

# PRÉSENTATION

Il existe de nombreux ouvrages traitant de la thermodynamique et de la technologie des circuits frigorifiques et des pompes à chaleur air/eau ou eau/eau.

*Si vous avez des difficultés pour exploiter pleinement ces ouvrages, ce manuel a été spécialement conçu pour vous.*

De la même manière, si de nombreuses informations vous semblent peu compréhensibles sur les notices techniques des constructeurs, *ce manuel pourra encore une fois vous aider.*

*Rassurez-vous*, nous n'allons pas passer notre temps à faire de la physique, des calculs compliqués et je ne sais quoi d'autre. Nous allons tout simplement *observer* ce qui se passe autour de nous et exploiter les phénomènes physiques de notre vie quotidienne : l'ébullition de l'eau, la cocotte minute, la pompe à vélo, la buée sur la vitre, l'alambic, l'éponge, etc.

L'objectif de la première partie de ce manuel est d'analyser le circuit frigorifique d'un réfrigérateur afin de comprendre son fonctionnement. Comme vous en possédez sûrement un, vous pourrez plus facilement l'observer, le toucher et repérer ses différents composants.

Ensuite, nous pourrons analyser le fonctionnement des différents climatiseurs du marché (froid seul, réversible, froid seul Inverter et Réversible Inverter), afin d'être capable de les installer, de les entretenir et de les dépanner.

Nous pourrons alors nous initier aux bases de l'hydraulique afin d'étudier le fonctionnement des pompes à chaleurs aérothermiques et géothermiques qui sont de plus en plus utilisées.

La première édition de ce Manuel (1999) avait 264 pages.

La seconde édition (2005) avait 404 pages.

La troisième édition (2010) avait 664 pages.

**Cette quatrième édition entièrement réactualisée compte 754 pages**

*Vous pourrez également vous perfectionner en étudiant le manuel du dépanneur (1387 pages en couleurs) écrit par le même auteur et qui est la suite de ce manuel (descriptif en fin d'ouvrage).*

**Vos remarques et suggestions sont les bienvenues.**

**Pour nous joindre, voir nos coordonnées (Internet, Email et téléphone) au dos de la couverture du manuel.**

# SOMMAIRE

Le réfrigérateur, introduction .....	11
<i>Exercice de synthèse n°1 (5 questions)</i> .....	19
Le phénomène d'ébullition .....	20
<i>Exercice de synthèse n°2 (8 questions)</i> .....	30
L'eau bout-elle toujours à 100°C ? .....	31
La relation Pression - Température .....	35
Pression relative et pression absolue .....	42
<i>Exercice de synthèse n°3 (10 questions)</i> .....	45
<b>Nouveau</b>	
L'eau est-elle un bon fluide frigorigène ? .....	46
Le fluide frigorigène R410A .....	48
La relation pression-température du R410A .....	53
Les manomètres du frigoriste : <i>exercice</i> .....	55
L'évaporation du R410A .....	55
<i>Exercice de synthèse n°4 (10 questions)</i> .....	60
<b>Nouveau</b>	
Que se passe-t-il dans l'échangeur froid (le freezer) ? .....	64
<i>Exercice de synthèse n°5 (8 questions)</i> .....	67
Le phénomène de condensation .....	68
Le rôle du compresseur .....	73
Fonctionnement du compresseur à pistons .....	76
<i>Exercice de synthèse n°6 (10 questions)</i> .....	80
<b>Nouveau</b>	
Le rôle du détendeur .....	81
<i>Exercice de synthèse n°7 (11 questions)</i> .....	92
Le cycle frigorifique .....	93
<i>Exercice (repérage des composants du circuit)</i> .....	96
<i>Exercice (les différents états du fluide dans le circuit)</i> .....	97
<i>Exercice de synthèse n°8 (10 questions)</i> .....	103
Du réfrigérateur au climatiseur .....	104
Le climatiseur monobloc .....	109
<i>Exercice (repérage des composants du climatiseur)</i> .....	103
Le panneau de commande du climatiseur .....	113
<i>Exercice de synthèse n°9 (9 questions)</i> .....	120
Le climatiseur split système .....	121
<i>Exercice de synthèse n°10 (8 questions)</i> .....	127
<b>Nouveau</b>	
Le compresseur à pistons : fonctionnement normal .....	128
Le condenseur à air : fonctionnement normal .....	130
<i>Exercice de synthèse n°11 (10 questions)</i> .....	143
<b>Nouveau</b>	
Le condenseur à air : les différents Delta T .....	146
<i>Exercice (Pressions et températures en différents points du circuit)</i> .....	149
Le détendeur capillaire : fonctionnement normal .....	152
Évolution du fluide à l'intérieur du capillaire .....	158
<i>Exercice de synthèse n°12 (8 questions)</i> .....	159
L'évaporateur : fonctionnement normal .....	161
L'évaporateur : les différents Delta T .....	169
<i>Exercice (Pressions et températures en différents points du circuit)</i> .....	171
<i>Exercice de synthèse n°13 (9 questions)</i> .....	173
Circuit complet : fonctionnement normal .....	174
La notice technique : généralités .....	176

