

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE	I
CHAPITRE PREMIER. — REMARQUES GÉNÉRALES.....	5
1. — Introduction	5
2. — Le rôle des tenseurs et leur utilité.....	5
3. — Quelques exemples de tenseurs.....	7
4. — Le tenseur des efforts en élasticité.....	9
5. — Comment se transforme le tenseur des efforts, lors d'un changement d'axes cartésiens	11
6. — Tenseurs du second ordre; symétrie ou antisymétrie; cas de dégénérescence	13
7. — Qu'est-ce qu'une matrice?	15
8. — Différentes sortes d'espaces de référence : espace vectoriel affine, espace métrique	16
9. — Les diagrammes thermodynamiques, comme exemples de géo- métrie affine	19
CHAPITRE II. — GÉOMÉTRIE VECTORIELLE. DÉFINITION DES TENSEURS.....	23
1. — Les axiomes de la géométrie vectorielle.....	23
2. — Changements d'axes rectilignes	25
3. — Covariance et contravariance (axes rectilignes)	27
4. — Sommations et indices muets.....	29
5. — Vecteur covariant et forme linéaire; espace dualistique....	30
6. — Définition générale d'un tenseur.....	31
7. — Modes de formation des tenseurs; opérations d'algèbre élé- mentaire	33
8. — La multiplication contractée; un critérium du caractère ten- sorial	34
9. — Exemples : force, quantité de mouvement, vitesse.....	36
10. — Distinction entre tenseurs et matrices.....	36
11. — Axes curvilignes	37
12. — Symétrie et antisymétrie.....	39
13. — Exemples de tenseurs antisymétriques formés au moyen de produits de vecteurs; produits extérieurs.....	41
14. — Remarques sur l'emploi des tenseurs de symétrie définie et la règle du § 8.....	43

	Pages
CHAPITRE III. — LES PSEUDO-TENSEURS EN GÉOMÉTRIE VECTORIELLE. DENSITÉS ET CAPACITÉS TENSORIELLES	45
1. — Utilité et rôle des pseudo-tenseurs.....	45
2. — Réduction des tenseurs antisymétriques à des pseudo-tenseurs d'ordre différent; pseudo-scalaires	45
3. — Autre exemple de pseudo-scalaire; densités et capacités scalaires	47
4. — Densités et capacités tensorielles.....	48
5. — Exemple de pseudo-tenseurs; l'élément de volume représente le type des capacités scalaires.....	49
6. — Le tenseur antisymétrique à deux indices, dans l'espace tridimensionnel, se ramène à un pseudo-tenseur.....	50
7. — Résumé des résultats généraux.....	52
8. — Les pseudo-tenseurs redonnent les vecteurs axiaux, pour l'espace euclidien tridimensionnel	54
9. — Méthode générale de formation des pseudo-tenseurs des deux types, capacités ou densités.....	56
10. — Exemples de ces transformations.....	58
CHAPITRE IV. — LES PRINCIPAUX OPÉRATEURS DIFFÉRENTIELS UTILISABLES EN GÉOMÉTRIE VECTORIELLE	59
1. — Introduction	59
2. — Définitions usuelles des opérateurs : gradient, rotationnel, divergence, laplacien Δ	60
3. — Nature des précautions à prendre.....	62
4. — Gradient et rotationnel	63
5. — Sens géométrique du rotationnel pour trois dimensions.....	66
6. — Le rotationnel, pour un nombre quelconque de dimensions..	68
7. — L'opération de divergence	69
8. — Confirmation algébrique du rôle de l'opérateur divergence..	71
9. — La divergence appliquée à des densités, tensorielles d'ordre supérieur à 1	72
10. — Exemples de divergences; autre mode d'écriture.....	73
CHAPITRE V. — POSTULAT DE TRANSPORT PARALLÈLE; DÉRIVÉE COVARIANTE EN GÉOMÉTRIE AFFINE	75
1. — Méthode de H. Weyl.....	75
2. — Postulat de transport parallèle; coordonnées géodésiques....	75
3. — Dérivée covariante d'un vecteur contravariant ou covariant..	78
4. — Dérivée covariante d'un tenseur quelconque.....	80
5. — Dérivées covariantes des pseudo-tenseurs.....	82
6. — Remarques sur les divergences de densités tensorielles d'ordre quelconque	84
7. — Dérivée absolue d'un vecteur; lignes géodésiques.....	85
8. — Le transport d'une quantité à distance finie et les conditions d'intégrabilité	86
9. — Transport d'un tenseur à distance, cas d'intégrabilité.....	87
10. — Transport en circuit fermé d'un tenseur quelconque ou d'un pseudo-tenseur	90
11. — Signification géométrique de ces formules; courbure de l'espace	91
12. — Un espace à courbure nulle est linéaire.....	92

