

# Table des matières

Avant-propos	5
<b>1 Physique et mécanique, analyse dimensionnelle et ordres de grandeur</b>	<b>13</b>
1.1 Introduction	15
1.1.1 Physique et démarche scientifique	15
1.1.2 Les mécaniques	15
1.2 Un aperçu de physique fondamentale	16
1.3 Analyse dimensionnelle, ordres de grandeur	20
1.3.1 Unités, dimensions et présentation des résultats	20
1.3.2 Angle : dimension et unités	25
1.3.3 Exercice de cours C1.3 – Forces, énergies, actions	26
1.3.4 Exercice de cours C1.4 – Atomes et noyaux	27
1.3.5 Exercice de cours C1.5 – Planètes et étoiles	34
1.3.6 Exercice de cours C1.6 – Galaxies et Univers	38
1.4 Conclusion / À retenir	42
<b>2 Cinématique</b>	<b>43</b>
2.1 Introduction	45
2.2 Cinématique à une dimension	47
2.2.1 Position et vitesses	47
2.2.2 Accélérations	50
2.2.3 Exercices de cours – Équations horaires	51
2.2.4 Oscillateur harmonique	55
2.2.5 Abscisse curviligne et vecteur déplacement différentiel élémentaire	56
2.3 Cinématique 2d et 3d	57
2.3.1 Opérations sur les vecteurs	57
2.3.2 Vitesses et accélérations	59
2.3.3 Balistique sans frottements	62
2.3.4 Notion de vitesse relative	67
2.3.5 Mouvement circulaire	68
2.3.6 Système de coordonnées polaires	70
2.3.7 Base de Frenet	77
2.3.8 Système de coordonnées cylindriques (3d)	79
2.3.9 Système de coordonnées sphériques (3d)	81
2.4 Principe de Fermat et lois de Descartes	84
2.5 Exercices	89

2.5.1	Cinématique 1d . . . . .	89
2.5.2	Cinématique 2d et 3d . . . . .	92
<b>3</b>	<b>Dynamique - Forces et lois de Newton</b>	<b>97</b>
3.1	Forces . . . . .	99
3.1.1	Interactions fondamentales et forces à distance . . . . .	100
3.1.2	Forces de contact normales . . . . .	106
3.1.3	Forces de contact tangentielles . . . . .	107
3.2	Lois de Newton . . . . .	110
3.2.1	Les lois de Newton . . . . .	110
3.2.2	Référentiels . . . . .	113
3.2.3	Applications des lois de Newton – Exercices de cours . . . . .	115
3.3	Exercices . . . . .	130
3.3.1	Bilan des forces, PFDC avec forces constantes . . . . .	130
3.3.2	Forces variables et équations différentielles . . . . .	133
<b>4</b>	<b>Énergie et loi de conservation 1</b>	<b>137</b>
4.1	Introduction . . . . .	139
4.2	Travail et énergie cinétique . . . . .	140
4.2.1	Travail . . . . .	140
4.2.2	Énergie cinétique et théorème de l'énergie cinétique . . . . .	144
4.3	Énergie potentielle, forces conservatives et conservation de l'énergie	145
4.3.1	Définition de l'énergie potentielle . . . . .	145
4.3.2	Exemples d'énergies potentielles . . . . .	147
4.3.3	Forces conservatives . . . . .	151
4.3.4	Conservation de l'énergie mécanique . . . . .	153
4.3.5	Critères d'équilibre et de stabilité . . . . .	155
4.4	Forces non-conservatives . . . . .	157
4.5	Équation de la dynamique . . . . .	159
4.6	Formulations de la physique moderne . . . . .	160
4.7	Exercices . . . . .	162
<b>5</b>	<b>Oscillateurs et mouvements périodiques</b>	<b>169</b>
5.1	Introduction et mesure du temps . . . . .	171
5.2	Oscillateur harmonique simple : régime libre . . . . .	174
5.3	Oscillateur harmonique amorti . . . . .	180
5.4	Oscillateur harmonique forcé : résonance . . . . .	188
5.5	Exercices . . . . .	201
<b>6</b>	<b>Impulsion et loi de conservation 2</b>	<b>207</b>
6.1	Introduction . . . . .	209
6.2	Chocs . . . . .	211
6.3	Conservation de l'impulsion . . . . .	214
6.4	Centre de masse . . . . .	216
6.4.1	Définition du centre de masse . . . . .	216
6.4.2	Référentiel du centre de masse . . . . .	218
6.5	Collisions . . . . .	219
6.5.1	Collisions inélastiques : $Q = -\Delta T$ . . . . .	219