<i>La notice technique : les puissances</i>	
Température sèche et température humide .....	178
La puissance frigorifique .....	182
La puissance de déshumidification .....	184
La puissance calorifique .....	188
La puissance absorbée par le compresseur .....	189
<b>Exercice de synthèse n°14 (8 questions) .....</b>	<b>190</b>
<i>La notice technique : l'unité intérieure</i>	
Références et différents types d'unités .....	191
Dimensions, poids, tension, intensité et puissance électrique .....	194
La commande à distance .....	195
Les modes de fonctionnement .....	197
Le niveau sonore .....	199
Les ventilateurs .....	200
Les filtres .....	201
<i>La notice technique : l'unité extérieure</i>	
Les références .....	202
Tension, Intensité et puissance électrique .....	203
Les compresseurs rotatifs .....	204
Fonctionnement du compresseur rotatif .....	205
Le réfrigérant à utiliser .....	206
L'huile frigorifique à utiliser .....	207
<b>Exercice de synthèse n°15 (9 questions) .....</b>	<b>208</b>
<i>Les divers raccords</i>	
Les tubes de qualité frigorifique .....	209
Les raccords frigorifiques 'Quick' .....	210
Les raccords frigorifiques 'Flare' .....	212
Confection des dudgeons .....	213
Les liaisons frigorifiques : diamètre, longueur et dénivelé .....	217
Les problèmes de prédétente .....	218
Les origines possibles d'une prédétente .....	219
L'isolation des tuyauteries .....	221
Faut-il isoler le tube liquide ? .....	222
<b>Exercice de synthèse n°16 (10 questions) .....</b>	<b>224</b>
<i>Installation du split-système</i>	
L'installation de l'unité intérieure .....	225
L'installation de l'unité extérieure .....	226
Les liaisons .....	227
L'utilisation des vannes de service .....	228
L'utilisation des prises de pression .....	230
Purge de l'air par la méthode de la chasse .....	234
Purge de l'air par la méthode du tirage au vide .....	235
Le montage des manomètres .....	236
<b>Exercice de synthèse n°17 (9 questions) .....</b>	<b>240</b>
<i>Le contrôle des conditions normales de fonctionnement</i>	
Le montage des manomètres .....	241
Pressions et températures de fonctionnement .....	242
Le démontage des manomètres .....	244
<b>Exercice de synthèse n°18 (13 questions) .....</b>	<b>247</b>
<i>Les symptômes d'un dysfonctionnement</i>	
Interprétation d'une surchauffe trop faible ou trop élevée .....	249
Interprétation d'un sous refroidissement trop faible ou trop élevé .....	251

