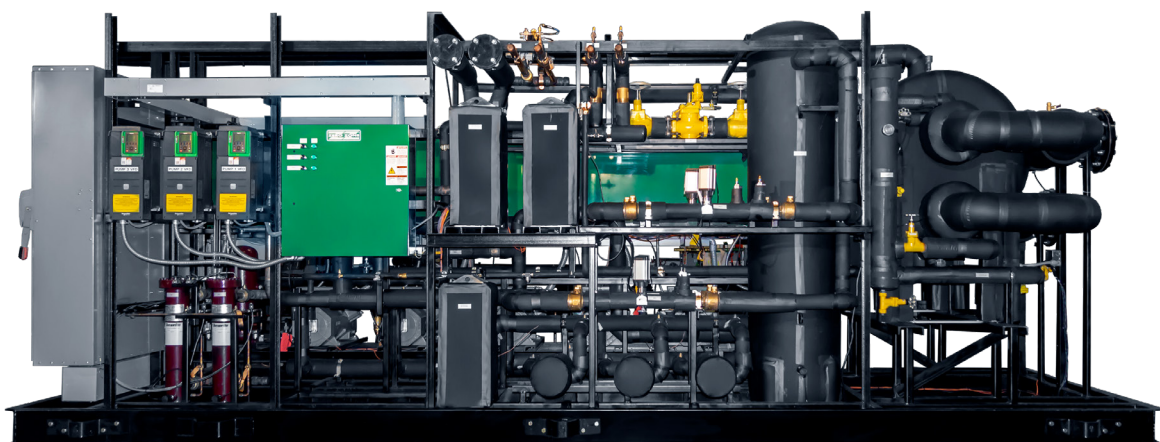




Genesys™
Solutions de réfrigération naturelle

ZERO ZONE

SYSTÈMES EMBALLÉS AU CO₂

MANUEL D'INSTALLATION, D'UTILISATION ET D'ENTRETIEN

Table des matières

1.	GARANTIE ZERO ZONE 1	1
2.	INTRODUCTION	2
■	2.1. Avant-propos	2
■	2.2. Informations importantes pour l'utilisateur	3
■	2.3. Fabricant	3
■	2.4. Utilisation prévue	3
■	2.5. Avis à l'entrepreneur en réfrigération	3
■	2.6. Dioxyde de carbone - CO ₂ (R744)	4
3.	SÉCURITÉ	7
■	3.1. Informations générales sur la sécurité	7
4.	INSTALLATION DU SYSTÈME	10
■	4.1. Généralités	10
■	4.2. Inspection à la réception	10
■	4.3. Levage, manutention et positionnement de l'équipement	10
■	4.4. Alimentation électrique	12
■	4.5. Directives sur le tuyautage	13
■	4.6. Tuyauterie d'eau glacée/glycol	16
■	4.7. Tuyauterie d'eau du condenseur/refroidisseur à gaz	17
■	4.8. Tuyauterie d'eau pour récupération de chaleur	17
■	4.9. Entrée d'eau des condenseurs/refroidisseurs à gaz adia. et évap.	18
■	4.10. Drainage du condenseur/refroidisseur à gaz	18
■	4.11. Manomètres de pression d'eau	18
■	4.12. Protection antigel du fluide du système	18
5.	MISE EN SERVICE DU SYSTÈME	19
■	5.1. Préparation du système	19
■	5.2. Test de pression/étanchéité	19
■	5.3. Évacuation	19
■	5.4. Chargement du CO ₂	20
■	5.5. Chargement de l'huile	22
■	5.6. PLANIFICATION DE LA MISE EN SERVICE	22
6.	DESCRIPTION DU SYSTÈME	25
■	6.1. Contexte	25
■	6.2. Circuit de refroidissement	25
■	6.3. Circuit frigorifique	25
■	6.4. Circuit d'huile	25
7.	SÉQUENCE DE FONCTIONNEMENT	26
■	7.1. Système de contrôle	26
■	7.2. Séquence de démarrage	26
■	7.3. Séquence d'arrêt	26
■	7.4. Contrôle hors cycle	26
■	7.5. Contrôle des compresseurs	27
■	7.6. Contrôle du refroidisseur à gaz/condenseur à air	27
■	7.7. Contrôle du condenseur/refroidisseur à gaz à eau	28
■	7.8. Contrôle du condenseur/refroidisseur à gaz en cascade	28
■	7.9. Contrôle de l'évaporateur à détente directe - Basse température	28
■	7.10. Régulateur de pression d'évaporation (EPR)	29
■	7.11. Contrôle de l'évaporateur à eau glacée	29
■	7.12. Contrôle du désurchauffeur	29
■	7.13. Pompes CO ₂ - Système à alimentation liquide	30
8.	SYSTÈME D'ÉCONOMIE DE CHARGE	31
■	8.1. Aperçu	31
9.	MISE EN SERVICE INITIALE	32
■	9.1. Aperçu	32
■	9.2. Procédure de service	33
10.	ENTRETIEN PRÉVENTIF	34
■	10.1. Aperçu	34
11.	DÉPANNAGE	38

