



La troisième édition de cet ouvrage est destinée à toutes les personnes intéressées par ce vaste domaine qu'est le froid.

Les différents sujets traités ont été actualisés et sont expliqués d'une façon simple, claire et méthodique pour s'adresser aux débutants, aux étudiants et aux stagiaires. Mais les monteurs- dépanneurs, le personnel d'entretien, les techniciens et les responsables du service froid y trouveront aussi tous les renseignements pratiques et techniques nécessaires à leur profession. J'ai résumé toute ma connaissance et mon expérience dans cet ouvrage pour qu'il leur apporte tous les éléments dont ils ont besoin, les indications utiles et les solutions aux problèmes d'étude, de montage, d'entretien, de dépannage et de fonctionnement d'une installation frigorifique.

Vous trouverez également dans cette nouvelle édition tout un chapitre sur des nouveaux fluides frigorigènes et les huiles appropriées ainsi que sur la législation concernant l'attestation de capacité ou l'attestation d'aptitude obligatoire à l'usage des professionnels qui préparent une certification pour la manipulation de ces fluides frigorigènes.

La partie électrique ainsi que les circuits et appareils annexes à l'installation y sont aussi traités. Des exemples numériques et des exercices complètent certains chapitres.

Dès que vous aurez l'occasion d'associer la pratique à la théorie, rendant ainsi concret ce qui vous resterait encore abstrait à la lecture, vous deviendrez un frigoriste confirmé.

R. THERVILLE





Table des matières

1^{ère} partie - Généralités.....17

L'ABC du frigoriste

Différentes définitions de termes utilisés par un frigoriste.....19

Lexique Anglais - Français

Traduction de termes Anglais en Français27

Révisions générales.....29

Rappels de mathématiques

Fractions

Algèbre

Surfaces

Volumes

Les unités.....37

Grandeurs - Symboles

Abréviations

Multiples et sous-multiples

(Unités de longueur, de surface, de volume, de masse, de capacité)

Comparaison d'unités

(Énergie, Travail, Puissance, Température, Pression, Longueur, Débit, Volume)

Formules.....45

Masse, Masse volumique, Poids, Densité, Travail, Puissance, Pression, Force, Taraudage, Vitesse de coupe, Vitesse de rotation, Vitesse linéaire, Rapport de transmission, Longueur d'une courroie, Vitesse circonférentielle, Puissance absorbée par un ventilateur, Puissance absorbée par une pompe, Débit volumique d'une pompe, Débit masse d'eau au condenseur, Puissance d'un condenseur à eau, Vitesse de l'eau, Débit d'air au condenseur, Quantité de chaleur à évacuer au condenseur, Puissance d'un condenseur à air, Quantité de chaleur évacuée au condenseur, Quantité de froid à produire à l'évaporateur, Quantité de froid produit à l'évaporateur, Puissance d'un évaporateur à air forcé, Puissance d'un évaporateur à air naturel, Puissance d'un évaporateur, Débit d'air à l'évaporateur, Débit d'eau à l'évaporateur, Température de surface d'une batterie à détente directe, Température de surface d'une batterie à eau froide, Cylindrée d'un compresseur alternatif, Volume balayé, Volume aspiré, Puissance effective, Rendement volumétrique, Débit masse du fluide frigorigène, Travail indiqué, Puissance indiquée, Rendement mécanique, Taux de compression, Puissance frigorifique brute, Production frigorifique massique, Production frigorifique volumétrique, Cylindrée d'un compresseur rotatif, Débit d'air d'un climatiseur, Débit d'air d'une gaine de soufflage, Coefficient de performance théorique d'une PAC, Coefficient de performance pratique d'une PAC, Coefficient de performance frigorifique





