

# SOMMAIRE

<b>La relation pression-température</b>	Explications détaillées	13
	Exo 1 (remplissage des bouteilles de fluide)	17
<b>Condenseur à air</b>	Fonctionnement normal, les différents $\Delta\theta$	19
	Le sous-refroidissement, explications	22
<b>Le glissement de température</b>	Qu'est-ce que le glissement ?	23
<b>Le R407C, <math>\theta</math> de rosée, <math>\theta</math> de bulle et sous refroidissement.</b>	Problèmes liés au glissement de température	24
	Sous-refroidissement anormal (fluides purs et avec glissement)	26
	Exo 2 (problème de montage du condenseur)	29
<b>QUIZ n°1</b>	10 questions sur les 4 chapitres précédents	Nouveau 31
<b>Évaporateur à détente directe</b>	Fonctionnement normal (fluides purs et avec glissement)	33
	La surchauffe, explications	35
<b>Le R410A</b>	Prise de connaissance, surchauffe et sous refroidissement	36
<b>Le détendeur thermostatique</b>	A égalisation interne, étude du fonctionnement	39
<b>Mesure de la surchauffe</b>	Avec les fluides à fort glissement, analyse des pièges	40
<b>Surchauffe anormale</b>	Analyse (fluides purs et avec glissement)	42
<b>QUIZ n°2</b>	11 questions sur les 5 chapitres précédents	Nouveau 44
<b>Influence de la surchauffe sur la puissance frigorifique.</b>		45
<b>Influence de la température de l'air sur la puissance frigorifique</b>		47
<b>Influence de la température de l'air sur la BP et sur le <math>\Delta\theta</math> total</b>		48
	Exo 3 (application du $\Delta\theta$ total à l'évaporateur)	48
<b>Pourquoi une BP est-elle anormalement faible ?</b>		49
<b>Influence des pressions HP et BP sur la puissance frigorifique</b>		50
	Exos d'application 4, 5 et 6 (BP et HP varient : que se passe-t-il ?)	53
<b>Influence de la HP sur l'intensité absorbée</b>		55
<b>QUIZ n°3</b>	11 questions sur la puissance frigorifique	Nouveau 56
<b>Détendeurs thermostatiques</b>	Qu'est ce que la capacité d'un détendeur ?	57
	Analyse des problèmes de pompage des détendeurs	59
	Méthode de réglage détaillée	61
	Exo 7 (montage d'un évaporateur)	63
	Détendeur à égalisation interne, rappel du fonctionnement	64
	Inconvénient de l'égalisation interne avec un évapo à forte PdC	65
	Exo 8 (avantage de l'égalisation externe)	67
	Exo 9 (Mise à vide d'un gros circuit par une VEM 1/4")	69
	Exo 10 (égalisation externe mal raccordée)	70
	Exo 11 (VEM 1/4" et mise à vide, suite et fin)	71
<b>Électrovanne</b>	Pression différentielle maximale d'ouverture	72
<b>QUIZ n°4</b>	11 questions sur les détendeurs thermostatiques	Nouveau 74
<b>Détendeurs thermostatiques, suite</b>	Charge du train thermostatique en liquide	75
	Charge à adsorption	76
	Charge MOP, explications détaillées	77
<b>Quel est l'intérêt de la charge MOP ?</b>	Analyse des problèmes de remise en service après un dégivrage	79
	Problème de l'emplacement du bulbe du détendeur	84
	Exo 12 (position du bulbe verticale ou horizontale ?)	85
<b>QUIZ n°5</b>	11 questions sur le type et le montage des détendeurs	Nouveau 88
<b>Climatisation et froid commercial</b>	Comparaison entre les divers paramètres fonctionnels	89
	Exo 13 (froid commercial, températures diverses)	Nouveau 94
	Exo 14 (clim au R410A, températures diverses)	Nouveau 95
	Exo 15 (clim au R407C, températures diverses)	Nouveau 98
<b>Dépannages</b>	Introduction aux 8 familles principales de pannes	103
<b>Panne du détendeur trop petit</b>	Analyse des symptômes	105
	Synthèse des symptômes	109
	Méthodologie du diagnostic	110
	Résumé	111
	Aspect pratique, différentes possibilités	112

<b>QUIZ n°6</b>	11 questions sur les 3 chapitres précédents	<b>Nouveau</b>	121
<b>Problème des fuites de fluide frigorigène</b>	Que dit la réglementation ?		122
<b>Recherche des fuites de fluide frigorigène</b>	Analyse de différentes méthodes		124
	<b>Exo 16 (épreuve d'étanchéité d'un circuit)</b>		128
<b>Problème de la charge en fluide</b>	A quoi sert la bouteille liquide ?		129
	Comment dimensionner la bouteille liquide ?		131
	La HP augmente-elle pendant la mise à vide		132
	Comment savoir si la charge est satisfaisante ?		133
<b>Panne du manque de charge</b>	Analyse des symptômes		135
	Synthèse des symptômes		138
	Méthodologie du diagnostic		139
	Résumé		140
	Aspect pratique		141
<b>Problème du flash gas dans la ligne liquide</b>	Analyse complète et détaillée du phénomène		145
	<b>Exo 17 (flash gas avec l'évapo au-dessus du condenseur)</b>		150
	<b>Exo 18 (flash gas avec l'évapo en dessous du condenseur)</b>		151
<b>Panne de la prédétente</b>	Analyse des symptômes		153
	Synthèse des symptômes		158
	Méthodologie du diagnostic		159
	Résumé		160
	Aspect pratique		162
<b>QUIZ n°7</b>	11 questions sur les 2 chapitres précédents	<b>Nouveau</b>	165
<b>Panne de l'évaporateur trop petit</b>	Analyse des symptômes		166
	Synthèse des symptômes		170
	Méthodologie du diagnostic		171
	Résumé		172
	Aspect pratique		173
