

Table des matières

Préface	7
1 Mécanique	11
1.1 Résolution des problèmes	11
1.1.1 Chute libre avec frottements	11
1.1.2 Satellite soumis à l'attraction d'un astre	14
1.1.3 Animation d'un satellite autour de la terre	15
1.1.4 Satellite soumis à l'attraction de deux astres	16
1.1.5 Particule dans un champ électrique et magnétique	17
1.1.6 Bifurcation d'un système mécanique	20
1.2 Oscillateur harmonique	24
1.2.1 Oscillateur harmonique libre non amorti	24
1.2.2 Oscillateur harmonique libre amorti	25
1.2.3 Portrait de phase	27
1.2.4 Oscillateur amorti en régime forcé	29
1.2.5 Oscillations libres de deux oscillateurs couplés	30
1.2.6 Oscillations forcées de deux oscillateurs couplés	32
1.3 Exercices	33
2 Électricité et électronique	39
2.1 Ensemble de charges électriques	39
2.2 Dipôle électrique	41
2.3 Charge et décharge d'un condensateur	43
2.4 Régime transitoire d'un circuit RLC série	45
2.5 Diagrammes de Bode	47
2.5.1 Résonance en tension d'un circuit RLC série	47
2.5.2 Filtre de Wien	50
2.5.3 Filtre actif de Sallen et Kay	52
2.6 Comparateur simple	54
2.7 Comparateur à hystérésis	56
2.8 Oscillateurs	59
2.8.1 Oscillateur à résistance négative	59
2.8.2 Multivibrateur astable	61
2.9 Exercices	63

3	Optique	69
3.1	Optique géométrique	69
3.1.1	Image donnée par un microscope	69
3.1.2	Lentille et miroir	71
3.2	Interférences de deux sources ponctuelles	72
3.3	Diffraction par une fente fine	74
3.4	Interférences de deux fentes parallèles	76
3.5	Diffraction par une ouverture rectangulaire	77
3.6	Diffraction par une ouverture circulaire	78
3.7	Réseau	80
3.8	Exercices	81
4	Animation et ondes	83
4.1	Animation graphique	83
4.2	Ondes à une dimension	86
4.3	Ondes stationnaires	87
4.4	Ondes à deux dimensions	89
4.4.1	Ondes stationnaires dans un rectangle	89
4.4.2	Ondes stationnaires dans un cercle	90
4.5	Exercices	92
5	Mécanique des fluides	93
5.1	Analyse vectorielle	93
5.2	Étude d'un écoulement plan	94
5.3	Écoulement laminaire d'un fluide autour d'une sphère	98
5.4	Description lagrangienne et description eulérienne	99
5.5	Exercices	101
6	Analyse de Fourier et filtres	105
6.1	Séries de Fourier	105
6.1.1	Application 1: décomposition de $\sin(t)^5$	106
6.1.2	Application 2: signal carré	108
6.2	Transformée de Fourier	110
6.3	Onde localisée. Paquet d'ondes	113
6.3.1	Paquet d'ondes gaussien	113
6.3.2	Spectre rectangle	115
6.4	Algorithme FFT	116
6.5	Dispersion et absorption	119
6.6	Filtres	122
6.6.1	Coefficients de Fourier complexes	122
6.6.2	Filtre linéaire	123
6.6.3	Filtre passe-bas sur un signal carré	124
6.6.4	Filtre passe-haut	126
6.7	Filtre passe-bande de Rausch	128

6.8	Exercices	130
7	Chimie	135
7.1	Orbitales de l'atome d'hydrogène	135
7.2	pH d'une solution d'ions ammonium	140
7.3	Dosage acide fort-base forte	140
7.4	Cinétique : principe de Bodenstein	141
7.5	Diagramme potentiel-pH du fer	143
7.6	Exercices	145
8	Physique non linéaire	149
8.1	Physique linéaire	149
8.2	Physique non linéaire	150
8.3	Espace de phase et équations différentielles	151
8.4	Points critiques	152
8.5	Oscillateur de Van Der Pol	153
8.6	Oscillateur anharmonique	154
8.7	Bifurcation foyer-col	158
8.8	Réaction autocatalytique	162
8.8.1	Réacteur fermé	162
8.8.2	Réacteur ouvert	163
8.8.3	Bistabilité	164
8.9	Réalisation d'un Van Der Pol	165
8.10	Exercices	168
9	Fractales	171
9.1	Ensemble de Cantor	172
9.1.1	L'ensemble de Cantor comme attracteur	172
9.1.2	L'ensemble de Cantor par le jeu du chaos	173
9.1.3	Construction directe de l'ensemble de Cantor	174
9.2	Courbe de Koch	174
9.3	Courbe de Péano	179
9.4	Tamis de Sierpinski	180
9.5	Arbres de Pythagore	184
9.6	Distribution gaussienne	187
9.7	Mouvement brownien ; profil d'une montagne	188
9.8	Ensemble de Julia	189
9.9	Ensemble de Mandelbrot	191
9.10	Les automates	192
9.10.1	Règle de parité	192
9.10.2	Jeu originel	194
9.10.3	Règle un sur huit	196
9.11	Exercices	197

10 Le chaos	203
10.1 Le chaos physique	203
10.2 Le chaos par cascade sous-harmonique	204
10.2.1 Application logistique	204
10.2.2 L'attracteur de Hénon	207
10.2.3 L'attracteur de Rössler	208
10.2.4 L'attracteur de Lorenz	210
10.3 Pendule paramétrique	212
10.3.1 Équation du pendule	212
10.3.2 Mouvement oscillant et régime transitoire	212
10.3.3 Décrochage du pendule	213
10.4 Oscillateur anharmonique	216
10.5 La synchronisation	220
10.5.1 Présentation	220
10.5.2 Application du cercle	221
10.6 Exercices	225
11 Maple	229
11.1 Séquence, ensemble et liste	230
11.2 Fonction	231
11.3 Équations différentielles	232
11.4 Programmation	233
11.5 Tracé des courbes	233
11.6 Principales commandes de Maple	235