

AIDE-MÉMOIRE

Froid industriel



- Fluides frigorigènes
- Composants des installations biétagées
- Exemples d'installations
- Pannes et réglages

3^e édition



DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Préface	V
Avant-propos	XVII
Avertissement	XIX
Quelques symboles graphiques utilisés dans l'ouvrage	XX

A

Généralités sur le froid industriel

1	Spécificités du froid industriel	3
2	Les fluides frigorigènes utilisés en froid industriel	5
2.1	Qualités d'un bon fluide frigorigène	5
2.2	Quelques éléments de physiques se rapportant aux fluides frigorigènes	7
2.3	Le R22	11
2.4	Le R134a	14
2.5	Le R404A (FX 70)	16
2.6	Le R407F (Performax LT)	20
2.7	L'ammoniac (NH ₃)	23
2.8	Le dioxyde de carbone (CO ₂)	26
2.9	Étude comparative entre le R404A, le R507, le R717 et le R407F	28

3	* Spécificités de la compression monoétagée	37
4	* Principe de la compression biétagée	41
4.1	Étude comparative entre la compression monoétagée et la compression biétagée	41
4.2	Description succincte d'une machine à compression biétagée	42
4.3	Détermination de la pression intermédiaire	43
4.4	Exemple de machines biétagées disponibles	44
5	* Compresseurs industriels à pistons monoétagés	47
5.1	Principales caractéristiques des compresseurs à pistons monoétagés	47
5.2	Réduction de puissance	49
5.3	Lubrification	53
6	* Compresseurs à vis	59
6.1	Comportement des compresseurs à vis comparativement aux compresseurs à pistons	60
6.2	Principe de fonctionnement des compresseurs à vis	61
6.3	Rendement volumétrique des compresseurs à vis	62
6.4	Compresseurs monovis	63
6.5	Compresseurs bivirus	65
6.6	Réduction de puissance des compresseurs à vis	66
6.7	Suralimentation des compresseurs à vis	71
6.8	Fonctionnement d'un compresseur à vis en dehors des conditions normales de marche	76
6.9	Volume index (V_i) des compresseurs à vis	77
6.10	Lubrification	79
6.11	Exemples de centrales frigorifiques équipées de compresseurs à vis	83
7	* Pompes à fluide frigorigène	87
8	* Différentes technologies possibles des machines industrielles	91
8.1	Installation à compression biétagée sans sous-refroidissement intermédiaire	91
8.2	Installation à compression biétagée avec contrôle de la température de fin de compression du compresseur haute pression par injection de fluide frigorigène à la pression intermédiaire	94

8.3	Installation à compression biétagée avec bouteille intermédiaire à injection partielle sans sous-refroidissement	96
8.4	Installation à compression biétagée avec bouteille intermédiaire à injection partielle avec sous-refroidissement	97
8.5	Installation à compression étagée avec bouteille intermédiaire à injection totale	99
8.6	Installation à compression biétagée à injection totale avec refroidisseur intermédiaire, bouteille séparatrice basse pression et à alimentation par pompe des évaporateurs	101
8.7	Installation à compression biétagée avec production de froid à la pression intermédiaire	103
8.8	Installation comportant plusieurs fluides frigorigènes, appelée « machine en cascade »	105
		109
9	Différentes technologies permettant l'alimentation en fluide frigorigène liquide d'évaporateurs ou de séparateurs	111
9.1	Alimentation en fluide frigorigène liquide à partir d'un régleur manuel et d'un régulateur de niveau à élément thermostatique et pressostatique	111
9.2	Contrôle de niveau par contrôleur électromagnétique	114
9.3	Contrôleur de niveau électronique	115
9.4	Contrôleur de niveau optoélectronique	116
9.5	Contrôle de niveau à partir d'un régulateur modulant à servocommande et flotteur basse pression	117
9.6	Contrôle de niveau à partir d'un régulateur modulant à servocommande et flotteur haute pression	120
10	Comparaison des alimentations sèches et noyées des évaporateurs	125
10.1	Alimentation sèche	125
10.2	Alimentation noyée	127
11	Problèmes d'huile avec les fluides frigorigènes en alimentation de type noyée	131
11.1	Cas où l'huile est moins dense et miscible avec le fluide frigorigène	131
11.2	Cas où l'huile est plus dense et non miscible avec le fluide frigorigène	135

12	* Dégivrages	137
12.1	Dégivrage par les gaz chauds avec différentiel de pression entre les gaz chauds et la ligne liquide	138
12.2	Dégivrage par les gaz chauds sans différentiel de pression	142
12.3	Évaporateur en froid industriel	145
13	* Les Centrales frigorifiques	147
13.1	Généralités	147
13.2	Centrales à plusieurs compresseurs	147
13.3	Régulation	148
13.4	L'huile dans les centrales frigorifiques	150
13.5	Exemple de modularité des centrales frigorifiques	154
13.6	Étude d'une centrale frigorifique existante d'un hypermarché de conception spécifique	155
13.7	Quelques exemples de centrales frigorifiques	159
14	* Régulateurs de pression et vannes	163
14.1	Vannes amont et aval	163
14.2	Vannes à commande directe	165
14.3	Régulateurs frigorifiques à servocommande	165
14.4	Différents pilotages des vannes principales	168
15	* Les fluides frigoporteurs	173
15.1	Généralités	173
15.2	Refroidissement direct	173
15.3	Refroidissement indirect	173
15.4	Avantages des installations à fluide frigopporteur	175
15.5	Inconvénients de la réfrigération indirecte	175
15.6	Les différents types de fluide frigopporteurs	176
15.7	Les circuits frigopporteurs	190
16	* Le CO₂ comme fluide frigorigène	195
16.1	Généralités	195
16.2	Avantages du CO ₂	203
16.3	Inconvénients du CO ₂	203
16.4	Le CO ₂ vis-à-vis de l'eau	204
16.5	Le CO ₂ et l'ammoniac	206
16.6	Dégivrage des installations au CO ₂	209

