

Table des matières

Avant-propos	1
Chapitre 1. Modélisation des transferts de chaleur	5
1.1. Les différents modes de transferts de chaleur	5
1.1.1. Introduction et définitions	5
1.1.2. Conduction	7
1.1.3. Convection	9
1.1.4. Rayonnement	10
1.1.5. Stockage de chaleur	12
1.2. Modélisation des transferts de chaleur par conduction	12
1.2.1. L'équation de la chaleur	12
1.2.2. Conduction en régime permanent	14
1.2.3. Conduction en régime variable	24
1.2.4. La méthode des quadripôles	33
1.3. Les propriétés thermiques d'un matériau	41
1.3.1. Conductivité thermique	41
1.3.2. Diffusivité thermique	44
1.3.3. Capacité thermique volumique	45
1.3.4. Effusivité thermique	45
1.3.5. Conclusion	45
Chapitre 2. Outils et méthodes pour la caractérisation thermique	47
2.1. Mesure de la température	47
2.1.1. Thermomètre à colonne de liquide	47

2.1.2. Thermocouple	48
2.1.3. Thermistance.	53
2.1.4. Résistance de platine	53
2.1.5. Détecteur IR	54
2.1.6. Caméra IR	55
2.1.7. Choix d'une méthode de mesure	57
2.1.8. Filtrage des données	59
2.2. Outils pour l'estimation des paramètres	60
2.2.1. Introduction	60
2.2.2. Modélisation quadripolaire	60
2.2.3. Analyse dimensionnelle	65
2.2.4. Étude des sensibilités réduites	67
2.2.5. Méthode d'estimation des paramètres	73
2.2.6. Évaluation de l'erreur d'estimation due au bruit de mesure	76
2.2.7. Les autres sources d'erreurs.	77
2.2.8. Domaine de validité d'un modèle et intervalle de temps d'estimation	84
2.2.9. Choix de l'origine de la température.	90
2.2.10. Conclusion	91

Chapitre 3. Méthodes de régime permanent 93

3.1. Introduction.	93
3.2. Plaque chaude gardée	94
3.2.1. Principe.	94
3.2.2. Hypothèses et modèle	95
3.2.3. Dispositif expérimental	96
3.2.4. Pratique de la mesure.	96
3.3. Plan chaud centré	96
3.3.1. Principe.	96
3.3.2. Hypothèses et modèle	97
3.3.3. Dispositif expérimental	99
3.3.4. Pratique de la mesure.	100
3.4. Ruban chaud	103
3.4.1. Principe.	103
3.4.2. Hypothèses et modèle	104
3.4.3. Dispositif expérimental	107
3.4.4. Pratique de la mesure.	107
3.5. Tube chaud	109
3.5.1. Principe.	109
3.5.2. Hypothèses et modèle	110

3.5.3. Dispositif expérimental	112
3.5.4. Pratique de la mesure.	114
3.6. <i>Cut bar</i>	117
3.6.1. Principe	117
3.6.2. Hypothèses et modèle	118
3.6.3. Dispositif expérimental	119
3.6.4. Pratique de la mesure.	120
3.7. <i>Calibrated tiny hot plate</i> (CTHP).	126
3.7.1. Principe	126
3.7.2. Hypothèses et modèle	128
3.7.3. Dispositif expérimental	130
3.7.4. Pratique de la mesure.	131
3.8. Méthode fluxmétrique	134
3.8.1. Principe	134
3.8.2. Hypothèses et modèle	136
3.8.3. Dispositif expérimental	137
3.8.4. Pratique de la mesure.	138
3.8.5. Variante à haute température : méthode CFM	139

Chapitre 4. Méthodes transitoires flux/température 145

4.1. Introduction.	145
4.2. Plan chaud infini.	145
4.2.1. Principe	145
4.2.2. Hypothèses et modèle	146
4.2.3. Dispositif expérimental	149
4.2.4. Pratique de la mesure.	150
4.2.5. Montage asymétrique.	153
4.3. Plan chaud asymétrique fini	156
4.3.1. Mesure d'une température.	156
4.3.2. Mesure de deux températures	159
4.4. Fil chaud	162
4.4.1. Principe	162
4.4.2. Hypothèses et modèle	163
4.4.3. Dispositif expérimental	166
4.4.4. Pratique de la mesure.	166
4.5. Fil chaud parallèle	172
4.5.1. Principe	172
4.5.2. Hypothèses et modèle	173
4.5.3. Dispositif expérimental	176
4.5.4. Pratique de la mesure.	178