Calcul rapide	63
Puissance d'un condenseur, Puissance d'un évaporateur, Puissance frigorifique, Puissance d'un climatiseur, Puissance d'une tour de refroidissement, Débit d'eau d'une tour de refroidissement, Consommation d'une tour de refroidissement, Température de surface d'une batterie à détente directe, Epaisseur de l'isolation d'une chambre froide, Vitesse de l'air dans un local climatisé, Renouvellement de l'air dans un local, Climatisation de confort, Taux de brassage de l'air dans un local, Déperdition par les parois	
Symboles graphiques	67
Symboles graphiques utilisés dans cet ouvrage	
Statiques des gaz	71
Loi du gaz parfait, Loi de Mariotte Loi de Charles, Loi de Gay-Lussac, Loi de Dalton	
Quantité de chaleur	73
Chaleur latente, Chaleur massique, Mesure des quantités de chaleur	
Pression	77
Pression atmosphérique, relative, absolue, Vide relatif, Conversion	
Température	79
Température relative, absolue	
Relation pression-température	83
Relation entre la pression et la température pour un fluide donné Point triple	
2^{ème} partie - Le froid	85
Règles de base d'un système frigorifique	87
Fonctionnement d'un circuit frigorifique	89
Fonctionnement d'une installation frigorifique, Principe Schéma de constitution d'un circuit frigorifique de base Cycle de fonctionnement, Cycle de fonctionnement plus détaillé Etat du fluide frigorigène dans le circuit frigorifique et chaleurs mises en jeu Éléments auxiliaires d'un circuit frigorifique	
Compresseurs	95
Les compresseurs alternatifs à pistons, Le compresseur ouvert Éléments d'un compresseur ouvert Fonctionnement d'un compresseur alternatif à piston Le compresseur semi-hermétique Le compresseur hermétique Le groupe de condensation frigorifique, Caractéristiques d'un compresseur alternatif Le compresseur rotatif, A piston tournant ou à piston roulant Le compresseur Scroll	





Processus de compression du compresseur Scroll
 Le compresseur à vis
 Le turbo-compresseur
 Généralités sur les compresseurs
 Fonctionnement en régime humide, en régime de surchauffe
 Régulation de la capacité, Démarrages fréquents
 Accessoires
 Exercice

Condenseurs117

Condenseur à refroidissement par air
 À circulation naturelle, A circulation d'air forcée
 Condenseur à refroidissement par eau
 A immersion, A double tube
 Multitubulaire, Coaxial, Emploi d'un condenseur à eau
 Condenseur mixte (à air et à eau)
 A évaporation forcée, Atmosphérique
 Principe de la condensation, Evolution graphique
 Caractéristiques d'un condenseur
 Régulation de la pression de condensation
 Régulation sur les condenseurs à air
 Régulation sur les condenseurs à eau
 Exercice

Organes de détente131

Les différents organes de détente, Fonctionnement
 L'orifice calibré, Le capillaire
 Le détendeur à main, Le détendeur à flotteur haute pression
 Le détendeur à flotteur basse pression,
 Le détendeur automatique pressostatique
 Le détendeur thermostatique
 Le détendeur thermostatique à égalisation de pression interne
 Le détendeur thermostatique à égalisation de pression externe
 Le distributeur de liquide, Le détendeur thermostatique à charge M.O.P.
 Le détendeur thermostatique d'injection, de désurchauffe, autonome
 Le détendeur électronique
 Emplacement du bulbe du détendeur
 Les charges dans les bulbes des détendeurs

Évaporateurs145

Évaporateur refroidisseur d'air
 À air à circulation naturelle,
 À air à circulation forcée
 Évaporateur refroidisseur de liquide
 À immersion, Coaxial, Multitubulaire
 Évaporateur mixte, Évaporateurs spéciaux
 À air à circulation «accélérée», Évaporateur pour la congélation
 Évaporateur à accumulation, Évaporateur noyé
 Généralités sur les évaporateurs «secs»





