

Table des Matières

	Énoncé Page	Solution Page
Mécanique du point		
1. Pour bien intégrer...	7	23
2. Chien et chat	7	24
3. Mouvement d'une barre	8	24
4. Modèle cinématique de la gravitation	8	25
5. La roue floue	9	26
6. La chasse au canard	9	26
7. Unicité de la vitesse angulaire d'un solide	9	27
8. La roue carrée	10	27
9. Mouvement circulaire au temps de Newton	11	28
10. Fil enroulé sur une courbe plane	11	29
11. Portée d'un projectile	12	29
12. Portée d'un missile mer-mer	13	30
13. L'oscillateur harmonique	13	30
14. Frottement fluide	13	31
15. Un tour de force...	13	31
16. Le pendule pas si simple...	14	32
17. Pendule de grande longueur	14	33
18. Pendule dans un tunnel à l'intérieur de la terre	14	33
19. Oscillations sur une cycloïde	15	34
20. Cycloïde et optique géométrique	15	34
21. Piste de roller	15	34
22. Chocs élastiques	16	35
23. Mouvement d'une particule chargée	16	35
24. Ressort de longueur propre nulle	16	36
25. Association de ressorts de longueur nulle	16	36
26. Gravitation et ressort de longueur nulle	16	36
27. Profil d'équilibre d'un ressort de longueur nulle	17	37
28. Le pendule de Foucault	18	37
29. Effet Coriolis à la maison	18	38
30. Déviation vers l'est ou vers l'ouest ?	18	38
31. Stabilité dans un référentiel tournant sans Coriolis	18	39
32. Stabilité avec Coriolis	19	40
33. Énergie potentielle $E_p = kxy$	19	41
34. Énergie potentielle $E_p = 1/2k(x^2+4y^2 +\lambda z^2)$	20	42
35. Force centrale et orbite circulaire	20	42
36. Force centrale et trajectoire rectiligne ?	20	43
37. Force en $-r^{-4}$	20	44
38. Force centrale et chocs élastiques	21	45
39. Oscillateur non harmonique	21	45
40. Oscillateur non harmonique et série de Fourier	22	46
41. Chute d'une goutte d'eau dans un nuage	22	46
42. Frottement et fusion d'un glaçon	22	47
	Énoncé Page	Solution Page
Gravitation		
43. Transfert de masse	49	69
44. Énergie et grand axe	49	69
45. Propriété des points du petit axe	49	69
46. Chute de la Terre sur le Soleil	49	70
47. Rotation du vecteur vitesse	50	70
48. Orbite d'une comète	50	71
49. Temps de visibilité d'une comète et paramètre	51	72
50. La gravitation en coordonnées cartésiennes	51	72
51. De l'ellipse aux lois de Kepler	52	73
52. Rentrée d'un satellite dans l'atmosphère	52	74

53. Déviation de la lumière par une étoile	53	75
54-58. Chocs en orbite	54	76
59. Orbites fermées	55	78
60. Définition du vecteur excentricité	56	79
61. Portée d'un missile	56	80
62. La fronde gravitationnelle	57	80
63. Excentricité de la Terre après impact d'un astéroïde	57	81
64. Le vecteur d'Hamilton	58	82
65. Vecteur d'Hamilton et hodographe	58	83
66. De l'hodographe à la trajectoire	58	83
67. Naufragé de l'espace : les équations du mouvement	59	84
68. Naufragé de l'espace : les cas particuliers	60	85
69. Perturbations : méthode du potentiel effectif	60	86
70. Perturbations : méthode du vecteur excentricité	61	87
71. Les points de Lagrange	61	88
72. Énergie gravitationnelle propre	62	91
73. La Terre pulvérisée	62	91
74. Le théorème de Gauss interdit le repos !	63	92
75. Un monde newtonien à deux dimensions	63	92
76. Taille d'une planète abritant la vie	63	93
77. Taille d'un animal	64	94
78. Le théorème du viriel pour une particule	64	94
79. Viriel et oscillateur harmonique	64	95
80. Viriel et gravitation	65	95
81. Viriel, gravitation et frottement	66	96
82. Le théorème du viriel pour un ensemble de particules	66	97
83. Les marées : le phénomène qualitatif	66	98
84. Les marées : périodicité et marnage	67	98
85. Les marées : contributions du Soleil et de la Lune	67	99
86. Marées et météorologie	67	99

