 Courbe d'équilibres : point régulier - point critique	108
9.3 Point critique statique	110
9.3.1 Point limite - point de bifurcation	110
9.3.2 Bifurcation statique	111
9.3.3 Echange de stabilité	113
9.4 Bifurcation dynamique	114
9.4.1 Bifurcation de Hopf	114
9.4.2 Préliminaires	114
9.4.3 Démonstration du théorème de Hopf	116
9.4.4 Echange de stabilité	119
9.5 Exemples	119
9.5.1 Exemple élémentaire	119
9.5.2 Oscillateur de van der Pol	120
9.5.3 Charge suiveuse	122
9.5.4 Frottement sec et mouvements auto-entretenus	123
Chapitre 10. Quelques aspects numériques	125
10.1 Analyse de flambage des structures	125
10.1.1 Rappels	125
10.1.2 Problème à résoudre	126
10.2 Méthodes numériques	127
10.2.1 Méthodes numériques	127
10.2.2 Exemples	129
10.3 Flambage des structures de révolution	131
10.3.1 Développement en série de Fourier	131
10.3.2 Quelques illustrations numériques	133
10.4 Calcul de la réponse statique nonlinéaire	136
10.4.1 Méthodes incrémentales	136
10.4.2 Méthodes basées sur les développements asymptotiques	138

Bibliographie**141****Index****147**