<b>QUIZ n°8</b>	11 questions sur la panne de l'évapo trop petit	<b>Nouveau</b>	192
<b>Synthèse des pannes BP</b>	<b>Exo 19 (dépannage chambre froide R404A)</b>	<b>Nouveau</b>	194
	<b>Exo 20 (dépannage petite clim R410A)</b>	<b>Nouveau</b>	194
	<b>Exo 21 (dépannage chambre froide R417A)</b>	<b>Nouveau</b>	195
	<b>Exo 22 (dépannage petite clim R427A)</b>	<b>Nouveau</b>	195
	<b>Exo 23 (dépannage petite clim R22)</b>	<b>Nouveau</b>	198
	<b>Exo 24 (dépannage petite clim R407C)</b>	<b>Nouveau</b>	198
	<b>Exo 25 (organigramme des pannes BP)</b>	<b>Nouveau</b>	203
<b>Problème des bris de clapets</b>	Analyse complète et détaillée du problème		205
	<b>Exo 26 (clapet HP cassé)</b>		209
<b>Panne du compresseur trop petit</b>	Analyse des symptômes		214
	Synthèse des symptômes		217
	Méthodologie du diagnostic		218
	Résumé		219
	Aspect pratique		220
<b>QUIZ n°9</b>	11 questions sur la panne du compresseur trop petit	<b>Nouveau</b>	226
<b>Panne de l'excès de charge</b>	Analyse des symptômes		227
	Synthèse des symptômes		231
	Méthodologie du diagnostic		232
	Résumé		233
	Aspect pratique		234
<b>Interprétation du test des incondensables</b>	Comment les détecter, faire les tester et les retirer ?		235
<b>Panne des incondensables</b>	Analyse des symptômes		239
	Synthèse des symptômes		242
	Méthodologie du diagnostic		243
	Résumé		244
	Aspect pratique		245
<b>Panne du condenseur trop petit</b>	Analyse des symptômes		247
	Synthèse des symptômes		251
	Méthodologie du diagnostic		252
	Résumé		253
<b>Synthèse des pannes HP</b>	<b>Exo 27 (dépannage chambre froide R404A)</b>	<b>Nouveau</b>	254

	Exo 28 (dépannage petite clim R410A) . . . . .	Nouveau	254
	Exo 29 (dépannage chambre froide R417A) . . . . .	Nouveau	255
	Exo 30 (dépannage petite clim R427A) . . . . .	Nouveau	255
<b>QUIZ n°10</b>	Condenseur trop petit : Aspect pratique . . . . .		261
<b>Synthèse des pannes BP et HP</b>	11 questions sur les pannes HP . . . . .	Nouveau	272
	Exo 31 (organigramme détaillé) . . . . .	Nouveau	273
	Exo 32 (dépannage chambre froide 134a) . . . . .	Nouveau	276
	Exo 33 (dépannage petite clim R410A) . . . . .	Nouveau	276
	Exo 34 (dépannage chambre froide R417A) . . . . .	Nouveau	277
	Exo 35 (dépannage petite clim R427A) . . . . .	Nouveau	277
	Exo 36 (dépannage chambre froide R404A) . . . . .	Nouveau	281
	Exo 37 (dépannage petite clim R407C) . . . . .	Nouveau	281
<b>Problème des migrations de fluide frigo.</b>	Analyse complète et détaillée du problème . . . . .		285
<b>Exercice de sybnthèse</b>	Exo 38 (utilisation de tableaux de tendances) . . . . .	Nouveau	295
<b>QUIZ n°11</b>	11 questions sur les migrations de fluide frigorigène . . . . .	Nouveau	296
<b>Arrêt des compresseurs frigorifiques</b>	Analyse détaillée des différentes techniques utilisées . . . . .		297
	Exo 39 (protection minimum) . . . . .		298
	Exo 40 (tirage au vide automatique) . . . . .		299
	Exo 41 (tirage au vide unique) . . . . .		301
	Exo 42 (tirage au vide unique - option 1) . . . . .		301
	Exo 43 (tirage au vide unique - option 2) . . . . .		303
	Exo 44 (relais de sécurité) . . . . .		304
	Exo 45 (réarmement après coupure de courant) . . . . .		306
<b>QUIZ n°12</b>	11 questions sur l'arrêt des compresseurs . . . . .	Nouveau	307
<b>Problème des retours d'huile</b>	Analyse complète et solutions aux problèmes posés . . . . .		309
<b>Jeu des 12 erreurs</b>	Exo 46 (trouver 12 erreurs de montage) . . . . .		324
<b>QUIZ n°13</b>	11 questions sur les problèmes de retours d'huile . . . . .	Nouveau	329
<b>Raccordement des évaporateurs</b>	Conception des évapos modernes . . . . .		330
<b>Le détendeur pressostatique</b>	Fonctionnement et problèmes divers avec ce type de détendeur . . . . .		334
	Exo 47 (problème de la charge en fluide) . . . . .		336
	Exo 48 (utilisation sur des évaporateurs montés en parallèle) . . . . .		339
<b>Le détendeur capillaire</b>	Analyse détaillée et problèmes divers . . . . .		340
	Exo 49 (faut-il utiliser une bouteille liquide ?) . . . . .		341
	Exo 50 (comment recopier un capillaire étalon ?) . . . . .		350
<b>QUIZ n°14</b>	11 questions sur les détendeurs pressost. et capillaires . . . . .	Nouveau	351
<b>Les courts cycles des compresseurs</b>	Analyse détaillée du problème et des solutions à apporter . . . . .		353
	Exo 51 (permutation de pilote) . . . . .		357
	Exo 52 (relais anti courts-cycles) . . . . .		359
	Exo 53 (amélioration des schémas) . . . . .		360
<b>Régulateur de capacité</b>	Mode d'emploi complet et détaillé, y compris analyse des pannes . . . . .		364
	Exo 54 (injection sur l'aspiration) . . . . .		369
	Exo 55 (efficacité énergétique du système) . . . . .		371
	Exo 56 (comment régler le régulateur ?) . . . . .		369
<b>QUIZ n°15</b>	11 questions sur les courts cycles et le rég. de capacité) . . . . .	Nouveau	379
<b>QUIZ n°16</b>	11 questions sur le régulateur de capacité . . . . .	Nouveau	380
