

PRÉFACE

Les procédés de production du froid de très loin les plus utilisés relèvent d'une technique qui est simple. Il suffit de comprimer une vapeur obtenue à basse température pour que cette vapeur puisse se condenser par rejet de chaleur dans le milieu naturel. Mais si le principe est simple, les machines sont, elles, plus ou moins complexes. Il y a ainsi une somme de savoir insoupçonnée dans un simple réfrigérateur domestique et plus spécialement dans le motocompresseur hermétique. Celui-ci ne peut être réparé et cependant on ne connaît pas encore quelle pourrait être sa durée de vie.

Ceux qui construisent, installent ou entretiennent les machines frigorifiques doivent avoir acquis des connaissances spécifiques.

La formation de spécialistes est assurée en France dans des collèges, des écoles et des lycées techniques : compte tenu de la place prise par le froid et la climatisation dans la vie économique moderne, il n'y a pas de chômage pour les jeunes frigoristes, du moins pour ceux qui ont acquis une compétence suffisante.

D'autre part, il est aussi nécessaire d'actualiser ou de rafraîchir les connaissances de ceux qui sont déjà engagés dans la vie professionnelle. Il s'agit là des actions, d'une très grande importance, de la formation continue et de la formation professionnelle des adultes.

Mais quelle serait l'utilité des années passées dans les classes et les ateliers des établissements d'enseignement, quel serait l'intérêt pratique des stages de formation, si on ne dispose pas d'une documentation écrite – à laquelle on peut à tout instant se référer.

Il s'agit là d'une fonction essentielle qui, dans ma jeunesse, était appelée vulgarisation et qui est devenue aujourd'hui la diffusion des connaissances. Le terme « vulgarisation » est tombé en désuétude, sans doute en raison de sa consonnance déplaisante, alors que son concept signifiait originellement « enseigner au plus grand nombre ».

« **Itinéraire du frigoriste** » répond à ce souci de vulgarisation. Si je devais résumer son objectif en un mot, je dirais qu'il est destiné à aider les professionnels à... ne pas se tromper lors de leurs interventions.

Rédiger un guide est une entreprise malaisée car, s'adressant souvent à ceux qui croient savoir, l'information doit être exacte, tout en étant exprimée en un style clair et dépourvu de termes inutilement savants. De plus, un guide est, par essence, la transmission d'une expérience. Il faut avoir eu nombre de difficultés à surmonter pour être en mesure de donner des conseils utiles et efficaces, que l'on ne trouve que rarement dans les manuels théoriques.

J. Bernier et F. Martin, qui ont acquis cette expérience, se sont justement efforcé de s'adresser familièrement au lecteur et de lui faire « toucher » la réalité technique. Certains chapitres sont rédigés comme une règle du jeu de l'oie : aller à tel paragraphe, puis retourner à tel autre... Il s'agit là d'une forme imagée qui est loin de

celle des ouvrages académiques, mais qui devrait être commode lorsque l'on se trouve sur un chantier et que l'on a à mettre en marche un compresseur ou quand, dans une salle des machines, on se trouve devant un équipement à réparer ou à entretenir.

« **Itinéraire du frigoriste** » vient à point : en effet, la technique du froid est en pleine révolution. Il s'agit dans les quelques années à venir de renouveler complètement nos réflexes et nos habitudes. Les fluides halogénés vont disparaître. Que faire pour prolonger l'exploitation des équipements non encore amortis ? Peut-on ou non remplacer un fluide par un autre ? Et si oui, quelles sont les précautions à prendre et surtout quelles sont les mesures à éviter ?

Prolonger la période de fonctionnement d'une machine est une mesure conservatoire dont l'impact économique est d'autant plus grand qu'il s'agit d'une installation plus récente. De plus, cette mesure est pratiquement la seule qui assure la protection de l'environnement pour le siècle à venir et préserve les conditions de vie du monde d'aujourd'hui.

Sincères félicitations donc à J. Bernier et F. Martin, pour avoir rédigé cet « **Itinéraire du frigoriste** ».