Possibilités de fonctionnement d'un évaporateur et d'alimentation d'un évaporateur,
 Évolution du fluide frigorigène dans l'évaporateur
 Caractéristiques d'un évaporateur
 Température d'évaporation
 Le dégivrage des évaporateurs
 Dégivrages externes
 Dégivrages internes
 Programmation des dégivrages
 La surchauffe
 La surchauffe à l'évaporateur
 Surchauffe sur évaporateur sans perte de charge
 Surchauffe sur évaporateur avec pertes de charge
 Surchauffe sur évaporateur avec correction de pertes de charge
 Fonctionnement de la surchauffe
 Exercice

Tuyauteries 163

En acier, En cuivre
 Pose des tuyauteries frigorifiques

Fluides frigorigènes 171

Famille des fluides frigorigènes
 Caractéristiques des fluides frigorigènes
 R 11, R 12, R 502, R 22, R 141b, R 123, R 410A, R 407C, R 404A (FX70),
 R 134a, R 507, R 507A, R 22T, R 427A (FX100), R 424A (RS44), R 434A (RS45),
 R 426A (RS24), R 428A (RS52), R 438A (Isceon MO99), R 422D (Isceon MO29),
 R 437A (Isceon MO49), Isceon MO89, R 417 A (Isceon MO 59)
 Fluides de transition, R 409A (FX56), R408A (FX10), R 422A (Isceon MO79),
 CO₂, R 290a, R 600a, R 134a uV Glow, Super Seal, GC 1
 Qualités d'un fluide frigorigène
 Échange de fluide frigorigène
 Législation concernant les fluides frigorigènes.
 Quelques fluides frigorigènes et les huiles appropriées
 Le Protocole de Montréal
 Le Protocole de Kyoto
 Attestation de capacité
 Attestation d'aptitude

Diagramme pression - enthalpie 187

Principaux contaminants 193

Les corps solides, L'air, L'humidité
 Les acides
 Les oxydes, les boues

Huile frigorifique 195

Différentes huiles, l'huile dans le circuit, le retour d'huile
 Qualités d'une huile frigorifique

Appareils annexes 199

Séparateur d'huile
 Refroidisseur d'huile, Egalisateur de niveau d'huile





Régleur de niveau d'huile
 Système de réintégration d'huile
 Réchauffeur de carter
 Pressostats
 Pressostat BP
 Réglage du BP en «régulation», Réglage du BP en «pump down»
 Réglage du BP en «sécurité»
 Pressostat HP
 Réglage du HP en «sécurité»
 Réglage du HP en «régulation»
 Pressostat HP/BP
 Pressostat différentiel
 Eliminateur de vibrations, Vanne d'arrêt, Silencieux
 Vanne 3 voies (robinet de service du compresseur)
 Valve d'accès, Soupape de sécurité, Fusible de sécurité
 Réservoir de liquide, Vanne de liquide
 Filtre, Déshydrateur
 Voyant, Bouteille tampon
 Clapet de retenue, Tube sécheur
 Échangeur de chaleur
 Bouteille d'aspiration
 Régulateurs
 Régulateur électronique de température
 Régulateur de la pression d'évaporation
 Régulateur de capacité
 Régulateur de démarrage
 Régulateur de la pression de condensation,
 Régulateur de la pression du réservoir liquide
 Raccords
 Thermostat
 Thermostat d'ambiance
 Thermostat de surface
 Thermomètre

Réfrigérateur	235
À une température, à deux températures	
Le dégivrage	
Conteneur frigorifique (iso-frigo)	239
Conteneur frigorifique	
Schéma électrique simplifié	
Chambre froide	241
Chambre froide en dur	
Chambre froide modulable	
Isolation, Pare-vapeur, Soupape d'équilibrage	
Régulation d'une chambre froide,	
Régulation par thermostat,	
Régulation par pressostat BP, Régulation mixte	
Hygrométrie	
Température d'évaporation	
Bilan thermique (bilan frigorifique journalier)	





