

Table des matières

Avant-propos	1
Chapitre 1. Objections et réfutations des lois actuelles	5
1.1. Discussion des concepts généraux	5
1.1.1. Choix d'un espace à trois dimensions	5
1.1.2. Loi de Galilée sur la chute libre des corps	6
1.1.3. Rotation uniforme, un mouvement galiléen	6
1.1.4. Invariances de Galilée et de Lorentz	9
1.1.5. Distinction entre vitesse et célérité	10
1.1.6. Espace-temps ou espace et temps ?	11
1.2. Objections sur les équations de la mécanique classique	12
1.2.1. Équations de la mécanique	12
1.2.2. Divergence et rotationnel de l'accélération	14
1.2.3. La relation de Stokes, une hypothèse erronée	15
1.2.4. Des équations non relativistes	17
Chapitre 2. Une autre vision de l'espace et du temps	19
2.1. Le référentiel local de Maxwell	19
2.2. La longueur et le temps	21
2.3. La notion locale de vecteur dans un espace à n dimensions	22
2.3.1. L'exemple du vecteur gravité	24
2.3.2. Précession d'un vecteur	25
2.4. L'accélération, la vitesse et la célérité	26
2.4.1. La limitation des vitesses	28
2.4.2. L'addition des vitesses	29

2.5. Les transformations de Galilée et de Lorentz	30
2.6. La genèse d'une loi unifiée	32
2.6.1. Le principe de parcimonie ou rasoir d'Ockham	32
2.6.2. Extension du principe d'inertie de Galilée à la rotation	33
2.6.3. Interprétation du principe d'équivalence faible	37
2.6.4. Concept d'homologie physique	40
2.7. La masse ou l'énergie	41
2.7.1. L'énergie par unité de masse	42
2.8. Les grandeurs d'une physique unifiée	43
2.8.1. Contexte historique	43
2.8.2. Du système international à l'unification des unités	44
2.8.3. Variables unifiées	44
2.8.4. Potentiels unifiés	46
2.8.5. Courbure des potentiels de la physique	48
2.9. Un modèle à une dimension d'espace et le temps	50
2.9.1. Représentation de l'espace dans les équations de la physique	51

Chapitre 3. Loi du mouvement unifiée 53

3.1. Dynamique des mouvements accélérés	53
3.2. Dynamique des mouvements d'expansion et de rotation uniformes	54
3.3. Cinématique des mouvements en mécanique discrète	58
3.3.1. Mouvements non accélérés	58
3.3.2. Mouvements accélérés	60
3.4. Lois de conservation de l'énergie de compression et de rotation	61
3.5. Loi de conservation de l'énergie totale	64
3.6. Principe d'inertie	66
3.6.1. Les termes non linéaires de l'inertie	66
3.6.2. L'inertie comme la courbure du potentiel de Bernoulli	68
3.6.3. Inertie de deux mouvements superposés	71
3.6.4. Cas d'un mouvement de rotation uniforme	72
3.7. Décomposition de Helmholtz-Hodge	73
3.7.1. Décomposition de Helmholtz-Hodge de l'accélération	73
3.7.2. Décomposition de Helmholtz-Hodge de la vitesse	75
3.7.3. Orthogonalité de la décomposition	76
3.8. Propriétés de la loi du mouvement	78
3.8.1. Une loi relativiste	78
3.8.2. Une loi locale sans limites	79
3.8.3. Dissipation des énergies de compression et de cisaillement	80
3.9. Couplages, interaction des potentiels	81
3.9.1. Propriétés des milieux	81
3.9.2. Loi du mouvement unifiée	83
3.9.3. Loi du mouvement et potentiels sources	84

Chapitre 4. Conséquences de la loi du mouvement	87
4.1. Principe d'équivalence faible revisité	87
4.1.1. L'exemple de la chute d'un corps hétérogène	87
4.1.2. Violation du principe d'équivalence faible	89
4.2. Limitation des vitesses	93
4.2.1. Mouvement de translation uniformément accéléré	93
4.2.2. Mouvement de rotation uniformément accéléré	98
4.3. Advection	99
4.4. Formes locales primale et duale de la loi de Bernoulli	100
4.4.1. Une équation du mouvement pour les écoulements incompressibles de fluide visqueux	103
4.5. Invariances et théorème de Noether	105
4.6. Absence de lois constitutives	109
 Chapitre 5. Mécanique des fluides	 111
5.1. L'inertie, un concept au cœur de la mécanique	111
5.1.1. Signification physique de $\mathcal{L} = \mathbf{V} \times \nabla \times \mathbf{V}$	113
5.1.2. L'exemple d'un vecteur de l'espace à trois dimensions	115
5.1.3. Propriété intrinsèque $\mathbf{v} \perp \nabla \times \mathbf{v}$	116
5.1.3.1. Déclaration	116
5.1.3.2. Preuve	116
5.1.4. Application à l'inertie des équations de Navier-Stokes	120
5.1.5. Les conséquences	121
5.1.6. Une solution stationnaire	122
5.2. Mécanique des fluides incompressible	124
5.2.1. Une équation unifiée du mouvement des fluides	125
5.2.2. Écoulement de Poiseuille	127
5.2.3. Vortex de Taylor-Green	128
5.2.4. Rôle du vortex-stretching sur tourbillon de Taylor-Green	134
5.3. Écoulements diphasiques	137
5.3.1. Modélisation de l'accélération capillaire	137
5.3.2. Courbure géométrique	139
5.3.3. Estimations classiques des normales et des courbures	140
5.3.4. La courbure en mécanique discrète	142
5.3.5. Énergie de surface	145
5.3.6. Une tension superficielle intrinsèque anisotrope	147
5.3.7. Une équation du mouvement basée sur l'accélération capillaire	148
5.3.8. Ascension capillaire entre deux plans	151
5.3.8.1. Modèle physique	151
5.3.8.2. Simulation numérique directe	154
5.4. Écoulements compressibles	157
5.4.1. Analyse des redondances des équations d'Euler	157