TABLE DES MATIÈRES

367

	Pages
CHAPITRE VI. — GÉOMÉTRIE MÉTRIQUE, ESPACE DE RIEMANN.....	
1. — Définitions élémentaires	94
2. — Définition générale, tenseur métrique fondamental.....	94
3. — Exemples simples; coordonnées curvilignes dans l'espace euclidien à trois dimensions	95
4. — Interprétation des g_{ik} ; leur sens géométrique.....	97
5. — Déplacements d'indices; composantes covariantes ou contravariantes d'un même vecteur ou tenseur; valeur absolue; produit scalaire	100
6. — Sens géométrique de ces opérations; composantes d'un vecteur suivant le contour des axes et projections normales..	104
7. — Espace euclidien tangent; réduction du tableau des g_{ik} à la forme diagonale	106
8. — Comment se transforme le déterminant g lors d'un changement d'axes ?	108
9. — Les expressions $ g ^{\frac{1}{2}}$ et $ g ^{-\frac{1}{2}}$ sont les types des densités et capacités scalaires	109
 CHAPITRE VII. — LES OPÉRATEURS DIFFÉRENTIELS ET LA DÉRIVÉE COVARIANTE EN GÉOMÉTRIE MÉTRIQUE.....	
1. — Extension des formules du chapitre IV.....	111
2. — L'opérateur laplacien Δ	112
3. — Exemples d'application	113
4. — Comparaison entre les notations vectorielles usuelles et les notations tensorielles; différences essentielles des définitions	114
5. — Le problème du transport des étalons de longueur; invariance de jauge	116
6. — Dérivées covariantes en géométrie métrique, dans l'espace de Riemann. Symboles de Christoffel.....	118
7. — Les dérivées covariantes des g^k et du déterminant g sont nulles; toutes les densités ou capacités scalaires ont des dérivées covariantes nulles	120
8. — Conséquences géométriques et signification des règles de transport parallèle. Coordonnées géodésiques.....	122
9. — Propriétés des géodésiques, longueur minima.....	123
10. — Exemples	125
11. — La courbure d'un espace de Riemann. Tenseur de Riemann-Christoffel	129
12. — Le tenseur contracté de Ricci et Einstein et le transport des pseudo-tenseurs en circuit fermé.....	132
13. — Les identités de Bianchi	133
14. — Coordonnées normales de Riemann; un espace à courbure nulle est euclidien	134
15. — Courbure riemannienne; courbure moyenne de Ricci.....	136
 CHAPITRE VIII. — LA MÉCANIQUE RATIONNELLE ET L'EMPLOI DES GÉOMÉTRIES DE RIEMANN	
1. — Utilité de la géométrie de Riemann en mécanique classique..	137
2. — Principe de D'Alembert	138
3. — Equations de Lagrange	140

	Pages
4. — Cas des liaisons indépendantes du temps.....	142
5. — Interprétation géométrique	143
6. — Liaisons indépendantes du temps avec énergie potentielle; comment ramener le problème mécanique à une recherche de géodésiques?	146
7. — Utilisation de géodésiques dans l'espace-temps; allusion à la mécanique relativiste	148
8. — Liaisons holonomes dépendant du temps, ou systèmes de réf- érence en mouvement	150
9. — Les systèmes à liaisons variables; interprétation géométrique dans l'espace-temps	152
10. — Discussion et exemples	154
11. — Principe de moindre action de Lagrange.....	159
12. — Systèmes conservatifs à liaisons holonomes indépendantes du temps	162
13. — La mécanique rationnelle comparée à une optique géométri- que; principe de Maupertuis et principe de Fermat.....	166
14. — Équations de Hamilton; forme générale.....	167
15. — Équations de Hamilton; systèmes conservatifs	170
16. — Discussion et exemples	174
17. — Quelques conséquences et extensions du principe de moindre action	176
18. — Une analogie thermo-dynamique; distinction entre chaleur et travail mécanique	179
19. — Une très lente transformation conduit à la formule de Boltzmann	181
20. — Transformation adiabatique; invariant adiabatique d'Ehren- fest	183
21. — Pressions de radiation	185
 CHAPITRE IX. — LE PASSAGE A LA MÉCANIQUE ONDULATOIRE.....	 188
1. — L'introduction des quanta en physique	188
2. — Énergie, fréquence et masse.....	189
3. — Attribution de la fréquence ν aux ondes de Hamilton, lon- gueur d'onde et quantité de mouvement.....	190
4. — Optique physique et optique géométrique; principe de Fer- mat	193
5. — Formation d'une équation ondulatoire pour la mécanique....	197
6. — Méthode générale de formation de l'équation d'onde, en mécanique de Schrödinger	199
7. — Les règles de commutation	207
8. — Propagation d'un groupe d'ondes; vitesse de phase et vitesse de groupe	203
9. — Groupes d'ondes dans l'espace	206
10. — Groupes d'ondes en mécanique ondulatoire.....	209
 CHAPITRE X. — ÉLASTICITÉ.....	 212
1. — Les tenseurs en élasticité.....	212
2. — Rappel de quelques définitions.....	213
3. — Les tensions élastiques	215
4. — Force résultante sur un élément de volume.....	218
5. — Étude des déformations, en axes cartésiens.....	219