Puissance frigorifique horaire (puissance du compresseur)	
Exercice	
Choix de l'appareillage	
Denrées.....	253
Conservation des denrées	
Réfrigération	
Congélation	
Surgélation	
Lyophilisation	
Chaîne du froid : analyse HACCP, transport frigorifique, la glace en écailles	
Les produits alimentaires	
Schémas frigorifiques.....	261
Réfrigérateur, Machine à glaçons, Armoire de réfrigération	
Chambre froide positive, Chambre froide négative (résistances électriques)	
Chambre froide négative (gaz chauds et inversion de cycle)	
Deux chambres froides négatives sur le même compresseur	
Plusieurs chambres froides positives sur une centrale frigorifique	
3^{ème} partie - Climatisation, conditionnement d'air.....	267
Systèmes de climatisation et conditionnement d'air.....	269
Climatisation, Conditionnement d'air	
Le climatiseur mobile, Le climatiseur de fenêtre («window»)	
Le climatiseur à éléments séparés («split-system»)	
Le climatiseur de sol	
Le climatiseur de toiture	
Centrale autonome de climatisation	
Le «dry cooler»	
Le «free cooling»	
Le «free cooling» et le «dry cooler»	
Centrale spéciale informatique	
Centrale de production d'eau glacée	
Circuit secondaire.....	283
Ventilo-convecteurs	
Armoire de traitement d'air	
Circuit hydraulique d'eau glacée	
Fluide frigoporteur, Isolation des tuyauteries	
Circulateur, Pompe	
Purgeur automatique	
Vase d'expansion	
Soupape, Ballon tampon, Ballon de mélange	
Echangeur à plaques, Régulation des batteries froides et chaudes	
Les servomoteurs, Les ventilateurs	
Tour de refroidissement, Tour de refroidissement à circuit fermé	
Tour de refroidissement à circuit ouvert, Aéroréfrigérant	
Contrôle de la puissance d'une PAC	





Comparaison avec une installation frigorifique, Givrage, Dégivrage, Choix du fluide frigorigène pour une PAC Le système en relèvement de chaudière existante, PAC à absorption, PAC réversible Vanne 4 voies Différentes sources froides et sources chaudes Différentes sortes de PAC Réglage d'une PAC, Calcul de la puissance d'une PAC Régulation des tours de refroidissement Traitement d'eau L'adoucisseur à résines Mesures de la dureté, de l'alcalinité et du potentiel hydrogène de l'eau	
Centrale de traitement d'air	303
Constitution d'une centrale de traitement d'air Principaux éléments d'une centrale, Le caisson de mélange d'air, Le filtrage de l'air Le préchauffage de l'air Le refroidissement de l'air L'humidification de l'air Le réchauffage de l'air La ventilation de l'air traité L'insonorisation La purification de l'air traité, La distribution de l'air traité	
Identification des tuyauteries frigorifiques	317
Puissance frigorifique en climatisation	319
Calcul rapide du bilan frigorifique en climatisation	
Conditionneur d'air des véhicules	321
Le compresseur, Le support, L'embrayage électromagnétique, Le condenseur, Le ventilateur électrique, Le réservoir liquide L'organe de détente, L'évaporateur, Le thermostat, Les tuyauteries, Pressostat HP, Pressostat BP, Pressostat à plusieurs fonctions Plomb de sécurité, Soupape de sécurité, La courroie, Bloc détente, Réservoir amortisseur, Sécurité surchauffe, Bouteille d'évaporation, Charge installation Principe de fonctionnement, Schéma électrique, Schémas frigorifiques	
Pompe à chaleur	327
Différentes sources froides et sources chaudes Différentes sortes de PAC Réglage d'une PAC, Calcul de la puissance d'une PAC Contrôle de la puissance d'une PAC Comparaison avec une installation frigorifique, Givrage, Dégivrage, Choix du fluide frigorigène pour une PAC Le système perche, PAC à absorption, PAC réversible Vanne 4 voies	
Hygrométrie	337
État hygrométrique de l'air	





