

# TABLE DES MATIÈRES

<b>I</b>	<b>Mécanique</b>	<b>17</b>
<b>1</b>	<b>Notion de vitesse</b>	<b>19</b>
1.1	Repérage dans l'espace . . . . .	19
1.1.a	Sur une droite . . . . .	19
1.1.b	Sur un plan . . . . .	21
1.1.c	Repérage sur un plan, une autre approche . . . . .	22
1.1.d	Lien entre les deux repérages . . . . .	24
1.1.e	Représentation complexe . . . . .	25
1.1.f	Les coordonnées GPS . . . . .	28
1.2	Le vecteur : un outil intéressant . . . . .	29
1.2.a	Champ scalaire, champ vectoriel . . . . .	29
1.2.b	Vecteur déplacement . . . . .	31
1.2.c	Vecteur position . . . . .	33
1.2.d	Opérations sur les vecteurs . . . . .	38
1.3	La vitesse . . . . .	42
1.3.a	Vitesse moyenne . . . . .	42
1.3.b	Valeur instantanée de la vitesse . . . . .	47
1.3.c	Vitesse instantanée . . . . .	47
1.3.d	Perception de la vitesse . . . . .	48
1.4	Exercices . . . . .	52
<b>2</b>	<b>Vitesse : applications</b>	<b>59</b>
2.1	Relativité . . . . .	59
2.1.a	Approche du problème, référentiel . . . . .	59
2.1.b	Représentation d'un événement . . . . .	61
2.1.c	Relativité galiléenne . . . . .	63

2.1.d	Relativité restreinte . . . . .	64
2.1.e	Postulat relativiste . . . . .	65
2.1.f	Durée propre - Dilatation des durées . . . . .	67
2.1.g	Loi de composition relativiste des vitesses . . . . .	68
2.1.h	Vitesse limite . . . . .	69
2.1.i	Propagation de l'information, causalité . . . . .	71
2.2	Propagation d'une onde . . . . .	72
2.2.a	Invariant de propagation . . . . .	72
2.2.b	Ondes sinusoïdales . . . . .	74
2.2.c	Ondes sinusoïdales et information . . . . .	76
2.3	Effet DOPPLER-FIZEAU . . . . .	80
2.3.a	Effet longitudinal unique . . . . .	80
2.3.b	Effet longitudinal double . . . . .	81
2.3.c	Radar . . . . .	83
2.3.d	Effet DOPPLER-FIZEAU relativiste . . . . .	84
2.4	Exercices . . . . .	86
<b>3</b>	<b>Forces</b>	<b>93</b>
3.1	Quantité de mouvement . . . . .	93
3.1.a	Terminologie . . . . .	93
3.1.b	Définition . . . . .	94
3.1.c	Inertie, statut de la masse . . . . .	94
3.1.d	Objets étendus . . . . .	96
3.1.e	Centre d'inertie $G$ . . . . .	99
3.1.f	Ondes . . . . .	102
3.1.g	Relativité et photon . . . . .	104
3.2	Principes de la Mécanique . . . . .	105
3.2.a	Principe d'inertie . . . . .	106
3.2.b	Principe de force . . . . .	106
3.2.c	Lois des actions réciproques . . . . .	106
3.2.d	Référentiels galiléens . . . . .	107
3.3	Référentiels non galiléens . . . . .	108
3.3.a	Référentiels accélérés . . . . .	108
3.3.b	Forces d'inertie . . . . .	110
3.3.c	Référentiels galiléens par approximation . . . . .	111
3.3.d	Poids d'un corps . . . . .	114
3.4	Forces découlant d'une interaction . . . . .	117
3.4.a	Force électrique . . . . .	117
3.4.b	Force électromagnétique . . . . .	118
3.4.c	Force exercée par un ressort . . . . .	120
3.4.d	Contact entre deux objets . . . . .	122