<b>Pourquoi réguler les condenseurs à air ?</b>	Problème des HP trop faibles . . . . .		381
	Exo 57 (dépannage) . . . . .		383
<b>Problème du démarrage des compresseurs par de faibles <math>\theta</math> extérieures</b>	. . . . .		384
	Exo 58 (dépannage) . . . . .		385
<b>Durée du démarrage par temps froid</b>	Analyse du problème et comment y remédier ? . . . . .		389
<b>QUIZ n°17</b>	11 questions sur la régulation des condenseurs à air . . . . .	Nouveau	391
<b>Régulation des cond. à air par vanne HP</b>	Utiliser une vanne pré-réglée ou une vanne réglable ? . . . . .		392
<b>Régulation par vanne HP</b>	Analyse complète des erreurs à ne pas commettre et des pannes . . . . .		394
	Exo 59 (dépannage, problème de dénivélé) . . . . .		397
	Exo 60 (dépannage, problème de migration) . . . . .		399
	Exo 61 (dépannage, réglage du ventil-condenseur) . . . . .		402
<b>QUIZ n°18</b>	11 questions sur la régulation par vanne HP . . . . .	Nouveau	405
<b>Mesure d'un débit d'air</b>	Utilisation de l'anémomètre, estimation des débits . . . . .		406
<b>Conseils de dépannage</b>	Rappels sur la conduite à tenir lors d'un dépannage . . . . .		408

	Exos 62 et 63 (diagnostic de panne sur petite clim) . . . . .	Nouveau	.411
	Exos 64 et 65 (diagnostic de panne sur petite clim) . . . . .	Nouveau	.413
	Exos 66 et 67 (diagnostic de panne sur petite clim) . . . . .	Nouveau	.415
	Exos 68 et 69 (diagnostic de panne sur petite clim) . . . . .	Nouveau	.417
<b>La technique du toucher</b>	Pour évaluer une température ou un $\Delta\theta$ . . . . .		.419
<b>Régulateurs de démarrage</b>	Une solution à la remise en route après un dégivrage ? . . . . .		.424
	Exo 70 (fonctionnement du régulateur) . . . . .		.427
	Exo 71 (incompatibilité entre régulateur et détenteur MOP) . . . . .		.429
	Exo 72 (comment régler un régulateur de démarrage ?) . . . . .		.431
<b>QUIZ n°19</b>	11 questions sur les régulateurs de démarrage . . . . .	Nouveau	.433
	Exo 73 (diagnostic de panne sur petite clim) . . . . .	Nouveau	.434
<b>La vanne 4 voies d'inversion de cycle</b>	Fonctionnement détaillé, montage et risques de pannes . . . . .		.435
	Exo 74 ( tiroir bloqué en position intermédiaire) . . . . .		.439
	Exo 75 (comment remplacer une V4V ?) . . . . .		.443
	Exo 76 (bouteille anti coups de liquide) . . . . .		.444
	Exo 77 (Dépannage, la vanne ne bascule pas) . . . . .		.448
	Exo 78 ( $\Delta P$ maxi d'une V4V) . . . . .		.450
<b>QUIZ n°20</b>	11 questions (vannes 4 voies d'inversion de cycle) . . . . .	Nouveau	.451
<b>Le climatiseur réversible</b>	Fonctionnement 'été' et 'hiver' . . . . .		.453
	Compresseur Scroll et compresseur à palette . . . . .		.455
	Fonctionnement du déshydrateur bi-directionnel . . . . .		.458
	Exo 79 (PAC avec 2 capillaires) . . . . .		.459
	Exos 80 et 81 (Dépannage sur PAC réversible) . . . . .	Nouveau	.462
	Exos 82 et 83 (Dépannages sur PAC réversible) . . . . .	Nouveau	.463
<b>Les moteurs monophasés</b>	Étude complète et détaillée . . . . .		.467
<b>QUIZ n°21</b>	11 questions (clims réversibles et moteurs monos) . . . . .	Nouveau	.471
	Exo 84 (repérage des enroulements) . . . . .		.472
	Exo 85 (repérages de défauts sur le moteur) . . . . .		.474
	Exo 86 (repérage des différents types de condensateurs) . . . . .		.475
	Exo 87 (choix du calibre de l'ohmmètre) . . . . .		.488
	Exo 88 (repérage des relais de tension) . . . . .		.490
	Exo 89 (Les différents montages avec relais de tension) . . . . .		.491
	Exo 90 (repérage des moteurs monos multi-vitesses) . . . . .		.495
<b>QUIZ n°22</b>	11 questions sur les moteurs monophasés . . . . .	Nouveau	.497
<b>QUIZ n°23</b>	11 questions sur les moteurs monophasés (suite) . . . . .	Nouveau	.498
<b>Dépannage électrique</b>	Initiation aux techniques de dépannage rapide . . . . .		.499
	Exo 91 (dépannage au voltmètre) . . . . .		.505
	Exos 92 et 93 (problèmes d'auto-maintien) . . . . .		.509
	Exo 94 (comment sonner des fusibles ?) . . . . .		.513
	Exo 95 (entraînement au dépannage au voltmètre) . . . . .		.514
	Exo 96 (entraînement au dépannage au voltmètre) . . . . .		.515
	Exo 97 (dépannage à l'ohmmètre) . . . . .		.516
	Exo 98 (dépannage à l'ohmmètre, les pièges) . . . . .		.517
	Exo 99 (problème des récepteurs en parallèle) . . . . .		.519
<b>QUIZ n°24</b>	11 questions sur le dépannage électrique . . . . .	Nouveau	.522
	Exo 100 (entraînement à la lecture de potentiels) . . . . .	Nouveau	.523
	Exo 101 (entraînement au dépannage au voltmètre) . . . . .	Nouveau	.525
<b>Les moteurs triphasés</b>	Étude complète de ce type de moteurs . . . . .		.527
	Exo 102 (montage en triangle) . . . . .		.529
	Exo 103 (montage en étoile) . . . . .		.530
	Exo 104 (tensions et intensités en triangle) . . . . .		.531
	Exo 105 (Choix du couplage en fonction de la tension d'alim.) . . . . .		.533