Diagramme psychrométrique339

Représentation du diagramme
 Étude du diagramme
 Analyses de :
 La température sèche, humide, de rosée, Teneur en eau, Hygrométrie
 L'enthalpie
 La pression partielle, Le poids spécifique, Le facteur de chaleur sensible
 Le volume spécifique, La pression atmosphérique
 Utilisation du diagramme
 Différentes évolutions de l'air
 Chauffage de l'air
 Refroidissement de l'air
 Efficacité d'une batterie froide, Facteur de by-pass
 Droite de soufflage
 Déshumidification, refroidissement, réchauffage
 Mélange d'air neuf et d'air recyclé
 Humidification de l'air
 Diagramme du conditionneur d'air de véhicule

4^{ème} partie - Atelier-Chantier361

Différents travaux exécutés par le frigoriste.....363

Raccord en plâtre, Réalisation d'un collet
 Recherche de fuites
 Essais d'un pressostat BP et HP, Essais d'un détendeur thermostatique,
 Essais d'une garniture d'étanchéité
 Essais des clapets, Détection d'incondensables dans un circuit frigorifique
 Détermination du fluide frigorigène
 Utilisation d'un manifold
 Représentation schématique de l'utilisation du manifold
 Remplacement d'un élément du circuit frigorifique
 Nettoyage du circuit frigorifique
 Nettoyage d'un tube capillaire
 Remplacement d'un tube capillaire
 Ramener tout le fluide frigorigène dans le réservoir liquide
 Transfert du fluide frigorigène
 Procédure de reconversion d'un fluide frigorigène
 Tirage au vide
 Charge d'une installation ménagère à tube capillaire
 Charge d'une installation de climatisation à tube capillaire
 Charge d'une installation de chambre froide avec détendeur
 Mesure de la perte de charge à l'aspiration
 Mesure de la surchauffe à l'aspiration, Remplacement des clapets
 Cintrage des tubes frigorifiques, Vidange d'huile
 Chargement de l'huile
 Remplissage d'une bouteille de monteur
 Utilisation du cylindre de charge
 Soudure à l'arc électrique, Soudure de liaison électrique
 Le chalumeau
 Montage d'une installation





Contrôle avant mise en service
 Contrôle après mise en service
 Entretien

Dépannage407

Différentes pressions et températures
 d'une installation frigorifique en marche normale
 Au toucher ou au thermomètre
 Au manifold et au thermomètre
 Anomalies de fonctionnement :
 La BP est anormalement basse, La BP est anormalement haute
 La HP est anormalement haute, La HP est anormalement basse
 La θ d'aspiration est anormalement basse,
 La θ d'aspiration est anormalement haute,
 La θ de refoulement est anormalement basse,
 La θ de refoulement est anormalement haute
 La θ de la ligne liquide est anormalement haute,
 La θ de la ligne liquide est anormalement basse,
 La θ de la tuyauterie de retour d'huile est anormalement basse,
 La θ de la tuyauterie de retour d'huile est anormalement haute,
 La θ obtenue dans l'ambiance est trop basse,
 La θ obtenue dans l'ambiance est trop haute
 La tuyauterie d'aspiration givre anormalement,
 Un manque de fluide frigorigène provoque,
 Un excès de fluide frigorigène provoque
 Le voyant de liquide bulle, Vapeur saturante "flash gaz"

Pannes sur armoire ménagère à absorption,
 Pannes sur machine à glace,
 Pannes sur machine à glaçons
 Pannes sur meuble ménager et armoire commerciale
 Pannes sur chambre froide et en climatisation
 Pannes sur climatiseur de véhicule
 Pannes du thermostat
 Pannes de la vanne d'inversion de cycle,
 Pannes du filtre déshydrateur
 Pannes du pressostat
 Pannes de la vanne à eau
 Pannes de l'électrovanne
 Coup de bélier
 Pannes de l'organe de détente
 Pannes du compresseur

5^{ème} partie - Électricité433

Généralités435

Lexique de l'électricien : définition des termes utilisés par un électricien

Formules439

Puissance
 Puissances apparente, absorbée, réactive, utile
 Quantité d'électricité, Intensité