6.5.2	Collisions élastiques . . . . .	220
6.6	Exercices . . . . .	230
<b>7</b>	<b>Rotation, moment cinétique et loi de conservation 3</b>	<b>235</b>
7.1	Introduction . . . . .	237
7.2	Moment d'une force . . . . .	238
7.2.1	Intuition et définition . . . . .	238
7.2.2	Propriétés du moment d'une force . . . . .	240
7.2.3	C7.1 – Couple de forces et équilibre . . . . .	241
7.3	Moment cinétique . . . . .	242
7.3.1	Définition . . . . .	242
7.3.2	Théorème du moment cinétique . . . . .	242
7.3.3	Conservation du moment cinétique . . . . .	243
7.3.4	Liens translation $\longleftrightarrow$ rotation, moment d'inertie . . . . .	243
7.3.5	C7.2 – Rotation du patineur . . . . .	244
7.4	Applications . . . . .	245
7.4.1	Loi des aires ( $2^{nde}$ loi de Kepler) . . . . .	245
7.4.2	Mouvement sur une ellipse . . . . .	247
7.5	Formulations mathématiques des rotations . . . . .	247
7.6	Exercices . . . . .	250
<b>8</b>	<b>Gravitation</b>	<b>255</b>
8.1	Introduction . . . . .	257
8.1.1	Définition . . . . .	257
8.1.2	Complications . . . . .	257
8.2	Énergie potentielle et applications . . . . .	259
8.2.1	Énergie potentielle gravitationnelle . . . . .	259
8.2.2	Potentiel gravitationnel et champ gravitationnel . . . . .	260
8.2.3	Vitesse de libération, états libres et états liés . . . . .	261
8.2.4	Expansion de l'Univers . . . . .	264
8.2.5	Trous noirs . . . . .	266
8.3	Mouvements avec une force en $1/r^2$ . . . . .	266
8.3.1	C8.3 – Satellite en mouvement circulaire . . . . .	266
8.3.2	Conservation de l'énergie et du moment cinétique . . . . .	268
8.3.3	Étude de l'énergie potentielle effective $U^{eff}$ . . . . .	270
8.3.4	Mise en orbite d'un satellite . . . . .	276
8.3.5	Dépendance temporelle et troisième loi de Kepler . . . . .	283
8.3.6	Équation polaire de la trajectoire . . . . .	285
8.4	Exercices . . . . .	287
<b>9</b>	<b>Forces d'inertie et changement de référentiel</b>	<b>293</b>
9.1	Introduction . . . . .	295
9.2	Cinématique . . . . .	296
9.2.1	Positions et notations . . . . .	296
9.2.2	Vitesses . . . . .	297
9.2.3	Accélérations . . . . .	299
9.3	Dynamique . . . . .	301
9.3.1	Translation rectiligne non uniforme . . . . .	301

9.3.2	Cas général . . . . .	303
9.4	Applications liées à la rotation de la Terre . . . . .	309
9.4.1	C9.3 – g et la rotation de la Terre . . . . .	309
9.4.2	C9.4 – Force de Coriolis et rotation de la Terre . . . . .	314
9.5	Exercices . . . . .	320
<b>ANNEXES</b>		<b>323</b>
<b>A</b>	<b>Formulaire mathématique</b>	<b>323</b>
A.1	Fonctions usuelles . . . . .	323
A.1.1	Puissances, racines et équation du second degré . . . . .	323
A.1.2	Exponentielle et logarithme népérien . . . . .	323
A.1.3	Fonctions trigonométriques . . . . .	324
A.2	Nombres complexes . . . . .	326
A.3	Dérivées, différentielles et intégrales . . . . .	327
A.3.1	Dérivées et différentielles . . . . .	327
A.3.2	Intégrales . . . . .	328
A.4	Vecteurs . . . . .	330
A.5	Développements limités . . . . .	331
A.6	Différentielles, opérateurs différentiels . . . . .	332
A.6.1	Différentielles des fonctions à plusieurs variables . . . . .	332
A.6.2	Opérateurs différentiels . . . . .	333
<b>B</b>	<b>Équations différentielles</b>	<b>337</b>
B.1	Définitions . . . . .	337
B.2	Équations différentielles du premier ordre . . . . .	338
B.2.1	Méthode générale . . . . .	338
B.2.2	Exemples . . . . .	340
B.2.3	Méthode des variables séparables . . . . .	341
B.3	Équations différentielles du second ordre . . . . .	343
B.3.1	Solution homogène . . . . .	343
B.3.2	Solution particulière . . . . .	348
B.3.3	Équations différentielles couplées . . . . .	348
<b>C</b>	<b>Comment savoir si une force est conservative? Rotationnel, potentiel et circulations</b>	<b>349</b>
<b>D</b>	<b>Diagramme d'espace-temps : effet Doppler</b>	<b>355</b>
<b>E</b>	<b>Coniques</b>	<b>361</b>
<b>F</b>	<b>Gravitation pour une sphère homogène</b>	<b>367</b>
	<b>Index</b>	<b>375</b>
	<b>Table des matières</b>	<b>379</b>