	Énoncé	Solution
Mécanique des systèmes	Page	Page
87. Équilibre	101	125
88. Équilibre asymétrique	101	125
89. Les bâtisseurs de cathédrales	102	127
90. Course sur un plan incliné	103	127
91. Variante	103	127
92. Les tonneaux	103	127
93. Course sur un tapis glissant	104	128
94. Course à force constante	105	128
95. Roulement en biais	105	129
96. Palet de hockey : équations du mouvement	106	130
97. Palet de hockey : cas particuliers	107	130
98. Palet de hockey : cas général	107	131
99. Frottement réparti	108	133
100. Double frottement	108	133
101. Le fouet d'Indiana Jones	109	134
102. La forme des bandes de billard	109	134
103. Dynamique au C.I.R : le théorème	110	135
104. Dynamique au C.I.R : première application	110	135
105. Dynamique au C.I.R : deuxième application	110	136
106. C.I.R : une expérience à la maison	111	137
107. Mécanique de la marche	111	137
108. Fardeau sur un plan horizontal	112	138
109. Fardeau sur un plan incliné	112	138
110. Les forces intérieures : le théorème	112	138
111. Les forces intérieures et le Roulement sans glissement	112	139
112. La Bicyclette	113	139
113. Prise d'élan sur une balançoire	114	140
114. Performance d'une voiture démarrage	115	141
115. Véhicule en déséquilibre statique	115	141

116. véhicule en déséquilibre dynamique	115	141
117. Campagne de la prévention routière	116	142
118. Épreuve de code...	116	142
119. 120. Chaîne sur le bord d'une table	116	143
121. Chaîne sur une poulie	117	144
122. Chaîne en boule	117	145
123. Équilibre ?	118	145
124. Pendule surchargé	118	146
125. Oscillateurs couplés	118	146
126. Couplage translation-rotation	120	147
127. Oscillateur de Wilberforce	120	148
128. Le pendule-ressort	121	149
129. Vibrations libres d'une corde fixée aux extrémités	122	150
130. Excitation magnétique d'une corde vibrante	122	151
131. Vibration d'une corde verticale pendante	123	152

	Énoncé	Solution
	Page	Page

Mécanique des fluides

132. Sables mouvants	155	171
133. Eau gazeuse	155	171
134. Glaçon flottant	155	171
135. Poids et poussée d'Archimède	155	172
136. Au pays des Sélénes	156	172
137. Régime permanent	156	172
138. Solides collés dans un fluide	157	173
139. Critère d'incompressibilité	157	173
140. Le théorème de Bernoulli	158	173
141. Pompe à carburant	159	174
142. Transport de bulles	159	174
143. Tente de jardin dans le vent	159	174
144. Surenfacement des bateaux	159	175
145. Une coïncidence ?	159	175
146. Deux fluides en rotation	160	176
147. La fusée à eau	160	177
148. Les taches solaires	161	178
149. Fluide incompressible en rotation	162	179
150. Fluide compressible en rotation	163	179
151. Fluide très peu compressible	163	180
152. Gaz parfait incompressible ?	164	181
153. Rotation d'une barre rigide	164	181
154. Rotation à vitesse angulaire variable	165	182
155. La physique de l'aviron	166	183
156. Les ricochets sur l'eau	167	184
157. Oscillations d'une bulle d'air dans l'eau	168	185
158. Écoulement d'un liquide visqueux sur un plan incliné	169	186

	Énoncé	Solution
	Page	Page

Électromagnétisme

159. Portée d'une interaction	187	209
160. Le potentiel de Yukawa	187	209
161. Équation de Laplace en électrostatique	188	210
162. Analogie thermique	188	212
163. Milieu uniformément polarisé	189	212
164. Cube uniformément polarisé	189	212
165. Mesure de la charge de la Terre	189	213
166. Mesure de la conductivité du sol	190	214
167. Champ magnétique d'un circuit plan	191	214
168. Champ magnétique d'un ruban	191	215
169. Champ magnétique d'une nappe solénoïdale	192	216
170. Champ uniforme et équations de Maxwell	192	216
171. Raisonnement énergétique	192	216
172. B à l'extérieur d'un solénoïde : point de vue qualitatif	193	217

