Annequin et Boutigny

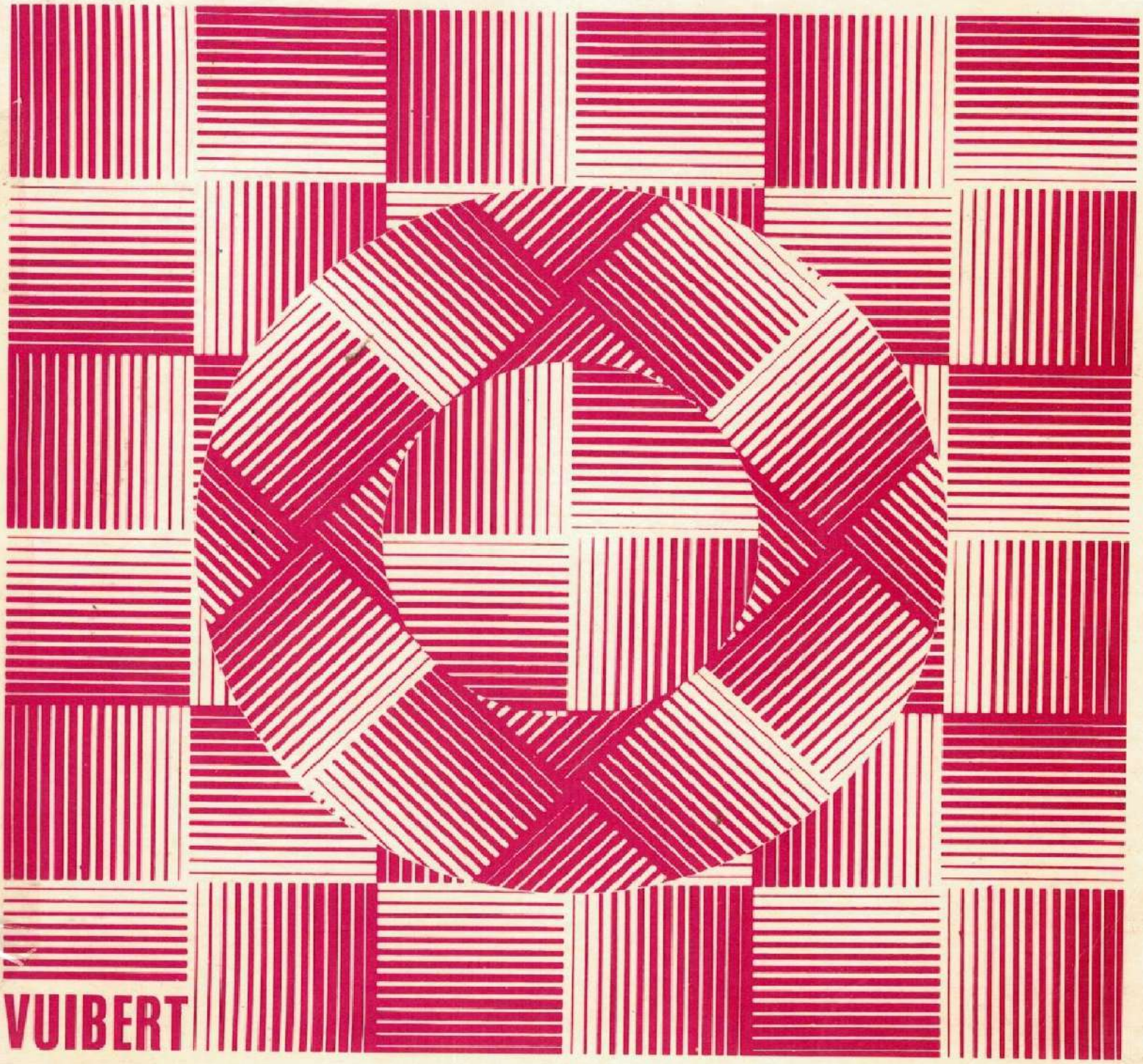
Cours de Physique

Préparation aux grandes Écoles scientifiques

Premier cycle universitaire

MÉCANIQUE 2

mathématiques spéciales



VUIBERT

Table des matières

CHAPITRE 1 : CHAMPS DE VECTEURS. CIRCULATION. FLUX.

