
Table des matières

Avant-propos	9
Chapitre 1. Introduction	13
1.1. Généralités	13
1.2. Introduction	14
Chapitre 2. Les bases du modèle	19
2.1. Référentiels et mouvements uniformes	19
2.2. Notion de milieu discret	21
2.2.1. Vecteurs et composantes	23
2.2.2. Signification physique des opérateurs différentiels	25
2.2.2.1. Gradient d'un scalaire	25
2.2.2.2. Rotationnel primal d'un vecteur	25
2.2.2.3. Divergence d'un vecteur	25
2.2.2.4. Rotationnel dual d'un vecteur	26
2.2.3. Utilisation des théorèmes de la géométrie différentielle	26
2.2.4. Deux propriétés essentielles	28
2.2.5. Quantités tensorielles	31
2.2.6. Les potentiels scalaire et vectoriel	33
2.3. Les caractéristiques physiques	34
2.4. Etat de contrainte à l'équilibre	35
2.4.1. Deux exemples d'équilibre mécanique	37
2.5. Non-équilibre thermodynamique	39
2.5.1. Forces et flux	41
2.6. Conservation de la masse	41

Chapitre 3. Conservation de la quantité de mouvement	45
3.1. Classification des forces	45
3.1.1. Les forces de surface	46
3.1.2. Les forces de volume	46
3.2. Trois expériences fondatrices	46
3.2.1. Equilibre d'un verre d'eau	47
3.2.2. Ecoulement de Couette	53
3.2.3. Ecoulement de Poiseuille	56
3.3. Postulats	59
3.4. Modélisation des forces de pression	60
3.5. Modélisation des efforts visqueux	63
3.5.1. Modélisation des effets visqueux de volume	64
3.5.2. Modélisation des effets visqueux de surface	65
3.5.3. Etat de contrainte	67
3.6. Objectivité	69
3.7. Equation du mouvement discrète	71
3.7.1. Loi fondamentale de la dynamique	71
3.7.2. Remontée eulérienne	76
3.7.3. Equilibre mécanique	77
3.8. Formulation en masse volumique et température	80
3.9. Paramètres de similitude	82
3.9.1. Impact à la surface d'un liquide	86
3.10. Milieux hypercompressibles	88
Chapitre 4. Conservation du flux et de l'énergie	91
4.1. Introduction	91
4.2. Conservation du flux	92
4.3. Conservation de l'énergie	94
4.3.1. Conservation de l'énergie totale	94
4.3.2. Conservation de l'énergie cinétique	95
4.3.3. Conservation de l'énergie interne	96
4.4. Equations discrètes du flux et de l'énergie	97
4.5. Un simple problème de conduction de la chaleur	98
4.5.1. Cas des matériaux anisotropes	100
Chapitre 5. Propriétés des équations discrètes	103
5.1. Un système d'équations et de potentiels	103
5.2. Physique représentée	105
5.2.1. Ecoulement de Poiseuille et potentiels	107
5.2.2. Célérité et vitesse limite	108
5.2.3. Remarques sur la turbulence	109

5.3. Conditions aux limites	110
5.3.1. Surface de contact	110
5.3.2. Onde de choc	112
5.3.3. Conditions de bord	114
5.3.4. Glissement	115
5.3.5. Effets capillaires	115
5.3.6. Conditions aux limites thermiques	118
5.4. Pénalisation des potentiels	119
5.5. Milieu continu et milieu discret	122
5.5.1. Différences avec l'équation de Navier-Stokes	122
5.5.2. Dissipation	125
5.5.3. Cas des mouvements rigidifiants	126
5.5.4. Un exemple de dissipation de l'énergie	128
5.6. Décomposition de Hodge-Helmholtz	129
5.7. Approximations	131
5.7.1. Loi de Bernoulli	131
5.7.2. Ecoulement irrotationnel	132
5.7.3. Fluide parfait	133
5.7.4. Ecoulement incompressible	135
5.8. Ondes de gravité	136
5.9. Viscoélasticité linéaire	139
5.9.1. Dissipation visqueuse en milieu viscoélastique	141
5.9.1.1. Milieu visqueux	141
5.9.1.2. Milieu élastique	141
5.9.1.3. Milieu viscoélastique	141
5.9.2. Dissipation des ondes longitudinales en milieu viscoélastique	142
5.9.3. Cohérence avec la mécanique des milieux continus	143
5.9.4. Compression pure	145
5.9.5. Cisaillement pur	145
5.9.6. Fluide de Bingham	148
Chapitre 6. Multiphysique	151
6.1. Extensions à d'autres physiques	151
6.1.1. Couplage milieu fluide, milieu poreux	153
6.2. Ecoulement autour d'un cylindre en milieu infini	154
6.2.1. Modèle de Darcy	155
6.2.1.1. Solution sur ψ	156
6.2.1.2. Solution sur $p(r, \theta)$	157
6.2.2. Modèle de Stokes	158
6.2.3. Modèle de fluide parfait	159
6.2.4. Modèle de Brinkman	160

6.3. Statique des fluides	161
6.3.1. Gaz parfait en évolution isotherme	162
6.3.2. Gaz parfait en évolution adiabatique	163
6.4. Injection d'un gaz dans une cavité	165
6.4.1. Injection isotherme	166
6.4.2. Injection adiabatique	167
6.5. Propagation d'ondes non linéaires	169
6.5.1. Tube à choc de Sod	171
6.6. Thermoacoustique	172
6.6.1. Chauffage d'une cavité d'air	173
6.7. Convection naturelle en cavité fermée	177
6.8. Transport multiconstituant	179
6.9. Modélisation du changement de phase	181
6.10. Opalescence critique	184
6.11. Conclusions sur l'approche multiphysique	186
Annexes. Formulaire	189
Symboles	193
Bibliographie	199
Index	203