<i>Exercice de synthèse n°19 (10 questions)</i> .....	253
<i>Problèmes soulevés par les nouveaux fluides frigorigènes</i>	
Problèmes généraux posés par les HFC sur les installations neuves .....	254
Explication du glissement .....	258
Surchauffe avec le R407C .....	259
<i>Exercice de synthèse n°20 (10 questions)</i> .....	262
Sous refroidissement avec le R407C .....	263
<i>Exercice de synthèse n°21 (5 questions)</i> .....	265
Quelques compléments d'information sur le R410A .....	266
Interprétation d'une basse pression anormalement faible .....	269
<i>La panne de la prédétente</i>	
Analyse de la panne .....	270
Explication des symptômes .....	271
Quelques exemples de pannes (aspect pratique) .....	273
Methodologie du diagnostic .....	275
<i>La panne du détendeur trop petit</i>	
Analyse de la panne .....	276
Explication des symptômes .....	277
Quelques exemples de pannes (aspect pratique) .....	279
Methodologie du diagnostic .....	281
<i>La panne du manque de fluide</i>	
Problème des fuites : que dit la réglementation ? .....	282
Analyse de la panne .....	284
Explication des symptômes .....	285
Quelques exemples de pannes (aspect pratique) .....	287
Methodologie du diagnostic .....	288
<i>La panne de l'évaporateur trop petit</i>	
Analyse de la panne .....	289
Explication des symptômes .....	290
Quelques exemples de pannes (aspect pratique) .....	292
Methodologie du diagnostic .....	294
<i>Exercice de synthèse n°22 (8 questions)</i> .....	295
<i>Synthèse des pannes BP</i>	
<i>Exercice 1 : Manque de charge en fluide</i> .....	296
<i>Exercice 2 : Prédétente ligne liquide</i> .....	297
<i>Exercice 3 : Évapo trop petit (manque de débit d'air)</i> .....	300
<i>Exercice 4 : Détendeur trop petit</i> .....	301
<i>Exercice 5 : Évapo trop petit (encrassement)</i> .....	304
<i>Exercice 6 : Pas de panne</i> .....	305
<i>La panne du condenseur trop petit</i>	
Analyse de la panne .....	308
Explication des symptômes .....	309
Quelques exemples de pannes (aspect pratique) .....	310
Methodologie du diagnostic .....	315
<i>La panne de l'excès de charge</i>	
Analyse de la panne .....	316
Explication des symptômes .....	317
Aspect pratique de la charge en fluide .....	318
Methodologie du diagnostic .....	319
<i>La panne des incondensables</i>	
Influence des incondensables sur le circuit .....	320
Comment les incondensables pénètrent-ils dans le circuit ? .....	321