12. GLOSSAIRE	41
■ 12.1. Refroidisseur à gaz/condenseur à air.....	41
■ 12.2. Condenseur/refroidisseur à gaz en cascade	41
■ 12.3. Compresseurs	41
■ 12.4. Système d'huile CO ₂	42
■ 12.5. Détendeur haute pression/soupape de dérivation du gaz flash.....	43
■ 12.6. Réservoir CO ₂ /ballon flash	44
■ 12.7. Échangeur de chaleur liquide/aspiration	44
■ 12.8. Filtre déshydrateur liquide.....	44
■ 12.9. Voyant du circuit liquide	44
■ 12.10. Détendeur électronique	44
■ 12.11. Capteur de température.....	45
■ 12.12. Transducteur de pression	45
■ 12.13. Accumulateur d'aspiration.....	45
■ 12.14. Ensemble de décharge O ₂	45
■ 12.15. Soupapes de sécurité	46
■ 12.16. Clapets anti-retour	46
■ 12.17. Récupération de chaleur.....	46
■ 12.18. Évaporateurs à eau	46
■ 12.19. Vannes d'isolement de l'eau d'alimentation et de retour	46
■ 12.20. Détecteur de débit d'eau glacée.....	46
■ 12.21. Filtre en Y	46
■ 12.22. Capteur de température d'alimentation en eau.....	47
■ 12.23. Capteur de température de retour d'eau.....	47
■ 12.24. Thermostat antigel	47
■ 12.25. Injection de liquide	47
■ 12.26. Injection de gaz chaud	47
■ 13.1. Plans	48
■ 13.2. PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES DU R-744 (CO ₂)	48
13. ANNEXE.....	48
■ 13.3. FAQ sur le système de gestion d'huile transcritique CO ₂	52
■ 13.4. Collecteur de charge rapide CO ₂	55

Figures

FIGURE 1: CLAPETS ANTI-RETOUR	9
FIGURE 2: ÉQUIPEMENT DE CHARGEMENT EN CO ₂	21
FIGURE 3: SCHÉMA TYPIQUE	53
FIGURE 4: DÉTECTION ET TRANSFERT D'HUILE	53
FIGURE 5: ÉQUIPEMENT DU COLLECTEUR DE CHARGE RAPIDE	55
FIGURE 7: INSTALLATION TEMPORAIRE DU COLLECTEUR	56
FIGURE 6: ADAPTEURS DE CHARGE RAPIDE 3/8"	56
FIGURE 8: INSTALLATION PERMANENTE DU COLLECTEUR	56
FIGURE 9: SOUPAPE DE SÉCURITÉ	56
FIGURE 10: SCHÉMA DU SYSTÈME D'ÉCONOMIE DE CHARGE	57
FIGURE 11: CONTRÔLE DE VITESSE VFD AVEC FRÉQUENCES BLOQUÉES	62
FIGURE 13: POSITIONNEMENT DE L'AUTOCOLLANT 1	63
FIGURE 12: AUTOCOLLANT 1	63
FIGURE 14: ORIENTATION HORIZONTALE DE L'AUTOCOLLANT	64
FIGURE 16: LECTURE DE L'AUTOCOLLANT 1	64
FIGURE 15: ORIENTATION VERTICALE DE L'AUTOCOLLANT	64
FIGURE 18: AUTOCOLLANT 2	65
FIGURE 17: AMPLITUDE DE L'AUTOCOLLANT 1	65
FIGURE 20: MOUVEMENT DE L'AUTOCOLLANT 2	66
FIGURE 19: POSITIONNEMENT DE L'AUTOCOLLANT 2	66
FIGURE 21: LECTURE DE L'AUTOCOLLANT 2	67
FIGURE 22: DIAGRAMME DE FLUX DES CONNEXIONS FILETÉES NPT	68
FIGURE 24: OUTIL DE MARQUAGE DES TUYAUX ET MARQUEUR DE PEINTURE	69
FIGURE 23: KIT D'INSTALLATION SWAGELOK	69
FIGURE 25: MARQUAGE DE LA PROFONDEUR D'INSERTION	69
FIGURE 28: RACCORD SWAGELOK CORRECTEMENT SERRÉ	70
FIGURE 26: PIÈCES ET ASSAMBLAGE DES RACCORDS SWAGELOK	70
FIGURE 27: ROTATION MARQUÉE SWAGELOK	70
FIGURE 29: RACCORD SWAGELOK NON COMPLÈTEMENT INSÉRÉ	70
FIGURE 30: VÉRIFICATION SWAGELOK	71
FIGURE 31: VÉRIFICATION SWAGELOK NO-GO	71

