

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> . . . . .	1
Abdelghani SAOUAB, Stéphane CHAMPMARTIN et Jaafar KHALID NACIRI	
<b>Chapitre 1. Cinétique de la microséparation de phase dans les gels de polymère interpénétrés</b> . . . . .	7
Mabrouk BENHAMOU	
1.1. Introduction. . . . .	7
1.2. Étude statique de la microséparation de phase . . . . .	9
1.3. Étude cinétique de la microséparation de phase . . . . .	11
1.4. Discussion . . . . .	15
1.5. Bibliographie. . . . .	17
<b>Chapitre 2. La physique des interactions hydrodynamiques</b> . . . . .	19
Stéphane CHAMPMARTIN	
2.1. Introduction. . . . .	20
2.2. Les équations de la mécanique des fluides aux petits nombres de Reynolds . . . . .	22
2.3. La matrice de résistance . . . . .	25
2.4. Sphère en interaction hydrodynamique dans un tube cylindrique . . . . .	26
2.5. Paire de sphères en interaction hydrodynamique. . . . .	34
2.6. Conclusion . . . . .	39
2.7. Bibliographie. . . . .	39

### Chapitre 3. Écoulements de Stokes – Applications aux écoulements autour d'obstacles et aux écoulements dans les milieux poreux . . . . .

Mustapha HELLOU, Mohamed Khaled BOURBATACHE et Franck LOMINÉ

3.1. Introduction. . . . .	41
3.2. Quelques solutions de l'équation de Stokes en écoulement bidimensionnel . . . . .	43
3.2.1. Solution de l'équation de Stokes en coordonnées cartésiennes . . .	44
3.2.2. Solution de l'équation de Stokes en coordonnées polaires . . . . .	46
3.2.3. Solution de l'équation de Stokes en coordonnées elliptiques . . . .	47
3.3. Application aux écoulements autour d'obstacles . . . . .	48
3.3.1. Calcul des coefficients arbitraires des solutions semi-analytiques . . . . .	48
3.3.2. Écoulements dans une jonction de canaux orthogonaux . . . . .	48
3.3.3. Écoulements autour de réseaux d'obstacles circulaires . . . . .	55
3.3.4. Écoulement de Stokes autour d'un obstacle elliptique . . . . .	57
3.4. Application au calcul de la perméabilité de milieux poreux périodiques . . . . .	60
3.4.1. Écoulement bidimensionnel . . . . .	60
3.4.2. Milieux poreux tridimensionnels . . . . .	63
3.5. Conclusion . . . . .	67
3.6. Bibliographie . . . . .	68

### Chapitre 4. Une revue des avancées de la méthode du fluide à seuil (YSM) pour la caractérisation de la distribution de taille des pores des milieux poreux . . . . .

Antonio RODRIGUEZ DE CASTRO, Azita AHMADI-SENICHAULT  
et Abdelaziz OMARI

4.1. Introduction. . . . .	72
4.2. La méthode du fluide à seuil (YSM) . . . . .	74
4.3. Validation expérimentale de la méthode YSM . . . . .	78
4.3.1. Les solutions aqueuses de gomme xanthane comme fluide d'injection dans la méthode YSM . . . . .	78
4.3.2. Dispositif expérimental et procédure . . . . .	80
4.3.3. Milieux poreux non consolidés : empilements de sphères . . . . .	81
4.3.4. Milieux poreux consolidés : expériences sur carotte . . . . .	84
4.4. Signification physique de la dimension des pores caractérisée par YSM . . . . .	84
4.4.1. Modélisation en réseau de pores . . . . .	85
4.4.2. Comparaison des DTP fournies par la YSM, MIP et par imagerie . . . . .	86

4.5. Extension de la méthode YSM aux fractures rugueuses. . . . .	90
4.6. Conclusion . . . . .	95
4.7. Bibliographie. . . . .	96

**Chapitre 5. Instabilités et transition vers la turbulence dans l'écoulement de Couette-Taylor d'un liquide viscoélastique rhéofluidifiant . . . . . 101**

Nourredine LATRACHE, Fayçal KELAI, Olivier CRUMEYROLLE  
et Innocent MUTABAZI

5.1. Introduction. . . . .	102
5.2. Dispositif expérimental et caractérisation physicochimique du polymère . . . . .	105
5.3. Résultats. . . . .	107
5.3.1. Diagramme de stabilité. . . . .	107
5.3.2. Caractérisation des défauts . . . . .	110
5.3.3. Caractérisation du motif des flammes . . . . .	111
5.3.4. Motif des spirales au seuil près des parois . . . . .	112
5.3.5. Discussion des modes de parois à l'aide d'équations complexes de Ginzburg-Landau . . . . .	117
5.3.6. Évolution de la taille occupée par les spirales en fonction de $Ta$ . . . . .	123
5.4. Conclusion . . . . .	123
5.5. Bibliographie. . . . .	123

