

Table des matières

1	Introduction : la Mécanique... c'est quoi ?	11
2	Cinématique du point matériel	13
2.1	Système mécanique et point matériel	13
2.2	Schématisation du temps et de l'espace	15
2.2.1	Le temps. Horloge et date d'un instant. Durée	15
2.2.2	L'espace. Repère et coordonnées d'un point	15
2.2.3	Référentiel	15
2.3	Position et vecteur position	16
2.3.1	Définitions	16
2.3.2	Loi de composition des vecteurs positions	16
2.4	Degrés de liberté et configuration d'un système	16
2.5	Systèmes de repérage usuels	17
2.6	Repérage cartésien	18
2.6.1	Définition	18
2.6.2	Exercice : déplacement et volume élémentaires cartésiens	18
2.6.3	Opérateurs usuels dans le repérage cartésien	20
2.7	Repérage cylindrique	21
2.7.1	Définition	21
2.7.2	Exercice : déplacement et volume élémentaires cylindriques	22
2.7.3	Opérateurs usuels dans le repérage cylindrique	24
2.8	Repérage sphérique	26
2.8.1	Définition	26
2.8.2	Exercice : déplacement et volume élémentaires sphériques	27
2.8.3	Opérateurs usuels dans le repérage sphérique	31
2.9	Vitesse par rapport à un repère	33
2.9.1	Définition	33
2.9.2	Loi de composition des vitesses	33
2.10	Accélération par rapport à un repère	34
2.10.1	Définition	34

2.10.2	Loi de composition des accélérations	34
2.11	Règles d'invariance	36
2.11.1	Cas du vecteur position	37
2.11.2	Cas du vecteur vitesse	37
2.11.3	Cas du vecteur accélération	38
2.12	Exercice : repères usuels du Système Solaire	39
2.12.1	Définition des différents repères usuels	39
2.12.2	Composition entre les repères de Ptolémée et du La- boratoire	47
2.12.3	Composition entre les repères de Kepler et de Ptolémée	54
2.13	Exercice : vitesse et accélération cartésiennes	60
2.14	Exercice : vitesse et accélération cylindriques	61
2.15	Exercice : vitesse et accélération sphériques	63
3	Dynamique du point matériel (A)	69
3.1	Notion d'action mécanique	69
3.2	Action mécanique sur un point matériel	70
3.3	Vocabulaire	73
3.3.1	Actions à distance et actions de contact	73
3.3.2	Actions extérieures et intérieures	73
3.4	Puissance, travail et potentiel	74
3.5	Actions : connues ou inconnues?	75
3.5.1	Lois complémentaires	75
3.5.2	Action parfaite	75
3.6	Exemples d'action à distance	76
3.6.1	Champ de forces centrales. Champ newtonien	76
3.6.2	Champ de gravitation	77
3.6.3	Champ de gravitation terrestre	78
3.6.4	Champ électrostatique	79
3.6.5	Champ électromagnétique	80
3.7	Exemples d'action de contact	80
3.7.1	Force de frottement entre systèmes indéformables	81
3.7.2	Action d'un fluide visqueux	83
3.7.3	Action d'un fil inextensible	83
3.7.4	Action d'un ressort de traction	83
3.8	Exercice : force exercée par la Terre	84
3.8.1	Force exercée par la Terre sur un point matériel	85
3.8.2	Champ de gravité au centre de la Terre	89
3.9	Exercice : force exercée par un astre	90
3.9.1	Force exercée par un astre sur un point matériel	91
3.9.2	Force exercée par l'Univers sur un point matériel	95