Tables

TABLE 1: CLASSIFICATION DE SÉCURITÉ ASHRAE DES RÉFRIGÉRANTS	4
TABLE 3: PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES SÉLECTIONNÉES DU CO ₂	5
TABLE 2: PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU CO ₂ (R744)	5
TABLE 4: ACRONYMES LIÉS À L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE	12
TABLE 5: RECOMMANDATIONS POUR LE DIMENSIONNEMENT DES TUYAUTERIES CO ₂ ...	16
TABLE 6: LISTE DE VÉRIFICATION DU DÉPANNAGE	38
TABLE 7: PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES DU R744 (CO ₂)	48
TABLE 8: DÉPANNAGE DU SYSTÈME D'HUILE TRANSCRITIQUE CO ₂	53
TABLE 9: ENTRETIEN PRÉVENTIF	54

1. GARANTIE ZERO ZONE 1

Garantie limitée

Zero Zone, Inc. (le Vendeur) garantit que tous les produits fabriqués et vendus par lui sont exempts de défauts de matériaux et de fabrication, dans des conditions normales d'utilisation et de service pour leur usage prévu, pendant une période d'un (1) an à compter de la date d'installation initiale (ne dépassant pas 15 mois à partir de la date d'expédition de l'usine). L'éclairage Zero Zone ChillBrite® LED est couvert par une garantie de 5 ans sur les pièces. Les portes Zero Zone CoolView® bénéficient d'une garantie de 10 ans sur le verre isolant. L'obligation en vertu de cette garantie se limite à la réparation ou au remplacement de toute pièce, F.O.B. usine, qui s'avère défectueuse à la satisfaction du service après-vente de Zero Zone. Zero Zone se réserve le droit d'inspecter le site d'installation et d'évaluer la cause de la défaillance. Cette garantie limitée ne couvre pas : la main-d'œuvre, le transport, la perte de denrées alimentaires ou de produits, y compris la perte de réfrigérant. Cette garantie ne s'applique pas aux moteurs, interrupteurs, contrôles, lampes, filtres déshydrateurs, fusibles ou autres pièces fabriquées par des tiers et achetées par le Vendeur, sauf si le fabricant de ces éléments les garantit au Vendeur, et alors uniquement dans la limite de cette garantie. Tout produit vendu "TEL QUEL" n'est pas couvert par cette garantie.

Garanties prolongées

En complément de la garantie limitée standard, le Vendeur offre, moyennant un supplément et avant l'expédition, une garantie prolongée limitée sur le compresseur uniquement, après l'expiration de la garantie standard. Le Vendeur s'engage à réparer ou remplacer (à sa discrétion), ou à rembourser l'échange d'un compresseur de conception et de capacité similaires, si celui-ci est jugé défectueux en raison d'un vice de fabrication ou de matériaux sous des conditions normales d'utilisation, conformément aux Manuels d'installation et d'exploitation et aux autres instructions de Zero Zone.

Durée de la garantie prolongée

Toute garantie sur un compresseur peut être prolongée pour une période supplémentaire de quatre (4) ans, à condition que cette extension soit achetée avant l'expédition du produit. Cette garantie couvre uniquement le compresseur et non les autres composants du système de réfrigération.

Produits non fabriqués par le Vendeur

Toute garantie écrite, s'il y a lieu, fournie par le fabricant d'une pièce du système de réfrigération vendue par le Vendeur à l'Acheteur, mais non fabriquée par le Vendeur, est cédée à l'Acheteur. Toutefois, le Vendeur ne fait aucune déclaration ni garantie quant à l'existence, la validité ou l'applicabilité d'une telle garantie.

Limitation et exclusion des garanties

LES GARANTIES ÉNONCÉES AUX PRÉSENTES SONT EXCLUSIVES ET REMPLACENT TOUTES LES AUTRES GARANTIES ET RECOURS, Y COMPRIS, MAIS SANS S'Y LIMITER, LES GARANTIES IMPLICITES DE QUALITÉ MARCHANDE ET/OU D'ADAPTATION À UN USAGE PARTICULIER.

2. INTRODUCTION

2.1. Avant-propos

Ce manuel technique fournit des informations sur l'utilisation et l'entretien recommandés de l'équipement. Il est rédigé en fonction de l'application d'origine de l'équipement. Si l'application de l'équipement est modifiée, les informations et procédures d'exploitation et d'entretien peuvent également changer. Ce manuel technique ne remplace pas une formation complète sur l'exploitation et l'entretien. Il est essentiel de lire et de bien comprendre ce manuel, ainsi que les fonctionnalités et les dispositifs de sécurité de l'équipement, avant de l'utiliser ou d'effectuer toute opération de maintenance.