<b>Problèmes électriques divers</b>	Sous-tension, surtension, couple moteur, thermiques, fusibles . . . . .		.535
<b>QUIZ n°25</b>	11 questions (moteurs tri et problèmes électriques) . . . . .	Nouveau	.543
<b>Problèmes du démarrage des moteurs</b>	Les chutes de tension en ligne . . . . .		.544
<b>Démarrage direct et en Part Winding</b>	Moteurs spéciaux à enroulements fractionnés . . . . .		.546
	Exo 106 (repérage des enroulements d'un moteur PW) . . . . .		.547
	Exo 107 (schéma de puissance et de commande) . . . . .		.549
	Exo 108 (moteur PW de type 66/33%) . . . . .		.551

	Exo 109 (échange d'un moteur PW 66/33 par un PW 50/50) .....	.552
	Exo 110 (dépannage après un échange standard de moteur) .....	.554
	Exo 111 (analyses des moteurs PW bi-tension à 9 bornes) .....	.556
<b>QUIZ n°26</b>	11 questions (démarrage direct et en Part Winding) .....	<b>Nouveau</b> .557
<b>Le Démarrage statorique</b>	Par résistances métalliques, transition ouverte ou fermée .....	<b>Nouveau</b> .560
	Exo 112 (schéma d'un démarrage statorique à 3 temps) .....	<b>Nouveau</b> .561
	Par résistances électrolytiques .....	<b>Nouveau</b> .563
<b>Le Démarrage Étoile-Triangle</b>	Exo 113 (problème de couplage) .....	<b>Nouveau</b> .565
	Exo 114 (schémas de puissance et de commande) .....	<b>Nouveau</b> .567
	Exo 115 (où placer judicieusement le relais thermique ?) .....	<b>Nouveau</b> .569
<b>QUIZ n°27</b>	11 questions sur les démarrages statoriques et $Y\Delta$ .....	<b>Nouveau</b> .572
<b>Introduction à l'électronique</b>	Généralités sur la constitution de la matière .....	.573
	Exo 116 (structure de l'atome de chlore) .....	.575
	Exo 117 (l'alumine et l'acide fluorhydrique) .....	<b>Nouveau</b> .576
<b>Les semi-conducteurs</b>	Exos 118 et 119 (les conducteurs et les isolants) .....	.577
	La diode, explications détaillées .....	.580
	Exos 120 et 121 (la diode en sens inverse et en sens direct) .....	.582
	Exo 122 (influence sur la tension) .....	.584
<b>Le courant alternatif redressé</b>	Généralités sur le redressement du courant .....	.585
	Exo 123 (redressement simple alternance) .....	.587
	Exo 124 (essai lampes par relais) .....	<b>Nouveau</b> .588
	Exo 125 (essai lampes par diodes) .....	<b>Nouveau</b> .589
	Exo 126 (rôle du condensateur) .....	.589
	Exo 127 (le pont de diodes) .....	.591
	Exo 128 (pont de diodes + condensateur) .....	.592
<b>QUIZ n°28</b>	11 questions sur les 3 chapitres précédents .....	<b>Nouveau</b> .594
<b>Quelques précisions sur l'électronique</b>	La LED, l'opto-transistor, thyristor, triac et le $\mu P$ .....	.595
<b>Les hacheurs de courant monophasés</b>	Analyse du fonctionnement de ces 'vannes de courant' .....	.598
	Exo 129 (rôle de l'opto-triac en cas de court-circuit) .....	.599
<b>Le variateur de fréquence Inverter</b>	Explications détaillées, fonctionnement électronique simplifié .....	.601
<b>Fonctionnement du détendeur électronique</b>	Analyse détaillée du moteur pas-à-pas de ce type de détendeur .....	.607
	Exo 130 (application sur un climatiseur Inverter) .....	.610
	Exo 131 (rôle des sondes sur le climatiseur Inverter) .....	.611
	Exo 132 (problème de l'huile dans le circuit) .....	.612
<b>QUIZ n°29</b>	11 questions sur les 4 chapitres précédents .....	<b>Nouveau</b> .613
<b>Le Split Inverter froid seul</b>	Exo 133 (rôle des sondes sur l'unité intérieure) .....	.615
	Exo 134 (rôle des sondes sur l'unité extérieure) .....	.617
<b>Le multi-Split Inverter froid seul</b>	Fonctionnement détaillé, câblage, communication entre unités .....	.620
<b>Le multi-Split Inverter réversible</b>	Exo 135 (fonctionnement en été et en hiver) .....	.623
	Exo 136 (fonctionnement en dégivrage) .....	.625
<b>QUIZ n°30</b>	11 questions sur les splits Inverter .....	<b>Nouveau</b> .627
<b>La technologie VRV 2 tubes</b>	Exo 137 (montage des compresseurs en parallèle) .....	.628
	Exo 138 (problème de l'huile dans le circuit) .....	.629
	Exo 139 (2 compresseurs de puissance différente) .....	.629
<b>La technologie VRV 3 tubes</b>	Explication du fonctionnement en plein froid .....	.632
	Exo 140 (fonctionnement plein chaud) .....	.633
	Exo 141 (fonctionnement majoritaire en froid) .....	.635
	Exo 142 (fonctionnement majoritaire en chaud) .....	.637
<b>QUIZ n°31</b>	11 questions sur la technologie VRV .....	<b>Nouveau</b> .641
<b>Les moteurs triphasés à 2 vitesses</b>	A enroulements séparés ou de type Dahlander .....	.642
	Exos 143 et 144 (schémas puissance et de commande) .....	.643
	Exo 145 (problème du passage de GV en PV) .....	.644
	Exo 146 (repérage d'un moteur Dahlander) .....	.645
	Exo 147 (comment 'sonner' un moteur Dahlander ?) .....	.646
	Exo 147 (schéma de base avec un Dahlander) .....	.647
	Exo 147 (schéma complet avec un Dahlander) .....	.649
	Exos 150 à 153 (lecture de schémas) .....	<b>Nouveau</b> .650
