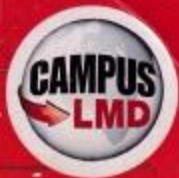


SCIENCES SUP



*Cours et exercices corrigés*

Licence 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> années

# COURS DE PHYSIQUE MÉCANIQUE DU POINT

2<sup>e</sup> édition

*Alain Gibaud  
Michel Henry*

531-41.1

DUNOD

## AVANT-PROPOS

Le cours présenté dans ce livre est le fruit de plusieurs années d'enseignement dispensé aux étudiants de première année à l'université du Maine. Il s'agit d'un cours d'introduction à la mécanique du point et des systèmes de points matériels. Notre souci au cours de la rédaction de cet ouvrage a été de nous référer aux connaissances acquises par les étudiants dans les classes du secondaire afin d'assurer une transition la plus continue possible.

La principale difficulté que nous avons rencontrée lors de ce cours a été certainement d'ordre mathématique. La mécanique est une science qui exige de la rigueur et les concepts acquis lors de l'apprentissage dans le secondaire sont ici repris de façon plus formelle et rigoureuse. Nous présentons donc, en annexe 1, les outils mathématiques qui nous semblent nécessaires à la bonne compréhension du cours de physique.

Le premier et le second chapitres sont consacrés à la cinématique du point ainsi qu'aux changements de référentiels. Nous insistons plus particulièrement sur la définition du référentiel; cette définition conditionne bien souvent la façon de traiter un problème et reste, bien des fois, mal comprise.

Nous présentons ensuite les lois fondamentales de la mécanique en décrivant les forces les plus classiques susceptibles d'intervenir dans les problèmes de mécanique. Nous introduisons alors les concepts d'énergie et de puissance avant de présenter les oscillateurs libres et forcés.

La partie suivante montre que pour traiter un problème de mécanique dans un référentiel non galiléen il est nécessaire d'introduire des pseudos forces appelées forces d'inertie. L'étude du poids d'un corps sur Terre met en évidence le fait que le référentiel terrestre n'est pas galiléen. L'étude du phénomène des marées conduit à la même conclusion pour le référentiel géocentrique.

Les deux derniers chapitres sont consacrés au problème à deux corps. L'accent est mis sur la notion de référentiel barycentrique. L'étude de la trajectoire d'un système à deux corps permet de retrouver les lois de Kepler auxquelles obéissent les planètes du système solaire. Une présentation de la mécanique céleste se trouve à la fin du livre en annexe 2.

Cet ouvrage s'adresse bien sûr aux étudiants du premier cycle universitaire mais aussi à ceux des classes préparatoires, du CAPES et de l'agrégation. Nous espérons qu'il leur sera une aide précieuse dans leur effort de compréhension de cette branche de la physique.

# TABLE DES MATIÈRES

<i>Avant-propos</i>	III
<b>CHAPITRE 1. CINÉMATIQUE DU POINT</b>	<b>1</b>
1. De la nécessité du référentiel	1
2. Vitesse d'un point matériel	5
3. Accélération d'un point matériel	9
4. Récapitulatif	11
5. Exemples de mouvements	12
<i>À retenir</i>	18
<i>Exercice d'application avec solution détaillée</i>	19
<i>Exercices</i>	20
<i>Solutions</i>	23
<b>CHAPITRE 2. CHANGEMENTS DE RÉFÉRENTIELS</b>	<b>29</b>
1. Mouvements d'un référentiel par rapport à un autre	29
2. Étude de la vitesse	34
3. Étude de l'accélération	41
<i>À retenir</i>	43
<i>Exercice d'application avec solution détaillée</i>	44
<i>Exercices</i>	47
<i>Solutions</i>	51
<b>CHAPITRE 3. LOIS DE NEWTON ET RÉFÉRENTIELS GALILÉENS</b>	<b>57</b>
1. Principe d'inertie : première loi de Newton	57
2. Principe de la dynamique : deuxième loi de Newton	62
3. Actions réciproques : troisième loi de Newton	65
4. Les forces	66
5. Applications	72
<i>À retenir</i>	77
<i>Exercices d'application avec solution détaillée</i>	78
<i>Exercices</i>	83
<i>Solutions</i>	86
<b>CHAPITRE 4. TRAVAIL, PUISSANCE, ÉNERGIE</b>	<b>93</b>
1. Travail d'une force	93
2. Exemples de calcul du travail	95
3. Puissance d'une force	98
4. Énergie	98
5. États liés d'un système mécaniquement isolé	104
<i>À retenir</i>	107