Ce manuel sert de guide pour la mise en service, l'utilisation et l'entretien adéquat de votre équipement. Une installation inadéquate peut entraîner une mauvaise performance ou des dommages importants à l'équipement. Le non-respect des instructions d'installation peut causer des dommages qui ne seront pas couverts par la garantie. Il est essentiel qu'un entrepreneur frigoriste qualifié effectue toutes les tâches de dimensionnement des conduites et de tuyauterie lors de l'installation. Veuillez fournir ces instructions à votre entrepreneur frigoriste autorisé. Ce manuel peut être complété si des éléments spécifiques ont été fournis pour une application particulière. Les informations écrites contenues dans ce manuel, ainsi que les divers dessins, sont de nature générale. Les schémas inclus sont typiques et peuvent ne pas représenter exactement l'unité que vous avez achetée. Les schémas spécifiques à votre équipement sont fournis avec celui-ci et doivent être consultés pour le dépannage et l'entretien. Des copies supplémentaires des dessins peuvent être obtenues sur demande. Nous nous efforçons de tenir à jour des dossiers précis sur tous les équipements tout au long de leur durée de vie utile. Bien que nous fassions tout notre possible pour standardiser les caractéristiques de conception, les différentes options peuvent nécessiter le réarrangement de certains composants. Par conséquent, les dessins généraux figurant dans ce manuel peuvent différer de votre unité spécifique.

Les références spécifiques aux codes en vigueur, aux règlements municipaux et aux autres lois locales concernant l'utilisation et l'exploitation de cet équipement sont évitées en raison de leur évolution constante. Il n'existe aucun substitut au bon sens et aux bonnes pratiques d'exploitation lors de la mise en service de tout équipement mécanique. Nous encourageons tout le personnel à bien se familiariser avec le contenu de ce manuel. Le non-respect de cette consigne pourrait entraîner des temps d'arrêt inutiles de l'équipement.

Cet équipement utilise du réfrigérant dioxyde de carbone (CO₂/R744) pour le transfert thermique. Ce fluide est scellé et testé sous pression dans un système contenant des réservoirs conformes aux normes ASME. Toutefois, en cas de défaillance du système, du gaz réfrigérant peut être libéré. Une fuite de réfrigérant CO₂ peut créer une situation dangereuse dans un espace clos et mal ventilé. Ces unités doivent être installées dans un endroit bien ventilé. Veuillez consulter les règlements locaux concernant les dispositifs de sécurité requis.

Le non-respect de ces instructions peut entraîner des conditions dangereuses. Il est conseillé aux clients de mettre en place un programme de gestion du réfrigérant, incluant une inspection de tous les équipements afin de documenter la quantité de réfrigérant contenue dans chaque machine. Tous les techniciens de service en réfrigération doivent être licenciés et certifiés par une organisation reconnue. Il est également recommandé d'adopter de bonnes pratiques de tuyauterie et de suivre les consignes de ce manuel. Nous déclinons toute responsabilité en cas de problème lié à des méthodes de tuyauterie ou à des pratiques d'installation inadéquates effectuées en dehors de l'équipement.

Nous espérons que votre équipement aura une longue durée de vie et une performance optimale. Si vous avez des questions, veuillez contacter notre service à la clientèle en précisant le numéro de série et le modèle de votre unité, comme indiqué sur la plaque signalétique.

INTRODUCTION

2.2. Informations importantes pour l'utilisateur

Droits d'auteur © 2024 Zero Zone, Inc.

Tous droits réservés. Aucun élément de ce manuel ne peut être reproduit, copié ou transmis, en tout ou en partie, sous quelque forme que ce soit et par quelque moyen que ce soit, y compris les méthodes graphiques, électroniques ou mécaniques, la photocopie, l'enregistrement ou les systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'éditeur, Zero Zone, sauf pour l'usage personnel de l'acheteur.

Les informations contenues dans ce manuel sont sujettes à modification sans préavis et ne constituent pas un engagement de la part de Zero Zone. Zero Zone n'assume aucune responsabilité pour les erreurs pouvant apparaître dans ce manuel. En aucun cas, Zero Zone ne pourra être tenu responsable des omissions techniques ou éditoriales figurant dans ce document, ni des dommages directs, indirects, spéciaux, accessoires ou consécutifs résultant de l'utilisation ou d'un défaut de ce manuel.

Les informations contenues dans ce document ne couvrent pas toutes les conditions et situations possibles pouvant survenir. L'utilisateur final doit faire preuve de prudence et de bon sens lors de l'installation, de l'utilisation ou de l'entretien des produits Zero Zone. Les produits Zero Zone doivent être installés uniquement par des techniciens frigoristes qualifiés et professionnels. En cas de questions ou de problèmes, veuillez contacter Zero Zone au 800-247-4496.

Toute modification d'un produit Zero Zone effectuée lors de l'installation, de la mise en service ou à tout autre moment doit être soumise par écrit à Zero Zone pour approbation et être approuvée par Zero Zone par écrit avant la mise en service. La garantie du produit sera annulée en cas de modification non approuvée.

