

Pierre Rapin
Patrick Jacquard
Serge Sandre

FORMULAIRE DU FROID

15^e édition

- ❄ Technologie des matériels frigorifiques
- ❄ Automatismes et régulation
- ❄ Applications sectorielles
- ❄ Maintenance et sécurité

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

1 ■ Généralités	1
1.1 Notions de physique.....	1
1.2 Propriétés générales des gaz	19
1.3 Caractéristiques de l'air humide	19

Partie A : PRODUCTION DU FROID

2 ■ Fluides frigorigènes	41
2.1 Introduction	41
2.2 Généralités	51
2.3 Fluides frigorigènes employés dans les installations frigorifiques	52
2.4 Relation température-pression	78
2.5 Récupération des fluides frigorigènes	81
3 ■ Production du froid	113
3.1 Généralités	113
3.2 Réfrigération par évaporation	114
3.3 Machines à compression mécanique.....	115
3.4 Machines à absorption de faible puissance.....	118
3.5 Machines à absorption de moyenne et forte puissances	125
3.6 Réfrigération thermoélectrique	139

Partie B : TECHNOLOGIE DES MATÉRIELS FRIGORIFIQUES

4 ■ Compresseurs et motocompresseurs	147
4.1 Compresseurs alternatifs ouverts	148
4.2 Motocompresseurs hermétiques.....	156
4.3 Motocompresseurs hermétiques accessibles	161

4.4	Motocompresseurs à spirales	165
4.5	Motocompresseurs à vis birotors	167
4.6	Les compresseurs centrifuges	171
4.7	Compresseurs spéciaux	177
4.8	Lubrifiants	178
4.9	Robinets de service	181
5	Condenseurs	185
5.1	Condenseurs à air	185
5.2	Condenseurs ménagers	188
5.3	Condenseurs à eau	188
6	Tours de refroidissement (TAR)	195
6.1	Tours de refroidissement à circuit ouvert	195
6.2	Tours de refroidissement à circuit fermé	198
7	Refroidisseurs secs ou dry-cooler ou aéroréfrigérants	203
8	Condenseurs évaporatifs	207
9	Réglementation et légionella	211
9.1	Rubrique n° 2921 : installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air	211
9.2	Les installations du type circuit primaire fermé	213
9.3	Les installations qui ne sont pas du type circuit primaire fermé	215
9.4	Prescriptions	216
9.5	Déclaration des installations	217
9.6	Legionella	219
10	Évaporateurs	225
10.1	Évaporateurs ménagers	225
10.2	Évaporateurs commerciaux	228
10.3	Dégivrage des évaporateurs	238
11	Appareillages annexes du circuit tuyauteries et robinetterie	243
11.1	Séparateurs d'huile	243
11.2	Réservoirs de liquide	245
11.3	Bouteilles d'aspiration	246
11.4	Filtres	247
11.5	Cartouches filtrantes	249

11.6	Voyants de liquide.....	250
11.7	Clapets de retenue.....	251
11.8	Échangeur de chaleur liquide-vapeur.....	252
11.9	Déshydrateurs	253
11.10	Éliminateurs de vibrations	258
11.11	Silencieux de refoulement.....	259
11.12	Dispositif antipulsatoire	259
11.13	Robinetterie.....	260
11.14	Dispositif de retour et de contrôle de niveau d'huile dans une installation avec plusieurs compresseurs.....	262
11.15	Tuyauteries.....	263

Partie C : AUTOMATISME ET RÉGULATION

12	■ Appareillages principaux d'automatisme	269
12.1	Organes de conduite.....	269
12.2	Organes d'alimentation	270
12.3	Organes de régulation	287
13	■ Appareillages secondaires d'automatisme	311
13.1	Vanne à pression constante	312
13.2	Régulateur de démarrage	313
13.3	Régulateur de capacité	314
13.4	Montage des régulateurs	314
13.5	Vanne magnétique.....	314
13.6	Vannes à eau.....	317
13.7	Variateurs de vitesse pressostatique	319
13.8	Régulation de la pression de condensation	323
14	■ La régulation	325
14.1	Introduction.....	325
14.2	Vocabulaire.....	327
14.3	Principe de la régulation	330
14.4	Les modes de régulation	331
14.5	Méthode de réglage des régulations proportionnelle, proportionnelle intégrale et proportionnelle intégrale dérivée	342
14.6	Quelques exemples de régulation sur les groupes frigorifiques.....	343

Partie D : CONSTRUCTIONS ISOTHERMIQUES BILANS FRIGORIFIQUES

15 ■ Isolants	351
16 ■ Chambres froides	355
16.1 Construction en dur.....	355
16.2 Construction modulable.....	356
16.3 Sécurité et réglementation dans les chambres froides.....	359
17 ■ Bilan frigorifique	361

