

# TABLE DES MATIÈRES

---

AVANT-PROPOS .....	5
<b>Chapitre 0. Quelques rappels de mathématiques .....</b>	<b>13</b>
0.1 Espace affine $\xi^n$ et espace vectoriel $E^n$ de dimension $n$ .....	13
0.2 Produits scalaires. Espace euclidien .....	15
0.3 Espace euclidien orienté de dimension 3 .....	17
0.4 Formule du double produit vectoriel. Division vectorielle .....	18
0.5 Applications (opérateurs) symétriques ou antisymétriques d'un espace euclidien $E^n$ de dimension $n$ .....	20
0.6 Propriétés particulières des opérateurs symétriques .....	22

## PARTIE PRÉLIMINAIRE

### TORSEURS

<b>Chapitre 1. Torseurs .....</b>	<b>26</b>
1.1 Champs antisymétriques et champs équiprojectifs d'un espace euclidien $\xi^n$ de dimension $n$ .....	26
1.2 Champs antisymétriques d'un espace euclidien $\xi$ , orienté, de dimension 3 .....	28
1.3 Définitions relatives aux torseurs .....	29
1.4 Espace vectoriel des torseurs .....	31
1.5 Exemples de torseurs .....	31
1.6 Torseurs élémentaires : glisseurs, couples .....	33
1.7 Décompositions d'un torseur .....	36
1.8 Décomposition d'un torseur en la somme d'un couple et d'un glisseur colinéaires. Axe d'un torseur qui n'est pas un couple. Description des torseurs .....	36
1.9 Comoment (ou produit de deux torseurs). Moment d'un vecteur lié ou d'un torseur par rapport à un axe .....	39
Exercices .....	41

## PREMIÈRE PARTIE

## CINÉMATIQUE

<b>Chapitre 2. Observateurs. Mouvements. Vitesse. Accélération</b> .....	44
2.1 Temps et espace d'un observateur .....	44
2.2 Schématisation des mouvements par rapport à un observateur donné. ....	48
2.3 Vitesse .....	50
2.4 Accélération .....	54
2.5 Hypothèses sur le vecteur et sur le vecteur accélération. Convention relative au mot « mouvement » valable dans toute la suite de l'ou- vrage.....	55
Exercices .....	57
<b>Chapitre 3. Décompositions du vecteur vitesse et du vecteur accélération</b> .....	60
3.1 Paramètres.....	61
3.2 Définition d'un mouvement comme application composée .....	63
3.3 Composantes du vecteur vitesse et du vecteur accélération en coor- données cartésiennes, en coordonnées cylindriques .....	64
3.4 Composantes du vecteur vitesse et du vecteur accélération sur la base de Frenet.....	66
3.5 Composantes du vecteur vitesse sur la base locale.....	67
3.6 Projections orthogonales du vecteur accélération sur la base locale ...	69
Exercices .....	71
<b>Chapitre 4. Exemples de mouvements d'un point</b> .....	73
4.1 Mouvements uniformes. Mouvements accélérés. Mouvements retardés	73
4.2 Mouvements rectilignes. Mouvements circulaires. Mouvements héli- coïdaux .....	74
4.3 Mouvements à accélération centrale.....	76
Exercices .....	82
<b>Chapitre 5. Cinématique du solide (pour un observateur donné)</b> .....	84
5.1 La notion de solide pour un observateur.....	84
5.2 Définition analytique du mouvement d'un solide.....	86
5.3 Champ des vitesses à un instant donné.....	87
5.4 Mouvement de translation.....	89
5.5 Mouvement de rotation autour d'un axe.....	90
5.6 Mouvement hélicoïdal .....	92
5.7 Mouvements tangents (à un instant donné).....	93
Exercices .....	94
<b>Chapitre 6. Changement d'observateurs. Mouvements composés. Applications</b> .....	96
6.1 Changement de temps en mécanique classique.....	97
6.2 Le principe de changement d'espace en mécanique classique.....	99

6.3	Composition des mouvements .....	101
6.4	Vitesse et accélération d'un point dans un mouvement composé .....	102
6.5	Torseurs cinématiques d'espaces dans un mouvement composé .....	105
6.6	Décomposition du mouvement d'un solide. Angles d'Euler .....	106
6.7	Cinématique du contact de deux solides .....	108
6.8	Mouvement plan sur plan .....	111
6.9	Cames .....	112
6.10	Notions sur les engrenages .....	113
6.11	Trains d'engrenages .....	115
	Exercices .....	118

## DEUXIÈME PARTIE

## CINÉTIQUE

<b>Chapitre 7.</b>	<b>Masse. Centres d'inertie. Opérateurs d'inertie .....</b>	<b>124</b>
7.1	Introduction intuitive des systèmes matériels .....	124
7.2	Schématisation des systèmes matériels .....	126
7.3	Torseur associé à un système matériel et à un champ de vecteurs .....	128
7.4	Centre d'inertie d'un système matériel à un instant donné .....	129
7.5	Détermination pratique des centres d'inertie. Exemples .....	131
7.6	Opérateur d'inertie d'un solide $S$ en un point $O$ .....	134
7.7	Détermination pratique des opérateurs d'inertie. Exemples .....	137
	Exercices .....	139
<b>Chapitre 8.</b>	<b>Torseur cinétique. Torseur dynamique. Energie cinétique .....</b>	<b>143</b>
8.1	Torseur cinétique. Torseur dynamique .....	143
8.2	Définition de l'énergie cinétique .....	146
8.3	Utilisation de la composition des mouvements. Théorèmes de Kœnigs .....	147
8.4	Cas particuliers du solide .....	149
	Exercices .....	151