André. GAC

Chapitre 1 - Auscultation d'une installation frigorifique 1

1.1 Mieux comprendre le fonctionnement d'une installation 1

1.1.1) La machine frigorifique à compression : généralités 1

1.1.2) Point de fonctionnement 4

1.1.3) Adaptation du groupe frigorifique aux variations du régime 6

1.1.3.1) *Fonctionnement des condenseurs à air en hiver* 7

1.1.3.2) *Dispositifs de régulation de la pression de condensation* 8

1.1.4) Les périodes d'arrêt : ce qui s'y passe 10

1.1.4.1) *Equilibre des pressions HP et BP* 10

1.1.4.2) *Echanges thermiques avec l'ambiance : les migrations* 11

1.2 L'analyse des organes et de leur sélection 12

1.2.1) Le compresseur 12

1.2.1.1) *Débit volumique aspiré* 12

1.2.1.2) *Conditions nominales et conditions réelles* 13

1.2.1.3) *Robinets de compresseurs* 15

1.2.2) Le condenseur 16

1.2.2.1) *Echanges thermiques* 16

1.2.2.2) *Condenseur à air* 18

1.2.2.3) *Condenseurs à eau* 18

1.2.2.4) *Sous refroidissement du liquide* 20

1.2.3) Le réservoir de liquide 20

1.2.3.1) *Conception du réservoir* 20

1.2.3.2) *Fonctions du réservoir de liquide* 21

1.2.3.3) *Volume du réservoir* 21

1.2.4) Le déshydrateur/filtre 26

1.2.5) Le couple détenteur/évaporateur 27

1.2.5.1) *Echanges thermiques dans l'évaporateur* 27

1.2.5.2) *Alimentation en fluide de l'évaporateur* 29

1.2.5.3) *Le bulbe du détenteur et sa charge* 30

1.2.5.4) *Puissance d'un détenteur* 32

1.2.5.5) *Réglage de la surchauffe* 35

1.2.6) Les tuyauteries 36

1.2.6.1) *Tuyauterie de refoulement* 37

1.2.6.2) *Tuyauterie de condensats* 38

1.2.6.3) *Tuyauterie départ liquide* 38

1.2.6.4) *Tuyauterie d'aspiration* 38

1.2.7) Les pressostats 39

1.2.8) Le dégivrage 41

1.2.9) L'huile 43

1.2.10) Le fluide frigorigène 44

Itinéraire du frigoriste

1.2.11) Le respect des normes de sécurité	45
1.2.12) Les unités	46
1.3 L'auscultation	47
1.3.1) Savoir écouter avant d'agir	48
1.3.2) L'auscultation à mains nues, visuelle et auditive	48
1.3.2.1) <i>Ecoute, écoute !</i>	48
1.3.2.2) <i>Regarde pour voir !</i>	49
1.3.2.3) <i>Touche partout !</i>	50
1.3.3) La trousse de première urgence	53
1.3.3.1) <i>Composition de la trousse</i>	53
1.3.3.2) <i>Mesure des pressions</i>	53
1.3.3.3) <i>Mesure des températures</i>	55
1.3.3.4) <i>Multimètre</i>	55
1.3.3.5) <i>Mesure d'intensité</i>	55
1.3.3.6) <i>Mesure d'acidité de l'huile</i>	56
1.3.4) Diagnostic	57
Chapitre 2 - Entretien maintenance	59
2.1 Critères de bon fonctionnement	59
2.1.1) Définition des critères de bon fonctionnement	59
2.1.2) Variations possibles	59
2.2 Contrôles	60
2.2.1) Bonne utilisation	60
2.2.2) Contrôles électriques	60
2.2.2.1) <i>Mesures ou calculs à effectuer</i>	60
2.2.2.2) <i>Contrôles de l'armoire électrique</i>	60
2.2.3) Contrôles du système frigorifique	61
2.2.3.1) <i>Tuyauteries frigorifiques</i>	61
2.2.3.2) <i>Ecoulement condensats</i>	61
2.2.3.3) <i>Compresseurs</i>	62
2.2.3.4) <i>Condenseurs</i>	63
2.2.3.5) <i>Évaporateurs</i>	63
2.2.3.6) <i>Ligne liquide</i>	64
2.2.3.7) <i>Moteurs électriques et accouplements</i>	64
2.2.4) Locaux techniques	65
2.3 Entretien	66
2.3.1) Entretien courant	66
2.3.2) Filtres à air	66
2.3.3) Nettoyage des condenseurs et évaporateurs à air	67
2.3.4) Détartrage des condenseurs à eau	69
2.4 Maintenance, contrat d'entretien	69
2.4.1) Télésurveillance	70