TABLE DES MATIÈRES

369

	<i>Pages</i>
6. — Les déformations, définition générale.....	223
7. — Corps isotrope; invariants de la déformation.....	226
8. — Définition d'une énergie potentielle, pour un solide déformé.....	228
9. — Les coefficients d'élasticité, coefficients de Voigt; notations de Lamé; relations de Cauchy.....	232
10. — Relation entre les forces et les déformations.....	237
11. — Le milieu solide en mouvement; coordonnées d'Euler.....	240
12. — Exemple d'étude d'un corps initialement déformé; rôle d'une pression initiale interne ou externe sur les propriétés élastiques	242
13. — Équations de mouvement en coordonnées de Lagrange; formules de Boussinesq	246
14. — Un principe général de minimum.....	250
CHAPITRE XI. — ONDES ÉLASTIQUES DANS LES SOLIDES.....	251
1. — Propagation des ondes élastiques dans un cristal.....	251
2. — Vibrations propres d'un volume parallélépipédique rectangle; conditions cycliques	255
3. — Réflexion d'une onde élastique sur une paroi plane.....	261
4. — Dénombrement des vibrations propres d'un volume solide limité	264
5. — Étude directe des interférences et ondes stationnaires dans la réflexion sur des miroirs orthogonaux.....	268
6. — Vibrations propres d'un solide, enfermé dans une enceinte parallélépipédique rectangle, à parois rigides lisses.....	273
7. — Influence des termes d'ordre supérieur et perturbations dans la propagation des ondes.....	278
8. — Exemples de ces effets secondaires sur des ondes libres.....	280
9. — Cas des ondes stationnaires	282
10. — Pression de radiation pour les ondes stationnaires.....	284
11. — Le calcul des pressions de radiation par la formule de Boltzmann-Ehrenfest	288
12. — Le tenseur des tensions de radiation dans une onde libre.....	290
13. — Exemples d'application de ces tenseurs.....	292
14. — Valeurs moyennes, pour ondes élastiques complètement diffusées	295
15. — Ondes élastiques dans un fluide; le liquide considéré comme cas particulier des solides	298
16. — Les conditions de mesure des pressions de radiation; pression sur une palette immergée.....	302
17. — Que peut-on dire sur les coefficients d'élasticité A, B, C de la seconde approximation?	305
CHAPITRE XII. — LA THÉORIE DES SOLIDES ET LES QUANTA.....	308
1. — Introduction, analyse de l'agitation thermique des solides..	308
2. — Interprétation de la dilatation thermique des solides.....	309
3. — Vibrations d'une corde à structure discontinue; fréquence limite	312
4. — Diverses extensions possibles; exemple de vibrations d'une file d'atomes	315
5. — Dénombrement des vibrations propres; passage au réseau à deux dimensions	318

TABLE OF CONTENTS

1	General Introduction	1
2	Methodology	10
3	Results	20
4	Discussion	30
5	Conclusion	40
6	References	50
7	Appendix	60
8	Bibliography	70
9	Index	80
10	Summary	90
11	Abstract	100
12	Introduction	110
13	Methodology	120
14	Results	130
15	Discussion	140
16	Conclusion	150
17	References	160
18	Appendix	170
19	Bibliography	180
20	Index	190
21	Summary	200
22	Abstract	210
23	Introduction	220
24	Methodology	230
25	Results	240
26	Discussion	250
27	Conclusion	260
28	References	270
29	Appendix	280
30	Bibliography	290
31	Index	300
32	Summary	310
33	Abstract	320
34	Introduction	330
35	Methodology	340
36	Results	350
37	Discussion	360
38	Conclusion	370
39	References	380
40	Appendix	390
41	Bibliography	400
42	Index	410
43	Summary	420
44	Abstract	430
45	Introduction	440
46	Methodology	450
47	Results	460
48	Discussion	470
49	Conclusion	480
50	References	490
51	Appendix	500
52	Bibliography	510
53	Index	520
54	Summary	530
55	Abstract	540
56	Introduction	550
57	Methodology	560
58	Results	570
59	Discussion	580
60	Conclusion	590
61	References	600
62	Appendix	610
63	Bibliography	620
64	Index	630
65	Summary	640
66	Abstract	650
67	Introduction	660
68	Methodology	670
69	Results	680
70	Discussion	690
71	Conclusion	700
72	References	710
73	Appendix	720
74	Bibliography	730
75	Index	740
76	Summary	750
77	Abstract	760
78	Introduction	770
79	Methodology	780
80	Results	790
81	Discussion	800
82	Conclusion	810
83	References	820
84	Appendix	830
85	Bibliography	840
86	Index	850
87	Summary	860
88	Abstract	870
89	Introduction	880
90	Methodology	890
91	Results	900
92	Discussion	910
93	Conclusion	920
94	References	930
95	Appendix	940
96	Bibliography	950
97	Index	960
98	Summary	970
99	Abstract	980
100	Introduction	990

Copyright © 2000 by [illegible] All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of the publisher.