4	Dynamique du point matériel (B)	99
4.1	Repères galiléens	99
4.2	Repères galiléens approchés	101
4.3	Éléments cinétiques et dynamiques	103
4.4	Principe Fondamental et conséquences	106
4.5	Notions sur les équilibres	108
4.5.1	Hypothèses	108
4.5.2	Positions d'équilibre et stabilité	109
4.6	Exercice : le champ de Pesanteur	110
4.7	Exercice : chute d'une masse ponctuelle	113
4.7.1	Cas où le repère du Laboratoire est considéré galiléen	115
4.7.2	Cas où le repère de Ptolémée est considéré galiléen .	117
4.8	Exercice : explication du phénomène des marées	121
4.9	Exercice : pendule de Foucault	125
4.9.1	Cas où le repère du Laboratoire est considéré galiléen	129
4.9.2	Cas où le repère de Ptolémée est considéré galiléen .	130
5	Travaux dirigés (Enoncés)	133
5.1	Feuille de Travaux Dirigés 1	134
5.1.1	Exercice 1 - Grandeurs vectorielles	134
5.1.2	Exercice 2 - Dérivées et dérivées partielles	135
5.1.3	Exercice 3 - Dérivées de vecteurs	135
5.2	Feuille de Travaux Dirigés 2	137
5.2.1	Exercice 1 - Ordre et degré d'une équation différentielle	137
5.2.2	Exercice 2 - Construction d'équations différentielles à partir de la donnée d'une fonction	137
5.2.3	Exercice 3 - Construction d'équations différentielles à partir d'observations physiques	138
5.2.4	Exercice 4 - Parachutiste	138
5.2.5	Exercice 5 - Résolution d'équations différentielles clas- siques en Physique et en Mécanique	138
5.3	Feuille de Travaux Dirigés 3	140
5.3.1	Exercice 1 - Grandeurs du repérage cartésien	140
5.3.2	Exercice 2 - Grandeurs du repérage cylindrique	141
5.3.3	Exercice 3 - Grandeurs du repérage sphérique	142
5.4	Feuille de Travaux Dirigés 4	144
5.4.1	Exercice - Repères usuels du Système Solaire	144
5.5	Feuille de Travaux Dirigés 5	151
5.5.1	Exercice 1 - Vitesse, accélération cartésiennes	151
5.5.2	Exercice 2 - Vitesse, accélération cylindriques	151
5.5.3	Exercice 3 - Vitesse, accélération sphériques	152
5.6	Feuille de Travaux Dirigés 6	154
5.6.1	Exercice 1 - Masses et ressorts en rotation	154

5.6.2	Exercice 2 - Vibrations d'une corde	155
5.6.3	Exercice 3 - Masse sur un plateau à ressort	155
5.6.4	Exercice 4 - Satellite géostationnaire	156
5.7	Feuille de Travaux Dirigés 7	159
5.7.1	Exercice 1 - Force exercée par la Terre	159
5.7.2	Exercice 2 - Force exercée par un astre	160
5.8	Feuille de Travaux Dirigés 8	165
5.8.1	Exercice 1 - Repères relatifs en translation	165
5.8.2	Exercice 2 - Masse suspendue à un ressort	165
5.8.3	Exercice 3 - Pendule simple dans un ascenseur	166
5.8.4	Exercice 4 - Pendule simple dans un train	168
5.9	Feuille de Travaux Dirigés 9	171
5.9.1	Exercice 1 - Pesanteur	171
5.9.2	Exercice 2 - Chute d'une masse ponctuelle	173
5.10	Feuille de Travaux Dirigés 10	177
5.10.1	Exercice 1 - Marées terrestres	177
5.10.2	Exercice 2 - Masse ponctuelle en rotation	180
5.10.3	Exercice 3 - Trajectoires dans un champ newtonien	181
5.11	Feuille de Travaux Dirigés 11	183
5.11.1	Exercice - Pendule de Foucault	183
6	Travaux dirigés (Corrigés)	189
6.1	Feuille de Travaux Dirigés 1	190
6.1.1	Exercice 1 - Grandeurs vectorielles	190
6.1.2	Exercice 2 - Dérivées, dérivées partielles	193
6.1.3	Exercice 3 - Dérivées de vecteurs	195
6.2	Feuille de Travaux Dirigés 2	200
6.2.1	Exercice 1 - Ordre et degré d'une équation différentielle	200
6.2.2	Exercice 2 - Construction d'équations différentielles à partir de la donnée d'une fonction	201
6.2.3	Exercice 3 - Construction d'équations différentielles à partir d'observations physiques	203
6.2.4	Exercice 4 - Parachutiste	203
6.2.5	Exercice 5 - Résolution d'équations différentielles clas- siques en Physique et en Mécanique	204
6.3	Feuille de Travaux Dirigés 3	205
6.3.1	Exercice 1 - Grandeurs du repérage cartésien	205
6.3.2	Exercice 2 - Grandeurs du repérage cylindrique	205
6.3.3	Exercice 3 - Grandeurs du repérage sphérique	206
6.4	Feuille de Travaux Dirigés 4	207
6.4.1	Exercice - Repères usuels du Système Solaire	207
6.5	Feuille de Travaux Dirigés 5	208
6.5.1	Exercice 1 - Vitesse, accélération cartésiennes	208