2.4.2) Télémaintenance	71
2.4.3) Contrats d'entretien	72
Chapitre 3 - Exploitation	73
3.1 Exploitation d'une installation frigorifique	73
3.1.1) Qui consomme de l'énergie ?	73
3.1.1.1) <i>Compresseur</i>	74
3.1.1.2) <i>Auxiliaires permanents</i>	76
3.1.1.3) <i>Auxiliaires non permanents</i>	77
3.1.1.4) <i>Dégivrage</i>	77
3.1.1.5) <i>Récapitulation des consommations annuelles</i>	77
3.1.2) Coûts d'exploitation	77
3.2 Améliorer la gestion d'une installation frigorifique	79
3.2.1) Régulation adaptée	79
3.2.2) Stockage froid	79
3.2.2.1) <i>Energie Froid</i>	80
3.2.2.2) <i>Les techniques de stockage</i>	82
3.2.3) Tarifications électriques	84
3.2.4) Le frigoriste : un énergéticien	85
3.2.5) Le frigoriste : un gestionnaire	87
3.3 La mort d'une installation frigorifique. Quand ? Pourquoi ?	89
Chapitre 4 - Pratique d'intervention	91
4.1 Détection et localisation des fuites	91
4.1.1) Mise en pression du circuit	91
4.1.2) Lampe haloïde	92
4.1.3) Eau savonneuse	92
4.1.4) Colorant ou additif dans le fluide	94
4.1.5) Détecteurs électroniques	95
4.1.6) Réparation d'une fuite	95
4.2 Charge en fluide frigorigène	96
4.2.1) Mise à la pression atmosphérique	96
4.2.2) Tirage au vide	96
4.2.3) Le fluide	98
4.2.4) Charge en fluide des installations à compresseurs hermétiques	100
4.2.5) Charge en gaz à l'aspiration	101
4.2.6) Quantité de fluide frigorigène	104
4.2.6.1) <i>Critères d'une charge correcte de fluide</i>	105
4.2.6.2) <i>Détermination de la charge correcte par le calcul</i>	106
4.2.6.3) <i>Détermination de la charge correcte sans calcul (ou presque). Cas d'un détendeur thermostatique</i>	108
4.2.6.4) <i>Cas d'une installation avec capillaire</i>	109

