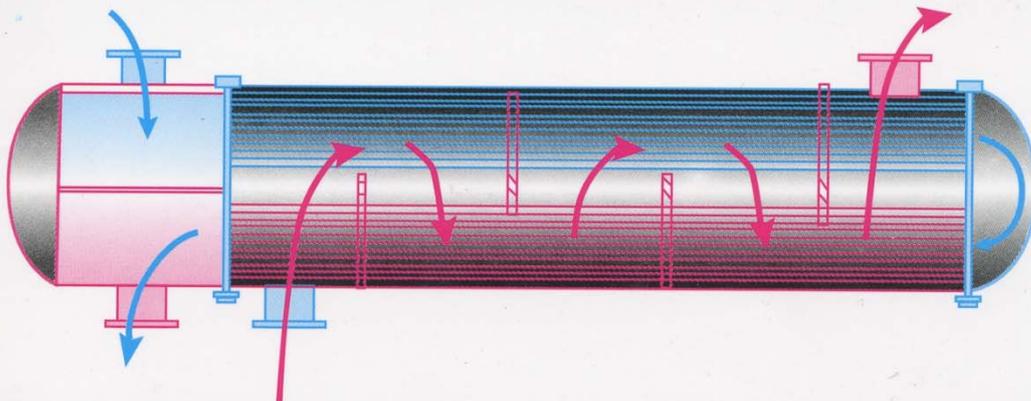


BOUGRIOU Cherif

CALCUL ET TECHNOLOGIE DES ECHANGEURS DE CHALEUR



OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES



2-621-833-1

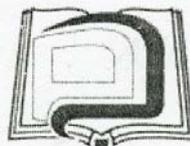
CHERIF BOUGRIOU

Professeur de l'Enseignement Supérieur à l'Université de Batna
Docteur en Transferts Thermiques INSA de Lyon et le Groupement de Recherche
pour les Echangeurs Thermiques du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble



CALCUL ET TECHNOLOGIE DES ECHANGEURS DE CHALEUR

2^{ème} ÉDITION



OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
NOMENCLATURE	9

Premier Chapitre

RAPPELS ET GENERALITES

I- RAPPELS ET GENERALITES	17
I-1. TRANSFERTS THERMIQUES	17
I-1.1. CONDUCTION	17
I-1.2. CONVECTION	21
I-1.3. RAYONNEMENT	22
I-2. FLUIDE CALOPORTEUR	24
I-3. ENCRASSEMENT	25
I-3.1. ENCRASSEMENT PARTICULAIRE	26
I-3.2. ENTARTRAGE	26
I-3.3. ENCRASSEMENT PAR REACTION CHIMIQUE	26
I-3.4. ENCRASSEMENT BIOLOGIQUE	26
I-3.5. CORROSION	26
I-4. COEFFICIENT D'ECHANGE DE CHALEUR GLOBAL	27

Deuxième Chapitre

CLASSIFICATION ET TECHNOLOGIE DES ECHANGEURS

II- INTRODUCTION	33
II-1. DIFFERENTS MODES DE CIRCULATION DANS UN CHANGEUR	33
II-1.1. ECHANGEUR A COURANTS PARALLELES	33
II-1.2. ECHANGEUR A COURANTS CROISES	34
II-2. DIFFERENTS TYPES D'ECHANGES	35
II-2.1. ECHANGE SANS CHANGEMENT DE PHASE	35
II-2.2. ECHANGE AVEC CHANGEMENT DE PHASE	36
II-3. CLASSIFICATION DES ECHANGEURS	36
II-3.1. SUIVANT LE PROCESSUS DE TRANSFERT THERMIQUE	36
II-3.2. SUIVANT LE TYPE TRANSMISSION DE CHALEUR	37

II-3.3. SUIVANT LE CIRCUIT DE FLUIDES	37
II-3.4. SUIVANT LA COMPACITE DE LA SURFACE D'ECHANGE	37
II-3.5. SUIVANT LE TYPE DE CONSTRUCTION	38
II-4. TECHNOLOGIES USUELLES DES ECHANGEURS	38
II-4.1. ECHANGEUR A DOUBLE ENVELOPPE	38
II-4.2. ECHANGEUR A TUBES ET CALANDRE	39
II-4.3. ECHANGEUR A PLAQUES ET JOINTS	41
II-4.4. ECHANGEUR SPIRALE	42
II-4.5. ECHANGEUR A LAMELLAIRES	43
II-4.6. BATTERIE A AILETTES	43
II-4.7. ECHANGEUR A MULTIPASSE	44
II-5. APPLICATIONS USUELLES DES ECHANGEURS	50