Analyse de la panne	322
Explication des symptômes	323
Aspect pratique de la panne des incondensables	324
Méthodologie du diagnostic	325
<i>La panne du compresseur trop petit</i>	<b>Nouveau</b>
Analyse de la panne	326
Explication des symptômes	327
Quelques exemples de pannes (aspect pratique)	328
Méthodologie du diagnostic	329
<i>Exercice 1 (Récapitulatif des principales pannes frigorifiques)</i>	330
<i>Exercice de synthèse n°23 (10 questions)</i>	331
<i>Synthèse des familles de pannes</i>	
<i>Exercice 2 : Manque de charge en fluide (R410A)</i>	<b>Nouveau</b> 333
<i>Exercice 3 : Condenseur trop petit (encrassage) (R410A)</i>	<b>Nouveau</b> 335
<i>Exercice 4 : Prédétente ligne liquide (R407C)</i>	<b>Nouveau</b> 337
<i>Exercice 5 : Évapo trop petit (manque de débit d'air) (R410A)</i>	<b>Nouveau</b> 339
<i>Exercice 6 : Manque de charge en fluide (R407C)</i>	<b>Nouveau</b> 341
<i>Exercice 7 : Excès de charge ou incondensables (R407C)</i>	<b>Nouveau</b> 343
<i>Exercice 8 : Compresseur trop petit (R410A)</i>	<b>Nouveau</b> 339
<i>Le climatiseur réversible</i>	
Le fonctionnement 'été'	347
Le fonctionnement 'hiver'	349
<i>Exercice 1 (utilisation de 2 capillaires)</i>	350
Quelques risques de pannes de la vanne à quatre voies	353
La bouteille anti-coups de liquide	357
Le filtre déshydrateur bidirectionnel	358
<i>Exercice de synthèse n°24 (10 questions)</i>	359
<i>Dépannages sur climatiseur réversible</i>	
<i>Exercice 2 et 3 : Manque de charge et problème de dégivrage (R410A)</i>	<b>Nouveau</b> 360
<i>Exercice 2 et 3 : Excès de charge et compresseur trop petit (R410A)</i>	<b>Nouveau</b> 361
<i>Les moteurs monophasés</i>	
Généralités et schéma interne	364
Comment tester électriquement les moteurs et diagnostiquer un défaut	366
Les condensateurs de marche et de démarrage	368
Comment tester les condensateurs et diagnostiquer un défaut	371
Les systèmes de démarrage rencontrés en clim de confort	374
<i>Exercice de synthèse n°25 (10 questions)</i>	376
Les moteurs multi-vitesses	377
<i>Exercice (câblage complet d'un moteur à 3 vitesses)</i>	378
<i>Variation de vitesse des moteurs</i>	
Quelques rappels en courant alternatif	382
Variation de vitesse par hachage de courant	383
Le redressement du courant alternatif	384
Principe de fonctionnement du système Inverter	389
Le compresseur Scroll	391
La platine Inverter	392
<i>Exercice de synthèse n°26 (15 questions)</i>	394
<i>Le détendeur électronique</i>	
Principe de fonctionnement et moteur pas-à-pas	395
<i>Exercice 1 (Rôle des sondes de température de l'unité intérieure)</i>	397
Les avantages de l'Inverter	399
Les sondes de température CTP et CTN	400

<i>Exercice de synthèse n°27 (11 questions)</i> .....	401
<i>Exercice 2 (Diagnostic de panne selon des tableaux de tendance)</i> .....	402
<i>Le split Inverter 'Froid seul'</i>	
<i>Exercice (Rôle de chaque sonde utilisée par l'appareil)</i> .....	403
<i>Le split Inverter réversible'</i>	
Fonctionnement 'été'	
Fonctionnement 'hiver' .....	407
Les sondes de température .....	408
Le dégivrage .....	409
<i>Exercice de synthèse n°28 (9 questions)</i> .....	411
<i>La récupération du fluide frigorigène</i>	
La réglementation .....	413
Les bouteilles de récupération .....	414
Les groupes de transfert .....	415
Récupération du fluide en gaz .....	416
A quelle pression arrêter le groupe de transfert ? .....	418
Récupération du fluide en liquide .....	420
Problème des appoints de charge en fluide .....	421
<i>Evolution de la réglementation sur les fluides frigorigènes</i>	
La mort annoncée des fluides HCFC .....	425
Contrôle de la capacité des professionnels .....	426
Contrôle de l'étanchéité des installations .....	427
Les connaissances théoriques et pratiques nécessaires .....	428
Durée des épreuves .....	431
<i>Exercice (Recherche des erreurs dans des tableaux de tendance)</i> .....	434
-----	
<i>Étude d'un circuit hydraulique entre un château d'eau et des lavabos</i>	
Les vases communicants .....	435
Les unités, la pression statique .....	436
Notions de charge et de perte de charge .....	440
Rôle du débit et de la pression .....	443
<i>Exercice de synthèse n°29 (10 questions)</i> .....	446
<i>Le circuit hydraulique de remplissage du château d'eau</i>	
Les différents types de pompes .....	447
Amorçage et démarrage de la pompe de remplissage .....	450
Rôle de la crépine .....	451
Quelques pannes parmi les plus fréquentes .....	453
Les pompes multicellulaires .....	458
<i>Exercice de synthèse n°30 (10 questions)</i> .....	460
<i>Production d'eau chaude par un chauffe-eau électrique</i>	
Les accessoires du chauffe-eau et son raccordement .....	461
La solution de quelques problèmes électriques .....	465
<i>Exercice de synthèse n°31 (10 questions)</i> .....	470
<i>Production d'eau chaude par une chaudière murale gaz</i>	
Description et rôle des équipements internes .....	471
Les accessoires, les raccordements et le vase d'expansion .....	473
L'échangeur d'eau chaude sanitaire et les vannes 3 voies diviseuses .....	474
Les problèmes d'entartrage .....	477
Les collecteurs et le circuit des radiateurs .....	479
Quelques notions d'équilibrage .....	480
Quelques dépannages .....	482
Contrôleur de débit et robinet thermostatique .....	484