1.1. — Définition générale d'un champ de vecteurs 13
1.2. — Cas particuliers de champs de vecteurs 14
1.3. — Circulation du vecteur champ 15
1.4. — Définition du flux du vecteur champ 17
1.5. — Théorème d'Ostrogradski 18
1.6. — Théorème de Stokes 20
1.7. — Champ de vecteurs dérivant d'un potentiel 22
1.8. — Champ de vecteurs à flux conservatif 26
1.9. — Champ de vecteurs dérivant d'un potentiel et à flux conservatif.... 28
Exercices 29

CHAPITRE 2 : CHAMPS NEWTONIENS.

2.1. — Champ newtonien d'un centre actif..... 35
2.2. — Champ et potentiel d'une distribution de centres actifs 38
2.3. — Flux du champ créé par une distribution de centres actifs 40

CHAPITRE 3 : LES TORSEURS.

3.1. — Double produit vectoriel 43
3.2. — La division vectorielle 43
3.3. — Application antisymétrique 44
3.4. — Champ antisymétrique 46

TORSEURS.

3.5. — Définition et propriétés des torseurs 47
3.6. — Dérivée et axe central d'un torseur 48

VECTEURS GLISSANTS.

3.7. — Définition. Moment d'un vecteur glissant. Glisseur 50
3.8. — Système de vecteurs glissants 50
3.9. — Décomposition d'un torseur 51
3.10. — Systèmes particuliers de vecteurs glissants 53
3.11. — Cas où les vecteurs glissants sont des forces de pesanteur..... 55
Exercice 56

CHAPITRE 4 : CINÉMATIQUE DU SOLIDE. COMPOSITION DES MOUVEMENTS.

4.1. — Cinématique du solide 59
4.2. — Mouvement de translation d'un solide 61
4.3. — Mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe 62
4.4. — Changement de référentiel 64
4.5. — Composition des mouvements d'un solide 67
4.6. — Rotation d'un solide autour d'un point fixe 68
4.7. — Mouvement général d'un solide 71
Exercices 72

CHAPITRE 5 : ÉQUATIONS DE LAGRANGE. RÉFÉRENTIELS GALILÉENS.

5.1. — Le principe de moindre action pour une particule. Lagrangien ... 75
5.2. — Les équations de Lagrange pour une particule 76
5.3. — Les équations de Lagrange d'un système de particules 77
5.4. — Définition d'un référentiel galiléen 78
5.5. — Propriétés des référentiels galiléens 79

CHAPITRE 6 : SYSTÈME DE PARTICULES ISOLÉ.

6.1. — Lagrangien d'un système de particules isolé 81
6.2. — Relation fondamentale de la dynamique 81
6.3. — Loi de conservation de l'énergie 83
6.4. — Conservation du vecteur quantité de mouvement 84
6.5. — Le mouvement du centre de masse d'un système isolé. Repère barycentrique 86
Exercice 87

6.6. — Conservation du moment cinétique d'un système de particules isolé. 89
6.7. — Système de deux particules isolé. Masse réduite 91
6.8. — Mouvements à force centrale 94
Exercices 97

CHAPITRE 7 : SYSTÈME DE PARTICULES NON ISOLÉ.

7.1. — Le lagrangien du système 101
7.2. — L'énergie 102
7.3. — Théorème du centre de masse 102
7.4. — Théorème du moment cinétique 104
7.5. — Le référentiel barycentrique. Théorèmes de Kœnig 107
Exercice 109

CHAPITRE 8 : LES RÉFÉRENTIELS USUELS.