2.3. Fabricant

Zero Zone, Inc.

Division des systèmes de réfrigération

6151 140th Avenue NW • Ramsey, MN 55303 • 800-247-4496 • www.zero-zone.com

2.4. Utilisation prévue

Les produits Zero Zone doivent être installés et utilisés conformément aux instructions de ce manuel ainsi qu'aux autres documents Zero Zone tels que la documentation technique, les spécifications, les schémas et les fiches techniques. Tous les produits Zero Zone doivent être mis à niveau après leur installation.

2.5. Avis au contractant frigoriste

Le Manuel des systèmes de réfrigération Zero Zone inclut des paramètres par défaut permettant au contractant de démarrer l'équipement. Le contractant est responsable de vérifier le fonctionnement de l'équipement après sa mise en service et d'effectuer les ajustements nécessaires.

Avant toute réparation sous garantie ou modification, une autorisation et une approbation doivent être obtenues auprès de Zero Zone, Inc.. Cette autorisation consiste à obtenir un numéro de rework auprès du Service après-vente Zero Zone. Le taux horaire appliqué aux travaux sous garantie sera identique au taux d'installation ou aux normes tarifaires en vigueur. Zero Zone, Inc. se réserve le droit de fournir les matériaux nécessaires aux réparations ou aux modifications autorisées.

Le non-respect de ces exigences peut entraîner l'annulation de la garantie, et les coûts liés aux réparations ou aux modifications pourraient être refusés. Pour toute question ou préoccupation, contactez-nous au 800-247-4496.

Ce manuel fournit des instructions générales pour les systèmes de réfrigération Zero Zone. Pour plus de détails sur un équipement spécifique, veuillez vous référer à la documentation du fabricant.

Lors de toute communication avec Zero Zone, Inc., le numéro de commande de l'équipement doit être fourni afin d'assurer une identification correcte du matériel.

INTRODUCTION

2.6. Dioxyde de carbone - CO₂ (R744)

L'atmosphère contient environ 0,04 % (370 ppm) de dioxyde de carbone, une substance naturellement présente. Le CO₂ est qualifié de « réfrigérant naturel » car il existe dans l'environnement. Le rejet de CO₂ dans l'atmosphère par les systèmes de réfrigération a un effet négligeable par rapport aux autres sources de CO₂ responsables du réchauffement climatique. Les systèmes de réfrigération au CO₂ répondent à la demande d'un réfrigérant naturel à faible impact sur le réchauffement climatique (indice GWP de 1), mais présentent des défis en termes d'application et de manipulation. Cette section décrit les dangers liés au CO₂ et explique en quoi les systèmes de réfrigération au CO₂ diffèrent des systèmes conventionnels.

2.6.1. Sécurité du CO₂

- Il est très important de savoir que tous les gaz réfrigérants peuvent être mortels en raison du manque d'oxygène causé par le déplacement de l'air.
- L'introduction mécanique d'un gaz asphyxiant dans un environnement clos déplacera immédiatement l'air, qui s'échappera au même rythme que le gaz entrant.
 - Par exemple, une fuite de gaz dans un évaporateur d'un système de climatisation introduirait du R-744 dans l'environnement. L'augmentation de la pression forcerait alors l'air à s'échapper par de petites ouvertures autour des portes, fenêtres, etc.
- Une particularité du CO₂ est qu'il n'est pas seulement un gaz asphyxiant, mais aussi un agent narcotique, qui réduit la perception du danger. C'est également le vasodilatateur cérébral le plus puissant connu, provoquant une dilatation des vaisseaux sanguins, un relâchement des fibres musculaires et une baisse drastique de la pression artérielle.
- **Voir le Tableau 1** pour une comparaison de la sécurité du CO₂ avec d'autres réfrigérants.
- La principale différence entre les différents réfrigérants réside dans leurs températures d'ébullition.

TABLEAU 1: CLASSIFICATION DE SÉCURITÉ DES RÉFRIGÉRANTS SELON L'ASHRAE					
Réfrigérant	Code HAZCHEM	Point d'ébullition(°F)	Code de sécurité ASHRAE	Dangers	TLV/TWA (ppm)
R744	2RE	-173,3	A1	Asphyxiant	5000
R410A	2RE	-126	A1	Asphyxiant à haute concentration	1000
R404A	2RE	-116,2	A1	Asphyxiant à haute concentration	1000
R507	2RE	-116,1	A1	Asphyxiant à haute concentration	1000
R407C	2RE	-109,4	A1	Asphyxiant à haute concentration	1000
R448A	2RE	-105,3	A1	Asphyxiant à haute concentration	1000
R134a	2RE	-79,2	A1	Asphyxiant à haute concentration	1000
R717	2RE	-92,1	B2	Inhalation toxique	25

- Les réfrigérants peuvent provoquer une asphyxie et causer de graves brûlures lorsqu'ils entrent en contact avec la peau ou les yeux en raison de leurs températures extrêmement basses.
- En cas d'inhalation de concentrations élevées de ces gaz, déplacer immédiatement la victime vers un endroit avec de l'air frais.
- Les techniques de premiers secours appropriées (comme la RCP) doivent être appliquées en cas d'insuffisance respiratoire ou cardiaque. Un traitement médical immédiat doit être organisé pour la victime.
- Soyez conscient de la haute pression du réfrigérant CO₂ avant de travailler sur ou autour d'un système CO₂.

