

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 Français	27
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	
(Energie, 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

Condenseurs 117

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 détente 131

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

Évaporateurs 145

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),	
CO ₂ , 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

Réfrigérateur235

- À une température, à deux températures
- Le dégivrage

Conteneur frigorifique (iso-frigo)239

- Conteneur frigorifique
- Schéma électrique simplifié

Chambre froide241

- 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'air267

Systèmes de climatisation et conditionnement d'air269

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'air303

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 monte

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 divers495

Résistances électriques (chauffante, bobinée, réglable)
Horloge
Électrovanne
Vanne de courant
Transformateur
Armoire électrique (Installation)

Sécurité électrique503

Protection des personnes
Mise à la terre
Régime de neutre
Indice de protection

Schémas électriques507

Symboles «électricité» et «électronique»
Le simple allumage, Le double allumage, Le va-et-vient
Lampes en série et en parallèle, Télérupteur
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