8.1. — Référentiels non galiléens 111
Exercice 112

8.2. — Le mouvement de la Terre dans le système solaire 113
8.3. — Référentiel ($\mathcal{R}_2$) lié à la Terre 115
Exercice 116

8.4. — Pendule de Foucault 118

CHAPITRE 9 : **SYSTÈME DE DEUX PARTICULES EN INTERACTION NEWTONIENNE.**

9.1. — Rappel de résultats 121
9.2. — Trajectoires de particules en interaction de gravitation..... 122
9.3. — Classification des trajectoires en fonction de l'excentricité 123
9.4. — Nature des trajectoires en fonction de l'énergie 125
Exercices 128

9.5. — Application à l'étude du mouvement des planètes 129
9.6. — Application à l'étude du mouvement des satellites terrestres..... 131
Exercice 132

9.7. — Mouvement d'une particule soumise de la part d'une autre particule à une force de répulsion newtonienne 133
9.8. — Application à l'étude de l'atome. Expériences de Rutherford..... 135

CHAPITRE 10 : **OSCILLATEURS HARMONIQUES.**

OSCILLATEUR A DEUX DIMENSIONS.

10.1. — Rappel de résultats. Oscillateur non amorti 139
10.2. — Oscillateur harmonique amorti..... 140

OSCILLATEUR A UNE DIMENSION.

10.3. — Oscillations libres 143
Exercice 148

OSCILLATIONS FORCÉES.

10.4. — Régime transitoire et régime permanent 148
10.5. — Résonance d'amplitude. Résonance de vitesse..... 150
10.6. — Aspect énergétique 153
Exercices 154

CHAPITRE 11 : **ÉLÉMENTS CINÉTIQUES D'UN SOLIDE.**

11.1. — Extension de définitions.....
11.2. — Le vecteur moment cinétique d'un solide en rotation autour d'un point fixe O 161 162
11.3. — Énergie cinétique d'un solide en rotation autour d'un point fixe O.. 163
11.4. — Étude des moments d'inertie 164
11.5. — Exemples de calcul de moments d'inertie 166
Exercices 168

11.6. — Éléments cinétiques pour le mouvement quelconque d'un solide... 172
Exercices 173

CHAPITRE 12 : **CONTACT DE DEUX SOLIDES.**

12.1. — Équations du mouvement d'un solide libre 181
12.2. — Équations du mouvement d'un solide lié 181
12.3. — Mouvement de deux solides en contact 182
12.4. — Le torseur des actions de contact ou torseur des forces de liaison 184
Exercices 187

CHAPITRE 13 : ÉQUILIBRE D'UN SYSTÈME MATÉRIEL.

13.1. — Définition. Conditions d'équilibre 197

ÉQUILIBRE D'UN FLUIDE.

13.2. — Condition nécessaire d'équilibre d'un fluide 197
13.3. — Condition suffisante d'équilibre 199
Exercice 200

ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE.

13.4. — Condition nécessaire et suffisante d'équilibre d'un solide..... 201
13.5. — Équilibre d'un solide soumis à des actions de contact 202
Exercices 202

CHAPITRE 14 : LE TRAVAIL.

14.1. — Déplacement élémentaire d'un système matériel 209
14.2. — Travail d'un système de forces appliquées à un solide 210
14.3. — Cas où le travail est une différentielle 210
14.4. — Changement de référentiel..... 212
14.5. — Travail du système des forces intérieures 213
14.6. — Travail des actions de contact 213
14.7. — Théorème de l'énergie cinétique 215
14.8. — Étude de l'énergie totale 217
Exercices 218

14.9. — Application à la recherche d'une position d'équilibre 221
Exercices 222

CHAPITRE 15 : ROTATION D'UN SOLIDE AUTOUR D'UN AXE FIXE.

15.1. — Relations entre les forces et le mouvement 231
15.2. — Loi du mouvement. Calcul des réactions 233
15.3. — Équilibrage statique et équilibrage dynamique 234
Exercices 235

PENDULE DE TORSION.

15.4. — Mouvement sans frottement ou avec frottement fluide 238
15.5. — Solide oscillant en rotation avec frottement solide 240
Exercices 243

15.6. — Pendule pesant 247
Exercices 248

CHAPITRE 16 : ROTATION D'UN SOLIDE AUTOUR D'UN POINT FIXE.

16.1. — Les moments d'inertie d'un solide de révolution..... 257
16.2. — Choix des axes pour l'étude du mouvement d'un solide de révolution 258
16.3. — Cas où le point fixe du solide est son centre de masse 259
16.4. — Cas où le point fixe O est distinct du centre de masse G..... 260
Exercices 264

INDEX 267