<i>Exercices d'application avec solution détaillée</i>	109
<i>Exercices</i>	121
<i>Solutions</i>	121
<b>CHAPITRE 5. OSCILLATEURS MÉCANIQUES</b>	<b>125</b>
1. L'oscillateur harmonique	125
2. Équation différentielle	127
3. Exemples d'oscillateurs harmoniques	128
4. Étude énergétique des oscillateurs	130
5. Oscillateur mécanique amorti par frottements visqueux	132
6. Analogie électrique	137
7. Oscillateur amorti par frottement solide	137
8. Portrait de phase d'un oscillateur	141
<i>À retenir</i>	143
<i>Exercices d'application avec solution détaillée</i>	144
<i>Exercices</i>	152
<i>Solutions</i>	153
<b>CHAPITRE 6. OSCILLATIONS FORCÉES, RÉSONANCE</b>	<b>155</b>
1. Oscillations forcées	155
2. Solution de l'équation différentielle	158
3. Transfert de puissance	163
4. Facteur de qualité	165
<i>À retenir</i>	166
<i>Exercices d'application avec solution détaillée</i>	167
<b>CHAPITRE 7. INTERACTION GRAVITATIONNELLE</b>	<b>175</b>
1. Attraction universelle	175
2. Champ de gravitation terrestre	177
3. Énergie potentielle de gravitation	179
4. Applications	181
<i>À retenir</i>	185
<b>CHAPITRE 8. RÉFÉRENTIELS NON GALILÉENS</b>	<b>187</b>
1. Introduction	187
2. Loi de la dynamique dans un référentiel non galiléen	188
3. Exemples d'application	189
4. Dynamique terrestre	197
<i>À retenir</i>	209
<i>Exercices d'application avec solution détaillée</i>	209
<i>Exercices</i>	219
<i>Solutions</i>	221
<b>CHAPITRE 9. SYSTÈMES À DEUX CORPS</b>	<b>227</b>
1. Éléments cinétiques	227
2. Référentiel du centre de masse	229
3. Relation fondamentale de la dynamique	232
4. Propriétés du mouvement	236
<i>À retenir</i>	241

<i>Exercices d'application avec solution détaillée</i>	242
<b>CHAPITRE 10. TRAJECTOIRES D'UN SYSTÈME À DEUX CORPS</b>	<b>253</b>
1. Rappels	253
2. Équation polaire de la trajectoire : Formule de Binet.	254
3. Résolution de la formule de Binet	256
4. Étude des trajectoires	257
5. Étude énergétique	260
6. Trajectoires elliptiques : lois de Kepler	261
<i>À retenir</i>	265
<i>Exercices d'application avec solution détaillée</i>	265
<i>Exercices</i>	274
<i>Solutions</i>	277
<b>ANNEXE 1. RAPPEL DES OUTILS MATHÉMATIQUES</b>	<b>283</b>
1. Scalars et vecteurs	283
2. Composantes d'un vecteur	286
3. Produit scalaire	288
4. Produit vectoriel	290
5. Dérivation vectorielle	293
6. Différentielle d'une fonction	294
7. Vecteur gradient d'une fonction	302
8. Intégrales et primitives	304
9. Intégrales vectorielles	306
<b>ANNEXE 2. INTRODUCTION À LA MÉCANIQUE CÉLESTE</b>	<b>309</b>
1. Historique	309
2. Définitions	311
3. La Voie Lactée	312
4. Le Système Solaire	313
5. La définition du temps	316
6. Temps et repérage de la longitude des étoiles	318
7. Repérage de l'altitude du Soleil au cours de l'année	321
<i>À retenir</i>	322
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>325</b>
<b>INDEX</b>	<b>326</b>