Cas concrets d'installations

22	* Installation monoétagée à deux températures différentes et à récupération de chaleur	257
22.1	Schéma de principe	257
22.2	Spécificités de l'installation étudiée	257
22.3	Cycle de fonctionnement	259
22.4	Rôle des échangeurs de chaleur	260
22.5	Rôle de la vanne de démarrage	261
22.6	Contrôle de la haute pression minimale	262
23	* Entrepôt frigorifique polyvalent	265
23.1	Fluides utilisés	265
23.2	Schéma de principe	266
23.3	Principe de fonctionnement et description	267
23.4	Cycle frigorifique de principe	271
23.5	Réfrigération des quais	273
24	* Abattoir à volailles	275
24.1	Schéma de principe	275
24.2	Régulation des compresseurs haute pression	277
24.3	Huile des compresseurs haute pression	281
24.4	Étude des condenseurs et des spécificités de la condensation	283
24.5	Bouteille intermédiaire	286
24.6	Bouteille de réserve liquide	290
24.7	Séparateur basse pression	293
24.8	Évaporateurs basse température	296
24.9	Équipement frigorifique des laboratoires	299
24.10	Fabrique de glace écaïlle	299
24.11	Principaux éléments de sécurité	302
25	* Patinoire	307
25.1	Compresseurs	307
25.2	Condensation	307

25.3	Contrôle des niveaux de fluide frigorigène	308
25.4	Évaporateur à plaques	308
25.5	Circuit frigoporteur	309
25.6	Choix du frigoporteur	309
25.7	Schéma de principe	309
25.8	Cycle de fonctionnement sur diagramme enthalpique	311
25.9	Neige produite par la piste de patinage	313
25.10	Composants d'une piste de patinage	315
25.11	Patinoire à ciel ouvert	315
25.12	Projet de remodelage d'une patinoire	316
25.13	Remarques sur les condenseurs évaporatifs	318
26	* Entrepôt frigorifique	323
26.1	Production du froid	323
26.2	Compresseurs	323
26.3	Cycle de fonctionnement et description succincte	325
26.4	Dégivrage	328
26.5	Huile	330
26.6	Refroidissement des halls d'accès	331
27	* La chaîne du froid	333
27.1	Définition	333
27.2	Conséquences de la rupture de la chaîne du froid	333
27.3	Évolution de la chaîne du froid	334
27.4	Réflexion sur le maillon transport	334
27.5	Contrôles de la chaîne du froid	334
27.6	Exemple de chaîne du froid : chaîne du froid des produits aquatiques	335
28	* La chaîne du froid du beurre	341
28.1	Généralités	341
28.2	Les tanks à lait	341
28.3	Collecte du lait	344
28.4	Le lait à la laiterie	344
28.5	Beurrerie	345

29	* La chaîne du froid du saucisson sec	353
29.1	Généralités	353
29.2	Matériel spécifique du fabricant de saucisson : le matériel d'étuvage et de séchage	354
29.3	Étapes de la fabrication	355
29.4	Évolutions psychrométriques	357
29.5	Séchage thermodynamique	359
29.6	Ventilation	360
29.7	Régulation	362
30	* Fabrication de la bière	363
30.1	Constituants de la bière	363
30.2	Fabrication de la bière	363
30.3	Conclusions et remarques	366

C

Cas concrets de pannes et dépannages

31	* Défaut de conception d'un collecteur d'aspiration	371
31.1	Éléments succincts de l'installation	371
31.2	Coups de liquide	371
31.3	Intervention	371
31.4	Constatations et conclusion	372
32	* Défaut de conception de bouteilles séparatrices	373
32.1	Éléments succincts de l'installation	373
32.2	Casse mécanique	373
32.3	Dépannage	374
32.4	Explication	375
32.5	Solutions envisagées et remèdes	375

33	• Défaut de conception de pompes à fluide frigorigène	377
33.1	Éléments succincts de l'installation	377
33.2	Grippage des pompes	377
33.3	Intervention	378
33.4	Constatations et conclusion	380
34	• Arrêt des compresseurs par les pressostats différentiels d'huile	381
34.1	Éléments succincts de l'installation	381
34.2	Coupures	381
34.3	Intervention	382
34.4	Remèdes	384
35	• Évolution des produits	385
35.1	Généralités	385
35.2	Exemple d'évolutions de vannes principales	386
35.3	Nouveaux composants polyvalents	389
36	• Pannes et dépannages électriques	393
36.1	Exemples concrets de pannes	393
36.2	Méthodologie de dépannage	402
Annexe	• Réglementations et normes	405
Index		411