<i>Exercice de synthèse n°32 (10 questions)</i> .....	<b>Nouveau</b> .....	486
<i>Production d'eau chaude par un chauffe-eau solaire individuel (CESI)</i>		
Les divers accessoires et les raccordements .....		487
L'utilisation de l'eau glycolée .....		495
Les systèmes auto-vidangeables .....		496
Le problème des purgeurs automatiques .....		497
Les vases d'expansion .....		498
<i>Exercice de synthèse n°33 (10 questions)</i> .....	<b>Nouveau</b> .....	502
Le fonctionnement en thermosiphon .....		503
L'emplacement de la pompe et sa régulation .....		505
Le réglage du vase d'expansion et la pression de remplissage du circuit .....		509
La régulation du système .....		520
Quelques dépannages .....		522
La production d'eau chaude sanitaire .....		527
Le chauffage d'appoint .....		529
Les erreurs d'installation à ne pas commettre .....		531
<i>Exercice de synthèse n°34 (11 questions)</i> .....		533
<i>Production d'eau chaude par une pompe à chaleur aérothermique</i>		
Présentation d'une PAC air/eau et d'un plancher chauffant .....		535
<i>Exercice 1 (réglage du vase d'expansion et de la pression de remplissage)</i> .....		539
Problème du givrage de la batterie extérieure .....		542
<i>Exercice 2 (le fonctionnement en chauffage et en dégivrage)</i> .....		543
Le chauffage d'appoint et les diverses sécurités .....		546
Interprétation des indications de la plaque signalétique de la PAC .....		548
Relation entre puissance, débit et Delta T .....		549
Comment mesurer la HMT de la pompe ? .....		550
Courbe débit/pression des pompes .....		552
<i>Exercice 3 (Évolution des paramètres de fonctionnement)</i> .....		552
<i>Exercice de synthèse n°35 (10 questions)</i> .....		555
Estimation des déperditions et de la puissance de la PAC .....		556
Problème des PAC surdimensionnées .....		560
Les échangeurs à plaques utilisés comme condenseur .....		561
Les bouteilles casse pression .....		561
<i>Exercice 4 (raccordement de 2 circuits secondaires)</i> .....		562
<i>Exercice 5 (Pressions et températures du circuit frigo)</i> .....		565
<i>Exercice 6 (Alimentation d'un circuit plancher et d'un circuit radiateurs)</i> .....		567
Les vannes 3 voies mélangeuses .....		570
Les courbes de chauffe .....		572
Les détendeurs thermostatiques .....		573
Les PAC équipées de 2 détendeurs thermostatiques .....		575
<i>Exercice 7 (Utilisation d'un détendeur bi-flow)</i> .....		577
Les techniques de dégivrage et de fin de dégivrage .....		580
<i>Exercice 8 : PAC air/eau en fonctionnement normal (R410A)</i> .....		582
<i>Exercice 9 : PAC air/eau en manque de charge (R410A)</i> .....		583
<i>Exercice 10 : PAC air/eau en excès de charge (R410A)</i> .....		584
<i>Exercice 11 : PAC air/eau avec l'évaporateur encrassé (R410A)</i> .....		586
<i>Exercice 12 : PAC air/eau avec un manque de débit d'eau au condenseur (R410A)</i> .....		587
<i>Exercice 13 : PAC air/eau avec une panne de compresseur trop petit (R410A)</i> .....		588
<i>Exercice 14 : PAC air/eau avec une prédétente ou un détendeur trop petit (R410A)</i> .....		589
Sélection du diamètre des tuyauteries et des pertes de charge .....		592
<i>Exercice 15 (détermination des pertes de charge d'un circuit plancher)</i> .....		593
<i>Exercice 16 (même exercice avec des tubes en cuivre)</i> .....		597