INTRODUCTION

2.6.2. PROPRIÉTÉS DU CO₂

Le CO₂ possède une large gamme de propriétés utiles en réfrigération (voir **Tableau 2**), mais il présente également certaines préoccupations en matière de sécurité. Voici quelques-unes de ses caractéristiques clés :

- Environ 50% plus lourd que l'air
- Peut provoquer une asphyxie à des concentrations élevées
- Non inflammable
- Légèrement acide
- En contact avec l'eau, forme de l'acide carbonique
- Plages de pression plus élevées que les réfrigérants classiques
- Excellentes propriétés thermodynamiques et physiques pour la réfrigération

TABLEAU 2: PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU CO ₂ (R744)	
Apparence	Incolore
Odeur	Inodore
Inflammabilité	Non inflammable
Masse molaire	44.01 lbm/lbmol
Température du point triple	-69,804°F
Point de sublimation normal	-109,24°F
Température critique	87,761°F
Densité critique	29,191 lbm/ft ³
Densité spécifique (Air = 1) à 70°F et 1 atm	1,52
Solubilité dans l'eau vol/vol à 68°F et 1 atm	0,90

2.6.3. PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES DU CO₂

Vous trouverez ci-dessous un ensemble sélectionné de propriétés thermodynamiques du CO₂ (Voir **Tableau 3**). Consultez le **Tableau 7** en annexe pour une liste complète des propriétés sur l'ensemble de la plage d'application en réfrigération.

TABLEAU 3: PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES SÉLECTIONNÉES DU CO ₂							
Temp	Pression	Volume	Densité	Enthalpie		Entropie	
		Vapeur	Liquide	Liquide	Vapeur	Liquide	Vapeur
°F	psig	ft ³ /lbm	lbm/ft ³	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm
-40	130,99	0,61325	69,696	48,539	187,15	0,15898	0,48928
-30	163,13	0,50327	68,307	53,39	187,58	0,1702	0,48251
-20	200,22	0,41582	66,862	58,317	187,84	0,18131	0,47589
-10	24,7	0,3455	65,349	63,337	187,9	0,19233	0,46933
0	291,04	0,28835	63,757	68,469	187,74	0,20331	0,46277
10	345,71	0,24144	62,069	73,738	187,32	0,2143	0,45614
20	407,21	0,20254	60,263	79,175	186,6	0,22536	0,44933
30	476,07	0,16993	58,31	84,824	185,52	0,23658	0,44222
40	552,88	0,14229	56,165	90,748	183,97	0,24805	0,43462
50	638,29	0,11852	53,758	97,046	181,81	0,25996	0,42626
60	733,05	0,097683	50,964	103,89	178,77	0,27261	0,41669
70	838,13	0,078809	47,517	111,66	174,29	0,28666	0,40491
80	954,88	0,060289	42,618	121,44	166,77	0,30404	0,38804

INTRODUCTION

2.7. Définitions des systèmes

CO₂ Subcritique: Un cycle de réfrigération au CO₂ conçu pour fonctionner en dessous du point critique du CO₂. Cela permet d'utiliser des plages de pression de travail plus traditionnelles pour les matériaux et composants. Les systèmes CO₂ subcritiques ont un condenseur traditionnel et un réservoir optionnel. Ce système ne nécessite pas de vanne d'expansion haute pression ou de vanne de dérivation de gaz flash.

CO₂ Transcritique: Un cycle de réfrigération au CO₂ conçu pour fonctionner au-dessus du point critique du CO₂. Ce système subit des pressions supérieures à celles des conceptions de réfrigération classiques et doit prendre les mesures appropriées pour supporter ces pressions élevées.

Point Critique: Le point critique du CO₂ se situe à une température de 31°C (87.8°F) et à une pression de 1071 psig (73.8 bar). Au-dessus de ce point critique, le CO₂ existe sous forme de fluide supercritique, qui présente à la fois les propriétés d'un gaz et d'un liquide.

Point Triple: Le point triple du CO₂ se produit à une température de -56.6°C (-69.8°F) et à une pression de 61 psig (4.17 bar). À ce point, le CO₂ existe sous forme d'un mélange de solide, liquide et gaz, avec la forme solide du CO₂ (glace carbonique) en équilibre avec ses phases liquide et gazeuse.