4.6. Fil chaud parallèle anisotrope	179
4.6.1. Principe	179
4.6.2. Hypothèses et modèle	180
4.6.3. Dispositif expérimental	182
4.6.4. Pratique de la mesure.	184
4.7. Flash 1D.	185
4.7.1. Principe.	185
4.7.2. Hypothèses et modèles.	189
4.7.3. Méthodes d'estimation de la diffusivité	203
4.7.4. Dispositifs expérimentaux.	210
4.8. Flash 3D.	219
4.8.1. Principe.	219
4.8.2. Hypothèses et modèle	220
4.8.3. Méthode d'identification.	223
4.8.4. Exemple de dispositif expérimental	226
4.8.5. Pratique de la mesure.	230
4.9. <i>Hot disk</i>	235
4.9.1. Principe.	235
4.9.2. Hypothèses et modèle	235
4.9.3. Dispositif expérimental	240
4.9.4. Étude expérimentale	241
4.10. Ruban chaud	244
4.10.1. Principe	244
4.10.2. Hypothèses et modèle.	246
4.10.3. Dispositif expérimental.	251
4.10.4. Pratique de la mesure	252
4.11. Méthode 3ω	259
4.11.1. Principe	259
4.11.2. Hypothèses et modèle.	260
4.11.3. Dispositif expérimental.	262
4.11.4. Pratique de la mesure	263
4.12. Calorimétrie.	265
4.12.1. Calorimètre différentiel.	265
4.12.2. Calorimètre à chute	268

Chapitre 5. Méthodes transitoires température/température 271

5.1. Introduction.	271
5.2. Tricouche plan	275
5.2.1. Principe.	275
5.2.2. Hypothèses et modèle	277

5.2.3. Dispositif expérimental	281
5.2.4. Pratique de la méthode	282
5.3. Tricouche cylindrique	284
5.3.1. Principe	284
5.3.2. Hypothèses et modèle	286
5.3.3. Dispositif expérimental	294
5.3.4. Pratique expérimentale	295
5.4. Méthode de l'ailette transitoire	298
5.4.1. Principe	298
5.4.2. Hypothèses et modèle	299
5.4.3. Dispositif expérimental	301
5.4.4. Pratique de la mesure	302
5.5. Méthode 4L	303
5.5.1. Principe	303
5.5.2. Hypothèses et modèle	304
5.5.3. Méthode d'estimation	308
5.5.4. Dispositif expérimental	309
5.5.5. Pratique de la mesure	310
Chapitre 6. Choix d'une méthode adaptée	313
6.1. Conseils de mesure	313
6.1.1. Combien de mesures ?	313
6.1.2. Régime permanent ou régime transitoire ?	314
6.1.3. Cas d'un milieu humide	315
6.1.4. Cas d'un milieu semi-transparent	316
6.2. Choix d'une méthode	318
6.2.1. Solide consolidé	319
6.2.2. Liquides	321
6.2.3. Poudres	321
6.2.4. Échantillons de petite taille	322
6.2.5. Échantillons de faible épaisseur	322
6.2.6. Mesure à haute température	322
Chapitre 7. Analogie entre les différents transferts	325
7.1. Diffusion de la chaleur par conduction	325
7.2. Diffusion de la vapeur d'eau	326
7.3. Écoulement d'un gaz dans un milieu poreux	328
7.4. Analogie entre les différents transferts	329

Chapitre 8. Mesure des propriétés de transport des milieux poreux	333
8.1. Sorptivimétrie	333
8.1.1. Définitions	333
8.1.2. Isothermes de sorption	335
8.1.3. Caractéristiques physiques déductibles des isothermes.	340
8.1.4. Méthodes de mesure	352
8.2. Coefficient de diffusion de la vapeur d'eau	361
8.2.1. Équations de la diffusion.	361
8.2.2. Méthode de mesure en régime permanent	365
8.2.3. Méthode de mesure en régime transitoire isotherme	369
8.2.4. Méthode de mesure en régime transitoire non isotherme.	380
8.3. Perméabilité	385
8.3.1. Mesure en régime permanent	386
8.3.2. <i>Draw down</i> et <i>Pulse decay</i>	388
8.3.3. <i>Step decay</i>	391
8.3.4. GRI	393
8.4. Porosité	402
8.4.1. Mesure par densité	402
8.4.2. Mesure par pycnométrie	403
8.4.3. Distribution des tailles de pores par porosimétrie thermique	404
 Liste des notations	 411
 Bibliographie	 415
 Index	 427