

Table des matières

Avant-propos	9
Chapitre 1. Construire un modèle pour un problème couplé .	13
1.1. Les équations d'origine des modèles (annexe 1)	14
1.2. Les couches limites	16
1.2.1. Convection forcée	16
1.2.2. Convection naturelle	18
1.3. Bilan thermique d'un « système » et conditions aux limites . .	21
1.4. Sur le problème du refroidissement d'une tasse de thé	23
1.4.1. Equations de bilan	24
1.4.2. Recherche de corrélations des transferts	26
1.4.3. Température de surface fonction de la température moyenne du liquide	27
1.4.4. Température du liquide en fonction du temps	29
1.5. Le baigneur sur la plage	31
Chapitre 2. Détermination approchée de coefficients d'échange	37
2.1. Convection naturelle autour d'une sphère isolée	37
2.1.1. Equations des couches limites en vitesse et température . .	38
2.1.2. Intégration dans l'épaisseur des couches limites	40
2.1.3. Formulation adimensionnelle	44
2.1.4. Résolution numérique	45
2.2. Echanges couplés autour d'une tête de nourrisson couché. . . .	49
2.2.1. Système d'équations	51

2.2.2. Couches limites sur le disque horizontal	52
2.2.3. Couches limites sur les surfaces courbes	53
2.3. Convection forcée autour d'un cylindre	55
2.3.1. Système d'équations	57
2.3.2. Intégration des équations de la couche limite dynamique . .	58
2.3.3. Equation intégrale sans dimension	60
2.3.4. Résolution de la couche limite dynamique au vent	62
2.3.5. Résolution de la couche limite dynamique sous le vent . . .	67
2.3.6. Résolution de la couche limite thermique	69

Chapitre 3. Modèles thermiques humains 73

3.1. Le modèle de Fanger : de la chambre climatique à la norme . .	73
3.1.1. Les paramètres physiques de l'ambiance et de l'homme . .	74
3.1.1.1. La production de chaleur interne ou métabolisme, notée « Met »	75
3.1.1.2. Les pertes convectives	76
3.1.1.3. Les pertes radiatives.	76
3.1.1.4. Le flux de chaleur conduit dans le vêtement	77
3.1.1.5. Le flux évaporatoire.	79
3.1.1.6. Le flux perdu par la respiration.	81
3.1.2. Equation de bilan d'équilibre du modèle Fanger	81
3.1.3. Exemples de qualifications d'ambiance.	84
3.1.3.1. Travail dans un bureau	84
3.1.3.2. Confort dans l'habitat pour une personne au repos . . .	85
3.1.3.3. Salle de spectacle	85
3.1.3.4. Piscine	85
3.1.3.5. Quelques situations particulières en extérieur.	86
3.1.3.6. Le coureur de Marathon	86
3.1.3.7. Température équivalente sans vent	87
3.2. Le modèle de Gagge	88
3.2.1. Un modèle géométrique simple, instationnaire et régulé . .	88
3.2.2. Exemple de réponse du « système-homme » à une variation brusque du métabolisme	90
3.3. Modèle de Stolwijk à 25 nœuds	92
3.4. Modèle thermique d'un nourrisson couché	93
3.4.1. Découpage géométrique	94
3.4.2. Métabolisme et respiration	95
3.4.3. Echanges de la partie dégagée de la tête	96

3.4.4. Conduction entre couches du corps	97
3.4.5. Echanges de chaleur sensible du tronc.	99
3.4.6. Evaporation du tronc.	100
3.4.7. Convection sanguine.	101
3.4.8. Système d'équations	102
3.4.9. Résultats de simulation	103
3.4.9.1. Paramètres.	103
Chapitre 4. Transferts de chaleur et d'humidité dans le vêtement	109
4.1. Du milieu poreux hétérogène au milieu continu du modèle . . .	110
4.2. Diffusion et convection de la chaleur.	112
4.3. Diffusion de la vapeur	114
4.4. Prise en compte de l'eau liée	118
4.5. Diffusion de l'eau liquide	124
4.6. Bilans de masse et d'énergie	132
4.7. Conditions aux limites	134
4.8. Mise en forme pour une résolution numérique	136
4.9. Premier exemple : condensation dans un multicouches	137
4.10. Convection et diffusion.	141
4.11. Prise en compte du rayonnement.	143
4.12. Deuxième exemple : vêtement de pompier	148
4.13. Vêtement traditionnel en climat chaud et sec	151
Annexe 1. Boîte à outils transferts de chaleur et de masse . . .	157
Annexe 2. Air humide.	163
Annexe 3. Flux solaire	167
Bibliographie.	169
Index	173