Partie E : APPLICATIONS DU FROID

18 ■ Réfrigération et congélation	375
18.1 Chaîne du froid.....	375
18.2 Réfrigération.....	375
18.3 Congélation (congélation lente).....	376
18.4 Surgélation (congélation rapide).....	376
18.5 Conservation des denrées à température positive.....	382
18.6 Conditions de conservation des denrées.....	384
18.7 Textes réglementaires.....	394
19 ■ Refroidissement des liquides	399
19.1 Bière et eau.....	399
19.2 Lait.....	409
20 ■ Glace hydrique glace carbonique	415
20.1 Glace hydrique.....	415
20.2 Glace carbonique.....	424
21 ■ Boulangerie-pâtisserie crèmes glacées	425
21.1 Panification.....	425
21.2 Crèmes glacées.....	431
21.3 Machines à Soft Ice.....	436

22	Meubles frigorifiques congélateurs domestiques	439
22.1	Meubles frigorifiques ouverts	439
22.2	Conservateurs.....	443
22.3	Congélateurs domestiques	444
23	Véhicules de transport de denrées périssables	447
23.1	Coefficient de transmission de chaleur	448
23.2	Caractéristiques des véhicules	450
23.3	Accord Transfrigoroute International (1 ^{er} juin 1957).....	453
23.4	Constitution des carrosseries.....	454
23.5	Nature des denrées	456
23.6	Chargement	457
23.7	Réfrigération des engins	457
23.8	Véhicules routiers	462
24	Réfrigérateurs ménagers	463
24.1	Fabrication	463
24.2	Essais de fonctionnement.....	466
24.3	Matières plastiques.....	470
25	Accumulation ou stockage de froid	473
25.1	Généralités	473
25.2	Solutions d'accumulation	475
25.3	Stockage de l'énergie par chaleur sensible	477
25.4	Stockage de l'énergie par chaleur latente	479
25.5	Processus de stockage par chaleur latente.....	481

Partie F : APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES

26	Moteurs	493
26.1	Types de moteurs	493
26.2	Caractéristiques des moteurs électriques	498
26.3	Installation et utilisation des moteurs	503
27	Alimentation électrique d'un moteur	511
27.1	Sectionneurs à fusibles.....	511
27.2	Discontacteurs.....	512
27.3	Relais thermiques.....	512
27.4	Disjoncteur.....	513

27.5	Sectionneur-contacteur-disjoncteur intégral	513
27.6	Anomalies de fonctionnement des discontacteurs	513
28	■ Conducteurs électriques	515
28.1	Densité de courant.....	515
28.2	Détermination de la section des conducteurs.....	515
29	■ Relais	519
29.1	Généralités	519
29.2	Relais de protection et de démarrage	519

Partie G : MISE EN ŒUVRE ET MAINTENANCE

30	■ Montage	525
30.1	Outillage du monteur	525
30.2	Montage sur chantier.....	528
30.3	Réalisation des tuyauteries.....	530
30.4	Sécurité du chantier.....	534
31	■ Mise en service	537
31.1	Pose d'un bipasse	544
31.2	Vérification de l'étanchéité	547
31.3	Mise sous vide d'une installation.....	553
31.4	Charge en fluide frigorigène	555
31.5	Critères de détermination d'une charge optimale	557
31.6	Relevés types	559
31.7	Vérifications après mise en service.....	580
31.8	Réglage d'un détendeur thermostatique.....	580
31.9	Méthode de réglage des pressostats	581
32	■ Dépannage	583
32.1	Causes principales de dysfonctionnement	584
32.2	Dépannage des unités hermétiques	590
32.3	Dépannage des armoires ménagères et des équipements à unités hermétiques.....	592
32.4	Vérification d'ordre électrique	595
32.5	Changement d'un appareil défectueux.....	596
32.6	Intervention sur le compresseur	598
32.7	Récupération des fluides frigorigènes	598

32.8	Changement de fluide	602
33.9	Travail en atelier	614
33	■ Mesure des caractéristiques d'une installation	623
33.1	Rendement volumétrique d'un compresseur.....	623
33.2	Puissance frigorifique.....	624
33.3	Mesure de débits	627
34	■ Maintenance	631
34.1	Analyse du lubrifiant.....	631
34.2	Généralités sur la maintenance	635
34.3	Contrats de maintenance	637
34.4	Exemple : production d'eau glacée.....	643
34.5	Exemple : circuit frigorifique.....	647
34.6	Exemple de planning de maintenance des chambres froides.....	647
35	■ Schémas fluidiques et schémas électriques	657
35.1	Rôle d'un schéma.....	657
35.2	Applications	684
36	■ Évaluation des risques professionnels	695
36.1	Réglementation	695
36.2	Définitions.....	695
36.3	L'évaluation des risques.....	696
36.4	Le document unique.....	697
36.5	Exemple de présentation d'un document unique	698
36.6	L'organigramme de prévention	699
36.7	L'identification des risques	699
36.8	Les symboles de danger des substances dangereuses (SGH)	703
36.9	Les règles à respecter	705

Partie H : ANNEXES

1	• Lexique anglais/français	710
2	• Facteurs de conversion.....	712
3	• Recherche de pannes sur une installation frigorifique	714
Index		717