3.4.e	Forces de frottement fluide . . . . .	125
3.5	Autres forces . . . . .	125
3.6	Méthode d'étude en Mécanique . . . . .	127
3.6.a	Préliminaires . . . . .	127
3.6.b	Principe fondamental de la Dynamique . . . . .	128
3.6.c	Accélération . . . . .	130
<b>4</b>	<b>Forces : applications</b>	<b>135</b>
4.1	Objet soumis uniquement à son poids . . . . .	135
4.1.a	Le problème physique . . . . .	135
4.1.b	Résolution vectorielle . . . . .	136
4.1.c	Résolution scalaire . . . . .	140
4.2	Satellite soumis uniquement à la gravitation terrestre . . . . .	141
4.2.a	Le problème physique . . . . .	141
4.2.b	Mise en place de la résolution . . . . .	142
4.2.c	Trajectoire circulaire . . . . .	144
4.3	Les frottements solides, des freins au mouvement . . . . .	145
4.3.a	Le problème physique . . . . .	145
4.3.b	Résolution du problème . . . . .	147
4.4	Les frottements fluides, des freins au mouvement . . . . .	149
4.4.a	Le problème physique . . . . .	149
4.4.b	Résolution du problème . . . . .	150
4.4.c	Analyse des résultats . . . . .	152
4.4.d	Chute à vitesse élevée . . . . .	154
4.5	Les frottements propices au mouvement . . . . .	155
4.5.a	Entraînement par frottement . . . . .	155
4.5.b	Résolution du problème . . . . .	157
4.5.c	Rien ne bouge . . . . .	158
4.5.d	Le livre glisse mais pas la boîte . . . . .	159
4.5.e	La boîte glisse . . . . .	160
4.5.f	Les frottements sources de mouvement . . . . .	161
4.5.g	Entraînement par frottement fluide . . . . .	163
4.6	Un modèle d'oscillateur . . . . .	164
4.6.a	Le problème physique . . . . .	164
4.6.b	Résolution du problème . . . . .	166
4.6.c	Discussion . . . . .	168
4.6.d	Oscillateur forcé . . . . .	172
4.7	Force magnétique . . . . .	176
4.7.a	Le problème physique . . . . .	176
4.7.b	Résolution du problème . . . . .	180
4.7.c	Repère de FRENET . . . . .	183

4.7.d	Seconde résolution . . . . .	185
4.8	Forces agissant temporairement . . . . .	185
4.8.a	Vitesse initiale . . . . .	186
4.8.b	Rebond sur le sol . . . . .	188
4.8.c	Réflexion en optique . . . . .	191
4.8.d	Choc . . . . .	192
4.9	Exercices . . . . .	195
<b>5</b>	<b>Moment de forces</b>	<b>203</b>
5.1	Moment cinétique . . . . .	203
5.1.a	Constatations . . . . .	203
5.1.b	Définition du moment cinétique . . . . .	205
5.1.c	Moment cinétique d'un objet étendu . . . . .	206
5.1.d	Expression du moment cinétique d'un point . . . . .	207
5.1.e	Expression du moment cinétique d'un système . . . . .	208
5.1.f	Moment cinétique et particules élémentaires . . . . .	210
5.2	Principe et lois . . . . .	212
5.2.a	Complément au principe d'inertie . . . . .	212
5.2.b	Loi des moments des forces pour un point . . . . .	212
5.2.c	Complément à la loi des actions réciproques . . . . .	213
5.2.d	Loi des moments des forces pour un système . . . . .	214
5.2.e	Méthode . . . . .	215
5.2.f	Point d'application d'une force . . . . .	215
5.3	Applications . . . . .	217
5.3.a	Équilibre et centre d'inertie . . . . .	217
5.3.b	Centre de poussée . . . . .	219
5.3.c	Gravitation . . . . .	223
5.3.d	Action du moteur sur le DVD . . . . .	227
5.3.e	Pendule pesant . . . . .	230
5.4	Loi des moments des forces en $G$ . . . . .	234
5.4.a	Énoncé de la loi . . . . .	234
5.4.b	Démonstration . . . . .	234
5.4.c	Mise en rotation d'une roue . . . . .	235
5.5	Exercices . . . . .	238
<b>II</b>	<b>Énergétique - Bilans</b>	<b>245</b>
<b>6</b>	<b>Bilans</b>	<b>247</b>
6.1	Évolution d'une grandeur extensive . . . . .	247
6.1.a	Extensif ou intensif . . . . .	247