173. Point de vue quantitatif	193	217
174. Charge ponctuelle	194	218
175. Dipôle ponctuel	194	219
176. Énergie géomagnétique	195	219
177. Entretien du géomagnétisme	195	220
178. Inversion du champ magnétique terrestre	195	220
179. Gay-Lussac et le champ magnétique terrestre	195	221
180. Qui veut gagner des millions ?	195	221
181. Impédance itérative et nombre d'or	196	221
182. Suite convergente ?	196	222
183. Pont de Wheatstone	197	222
184. Dipôle équivalent	197	223
185. Énigme électrocinétique	198	224
186. Adaptation d'impédance	198	224
187. Quadripôle d'adaptation	198	224
188. Détermination des composants d'un circuit	198	225
189. Montage déphaseur	199	225
190. Impédance simulée	199	225
191. Filtre réjecteur	199	226
192. Simulation d'un gros condensateur	199	226
193. Mesure de la constante $\mu_0\omega_0$ d'un ampli-op	200	227
194. Gain et bande passante	201	228
195. Synthèse d'un multiplicateur	202	229
196. Opération division de deux tensions	202	229
197. Modulation de fréquence	202	230
198. Mesure d'une énergie	203	230
199. Lévitiation d'un circuit supraconducteur	204	231
200. Tronçonneuse électrique	204	231
201. La loi de Lenz	205	232
202. Inertie électromagnétique	206	234
203. Moment cinétique d'une onde électromagnétique	206	235
204. Plaque de cuisson	207	235

Thermodynamique

	Énoncé Page	Solution Page
205. Une machine à air conditionné	237	263
206. Une pompe à sable	237	263
207. Réacteur de missile subsonique	238	264
208. Cycle frigorifique dans un diagramme entropique	238	264
209. Cycles moteurs	239	265
210. Sources en progression géométrique	239	265
211. Sources en progression arithmétique	239	266
212. Puissance d'un moteur thermique irréversible	239	266
213. Moteur thermique irréversible	240	267
214. Machine frigorifique irréversible	241	267
215. Cycle de Carnot avec frottement mécanique	241	268
216. capacité calorifique généralisée	242	268
217. Une transformation particulière	243	269
218. Lois de Joule à l'ordre n ?	244	270
219. Gaz de photons et diagramme (U, v)	244	270
220. Équation universelle d'une adiabatique réversible	244	271
221. Interprétation d'une dérivée partielle	244	272
222. L'équation d'état du ressort	245	272
223. Clausius et la charge électrique	245	272
224. L'eau liquide	247	274
225. Température, entropie et référentiel	247	275
226. Principe de Gibbs et gaz parfait	248	276
227. Principe de Gibbs et ressort	248	277
228. Chaleur latente de vaporisation	249	278
229. La relation de Duperray	249	278
230. Vaporisation ou liquéfaction ?	249	278
231. Équilibre liquide-vapeur dans le champ de pesanteur	250	279
232. La taille d'une planète	251	280

233. La taille d'un cratère de météorite	251	280
234. La courbe de sublimation à basse température	252	280
235. Équation de la courbe de sublimation	252	281
236. L'oiseau buveur	252	281
237. Qui veut gagner des millions ?	253	282
238. Cerceau sur un sol horizontal	254	282
239. Cerceau sur un plan incliné	254	283
240. Création d'entropie au cours d'un choc	255	284
241. La loi de Laplace	255	285
242. Trajectoire circulaire dont le rayon varie lentement	256	285
243. L'action	256	285
244. Charge dans un champ magnétique variable	256	286
245. Perturbation lente	257	286
246. Taux de production d'entropie dans une résistance	257	286
247. Taux de production d'entropie dans un générateur	257	287
248. Taux de production d'entropie dans un circuit	258	287
249. Thermodynamique et loi des mailles	258	287
250. La source de chaleur géothermique	258	288
251. Le chauffage géothermique	259	288
252. Estimation du temps de cuisson d'un œuf dur	261	288
253. Deux expériences de conduction thermique	261	289

