

# Table des matières

Préface	7
<b>1 Mécanique</b>	<b>11</b>
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
<b>2 Électricité et électronique</b>	<b>39</b>
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

<b>3</b>	<b>Optique</b>	<b>69</b>
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
<b>4</b>	<b>Animation et ondes</b>	<b>83</b>
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
<b>5</b>	<b>Mécanique des fluides</b>	<b>93</b>
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
<b>6</b>	<b>Analyse de Fourier et filtres</b>	<b>105</b>
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
<b>7</b>	<b>Chimie</b>	<b>135</b>
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
<b>8</b>	<b>Physique non linéaire</b>	<b>149</b>
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
<b>9</b>	<b>Fractales</b>	<b>171</b>
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

<b>10 Le chaos</b>	<b>203</b>
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
<b>11 Maple</b>	<b>229</b>
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