## TROISIÈME PARTIE

## DYNAMIQUE

<b>Chapitre 9.</b>	<b>Le principe fondamental de la dynamique classique et ses conséquences ..</b>	<b>156</b>
9.1	Forces exercées sur un point matériel. Représentation des forces .....	157
9.2	Efforts extérieurs sur un système matériel. Torseur des efforts extérieurs .....	158
9.3	Principe fondamental. Temps galiléen. Espaces galiléens .....	161
9.4	Retour à la représentation des forces. Unités de force. Signification physique de la force .....	163
9.5	Théorème de la résultante dynamique. Théorèmes du moment cinétique .....	164
9.6	Théorème d'opposition de l'action et de la réaction .....	167
9.7	Transmission des efforts par les systèmes matériels de masse négligeable. Exemple des fils et câbles .....	169
9.8	Emploi d'espaces non galiléens .....	170
	Exercices .....	172

<b>Chapitre 10. Puissance et travail. Théorème de l'énergie cinétique</b> .....	177
10.1 Définition de la puissance et du travail de forces concentrées ou réparties .....	177
10.2 Puissance et travail de forces et de couples-efforts exercés sur des solides .....	180
10.3 Unités de puissance. Unités de travail .....	182
10.4 Théorème de l'énergie cinétique .....	183
Exercices .....	186
 <b>Chapitre 11. Efforts donnés. Efforts non donnés. Intégrales premières</b> .....	189
11.1 Paramètres de position .....	189
11.2 Définition analytique des mouvements .....	191
11.3 Définition des efforts donnés, des efforts non donnés .....	192
11.4 Champs gradients et potentiels .....	193
11.5 Contact de deux solides. Lois du frottement de glissement .....	195
11.6 Inconnues d'un problème et équations du mouvement .....	200
11.7 Intégrales premières .....	201
11.8 Energie potentielle et fonction de forces .....	202
11.9 Exemples fondamentaux .....	205
11.10 Conservation de l'énergie mécanique. Intégrale première de l'énergie cinétique .....	206
Exercices .....	208
 <b>Chapitre 12. Espaces galiléens approchés. Gravitation et pesanteur</b> .....	212
12.1 Champ newtonien (champ de gravitation). Potentiel newtonien .....	212
12.2 Potentiel d'une boule formée de couches concentriques homogènes. Applications .....	213
12.3 Espaces galiléens approchés usuels .....	215
12.4 Exemples de mouvements approchés par des mouvements dans un champ central gravitationnel .....	217
12.5 Pesanteur. Verticale .....	220
12.6 Poids d'un système matériel en un lieu. Comparaison des masses .....	222
Exercices .....	224
 <b>Chapitre 13. Exemples de problèmes de dynamique et de statique</b> .....	227
13.1 Les principaux problèmes généraux rencontrés en mécanique .....	227
13.2 Mouvement d'un point matériel dans un champ de forces d'accélération uniforme et constante .....	231
13.3 Mouvement propre approché d'un véhicule spatial de révolution .....	233
13.4 Statique des fluides. Théorème d'Archimède .....	235
13.5 Fusées .....	238
Exercices .....	240

<b>Chapitre 14. Mouvement d'un point matériel soumis à une force centrale. Cas particulier du champ gravitationnel.....</b>	<b>243</b>
14.1 Mouvement dans un champ central isotrope quelconque .....	243
14.2 Mouvement général de Kepler.....	247
14.3 Calcul d'éléments de la trajectoire ou du mouvement à partir des données initiales.....	251
14.4 Mouvement circulaire .....	253
14.5 Mouvement elliptique. Equation de Kepler. Lois de Kepler.....	254
14.6 Satellites.....	256
Exercices .....	257
<b>Chapitre 15. Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe ou autour d'un point fixe ..</b>	<b>261</b>
15.1 Liaison rotoïde. Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe.....	261
15.2 Solides tournants. Equilibrage.....	264
15.3 Poulies .....	266
15.4 Liaison sphérique. Mouvement d'un solide autour d'un point fixe.....	267
15.5 Mouvement d'une toupie de révolution.....	269
15.6 Gyroscope .....	272
Exercices .....	274
<b>Chapitre 16. Oscillations .....</b>	<b>278</b>
A. <i>Oscillateurs linéaires à un paramètre</i> .....	278
16.1 Analogies. Problèmes à résoudre.....	278
16.2 Oscillations libres. Systèmes conservatifs. Systèmes dissipatifs.....	280
16.3 Excitation sinusoïdale. Oscillation forcée. Résonances.....	282
16.4 Détermination expérimentale des coefficients. Réponse à une excitation quelconque .....	284
B. <i>Couplage de deux ou plusieurs oscillateurs</i> .....	286
16.5 Exemples de couplage.....	286
16.6 Oscillations libres d'un système sans viscosité et à énergie potentielle définie positive .....	288
16.7 Oscillations libres d'un système régulier .....	291
16.8 Oscillations forcées .....	292
C. <i>Oscillateur spatial linéaire</i> .....	292
16.9 Mouvement sans résistance .....	293
16.10 Mouvement avec résistance .....	293
D. <i>Oscillateurs non linéaires. Technique de linéarisation</i> .....	294
16.11 Pendule composé. Trajectoires de phases.....	294
16.12 Technique de linéarisation.....	297
Exercices .....	298
INDEX .....	302