<b>QUIZ n°32</b>	11 questions sur les moteurs triphasés 2 vitesses .....	<b>Nouveau</b> .652
<b>Régulation de puissance électromécanique des compresseurs</b>	.....	<b>Nouveau</b> .653

<b>QUIZ n°33</b>	Exos 154 et 155 (électrovanne montée sur une culasse) <b>Nouveau</b> .654
<b>Le pressostat différentiel d'huile :</b>	Exo 156 (électrovannes montées sur le carter) <b>Nouveau</b> .656
	11 questions (régulation de puissance des compresseurs) <b>Nouveau</b> .660
	Fonctionnement complet et détaillé .661
	Exo 157 (HMT de la pompe à huile) .662
	Exo 158 (câblage du contact pressostatique) .663
	Exo 159 (différentes possibilités de câblage) .665
	Exo 160 (quel est le bon câblage ?) .667
	Exo 161 (les erreurs de montage à ne pas commettre) .670
	Exo 162 (les erreurs de raccordement) .671
	Exo 163 (problème de tension d'alimentation) .673
<b>QUIZ n°34</b>	11 questions sur les pressostats d'huile <b>Nouveau</b> .675
<b>Pourquoi le pressostat d'huile coupe-t-il ?</b>	Analyse complète des causes de dysfonctionnement .676
<b>QUIZ n°35</b>	11 questions sur les coupures au pressostat d'huile <b>Nouveau</b> .685
<b>La vanne à eau pressostatique</b>	Étude détaillée de l'appareil .687
	Exos 164 et 165 (montage de la vanne) .690
	Exo 166 (piquage sur la vanne de départ liquide) .693
	Exo 167 (problème de tirage au vide) .694
<b>QUIZ n°36</b>	11 questions sur la vanne pressostatique <b>Nouveau</b> .698
<b>Panne du condenseur à eau trop petit</b>	Condenseur régulée par une vanne pressostatique .699
	Exo 168 (action directe et action inverse de la vanne) .700
	Exo 169 (comment faire le test des incondensables ?) .703
<b>Les condenseurs multitubulaires</b>	Étude détaillée, problème du prix de l'eau .708
	Exo 170 (raccordement de l'eau) .710
<b>QUIZ n°37</b>	11 questions sur les 2 chapitres précédents <b>Nouveau</b> .713
<b>Le Dry-cooler</b>	Étude détaillée du fonctionnement de l'appareil .714
	Exo 171 (problème de gel) .716
	Exo 172 (comparaison avec le condenseur à air) .717
<b>QUIZ n°38</b>	11 questions sur les Dry-cooler <b>Nouveau</b> .720
<b>L'air sec et l'air humide</b>	Présentation et explications .721
	Exo 173 (différence entre air sec et air saturé) .722
<b>Quelques notions de psychrométrie</b>	Introduction au diagramme de l'air humide .724
	Exo 174 (l'hygrométrie relative) .726
	Exo 175 (la température humide) .729
	Exo 176 (entraînement à la lecture sur le diagramme) .731
<b>QUIZ n°39</b>	11 questions sur les notions de psychrométrie <b>Nouveau</b> .733
<b>La tour de refroidissement (ouverte)</b>	Principe de fonctionnement .735
	Exo 177 (température de sortie d'eau) .735
	Exo 178 (emplacement du thermostat de régul.) .737
	Exo 179 (réglage du thermostat de régulation) .739
	Exo 180 (problème du TH de l'eau) .742
<b>QUIZ n°40</b>	11 questions sur les tours de refroidissement <b>Nouveau</b> .746
<b>Hydraulique : notion de charge</b>	Définition, circuits ouverts et circuits fermés .747
	Exo 181 (pression en différents points d'un circuit ouvert) .749
	Exo 182 (problème d'installation d'une Tour) .750
<b>QUIZ n°41</b>	11 questions sur la notion de charge <b>Nouveau</b> .746
<b>Hydraulique : notion de perte de charge</b>	Analyse complète et détaillée .757
	Exo 183 + 184 (évaluation des PdC) .758
	Exo 185 (influence du dénivelé sur les PdC) .759
	Exo 186 (influence des accessoires sur les PdC) .760
	Exo 187 (variations du débit avec la vitesse) .761
	Exo 188 (variations du débit avec le diamètre) .762
	Exo 189 (variations des PdC avec le débit) .764
<b>QUIZ n°42</b>	11 questions sur les pertes de charge <b>Nouveau</b> .765
<b>Pressions en jeu en hydraulique</b>	Circuits ouverts et circuits fermés .766
	Exo 190 (pressions pompe à l'arrêt puis pompe en marche) .769
	Exo 191 (circuit ouvert et très grand dénivelé) .772
	Exo 192 (circuit fermé et très grand dénivelé) .773
	Exo 193 (Que se passe-t-il si la pompe n'est pas en charge ?) .775

<b>La cavitation des pompes</b>	.....	777
<b>QUIZ n°43</b>	11 questions (pressions dans un circuit et cavitation) .....	<b>Nouveau</b> 781
<b>Hauteur d'aspiration d'une pompe</b>	Mise en évidence du NPSH et pompe multicellulaires .....	782
	Exo 194 (dénivelé maxi) .....	783
	Exo 195 (synthèse des problèmes et détermination du NPSH) .....	787
<b>QUIZ n°44</b>	11 questions sur la hauteur d'aspiration des pompes .....	<b>Nouveau</b> 790
<b>La tour indirecte</b>	Généralités, comparaison avec le Dry-cooler .....	791
	Exo 196 (montage complet et fonctionnement) .....	793
<b>Les vases d'expansion sous P. d'azote</b>	Étude complète et détaillée .....	796
	Exo 197 (pourquoi la soupape a-t-elle craché ?) .....	797
	Exo 198 (pression de remplissage du circuit) .....	800
	Exo 199 (pression de gonflage du vase trop faible) .....	802
	Exo 200 (problème de la pression de gonflage du vase) .....	803
	Exo 201 (pression de gonflage du vase trop élevée) .....	804