6.1.b	Bilan d'une grandeur extensive . . . . .	250
6.2	Les principes de la Thermodynamique . . . . .	252
6.2.a	Premier principe . . . . .	252
6.2.b	Second principe . . . . .	253
6.2.c	Bilans par unité de temps . . . . .	254
6.3	Énergie en mécanique . . . . .	256
6.3.a	Système réduit à un point . . . . .	256
6.3.b	Énergie potentielle . . . . .	256
6.3.c	Formes d'énergie potentielle . . . . .	257
6.3.d	Énergie mécanique . . . . .	260
6.3.e	Système de deux points . . . . .	262
6.3.f	Lien avec la Thermodynamique . . . . .	266
6.4	Notion de débit . . . . .	272
6.4.a	Première approche : le débit volumique . . . . .	272
6.4.b	Construction générale d'un débit . . . . .	273
6.4.c	Bilan global . . . . .	276
6.4.d	Bilan local . . . . .	278
6.4.e	Régime indépendant du temps . . . . .	280
6.4.f	Loi des nœuds . . . . .	282
6.4.g	Inondations . . . . .	283
6.5	Électricité . . . . .	284
6.5.a	Bilan de charges . . . . .	284
6.5.b	Intensité d'un courant électrique . . . . .	286
6.5.c	Loi des nœuds . . . . .	286
6.5.d	Générateurs de tension . . . . .	287
6.5.e	Approximation des régimes quasi statiques . . . . .	288
6.5.f	Composants linéaires . . . . .	290
6.5.g	Le conducteur ohmique . . . . .	291
6.5.h	Puissance en Électricité . . . . .	294
6.5.i	Loi des mailles . . . . .	297
6.6	Débits vectoriels . . . . .	298
6.6.a	Quantité de mouvement . . . . .	298
6.6.b	Moment cinétique . . . . .	302
<b>7</b>	<b>Les bases de l'Électricité</b> . . . . .	<b>307</b>
7.1	Régimes transitoires . . . . .	307
7.1.a	Étude d'un circuit $RC$ . . . . .	307
7.1.b	Circuit $RLC$ série . . . . .	313
7.2	Régime sinusoïdal . . . . .	317
7.2.a	Circuit $RC$ . . . . .	317
7.2.b	Circuit $RLC$ série . . . . .	320

7.2.c	Puissance . . . . .	323
7.3	Filtrage . . . . .	328
7.3.a	Filtre <i>RC</i> passe-bas . . . . .	329
7.3.b	Diagramme de BODE . . . . .	333
7.3.c	Un autre filtre passe-bas . . . . .	335
7.3.d	Filtre passe-bande . . . . .	336
7.3.e	Effet d'un filtre passe-bande . . . . .	339
7.4	Analyse de FOURIER . . . . .	340
7.4.a	Contexte . . . . .	340
7.4.b	Synthèse de FOURIER . . . . .	340
7.4.c	Série de FOURIER . . . . .	343
7.4.d	Conclusion . . . . .	345
7.5	Exercices . . . . .	346
<b>8</b>	<b>Bilans énergétiques - Chocs</b>	<b>355</b>
8.1	Aspect historique . . . . .	355
8.1.a	Énergie . . . . .	355
8.1.b	Température . . . . .	355
8.1.c	Conservation de l'énergie . . . . .	356
8.1.d	Capacité thermique . . . . .	356
8.2	Situations évolutives . . . . .	360
8.2.a	Un chauffe-eau . . . . .	360
8.2.b	Chauffage dans un four . . . . .	363
8.3	Situations stationnaires . . . . .	365
8.3.a	Climatisation d'un avion . . . . .	366
8.3.b	Climatisation d'un train . . . . .	368
8.4	Chocs en Mécanique classique . . . . .	372
8.4.a	Lois générales . . . . .	372
8.4.b	Situation 1D . . . . .	374
8.4.c	Situation 2D . . . . .	376
8.5	Chocs en Mécanique relativiste . . . . .	377
8.5.a	Lois générales . . . . .	377
8.5.b	Choc proton-proton . . . . .	379
8.5.c	Effet COMPTON . . . . .	381
8.6	Exercices . . . . .	384
<b>III</b>	<b>Bilans de matière</b>	<b>403</b>
<b>9</b>	<b>Bilan de réaction - Cinétique</b>	<b>405</b>
9.1	Généralités . . . . .	405