6.5.2	Exercice 2 - Vitesse, accélération cylindriques	208
6.5.3	Exercice 3 - Vitesse, accélération sphériques	208
6.6	Feuille de Travaux Dirigés 6	209
6.6.1	Exercice 1 - Masses et ressorts en rotation	209
6.6.2	Exercice 2 - Vibrations d'une corde	211
6.6.3	Exercice 3 - Masse sur un plateau à ressort	213
6.6.4	Exercice 4 - Satellite géostationnaire	216
6.7	Feuille de Travaux Dirigés 7	218
6.7.1	Exercice 1 - Force exercée par la Terre	218
6.7.2	Exercice 2 - Force exercée par un astre	218
6.8	Feuille de Travaux Dirigés 8	219
6.8.1	Exercice 1 - Repères relatifs en translation	220
6.8.2	Exercice 2 - Masse suspendue à un ressort	221
6.8.3	Exercice 3 - Pendule simple dans un ascenseur	225
6.8.4	Exercice 4 - Pendule simple dans un train	227
6.9	Feuille de Travaux Dirigés 9	231
6.9.1	Exercice 1 - Pesanteur	231
6.9.2	Exercice 2 - Chute d'une masse ponctuelle	231
6.10	Feuille de Travaux Dirigés 10	232
6.10.1	Exercice 1 - Marées terrestres	232
6.10.2	Exercice 2 - Masse ponctuelle en rotation	232
6.10.3	Exercice 3 - Trajectoires dans un champ newtonien	234
6.11	Feuille de Travaux Dirigés 11	240
6.11.1	Exercice - Pendule de Foucault	240
7	Annexe : rappels de mathématiques	241
7.1	Espaces	241
7.1.1	Espace vectoriel et espace affine	241
7.1.2	Norme et produit scalaire. Espace affine euclidien	244
7.1.3	L'espace vectoriel \mathbb{R}^3	245
7.2	Application linéaire et changement de base	248
7.2.1	Définitions	248
7.2.2	Matrice d'une application linéaire	249
7.2.3	Matrice de passage	249
7.2.4	Changement de base	250
7.2.5	Exemple	250
7.2.6	Exemple	250
7.2.7	Image par une application linéaire	251
7.3	Dérivée d'une fonction réelle	252
7.4	Différentielle et dérivées partielles	252
7.5	Notions sur les équations différentielles ordinaires	256
7.5.1	Notions générales	256

7.5.2	Notions générales sur les équations différentielles linéaires d'ordre n	256
7.5.3	Equations différentielles linéaires homogènes d'ordre n à coefficients réels constants	257
7.5.4	Exemple 1	258
7.5.5	Exemple 2	259
7.5.6	Exemple 3	259
7.6	Dérivée d'un vecteur	261
7.7	Notions sur les champs	264
7.7.1	Définitions	264
7.7.2	Intégrale d'un champ de vecteurs	265
7.8	Courbes dans le plan	265
7.8.1	Définition	265
7.8.2	Vecteurs tangent et normal	266
7.9	Surfaces dans l'espace	267
7.9.1	Définition	267
7.9.2	Plans tangents, vecteur normal	268
7.10	Courbes dans l'espace	269
7.10.1	Définition	269
7.10.2	Abscisse curviligne	270
7.10.3	Repère de Frenet	270
7.11	Ellipses	273
7.11.1	Définitions	273
7.11.2	Equations d'une ellipse	274
	Index	277
	Bibliographie	279