	Exo 202 (détermination de la pression de gonflage du vase) .....	806
	Exo 203 (contrôle de la pression de gonflage du vase) .....	807
	Exo 204 (dépannage, vase crevé) .....	809
<b>QUIZ n°45</b>	11 questions sur les vase d'expansion .....	<b>Nouveau</b> 815
	Exo 205 (calcul complet d'un vase) .....	816
	Exo 206 (montage des circulateurs) .....	818
<b>Technologie des pompes</b>	Étude des différentes hypothèses .....	822
<b>Dépannage : La pompe ne démarre pas</b>	11 questions sur les pompes et les circulateurs .....	<b>Nouveau</b> 826
<b>QUIZ n°46</b>	Comparaison entre eau glacée et détente directe .....	827
<b>Pourquoi utiliser de l'eau glacée ?</b>	Généralités, emplacement de la pompe et des thermostats .....	829
<b>L'évaporateur à eau glacée</b>	Exos 207 et 208 (montage et câblage de la pompe) .....	833
	Exos 209 et 210 (pompes jumelées et thermostat de régul.) .....	835
<b>QUIZ n°47</b>	11 questions sur les évapos multitubulaires à eau glacée .....	<b>Nouveau</b> 839
<b>Refroidisseurs de liquide</b>	Comparaison avec un climatiseur air-air .....	840
	Exo 211 (dépannage de rappel) .....	<b>Nouveau</b> 841
<b>Fonctionnement d'un groupe d'eau glacée</b>	Contrôles rapides par 'touchers' successifs .....	846
<b>QUIZ n°48</b>	11 questions sur les refroidisseurs de liquide .....	<b>Nouveau</b> 850
<b>Comment contrôler un débit d'eau ?</b>	Tout sur le flow switch. Exo 212 (histoire d'une panne) .....	851
	Exo 213 (flow switch et pressostat différentiel) .....	859
<b>Comment évaluer un débit d'eau ?</b>	Analyse des différentes méthodes .....	862
	Exo 214 (synthèse des différentes méthodes) .....	865
	Exo 215 (problème de lecture de la HMT0) .....	869
<b>QUIZ n°49</b>	11 questions sur les chapitres précédents .....	<b>Nouveau</b> 872
<b>Pannes frigo des refroidisseurs de liquide</b>	Exo 216 (fonctionnement normal) .....	873
	Exos 217 et 218 (dépannage d'un groupe d'eau glacée) .....	<b>Nouveau</b> 875
	Exos 219 et 220 (dépannage d'un groupe d'eau glacée) .....	<b>Nouveau</b> 877
	Exos 221 et 222 (dépannage d'un groupe d'eau glacée) .....	<b>Nouveau</b> 881
	Exos 223 et 224 (dépannage d'un groupe d'eau glacée) .....	<b>Nouveau</b> 883
	Exos 225 et 226 (maintenance et dépannage) .....	887
<b>Circuits de distribution d'eau glacée</b>	Exo 227 (schéma hydraulique et vanne à 3 voies) .....	891
	Exo 228 (montage en boucle d'injection) .....	893
	Exo 229 (emplacement d'une vanne de boucle) .....	895
	Exo 230 (raccordement d'une bouteille casse pression) .....	897
<b>QUIZ n°50</b>	11 questions (circuits de distribution d'eau glacée) .....	<b>Nouveau</b> 900
<b>Bouteille casse pression</b>	Compléments d'information .....	901
	Exo 231 (utilisation d'un tube casse pression) .....	904
	Exo 232 (utilisation d'un tube de by-pass) .....	906
	Exo 233 (bouteille utilisée en stockage d'eau glacée) .....	907
	Exo 234 (bouteille utilisée sur circuits multiples) .....	910
	Exo 235 (bouteille montée horizontalement) .....	911
	Exo 236 (bouteille avec boucle d'injection) .....	913
<b>QUIZ n°51</b>	11 questions sur les bouteilles casse-pression .....	<b>Nouveau</b> 915
<b>Split eau glacée au R407C</b>	Contrôles avant la mise en service .....	917
	Exo 237 (pressions dans le circuit hydraulique) .....	923
	Exo 238 (comment régler le pressostat 'manque d'eau' ?) .....	925

	Exo 239 (courts-cycles par le pressostat 'manque d'eau') .....	.926
	Exo 240 (mise en service complète de la machine) .....	.929
<b>QUIZ n°52</b>	11 questions (mise en service d'un split eau glacée) .....	<b>Nouveau</b> .933
<b>Split eau glacée au R407C</b>	Analyse des problèmes de manque de débit d'eau .....	.934
	Exos 241 et 242 (conséquences du manque de débit) .....	.935
	Exo 243 (dépannage après coupures en antigel) .....	.938
<b>Débit d'eau trop faible</b>	Synoptique des pannes .....	.940
	La HMT est égale à zéro .....	.943
	La HMT est inférieure à zéro .....	.945
	La HMT est très faible .....	.947
	La HMT est proche de la HMT0 .....	.951
	La pression à l'aspiration de la pompe est négative .....	.953
	Exo 244 (vanne fermée en amont du vase d'expansion) .....	.953
	Exo 245 (vanne fermée en aval du vase d'expansion) .....	.954
	Exo 246 (fermeture des 2 vannes ci-dessus) .....	.955
	Exo 247 (vase d'expansion au refoulement de la pompe) .....	.956
<b>QUIZ n°53</b>	11 questions sur les problèmes de débit d'eau .....	<b>Nouveau</b> .957
<b>Exemples de calcul des pertes de charge</b>	Résistance hydraulique et sélection des pompes .....	.959
	Exo 248 (PdC d'un circuit simple) .....	.961
	Exo 249 (sélection de la pompe) .....	.962
	Exo 250 (HMT de la pompe) .....	.963
	Exo 251 (répercussions sur le circuit de vannes fermées) .....	.964
	Exo 252 (PdC d'un circuit avec plusieurs batteries en parallèle) .....	.967