9.1.a	Rappel . . . . .	405
9.1.b	Réacteur fermé, réacteur ouvert . . . . .	406
9.2	Dosages par titrages . . . . .	407
9.2.a	Suivi par conductimétrie . . . . .	407
9.2.b	Suivi par pH-métrie . . . . .	412
9.3	Cinétique . . . . .	416
9.3.a	Généralités . . . . .	416
9.3.b	Ordre 1 . . . . .	419
9.3.c	Ordre 2 . . . . .	420
9.4	Réacteur ouvert . . . . .	425
9.4.a	Contexte . . . . .	425
9.4.b	Évolution de $[A]$ . . . . .	426
9.4.c	Évolution de $[B]$ . . . . .	428
9.4.d	Conclusion . . . . .	429
9.5	Exercices . . . . .	430
<b>IV</b>	<b>Ondes - Optique</b>	<b>439</b>
<b>10</b>	<b>Ondes</b>	<b>441</b>
10.1	Généralités . . . . .	441
10.1.a	Rappel . . . . .	441
10.1.b	Équation de D'ALEMBERT . . . . .	442
10.1.c	Solutions . . . . .	445
10.2	Câble coaxial . . . . .	446
10.2.a	Modélisation . . . . .	446
10.2.b	Équation de propagation . . . . .	449
10.2.c	Solutions . . . . .	450
10.3	Corde tendue . . . . .	451
10.3.a	Contexte . . . . .	451
10.3.b	Équation de propagation . . . . .	452
10.4	Ondes stationnaires . . . . .	455
10.4.a	Observation . . . . .	455
10.4.b	Recherche générale des solutions . . . . .	456
10.4.c	Retour sur la corde tendue . . . . .	458
10.4.d	Timbre d'un instrument . . . . .	462
10.5	Mécanique quantique . . . . .	464
10.5.a	Aspect historique . . . . .	464
10.5.b	Approche quantique . . . . .	467
10.5.c	Application . . . . .	469
10.6	Exercices . . . . .	474

---

<b>11 Optique</b>	<b>481</b>
11.1 Optique géométrique . . . . .	482
11.1.a La lentille convergente . . . . .	483
11.1.b Relation de conjugaison . . . . .	485
11.1.c Foyers . . . . .	488
11.1.d Construction géométrique d'une image . . . . .	489
11.1.e Faisceau parallèle et lentille convergente . . . . .	493
11.1.f Lentille et chemin optique . . . . .	494
11.2 Diffraction . . . . .	496
11.2.a Contexte . . . . .	496
11.2.b Principe de la diffraction . . . . .	498
11.2.c Amplitude diffractée . . . . .	500
11.2.d Intensité diffractée . . . . .	504
11.2.e Indicatrice d'intensité . . . . .	510
11.2.f Conclusion . . . . .	511
11.3 Interférences . . . . .	513
11.3.a Contexte . . . . .	513
11.3.b Amplitude . . . . .	515
11.3.c Intensité . . . . .	516
11.3.d Franges circulaires . . . . .	518
11.4 Diffraction et interférences . . . . .	523
11.4.a Contexte . . . . .	523
11.4.b Amplitude . . . . .	523
11.4.c Intensité . . . . .	526
11.4.d Réseau . . . . .	527
11.5 Exercices . . . . .	532
<b>12 Spectroscopie</b>	<b>543</b>
12.1 UV-Visible . . . . .	544
12.1.a Principe . . . . .	544
12.1.b Absorbance . . . . .	548
12.1.c Spectrophotomètres . . . . .	551
12.2 IR . . . . .	553
12.2.a Principe . . . . .	553
12.2.b Oscillations libres d'une liaison . . . . .	554
12.2.c Problème à deux corps . . . . .	559
12.2.d Oscillations forcées . . . . .	563
12.3 RMN . . . . .	566
12.3.a Moment magnétique . . . . .	566
12.3.b Rapport gyromagnétique . . . . .	568
12.3.c Effet d'un champ magnétique . . . . .	569



---

12.3.d	Mouvement de précession . . . . .	571
12.3.e	Déplacement chimique . . . . .	576
12.3.f	Champ magnétique tournant . . . . .	578
12.3.g	Changement de référentiel . . . . .	579
12.3.h	Résonance magnétique . . . . .	582
12.3.i	Relaxation . . . . .	583
12.3.j	Signal RMN enregistré . . . . .	586
<b>V</b>	<b>Solutions des exercices</b>	<b>589</b>
<b>13</b>	<b>Correction des exercices</b>	<b>591</b>
13.1	Exercices du chapitre 1 . . . . .	591
13.2	Exercices du chapitre 2 . . . . .	598
13.3	Exercices du chapitre 4 . . . . .	607
13.4	Exercices du chapitre 5 . . . . .	617
13.5	Exercices du chapitre 7 . . . . .	625
13.6	Exercices du chapitre 9 . . . . .	646
13.7	Exercices du chapitre 10 . . . . .	653
13.8	Exercices du chapitre 11 . . . . .	659
<b>VI</b>	<b>Table des figures</b>	<b>669</b>
<b>VII</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>681</b>
<b>VIII</b>	<b>Index</b>	<b>685</b>