Itinéraire du frigoriste	4.3 Mise en route	109
	4.4 Contrôle et analyse des pannes	111
	4.4.1) Le compresseur ne démarre pas	111
	4.4.1.1) <i>Panne d'origine électrique circuit de puissance</i>	111
	4.4.1.2) <i>Panne d'origine électrique circuit de commande</i>	111
	4.4.1.3) <i>Panne d'origine frigorifique circuit de commande</i>	112
	4.4.2) Courts cycles	113
	4.4.3) Bruits	113
	4.4.3.1) <i>Bruits autres que ceux du compresseur</i>	113
	4.4.3.2) <i>Le compresseur est bruyant</i>	115
	4.4.3.3) <i>Coup de liquide au compresseur</i>	115
	4.4.4) Puissance froid insuffisante	116
	4.4.5) Pression d'évaporation anormale	117
	4.4.5.1) <i>La pression d'évaporation ou d'aspiration est trop basse</i>	118
	4.4.5.2) <i>La pression d'évaporation est trop élevée</i>	119
	4.4.6) Pression de condensation anormale	120
	4.4.6.1) <i>La pression de condensation est trop élevée</i>	120
	4.4.6.2) <i>La pression de condensation est trop basse</i>	122
	4.4.7) Puissance absorbée anormale	122
	4.4.7.1) <i>La puissance absorbée par le compresseur est trop importante</i>	122
	4.4.7.2) <i>La puissance absorbée par le compresseur est trop faible</i>	123
	4.5 Remplacement d'un organe défectueux	124
	4.5.1) Compresseur	124
	4.5.1.1) <i>Problème mécanique au compresseur</i>	124
	4.5.1.2) <i>Compresseur « grillé »</i>	125
	4.5.2) Composants situés entre la vanne départ liquide et l'aspiration	126
	4.5.2.1) <i>Pressostat BP à remplacer</i>	126
	4.5.2.2) <i>Autres composants à remplacer</i>	126
	4.5.3) Composants sur le circuit haute pression	127
	4.5.3.1) <i>Pressostat HP à remplacer</i>	127
	4.5.3.2) <i>Autres composants à remplacer</i>	128
	4.6 Vidange et récupération des fluides	128
	4.6.1) Le rôle écologique du frigoriste	128
	4.6.2) Les bouteilles de récupération	130
	4.6.2.1) <i>Récupération en fûts des fluides frigorigènes</i>	130
	4.6.2.2) <i>Récupération en bouteilles des fluides sous pression</i>	130
	4.6.2.3) <i>Récupération des huiles usagées</i>	132
	4.6.2.4) <i>Service de collecte des bouteilles et fûts</i>	132
	4.6.3) Généralités sur la vidange d'une installation	133
	4.6.3.1) <i>Quelle quantité peut on récupérer</i>	133
	4.6.3.2) <i>Récupération en phase liquide</i>	135
	4.6.3.3) <i>Récupération en phase gazeuse</i>	136
	4.6.4) Transfert en phase liquide par gravité	138
	4.6.5) Transfert en phase liquide par pompe	140

4.6.6) Transfert en phase liquide par compresseur	141
4.6.7) Transfert en phase liquide ou gazeuse par refroidissement de la bouteille	143
4.6.7.1) <i>Refroidissement de la bouteille avec de la glace</i>	144
4.6.7.2) <i>Refroidissement de la bouteille dans une enceinte réfrigérée portable</i>	146
4.6.8) Transfert en phase gazeuse par compresseur	147
4.6.9) Régénération des fluides pollués	150
4.7 Changement de fluide d'une installation	151
4.7.1) Quel intérêt ?	151
4.7.2) Frigorigènes de substitution	151
4.7.2.1) <i>Substituts du R11</i>	153
4.7.2.2) <i>Substituts du R12</i>	153
4.7.2.3) <i>Substituts du R502</i>	156
4.7.3) Bridage et dopage de la production frigorifique	157
4.7.3.1) <i>Bridage de la production frigorifique</i>	157
4.7.3.2) <i>Dopage de la production frigorifique</i>	159
4.7.4) Composants à remplacer, réglages à effectuer	160
4.8 Rinçage d'un circuit	163
4.8.1) Procédure générale de rinçage	163
4.8.2) Eau dans le circuit	164
4.8.3) Acides dans le circuit	165
4.9 La panoplie du parfait frigoriste	167
4.9.1) Outillage de brasage et soudage	167
4.9.2) Outillage de mise en œuvre	168
4.9.3) Outillage de tirage au vide	169
4.9.4) Outillage de charge en fluide	170
4.9.5) Outillage de vidange	171
4.9.6) Outillage d'auscultation	172
4.9.7) Produits d'exploitation	172
4.9.8) Outillage de sécurité	172
4.9.9) Documentation et formulaires	172
ANNEXE : Norme de sécurité des installations frigorifiques	174
BIBLIOGRAPHIE	198
INDEX	199