5.4.2. Proposition d'une alternative aux équations d'Euler	160
5.4.3. Conditions de Rankine-Hugoniot	162
5.4.4. Discontinuités de surface et de choc	163
5.4.5. Quelques cas tests élémentaires	165
5.4.6. Propagation d'une discontinuité de surface	166
5.4.6.1. Équilibre d'une colonne de gaz	169
5.4.6.2. Injection d'un gaz parfait dans une cavité	172
5.4.6.3. Tube à choc de Sod	175

Chapitre 6. Interactions fluide-structure et milieux poreux 179

6.1. Équation du mouvement d'un solide	180
6.2. Conditions de raccordement	183
6.3. Quelques exemples	186
6.3.1. Couplage monolithique fluide-solide sur un exemple simple . . .	186
6.3.2. Cisaillement périodique d'une couche fluide-solide	189
6.4. Autres lois constitutives	192
6.4.1. Propriétés relatives à la compression	192
6.4.2. Solide indéformable	193
6.4.3. Modèle viscoélastique	194
6.4.4. Fluide à seuil	195
6.5. Milieux poreux	195
6.5.1. Description physique des écoulements en milieux poreux	195
6.5.2. Approche discrète des écoulements en milieux poreux	197
6.5.3. Loi de Darcy	200
6.5.4. Traitement de l'anisotropie des milieux	203
6.5.5. Loi de Darcy-Forchheimer	203
6.5.6. Écoulement dans un canal de section variable	206

Chapitre 7. Transfert de chaleur 209

7.1. Introduction	209
7.2. Analyse des équations du transfert de chaleur	210
7.3. Une loi alternative de propagation de la chaleur	214
7.3.1. Le référentiel local de Maxwell	214
7.3.2. Modélisation du transfert par rayonnement	216
7.3.3. Modélisation du transfert par diffusion	219
7.4. Une loi du transfert discret	221
7.4.1. Équivalence des lois discrètes	221
7.4.2. Une loi du mouvement unifiée	223
7.4.3. Advection	225

7.4.4. Anisotropie, polarisation	226
7.4.5. Changement de phase	228
7.4.6. Une équation relativiste	230
7.4.7. Une réduction du nombre de variables	231
7.5. Cas tests	232
7.5.1. Transfert radiatif entre deux cylindres	233
7.5.2. Diffusion de la chaleur dans un milieu conducteur	234
7.5.3. Problème de Stefan pour un changement de phase de type fusion	236
7.5.4. Simulation de la fusion en formulation discrète	238
7.5.5. Condensation dans une cavité sous-refroidie	240
7.5.6. Condensation à température imposée	242
7.5.7. Condensation dans un système anisotherme	243

Chapitre 8. Électromagnétisme 247

8.1. Introduction	247
8.2. Quelques remarques sur les équations de Maxwell	248
8.2.1. Le modèle de Maxwell	248
8.2.2. Les équations de Maxwell en termes de potentiels	250
8.2.3. Non-existence des monopôles	251
8.3. Une loi alternative de propagation des ondes électromagnétiques	251
8.3.1. Le référentiel local de Maxwell	252
8.3.2. Modélisation des courants	253
8.3.3. La loi discrète du mouvement	259
8.3.4. Inertie et accélération de Lorentz	261
8.3.5. Conservation des charges	263
8.3.6. Équations en termes de potentiels	264
8.3.7. Une équation relativiste	265
8.3.8. L'existence potentielle de monopôles	266
8.3.9. Une réduction drastique du nombre de variables	268
8.3.10. Différences et convergences	269
8.4. Quelques exemples	271
8.4.1. Champ magnétique créé par un fil de longueur infinie	271
8.4.2. Champ magnétique autour d'un aimant permanent	273
8.4.3. Courants induits dans un conducteur cylindrique	274
8.4.4. Bobine d'électro-aimant	276
8.4.5. Un cas de lévitation électromagnétique	278
8.5. Propagation de la lumière	282
8.5.1. Équation de la propagation de la lumière	282
8.5.2. Interférences produites par deux sources ponctuelles cohérentes	283
8.5.3. Réfraction d'une onde monochromatique polarisée	284

Chapitre 9. Relativité, gravitation	287
9.1. Une alternative à la théorie de la relativité	287
9.1.1. Équation relativiste alternative	288
9.2. Dualité onde-énergie	289
9.3. La vitesse des photons	293
9.3.1. L'énergie des photons en théorie de la relativité	293
9.3.2. L'énergie des photons en mécanique discrète	294
9.4. Gravitation	297
9.4.1. Des principes physiques revisités	297
9.4.2. Loi universelle de la chute des corps avec ou sans masse	299
9.4.3. Création de l'énergie des corps	302
9.4.4. Mécanisme d'accrétion des étoiles	304
9.5. Deux exemples emblématiques	307
9.5.1. L'accélération gravitationnelle comme un terme source	307
9.5.2. Lentille gravitationnelle	308
9.6. Décalage gravitationnel vers le rouge	310
9.7. Quantification	315
9.7.1. Notion de spin	315
9.7.2. Une potentielle unification	318
 Liste des symboles	 321
 Bibliographie	 327
 Index	 339