Optique

	Énoncé Page	Solution Page
254. Miroir plan	291	317
255. Dioptré plan	291	317
256. Une propriété des lentilles divergentes	291	317
257. Qui veut gagner des millions ?	292	318
258. Réfraction par un cône	292	318
259. Un instrument d'optique	292	319
260. L'arc-en-ciel en questions	293	319
261. Une lentille mince est un déphaseur	293	321
262. Diffraction à distance finie	294	321
263. Optique géométrique et diffraction	294	322
264. Le photon est-il chargé ?	294	322
265. Les franges de Talbot	295	323
266. Interférométrie et dispersion : le montage	296	325
267. Interférométrie et dispersion : la dispersion	297	326
268. Interférences et diffusion	298	327
269. Holographie d'amplitude	299	327
270. Holographie de phase	299	328
271. Ondes Polarisées	299	328
272. Dilemme : $1+1 = 2$ ou $1+1 = 4$?	300	329
273. Variantes	300	329
274. Densité d'énergie et potentiel vecteur	300	330
275. Application	301	330
276. Analogie avec les cordes vibrantes	301	331
277. Diffraction et flux du champ électromagnétique	301	331
278. Le rayonnement solaire	302	332
279. La pression de radiation	302	332
280. Navigation à voile solaire	303	333
281. Comparaison avec un voyage balistique	304	334
282. Coefficient de Fresnel r_{\perp}	304	334
283. Représentation de r_{\perp} avec une règle et un compas	305	335
284. Coefficient de Fresnel $r_{//}$	305	336
285. Incidence de Brewster	305	336
286. Effet Doppler acoustique	306	337
287. Effet Doppler optique	306	337
288. Impédance électromagnétique	307	337
289. Impédance et dioptré plan	307	338
290. Transmission à travers une couche multidiélectrique	308	338
291. Analogie acoustique	309	339
292. Rayonnement d'un dipôle magnétique	309	340

293. Rayonnement du pulsar SGR 1806-20	310	341
294. Électron en orbite gravitationnelle	310	342
295. Réseau d'antennes	311	342
296. Indice du plasma	312	343
297. Mécanique du photon	312	344
298. Vitesse de phase variable	313	344
299. Entraînement de la lumière	314	345
300. Le ralentissement de la lumière	314	346
Planches d'oral	Énoncé	Solution
	Page	Page
1. Dérive vers l'est ou vers l'ouest ?	349	375
2. Frottement de glissement	349	375
3. Frottement de glissement	350	376
4. Roulement avec ou sans glissement	350	377
5. Frottement fluide	351	378
6. Travail des forces intérieures	351	379
7. Équilibre d'une chaîne inhomogène	351	380
8. Particule chargée dans un champ (E , B)	352	380
9. Particule dans un champ dipolaire	352	381
10. Particule dans un champ coulombien et un champ B	353	382
11. Satellite brisé par effet de marée	353	383
12. Stabilisation d'un satellite par effet de marée	354	383
13. la fusée idéale	354	384
14. Oscillations d'un ballon	355	385
15. Principe d'Archimède	356	386
16. Équilibre d'une étoile	356	386
17. De la difficulté de prendre un bain	356	387
18. Le vent du train	357	387
19. Ondes sur un ressort	357	388
20. Impulsion sur une chaîne pendante	357	388
21. Ondes couplées sur des cordes	358	389
22. Pont de Wheatstone en régime transitoire	358	390
23. Un curieux filtre	359	390
24. La bonne fonction de transfert	359	391
25. Double intégrateur	360	392
26. Oscillateur de Van der Pol	360	393
27. Étude d'un champ magnétique	361	393
28. Étude d'un champ électrique	362	394
29. Loi de Biot et Savart et théorème d'Ampère ?	362	394
30. Analogie entre un champ B et un champ A	363	395
31. Relation entre j et E dans un fil	363	396
32. Lévitiation magnétique d'un dipôle magnétique	364	397
33. Induction électromagnétique	364	397
34. Vecteur de Poynting constant	365	398
35. Milieu diélectrique	365	399
36. Les carrés de Carnot	365	400
37. Transformation monotherme réversible	366	401
38. Changement d'état	366	401
39. Évaporation de photons	367	402
40. Analogie électrostatique-conduction thermique	367	402
41. Conduction thermique	368	403
42. Optique géométrique	368	404
43. Analogie transformateur-instrument d'optique	369	404
44. Expérience de Michelson	369	405
45. Influence de la taille du détecteur en interférométrie	370	406
46. Réseau	370	406
47. Diffraction et équation de Maxwell-Faraday	371	407
48. Les lames anisotropes	371	408
49. Optique géométrique et polarisation	372	409
50. Rayonnement d'un positron	373	409