**Chapitre 6. Application de la méthode WKB à l'étude de stabilité d'écoulements générés par modulation des conditions aux limites à basse fréquence . . . . . 127**

Saïd ANISS et Mouh ASSOUL

6.1. Introduction. . . . .	128
6.1.1. Instabilités des états de base instationnaires . . . . .	128
6.1.2. Modulation gravitationnelle. . . . .	129
6.1.2.1. Modulation gravitationnelle de la convection de Rayleigh-Bénard . . . . .	129
6.1.2.2. Modulation gravitationnelle d'écoulement sur plan incliné . . . . .	129
6.1.3. Modulation des conditions aux limites . . . . .	129
6.1.4. Modulation des conditions aux limites en géométrie de Taylor-Couette . . . . .	130
6.1.5. Modulation des conditions aux limites relatives à la température . . . . .	131

6.1.6. Modulation des conditions aux limites relatives au flux de chaleur imposé en convection de Bénard-Marangoni . . . . .	132
6.1.7. Objectifs du chapitre – Modulation des conditions aux limites à basse fréquence et méthode WKB . . . . .	132
6.2. Application de la méthode WKB à l'étude de l'effet de la modulation en phase et à basse fréquence de la température sur le seuil de convection d'une couche fluide. . . . .	133
6.2.1. Configuration thermique étudiée . . . . .	133
6.2.2. Formulation du problème de stabilité de la solution de base. . . . .	134
6.2.3. Analyse asymptotique WKB en basse fréquence . . . . .	136
6.2.4. Procédure numérique. . . . .	139
6.2.5. Lois asymptotiques du nombre de Rayleigh et du nombre d'ondes critiques en basse fréquence . . . . .	142
6.3. Application de la méthode WKB à l'étude de stabilité de l'écoulement pulsé généré par une oscillation en phase et à basse fréquence, en géométrie de Taylor-Couette . . . . .	144
6.3.1. Configuration d'écoulement étudiée . . . . .	144
6.3.2. Formulation du problème de stabilité linéaire de la solution de base . . . . .	145
6.3.3. Analyse asymptotique pour les basses fréquences – Méthode WKB . . . . .	148
6.3.4. Lois asymptotiques des nombres de Taylor et d'ondes critiques en basse fréquence . . . . .	149
6.4. Conclusion . . . . .	152
6.5. Bibliographie. . . . .	152

**Chapitre 7. Multiplicité des écoulements convectifs dans un espace annulaire horizontal . . . . . 157**

Abdelkader MOJTABI et Marie-Catherine CHARRIER-MOJTABI

7.1. Introduction. . . . .	157
7.1.1. En milieu fluide . . . . .	158
7.1.2. En milieu poreux . . . . .	161
7.2. Formulation mathématique. . . . .	164
7.3. Différentes solutions analytiques obtenues en convection naturelle. . . . .	166
7.4. Solution analytique de l'écoulement convectif pour les faibles espaces annulaires. . . . .	167
7.5. Analyse de la stabilité linéaire de l'écoulement monocellulaire obtenu analytiquement . . . . .	168
7.5.1. Stabilité de cette solution vis-à-vis d'une perturbation axisymétrique en $(r, z)$ . . . . .	170

7.5.2. Étude de la stabilité linéaire de cette solution de base dans le cas limite $\varepsilon \rightarrow 0$ (perturbation 2D axisymétrique en $(x, z)$ ) . . . . .	171
7.5.3. Équations de la stabilité linéaire vis-à-vis de perturbations 2D dans le plan de l'écoulement . . . . .	173
7.6. Conclusion . . . . .	175
7.7. Bibliographie. . . . .	177