Troisième Chapitre

PERFORMANCES THERMIQUES DES ECHANGEURS

III- PERFORMANCES THERMIQUES DES ECHANGEURS	53
III-1. PRINCIPALES TEMPERATURES	53
III-2. TEMPERATURE DE PAROI ET TEMPERATURE MOYENNE	53
III-3. DIFFERENCE TEMPERATURE MOYENNE LOGARITHMIQUE	55
III-4. EVOLUTION DES TEMPERATURES	58
III-4.1. ECHANGEUR ANTI-METHODIQUE	58
III-4.2. ECHANGEUR METHODIQUE	60
III-5. NOMBRE D'UNITE DE TRANSFERT NUT	63
III-6. EFFICACITE D'UN ECHANGEUR	64
III-7. RELATION ENTRE L'EFFICACITE ET LE NUT	64
III-7.1. ECHANGEUR METHODIQUE	65
III-7.2. ECHANGEUR ANTI-METHODIQUE	67
III-7.3. ECHANGEUR DE CHALEUR (1,2)	70
III-7.4. ECHANGEUR (1,N)	77
III-7.5. ECHANGEUR CROISE	78
III-7.5.1. UN FLUIDE BRASSE	80
III-7.5.2. DEUX FLUIDES BRASSES	82
III-7.5.3. DEUX FLUIDES NON BRASSES	83
III-7.5.4. ECHANGEUR A CROISEMENT MULTIPLES	83
III-8. CROISEMENT DES TEMPERATURES	83
III-8.1. ECHANGEUR A CO-COURANT	84

III-8.2. ECHANGEUR A CONTRE COURANT	85
III-8.3. ECHANGEUR (1,2) ET (1,N)	85
III-8.4. ECHANGEUR CROISE	86

Quatrième Chapitre

ASSEMBLAGE D'ECHANGEURS

IV- ASSEMBLAGE D'ECHANGEURS	93
IV-1. ASSEMBLAGE EN SERIE	93
IV-2. ASSEMBLAGE PARALLELE-SERIE	99

Cinquième Chapitre

CALCUL DES ECHANGEURS

V- CALCUL DES ECHANGEURS	105
V-1. ECHANGEUR A TUBES ET CALANDRE	107
V-1.1. ECOULEMENT A L'INTERIEUR DES TUBES	111
V-1.2. ECOULEMENT A L'EXTERIEUR DES TUBES	114
V-1.3. TECHNOLOGIE DES TUBES ET DE LA CALANDRE	120
V-2. ECHANGEURS A AILETTES	123
V-2.1. COEFFICIENT GLOBAL D'ECHANGE	123
V-2.2. EFFICACITE DE L'AILETTE	123
V-2.3. EFFICACITE DE LA SURFACE AILETEE	128
V-2.4. CORRELATIONS DES TUBES A AILETTES	128
V-3. CONDENSEUR	132
V-3.1. TYPES DE CONDENSEURS	133
V-3.2. CALCUL DU CONDENSEUR A TUBES ET CALANDRE	134
V-4. EVAPORATEUR	143
V-4.1. TYPES D'EVAPORATEUR	143
V-4.2. CALCUL DE L'EVAPORATEUR	144
BIBLIOGRAPHIE	149

ANNEXES

Annexe 1: Efficacité d'un échangeur anti-méthodique	153
Annexe 2: Efficacité d'un échangeur méthodique	154
Annexe 3: Coefficient de correction $F_{1,2}$	156
Annexe 4: Efficacité d'un échangeur (1,2)	157

Annexe 5: Efficacité d'un échangeur Croisé: Le fluide brassé commande le transfert	158
Annexe 6: Efficacité d'un échangeur Croisé: Le fluide brassé ne commande pas le transfert	160
Annexe 7: Efficacité d'un échangeur Croisé: Les deux fluides sont brassés	161
Annexe 8: Corrélations usuelles en convection libre: Surfaces isothermes $T_p = \text{constante}$	163
Annexe 9: Corrélations usuelles en convection libre: Densité de flux ϕ constante	165
Annexe 10: Corrélation de convection forcée dans les plaques	166
Annexe 11: Corrélation de convection forcée dans les tubes lisses	167
Annexe 12: Propriétés thermophysiques de l'air sec à la pression atmosphérique	170
Annexe 13: Propriétés thermophysiques de l'eau à la pression atmosphérique	174
Annexe 14: Propriétés thermophysiques de la vapeur d'eau à la pression atmosphérique	179
Annexe 15: Chaleur latente de vaporisation de l'eau	185
Annexe 16: Chaleur latente de vaporisation à la pression atmosphérique	190
Annexe 17: Propriétés physiques de quelques fluides	191
Annexe 18: Propriétés physiques de quelques solides	192
Annexe 19: Système de conversion d'unités légales en unités industrielles	193