Rendement, Densité de courant, Glissement
 Vitesse, Résistance
 Loi d'ohm, Tension
 Travail, Énergie
 Loi de Joule, Résistances en série, Résistances en parallèle,
 Condensateurs en parallèle
 Condensateurs en série

Les bases de l'électricité447

Tension

Le volt, Différentes classes de tension

Intensité et quantité d'électricité

L'ampère, Différentes intensités
 Surintensité
 Représentation cinématique du courant alternatif
 Principaux effets du courant électrique
 Le coulomb

Puissance

Le watt

Énergie

Le joule, Loi de joule

Les composants d'un circuit électrique453

Résistance

Résistance d'un conducteur, Loi d'ohm
 Couplage des résistances

Condensateur

Couplage des condensateurs
 Incidents sur un condensateur
 Contrôle d'un condensateur

Conducteurs

Repérage des câbles
 Couleur des conducteurs, Protection des conducteurs,
 Détermination de la section et de la longueur
 Protection des circuits électriques des installations frigorifiques

Appareillage

Interrupteur, Sectionneur
 Sectionneur à fusibles, Fusibles
 Contacteur
 Discontacteur, Disjoncteurs
 Relais

Moteurs électriques





Caractéristiques des moteurs	
Moteur universel à collecteur, Moteur en courant continu	
Moteur monophasé	
Moteur triphasé	
Moteur à deux vitesses	
Bobinage du moteur triphasé	
Protection des moteurs électriques	
Incidents électriques	
Mesures électriques pratiques sur moteur	
Équipements divers	495
Résistances électriques (chauffante, bobinée, réglable)	
Horloge	
Électrovanne	
Vanne de courant	
Transformateur	
Armoire électrique (Installation)	
Sécurité électrique	503
Protection des personnes	
Mise à la terre	
Régime de neutre	
Indice de protection	
Schémas électriques	507
Symboles «électricité» et «électronique»	
Le simple allumage, Le double allumage, Le va-et-vient	
Lampes en série et en parallèle, Télerrupteur	
Blocs autonomes de sécurité et éclairage d'une chambre froide	
Circuit d'alarme de personne enfermée dans une chambre froide	
Réfrigérateur ménager, Congélateur	
Fontaine à eau, Vitrine réfrigérée	
Machine à glaçons à palettes	
Circuits de puissance	
Circuits de commande	
Association de circuits de puissance et de commande	
Régulation des circuits frigorifiques,	
Régulation par thermostat avec évaporateur statique	
Régulation par pressostat avec évaporateur statique	
Régulation par thermostat avec évaporateur ventilé	
Régulation par pressostat avec évaporateur ventilé	
Régulation mixte (pressostat et thermostat) avec évaporateur ventilé	
Régulation avec protection minimum	
Régulation avec tirage au vide automatique «automatic pump down»	
Régulation avec tirage au vide unique «single pump down»	
Régulation avec tirage au vide unique et régulateur de capacité	
Dégivrage manuel par interrupteur rotatif pour chambre froide positive	
Dégivrage automatique par régulateur pour chambre froide positive	
Dégivrage automatique par régulateur pour chambre froide négative, par résistances électriques ou par gaz chauds	



État des voyants
Pressostat BP shunté par temps froid, Equilibrage du temps
de fonctionnement de deux compresseurs
Auto-maintien, Commande à partir de plusieurs endroits différents,
Démarrage temporisé
Remise en service automatique, Module KRIWAN,
Pressostat différentiel
Inversion du sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé,
Régulation de la pression de condensation
Contrôleur de phase, Déclencheur, Ventilateur-convecteur été/hiver
Dépannage d'un circuit de commande

Régulation	545
Les détecteurs, Les régulateurs	
Régulateur numérique	
La GTC	

Annexes

Outillage frigorifique et électrique	551
Index alphabétique	555