<b>Contrôle du débit par le <math>\Delta P</math> de l'évapo.</b>	Présentation de la technique et évaporateurs à plaques brasées .....	.968
<b>QUIZ n°54</b>	11 questions sur le calcul des pertes de charge .....	<b>Nouveau</b> .970
<b>Pompe et réseau : une affaire de mariage</b>	Comment adapter une pompe à un réseau hydraulique ? .....	.971
	Exo 253 (surdébit et conséquences en déshumidification) .....	.973
	Exo 254 (vanne d'équilibrage pour réduire le débit) .....	.975
<b>Pompe en série ou en parallèle</b>	Exo 255 (problème du montage en parallèle de 2 pompes) .....	.978
	Exo 256 (solution du problème précédent) .....	.979
	Exo 257 (utilisation de circulateurs jumelés) .....	.980
	Exo 258 (courbe de 2 pompes en parallèle) .....	.981
	Exo 259 (courbe de 2 pompes en série) .....	.985
<b>QUIZ n°55</b>	11 questions sur les chapitres précédents .....	<b>Nouveau</b> .988
<b>Vannes de régulation 3 voies</b>	Généralités .....	.989
	Exo 260 (régulation du compresseur) .....	.993
	Exo 261 (régulation de la vanne) .....	.995
	Exo 262 (problème d'équilibrage) .....	.997
	Exo 263 (problème de pompe) .....	.999
<b>QUIZ n°56</b>	11 questions sur les pompes en série ou en parallèle .....	<b>Nouveau</b> 1001
<b>Montage des V3V</b>	Étude des différents montages classiques .....	1003
	Exo 264 (les 4 montages principaux) .....	1004
	Exo 265 (erreur de montage sur de l'eau glacée) .....	1008
	Exo 266 (correction de l'erreur de montage) .....	1009
	Exo 267 (rôle de la vanne d'équilibrage) .....	1010
	Exo 268 (montage en mélange et déshumidification) .....	1011
	Exos 269 + 270 (problèmes de déshumidification) .....	1013
<b>QUIZ n°57</b>	11 questions sur le montage des vannes 3 voies .....	<b>Nouveau</b> 1016
<b>Sélection des vannes 3 voies de régulation</b>	Exo 271 (la notion d'autorité) .....	1017
	Exo 272 (HMT de la pompe selon la V3V) .....	1019
	Exo 273 (sélection d'une V3V) .....	1021
	Exo 274 (relation entre Kvs de la vanne et autorité) .....	1024
	Exo 275 (synthèse sur les circuits d'eau glacée) .....	1026
	Exo 276 (synthèse sur les circuits de pompe à chaleur) .....	1027
<b>QUIZ n°58</b>	11 questions sur la sélection des vannes à 3 voies .....	<b>Nouveau</b> 1032
<b>Montages NO des V3V et free-cooling</b>	Étude de quelques montages spéciaux .....	1033
	Exo 277 (montage en décharge inversée NO) .....	1034
	Exo 278 + 279 (montage en mélange NO) .....	1036
	Exo 280 (free-cooling en régime été) .....	1037

	Exo 281 (free-cooling en régime hiver) .....	1038
	Exo 282 (amélioration n°1 du montage en free-cooling) .....	1039
	Exo 283 (amélioration n°2 du montage en free-cooling) .....	1041
<b>Quelques problèmes électro-hydrauliques</b>	Le flow switch clignote, permutation automatique de pompes, etc. ....	1042
	Exo 284 (comment temporiser le flow switch ?) .....	1043
	Exo 285 (permutation automatiques de 2 pompes) .....	1048
	Exo 286 + 287 (problèmes liés à la permutation auto) .....	1049
	Exo 288 (asservissement pompe condenseur au compresseur) .....	1052
	Exo 289 (amélioration du schéma précédent) .....	1053
	Exo 290 (schéma complet d'une production d'eau glacée) .....	1055
<b>QUIZ n°59</b>	11 questions sur les 2 chapitres précédents .....	Nouveau 1059
<b>Quelques problèmes liés au glycol</b>	Principales différences entre l'eau et l'eau glycolée .....	1060
	Exo 291 (influence d'un ajout de glycol sur le débit de la pompe) .....	1061
<b>Fonctionnement des amplificateurs</b>	Exos 292 à 298 (# montages avec des transistors et ampli-op) .....	1065
<b>Les régulateurs analogiques</b>	Conception, fonctionnement et schémas internes simplifiés .....	1073
	Exo 299 (le pont de Wheatstone) .....	1074
	Exo 300 + 301 (schémas de régulateurs P en DA et en RA) .....	1077
	Exo 302 (schéma d'un régulateur ToR) .....	1078
	Exo 303 (schéma d'un régulateur Mixte P et ToR) .....	1079
	Exo 304 (schéma d'un régulateur différentiel) .....	Nouveau 1081
<b>QUIZ n°60</b>	11 questions sur les 3 chapitres précédents .....	Nouveau 1083
<b>Les capteurs utilisés en froid et clim</b>	Sondes passives et actives. De $\theta$ , P, HR, soleil et vent. ....	1084
<b>Introduction à la régulation numérique</b>	Entrées et sorties digitales et analogiques .....	1090
	Exo 305 (fonctionnement d'un convertisseur analogique/digital) .....	1092
	Exo 306 (convertisseurs A/D et D/A) .....	1094
<b>QUIZ n°61</b>	11 questions sur les capteurs et la régul numérique .....	Nouveau 1097
<b>Problème de la récupération d'énergie</b>	Étude d'une installation tout air neuf .....	1099
	Exo 307 (CTA tout air neuf et caisson de mélange) .....	1101
	Exo 308 + 309 (système 2 batteries eau glycolée) .....	1102
	Exo 310 (rendement de récupération du système) .....	1104
	Exo 311 + 312 (optimisation complète du montage) .....	1107
	Exo 313 + 314 (humidification et montage hydraulique) .....	1110
	Exo 315 (régulation du système de récupération optimisé) .....	1111