Sur-alimentation Liquide: Ce système pompe un mélange de liquide et de vapeur des évaporateurs vers le réservoir de CO₂ liquide, où il est refroidi pour devenir 100 % liquide.

Récepteur / Réservoir de Flash: Similaire à un réservoir de liquide dans un système DX traditionnel. Le séparateur stocke principalement et reçoit le CO₂ liquide pour le système. Il joue également un autre rôle, celui de séparer la vapeur entraînée (gaz flash) du CO₂ liquide. Cette vapeur de gaz flash est renvoyée vers les compresseurs et n'a pas d'effet de réfrigération. Les évaporateurs reçoivent le CO₂ liquide et produisent l'effet de réfrigération désiré.

Système de Réfrigération en Cascade: Un système de réfrigération comportant au moins deux circuits de réfrigération indépendants, chacun avec son propre fluide frigorigène. Le circuit à température plus basse utilise l'évaporateur du circuit à température plus élevée comme condenseur/refroidisseur de gaz. Lorsqu'il est appliqué avec du CO₂, un système en cascade aurait typiquement un HFC, de l'ammoniac ou un hydrocarbure comme fluide frigorigène à température plus élevée et un système CO₂ subcritique comme fluide frigorigène à température plus basse. Un système en cascade CO₂ permet au système de réfrigération CO₂ de fonctionner à des pressions plus faibles tout en utilisant des matériaux de construction traditionnels des systèmes HFC.

Cascade Haute Pression (Primaire): Il s'agit du côté haute température d'un système en cascade. Habituellement, il s'agit d'un fluide frigorigène traditionnel pouvant fonctionner à des pressions de travail plus faibles dans des conditions atmosphériques normales. Cela alimente le côté évaporatif du condenseur/refroidisseur de gaz en cascade.

Cascade Basse Pression: Il s'agit du côté à température moyenne et basse d'un système en cascade. Habituellement, il s'agit du composant CO₂ du système. Le côté haute pression de la cascade permet au côté basse pression de rester dans des pressions de travail acceptables et en dessous de la pression d'ouverture de la vanne de décharge.

Condenseur / Refroidisseur de gaz : Dans les systèmes de réfrigération transcritiques au CO₂, le condenseur/refroidisseur de gaz est souvent appelé refroidisseur de gaz. S'il s'agit d'un refroidisseur de gaz à eau, il échange la chaleur rejetée avec l'air ambiant ou un flux d'eau. Selon que le système de réfrigération CO₂ fonctionne en dessous du point critique en utilisant un condenseur/refroidisseur de gaz ou au-dessus du point critique en utilisant un refroidisseur de gaz, ces deux composants sont souvent utilisés de manière interchangeable pour décrire cet échangeur thermique.

Refroidisseur de Gaz: Le refroidisseur de gaz prend le rôle du condenseur/refroidisseur de gaz traditionnel lorsque la pression et/ou la température du gaz CO₂ déchargé sont supérieures au point critique du CO₂. Il est appelé refroidisseur de gaz plutôt que condenseur/refroidisseur de gaz parce que la vapeur de CO₂ déchargée ne se condense pas dans le refroidisseur de gaz lorsque le CO₂ fonctionne dans la zone transcritique. Lorsque la température ambiante refroidit suffisamment la vapeur CO₂ pour que le cycle de réfrigération CO₂ fonctionne en dessous du point critique ou dans la zone subcritique, le refroidisseur de gaz fonctionne comme un condenseur/refroidisseur de gaz.

Vanne d'Expansion Haute Pression : Régule la pression du fluide frigorigène quittant le refroidisseur de gaz.

Vanne de Dérivation de Gaz Flash: Dirige le gaz vers les lignes d'aspiration pour réguler et maintenir la pression dans le réservoir de flash.

Désurchauffage: Élimine la chaleur du gaz de décharge du compresseur. La chaleur est généralement récupérée pour une utilisation ailleurs.

Compression Parallèle: Utilise plusieurs compresseurs qui sont raccordés et travaillent ensemble pour fournir une charge de réfrigérant suffisante.

3. SÉCURITÉ

3.1. Informations générales sur la sécurité

Il incombe au propriétaire et à l'utilisateur de cet équipement de connaître les codes de sécurité, les exigences en matière d'assurance, ainsi que les lois et règlements nationaux, fédéraux, provinciaux, d'État et locaux qui régissent l'utilisation de l'équipement. Ce manuel technique ne fournit pas d'informations réglementaires, car les réglementations sont susceptibles de changer et varient selon les lieux. Le non-respect de ces réglementations peut entraîner des dommages à l'équipement et des blessures, voire la mort, du personnel.