<i>Exercice de synthèse n° 36 (10 questions)</i> .....	601
<i>PAC Aérothermiques : Dépannages de synthèse</i>	
<i>Analyse de la PAC en fonctionnement normal</i> .....	Nouveau 602
<i>Panne 1 : Manque de charge en fluide (R407C)</i> .....	Nouveau 604
<i>Panne 2 : Détendeur trop petit ( R407C)</i> .....	Nouveau 605
<i>Panne 3 : Condenseur trop petit (encrassement) ( R407C)</i> .....	Nouveau 610
<i>Panne 4 : Compresseur trop petit ( R407C)</i> .....	Nouveau 611
<i>Panne 5 : Excès de charge ou incondensables ( R407C)</i> .....	Nouveau 616
<i>Panne 6 : Évaporateur trop petit ( R407C)</i> .....	Nouveau 617
<i>Panne 7 : Condenseur trop petit (manque de débit d'eau) ( R407C)</i> .....	Nouveau 622
<i>Panne 8 : Prédétente ligne liquide ( R407C)</i> .....	Nouveau 623
<i>PAC eau/eau avec capteurs horizontaux enterrés</i>	
Présentation du système .....	629
<i>Exercice 1 (comment raccorder l'échangeur à plaque servant d'évapo ?)</i> .....	631
Les échangeurs à plaques utilisés comme condenseurs et comme évaporateurs .....	632
Les différentes techniques de mesure d'un débit d'eau .....	633
<i>Exercice 2 (Évaluation des débits d'eau)</i> .....	634
Courbe de la perte de charge des échangeurs et courbe de la pompe .....	635
<i>Exercice 3 (Pompes à courbe plate ou à courbe inclinée)</i> .....	636
Comparaison et pannes des contrôleurs de débit à palette et des pressostats différentiels .....	637
PAC eau/eau sur plancher rafraîchissant .....	640
<i>Exercice 4 (PAC eau/eau réversible)</i> .....	641
<i>PAC eau/eau avec sondes verticales enterrées</i>	
Présentation du système .....	643
<i>Exercice 5 (Détermination des débits et des pertes de charge)</i> .....	644
<i>PAC Géothermiques : Dépannages de synthèse</i>	
<i>Exercice 6 : Manque de charge en fluide ( R407C)</i> .....	649
<i>Exercice 7 : Compresseur trop petit ( R407C)</i> .....	652
<i>Exercice 8 : Évapo trop petit (manque de débit d'eau) ( R407C)</i> .....	653
<i>Exercice 9 : Excès de charge ou incondensables (R407C)</i> .....	658
<i>Exercice 10 : Pas de panne, l'installation fonctionne correctement</i> .....	659
<i>Exercice 11 : Prédétente ligne liquide ou détendeur trop petit (R407C)</i> .....	664
<i>Exercice 12 : Condenseur trop petit (manque de débit d'eau) ( R407C)</i> .....	665
<i>Exercice de synthèse n° 37 (11 questions)</i> .....	670
<i>Exercice de synthèse n° 38 (10 questions)</i> .....	671
<i>PAC eau/eau sur nappe phréatique</i>	
Présentation du système .....	672
<i>Exercice 13 (Raccordements de la nappe sur l'échangeur à plaque)</i> .....	673
<i>Exercice 14 (Rajout d'un échangeur intermédiaire entre la nappe et l'évapo)</i> .....	675
Conséquences de l'échangeur intermédiaire sur le COP de la PAC .....	678
Influence de la BP sur la puissance absorbée par le compresseur .....	680
Les risques de gel pendant la récupération du fluide frigorigène .....	981
<b>Index alphabétique détaillé</b> .....	683

*Présentation du manuel du dépanneur en fin d'ouvrage*