

Julien Barthes
Gérard Colas des Francs

MÉCANIQUE

Licence
CPGE

Cours développé

Applications directes du cours

Les points essentiels à retenir

Exercices issus de recherches récentes
et d'applications industrielles

Les corrigés détaillés de tous les exercices



ellipses

Table des matières

Chapitre 1. Principe fondamental de la dynamique	1
I Cinématique	2
1 - Description du mouvement d'un point	2
2 - Vitesse et accélération	6
3 - Mouvements particuliers	8
II Forces et mouvements	11
1 - Les principes de la dynamique	11
2 - Mouvement dans le champ de pesanteur (balistique)	15
3 - La réaction du support	16
4 - Poussée d'Archimède	18
5 - Frottement dans un fluide	20
L'essentiel	26
Exercices	27
Chapitre 2. Approche énergétique de la mécanique	43
I Puissance et travail d'une force	43
1 - Travail d'une force	43
2 - Puissance d'une force	47
II De l'étude dynamique au bilan énergétique	49
1 - Différentes formes d'énergie	49
2 - Théorème de l'énergie cinétique	51
III Énergie potentielle	55
1 - Travail d'une force	55
2 - Énergies potentielles usuelles	56
3 - Théorème de l'énergie mécanique	59
4 - Diagramme d'énergie potentielle	62
5 - Approximation harmonique	67
L'essentiel	69
Exercices	70

Chapitre 3. Oscillateur mécanique libre	83
I Oscillateur harmonique	84
1 - Mise en équation d'un système modèle	84
2 - Caractéristique du mouvement	86
II Régime libre amorti	90
1 - Amortissement	90
2 - Régime pseudo-périodique	92
3 - Régimes apériodique et critique	95
L'essentiel	98
Exercices	99
Chapitre 4. Oscillateur en régime forcé	113
I Mise en oscillations forcées	114
1 - Système modèle sans frottement	114
2 - Mouvement forcé en présence de frottements	116
II Représentation complexe du régime forcé	118
1 - Solution de l'équation canonique	118
2 - Résonance en élongation	122
3 - Résonance en vitesse	126
L'essentiel	133
Exercices	134
Chapitre 5. Frottement solide	147
I Lois de Coulomb	148
1 - Action de contact entre deux solides	148
2 - Glissement entre solides	149
3 - Énoncé des lois de Coulomb	150
4 - Limites de la loi de Coulomb	154
II Mouvement et frottement solide	155
1 - Aspect énergétique	155
2 - Oscillateur amorti par frottement solide	157
3 - Phénomène de collé-glissé ou stick-slip	160
L'essentiel	163
Exercices	164
Chapitre 6. Mécanique en référentiel non galiléen	183
I Les référentiels non galiléens	184
1 - Présentation	184
2 - Loi de composition des vitesses et accélération	187
II 2 ^e loi de Newton en référentiel non galiléen	189
1 - Notion de force d'inertie	189
2 - Référentiel en translation	189
3 - Référentiel en rotation	191
III Référentiel terrestre non galiléen	194
1 - Gravitation et pesanteur	194

2 -	Forces de marées	195
3 -	Influence de la force de Coriolis	198
L'essentiel	. . . . .	200
Exercices	. . . . .	201
Chapitre 7. Rotation des solides autour d'un axe fixe		223
I	Moment cinétique d'un point matériel	224
1 -	Théorème du moment cinétique (TMC)	224
2 -	Calcul du moment d'une force	225
3 -	Utilisation du TMC	226
II	Solide en rotation	229
1 -	Moment cinétique et d'inertie d'un solide	229
2 -	Action mécanique	230
3 -	Théorème du moment cinétique	232
III	Énergie de rotation	233
1 -	Énergie cinétique	233
2 -	Théorème de l'énergie cinétique	234
L'essentiel	. . . . .	236
Exercices	. . . . .	237
Chapitre 8. Mouvement à force centrale		249
I	Lois de conservation	249
1 -	Présentation des forces centrales	249
2 -	Conservation du moment cinétique	250
3 -	Conservation de l'énergie mécanique	252
II	Application à l'étude des mouvements planétaires	256
1 -	Mouvement circulaire	256
2 -	Mouvement elliptique	258
3 -	État de diffusion	261
L'essentiel	. . . . .	264
Exercices	. . . . .	265
Chapitre 9. Collisions et chocs		283
I	Lois de conservation	284
1 -	Conservation de la quantité de mouvement	284
2 -	Choc élastique	286
II	Études de chocs	288
1 -	Le choc élastique 1D	288
2 -	Choc inélastique	291
3 -	Le choc élastique en 2D	294
L'essentiel	. . . . .	298
Exercices	. . . . .	299
Chapitre 10. Oscillateurs à plusieurs degrés de liberté		311
I	Oscillateur à 2 degrés de liberté	312
1 -	Mise en équation	312