	Exo 316 (problème des courts-cycles en régulation) .....	1115
	Exo 317 (régulation de l'ensemble de l'installation) .....	1117
<b>QUIZ n°62</b>	11 questions sur la récupération d'énergie .....	Nouveau 1120
<b>Les échangeurs de chaleur</b>	Exo 318 (efficacité des échangeurs à plaques) .....	Nouveau 1121
	Exo 319 (problème du givrage dans l'échangeur) .....	Nouveau 1123
	Exo 320 (l'échangeur vertical gravitaire) .....	Nouveau 1125
	Exo 321 (l'échangeur horizontal capillaire) .....	Nouveau 1128
<b>QUIZ n°63</b>	11 questions sur les chapitres précédents .....	Nouveau 1130
<b>La régulation Proportionnelle</b>	Quelques précisions sur l'offset et la nature des boucles .....	Nouveau 1131
	Exo 322 + 323 (bande proportionnelle, boucle longue et courte) .....	1133
	Exo 324 (analyse complet d'une centrale de traitement d'air) .....	1137
	Comment régler un régulateur P en boucle courte ? .....	1142
<b>QUIZ n°64</b>	11 questions sur la régulation proportionnelle .....	Nouveau 1146
<b>Quelques montages particuliers</b>	Exo 325 (régulation de deux V3V en parallèle) .....	Nouveau 1147
	Exo 326 (régulation d'une batterie électrique à étages) .....	Nouveau 1150
	Exo 327 (régulation binaire) .....	Nouveau 1151
	Exo 328 + 329 (schéma binaire et CTA chaud-froid) .....	Nouveau 1153
	Exo 330 + 331 (réglage de la CTA et humidification) .....	Nouveau 1155
	Exo 332 (CTA avec primaire et secondaire chaudes) .....	Nouveau 1160
	Exo 333 (réglages d'une CTA pour éviter le gel) .....	Nouveau 1161
	Exo 334 (graphe d'humidification et de déshumidif.) .....	Nouveau 1162
	Exo 335 (régulateur avec limite haute ou basse) .....	Nouveau 1163
	Exo 336 (concilier déshu été et risques de gel hiver ?) .....	Nouveau 1165
<b>QUIZ n°65</b>	11 questions sur la régul de # montages particuliers .....	Nouveau 1167
<b>La régul. Proportionnelle Intégrale (PI)</b>	Exo 337 (problème de l'offset, comment l'éliminer ?) .....	1169
	Exo 338 + 339 (temps d'intégration trop court ou trop long) .....	1171

La régulation PID	Exo 340 (Liens entre xP et Tn, comment régler un régulateur PI ?)	1173
QUIZ n°66	Rôle de l'action Dérivée sur la réponse à une perturbation	1177
Réglementation sur les fluides frigorigènes	Exo 341 (problème des retards)	1179
Problèmes avec par les nouveaux fluides	11 questions sur la régulation PI et PID	Nouveau 1182
QUIZ n°67	Les différentes évolutions	1183
Conversion à un nouveau fluide frigo	Contrôle des compétences et des connaissances des professionnels	1184
Récupération des fluides frigorigènes	Tour d'horizon des changements apportés par les HFC	1183
QUIZ n°68	11 questions (réglementation et nouveaux fluides)	Nouveau 1199
Problèmes frigorifiques divers	Les différents fluides de drop-in et de retrofit	1200
L'hygrométrie en froid commercial	Analyse des différentes méthodes de récupération	1205
QUIZ n°69	Exo 342 (groupe de transfert)	1219
Froid commercial : le dégivrage	Exo 343 (purge du groupe de transfert)	1221
QUIZ n°70	11 questions sur la récupération des fluides frigos	Nouveau 1224
Froid commercial : questions diverses	Méthode du triple vide, tube plongeur cassé, etc.	1225
La HP flottante	Exo 344 (charge en gaz d'un circuit et la bouteille givre)	1227
QUIZ n°71	Analyse détaillée de ce problème souvent négligé	1231
Le diagramme enthalpique	Exo 345 (sélection du coupe évaporateur / compresseur)	1235
QUIZ n°72	11 questions sur le froid commercial	Nouveau 1237
Le CO2 utilisé comme fluide frigorigène	Les différentes techniques en froid positif et négatif	1239
Le CO2 utilisé en régime subcritique	Exo 346 (utilisation d'un pressostat BP de régulation)	1241
Le CO2 utilisé en régime transcritique	Exo 347 (dégivrage par gaz chauds)	1245
QUIZ n°73	Exos 348 + 349 (par gaz chauds et par inversion de cycle)	1247
	11 questions sur les techniques de dégivrage	Nouveau 1252
	Thermostats, compresseurs BP, MP et HP, vanne à P. constante	1253
	Fonctionnement du système	Nouveau 1259
	11 questions sur le froid commercial	Nouveau 1262
	Exo 350 (repérage des zones du diagramme)	Nouveau 1263
	Exo 351 (tracé d'un diagramme simplifié)	Nouveau 1267
	Exo 352 (tracé d'un cycle complet)	Nouveau 1270
	Exo 353 (bilan des puissances mises en jeu)	Nouveau 1272
	Exo 354 (conséquences d'une augmentation de la HP)	Nouveau 1273
	Exo 355 (conséquences d'une diminution de la BP)	Nouveau 1275
	Exo 356 (conséquences des PdC à l'aspiration)	Nouveau 1277
	11 questions sur le diagramme enthalpique	Nouveau 1279
	Exo 357 (rajout d'un sous-refroidisseur évaporatif)	Nouveau 1280
	Présentation et problèmes posés pour son utilisation	Nouveau 1284
	Analyse détaillée du fonctionnement	Nouveau 1287
	Exo 358 (étude d'une cascade HFC-CO2)	Nouveau 1290
	Exo 359 (fonctionnement en simple étage)	Nouveau 1293
	Exo 360 (comment améliorer le fonctionnement ?)	Nouveau 1295
	11 questions sur le CO2 (nom de code R744)	Nouveau 1298