## **Chapitre 8. Modélisation des instabilités en mécanique des structures : flambage et plissement . . . . . 179**

Noureddine DAMIL et Michel POTIER-FERRY

8.1. Introduction. . . . .	179
8.2. Approche asymptotique multi-échelle classique des instabilités. . . . .	182
8.2.1. Analyse de la stabilité linéaire . . . . .	183
8.2.2. Approche asymptotique de Landau-Ginzburg . . . . .	184
8.3. Une autre méthode multi-échelle pour la modélisation des instabilités : série de Fourier à coefficients lentement variables . . . . .	186
8.3.1. Nouveaux modèles macroscopiques . . . . .	186
8.3.2. Un modèle avec cinq harmoniques. . . . .	189
8.4. Divers modèles macroscopiques permettant de décrire la formation de motifs d'instabilité . . . . .	192
8.4.1. Conditions aux limites associées aux modèles macroscopiques. . . . .	193
8.4.2. Évaluations numériques des modèles macroscopiques . . . . .	195
8.4.2.1. Une discrétisation par éléments finis . . . . .	195
8.4.2.2. Flambement d'une poutre courte encastrée sous compression uniforme. . . . .	196
8.4.2.3. Flambement d'une poutre longue encastrée sous compression uniforme. . . . .	199
8.5. Une analyse de Fourier à deux échelles en 2D pour l'interaction des instabilités globales-locales dans les structures sandwich . . . . .	201
8.5.1. Le modèle sandwich 2D de départ . . . . .	201
8.5.2. Un modèle sandwich macroscopique 2D . . . . .	202
8.5.3. Interaction entre le flambage global et le plissement local dans les structures sandwich 2D . . . . .	204
8.6. Un modèle réduit basé sur la méthode multi-échelle dans le cas d'un plissement avec une orientation variable . . . . .	206
8.6.1. Cadre de la modélisation macroscopique pour le plissement avec orientations variables . . . . .	206
8.6.2. Exemples numériques et discussions . . . . .	207
8.7. Conclusion . . . . .	215
8.8. Bibliographie. . . . .	216

## Chapitre 9. Utilisation des méthodes électrochimiques pour étudier les phénomènes de transfert pariétaux. . . . . 221

Claude DESLOUIS, Bernard TRIBOLLET, Abdellah ARHALIASS et Jack LEGRAND

9.1. Introduction. . . . .	221
9.2. Principes et définitions . . . . .	224
9.3. Résultats en fluides newtoniens. . . . .	226
9.3.1. Écoulement laminaire et grandeurs moyennes en turbulence . . .	226
9.3.1.1. Disque tournant. . . . .	226
9.3.1.2. Frottement local . . . . .	226
9.3.1.3. Diffusivité de la turbulence . . . . .	227
9.3.1.4. D'une mesure scalaire à une mesure vectorielle, électrodes scindées. . . . .	231
9.3.2. Accès aux grandeurs temporelles hydrodynamiques . . . . .	231
9.3.2.1. Calculs de $\alpha(t)$ à partir de $I(t)$ . . . . .	232
9.3.2.2. Correction de la solution de Lévêque . . . . .	232
9.3.2.3. Méthode inverse . . . . .	233
9.3.2.4. Fonction de transfert – Analyse spectrale . . . . .	235
9.3.2.5. Corrélations spatiales . . . . .	237
9.4. Mesures électrochimiques en milieux non newtoniens . . . . .	239
9.4.1. Les solutions de polymères linéaires à longue chaîne. . . . .	239
9.4.1.1. Comportement rhéofluidifiant . . . . .	239
9.4.1.2. Régime instable : transition « coil $\rightleftharpoons$ stretch ». . . . .	240
9.4.1.3. La réduction de traînée hydrodynamique. . . . .	244
9.4.2. Les solutions de tensioactifs. . . . .	247
9.4.3. Mesures électrochimiques dans d'autres milieux aqueux ou organiques viscoélastiques . . . . .	251
9.4.3.1. Les composés supramoléculaires . . . . .	251
9.4.3.2. Les copolymères peignes amphiphiles . . . . .	251
9.5. Conclusion . . . . .	253
9.6. Bibliographie. . . . .	253

## Chapitre 10. Simulation du procédé d'infusion de résine à l'aide de l'approche multicouche : application à un cas industriel. . . . . 259

Raounak LOUDAD, Abdelghani SAOUAB et Pierre BEAUCHENE

10.1. Introduction. . . . .	259
10.2. Modélisation mathématique . . . . .	262
10.3. Approche numérique . . . . .	263
10.4. Modélisation analytique du VARI 1D . . . . .	265
10.5. Validation du modèle . . . . .	268
10.5.1. Confrontation analytique/numérique. . . . .	268
10.5.2. Validation expérimentale. . . . .	269

---

10.5.2.1. Caractérisation des matériaux. . . . .	269
10.5.2.2. Infusion d'un panneau raidi . . . . .	273
10.5.2.3. Autres validations expérimentales . . . . .	277
10.6. Application industrielle . . . . .	277
10.6.1. Présentation du démonstrateur . . . . .	277
10.6.2. Maillage de la géométrie . . . . .	278
10.6.3. Confrontation résultats numériques et infusion du démonstrateur . . . . .	279
10.7. Conclusion . . . . .	283
10.8. Bibliographie . . . . .	283
<b>Liste des auteurs. . . . .</b>	<b>287</b>
<b>Index . . . . .</b>	<b>289</b>