2 -	Résolution du système	313
3 -	Mouvement associé aux modes propres	315
II	Couplage entre oscillateurs	318
1 -	Système modèle	318
2 -	Modes propres	319
III	Oscillateurs forcés	324
1 -	Forçage sinusoïdal	324
2 -	Dissipation	326
IV	Nombreux degrés de liberté	330
1 -	Modélisation	330
2 -	Équations du mouvement	331
3 -	Modes propres	332
	L'essentiel	335
	Exercices	336
Chapitre 11. Relativité restreinte		345
I	Les principes fondamentaux	346
1 -	Postulats	346
2 -	Problème de simultanéité	347
3 -	Horloge en mouvement et dilatation du temps	347
II	Transformations de Lorentz	349
1 -	Présentation	349
2 -	Dilatation du temps	351
3 -	Contraction des longueurs	353
III	Cinématique relativiste	354
1 -	Loi de composition des vitesses	354
2 -	Diagramme espace-temps de Minkowski-Bondi	355
IV	Introduction à la physique nucléaire	360
1 -	Énergie des particules relativistes	360
2 -	Réactions nucléaires	362
V	Dynamique relativiste	365
1 -	Collisions	365
2 -	La loi fondamentale de la dynamique relativiste	367
	L'essentiel	369
	Exercices	370
Annexe A. Principe fondamental de la dynamique		381
A.1	Calcul différentiel	381
A.1.1	Différentielle de fonctions	383
A.2	Projection d'un vecteur	385
A.3	Dérivée des vecteurs polaires	386
A.3.1	Calcul direct	386
A.3.2	Interprétation géométrique	386
A.4	Autres forces	387
A.4.1	Force de gravitation et poids	387
A.4.2	Force de Lorentz	388

- A.4.3 Force de poussée 388
- A.5 Équations différentielles du 1^{er} ordre 389
 - A.5.1 Présentation 389
 - A.5.2 Équation homogène 390
 - A.5.3 Équation avec second membre 391
 - A.5.4 Équation différentielle non linéaire 392

- Annexe B. Approche énergétique de la mécanique 393**
- B.1 Théorème de l'énergie cinétique 393
- B.2 Énergie potentielle 394
 - B.2.1 Énergie potentielle gravitationnelle 394
 - B.2.2 Force conservative et énergie potentielle associée 395

- Annexe C. Oscillateur mécanique libre 397**
- C.1 Équation différentielle d'ordre 2 397
 - C.1.1 Sans terme d'amortissement 397
 - C.1.2 Résolution d'une équation différentielle linéaire 398
- C.2 Formes canoniques 400
 - C.2.1 Amortissement 400
 - C.2.2 Facteur de qualité 401
- C.3 Ressort de masse non négligeable 402
 - C.3.1 Méthode de Rayleigh 402
 - C.3.2 Ressort massique 403
- C.4 Pendule simple 403
- C.5 Méthode du décrément logarithmique 404

- Annexe D. Oscillateur en régime forcé 407**
- D.1 Second membre sinusoïdal 407
 - D.1.1 Équation différentielle avec second membre 407
 - D.1.2 Second terme sinusoïdal 408
 - D.1.3 Représentation de Fresnel 411
- D.2 Résonance en élongation 412
 - D.2.1 Condition de résonance 412
 - D.2.2 Position de la résonance 413
- D.3 Résonance en vitesse 414
 - D.3.1 Forme de la résonance en vitesse et facteur de qualité 414

- Annexe E. Mécanique en référentiel non galiléen 415**
- E.1 Dérivation vectorielle 415
 - E.1.1 Formule de Bour 415
 - E.1.2 Composition de l'accélération en rotation 416
- E.2 Effet de la Lune 417
 - E.2.1 Problème à deux corps 417
 - E.2.2 Soleil et Lune 418

Annexe F. Rotation des solides autour d'un axe fixe	421
F.1 Principe de calcul d'un moment d'inertie	421
F.2 Autres couples usuels	422
F.2.1 Fil de torsion	422
F.2.2 Couple de frottement	423
Annexe G. Mouvement à force centrale	425
G.1 Problème à deux corps	425
G.2 Caractéristiques d'une ellipse	427
G.3 Vecteur de Runge-Lenz	428
G.3.1 Conservation du vecteur \vec{A}	428
G.3.2 Équation de la trajectoire	428
Annexe H. Relativité restreinte	429
H.1 Transformation de Lorentz	429
H.1.1 Notations	429
H.1.2 Linéarité	429
H.1.3 Résolution	430
H.2 Construction d'un diagramme espace-temps	431
H.3 Effet Doppler relativiste	432
H.3.1 Analyse physique	432
H.3.2 À partir du diagramme de Minkowski	433
H.4 Loi de transformation des vitesses	434
H.5 Quantité de mouvement	435
H.5.1 Quadri-vecteur	435
H.5.2 Quantité de mouvement et énergie relativistes	436