Zero Zone, Inc. fournit des manuels techniques pour les différents types d'équipements qu'elle fabrique et vend. Le propriétaire et l'utilisateur doivent utiliser ces manuels techniques pour fournir les informations et la formation adéquates aux personnes qui vont exploiter, entretenir ou superviser l'utilisation de l'équipement.

Le propriétaire et l'utilisateur doivent établir un programme d'inspection et de maintenance régulier basé sur les informations du manuel technique de Zero Zone, Inc., ainsi que d'autres sources. Consultez le manuel d'exploitation du fabricant pour des informations de sécurité concernant les composants du fournisseur Zero Zone. Les programmes d'inspection et de maintenance aident à prévenir les accidents et à garantir une efficacité de fonctionnement de l'équipement. Une formation adéquate, des programmes d'inspection et de maintenance sont essentiels pour éviter les blessures, les dommages à l'équipement, les coûts de maintenance élevés et les pertes de production.

Lisez et comprenez les manuels techniques fournis avec cet équipement avant de l'utiliser ou d'effectuer une maintenance. Une assistance est disponible auprès du département Service de Zero Zone, Inc.

Dans ce manuel technique, il existe des étapes et des procédures dont le non-respect peut entraîner un danger. Les mots-clés suivants sont utilisés pour identifier le niveau du danger :

3.1.1. CONVENTIONS

! CET ICONE SIGNIFIE DES INFORMATIONS QUI DÉCRIVENT UNE CONDITION DANGEREUSE QUI PEUT ENTRAÎNER LA MORT, DES BLESSURES OU DES DOMMAGES À L'ÉQUIPEMENT. LES NIVEAUX D'ALERTE SONT DÉFINIS CI-DESSOUS.

! **DANGER!** Une condition pouvant entraîner la mort ou des blessures graves.

! **ATTENTION!** UNE CONDITION POUVANT ENTRAÎNER DES BLESSURES GRAVES OU DES DOMMAGES À L'ÉQUIPEMENT.

! **CAUTION!** UNE CONDITION POUVANT ENTRAÎNER DES BLESSURES OU DES DOMMAGES À L'ÉQUIPEMENT OU AU PRODUIT.

3.1.2. SÉCURITÉ PENDANT LA MAINTENANCE ET L'EXPLOITATION

Ne travaillez pas sur le système ni ne l'exploitez sans avoir lu et compris cette section, qui contient des informations et des avertissements importants. Ignorer ces avertissements peut entraîner la mort, des blessures graves, ou des dommages au système et au produit.

Sous toutes circonstances, il faut suivre toutes les directives de sécurité applicables. Cela inclut, mais ne se limite pas à, la NEC, l'ASHRAE, l'OSHA, ainsi que les autorités nationales, étatiques et locales.

N'opérez pas l'équipement dans des conditions ou de manière autre que celles spécifiées, vendues et décrites dans ce manuel technique.

L'opérateur doit connaître toutes les principales pièces, commandes et caractéristiques de sécurité de l'équipement avant de l'utiliser. L'opérateur doit connaître les procédures correctes d'opération et d'inspection de l'équipement avant de le faire fonctionner. Les « contrôles administratifs » font référence au technicien ou à l'opérateur. Il n'existe aucune solution technique pour des procédures utilisant des contrôles administratifs. Il incombe au technicien ou à l'opérateur de garantir la sécurité.

Ne contournez, ne déconnectez pas et ne négligez pas les dispositifs de sécurité et d'avertissement du système.

Le système de réfrigération contient des pièces électriques, électroniques et mécaniques. Seul le personnel de maintenance qualifié et formé doit effectuer les procédures de maintenance, d'étalonnage et d'inspection conformément au manuel technique. Le personnel de maintenance doit avoir une solide expérience en électronique.

SÉCURITÉ

N'opérez pas l'équipement après une inspection si un risque potentiel pour la sécurité est révélé ou si des pièces de l'équipement nécessitent une maintenance ou un remplacement. Toujours rechercher des dommages à l'équipement pendant son fonctionnement. Si des dommages sont détectés, arrêtez l'équipement en toute sécurité et corrigez les dommages avant de poursuivre l'opération.

Éteignez l'alimentation électrique lors de la maintenance sur ou près des composants électriques de l'équipement.

Ne modifiez pas l'équipement, sauf si cela est approuvé par écrit par Zero Zone, Inc.

3.1.3. SAFÉTÉ INCENDIE

Installez des systèmes de détection d'incendie, de détection de fumée et de suppression d'incendie conformément aux exigences du NFPA et aux exigences locales. Les extincteurs doivent être clairement signalés et situés dans des zones facilement accessibles près de l'unité. Les sorties doivent être clairement indiquées pour permettre une évacuation facile dans les cas où l'incendie ne peut pas être supprimé en toute sécurité.

Gardez l'unité propre et débarrassée des matériaux usagés, huiles ou solvants pour éviter tout risque d'incendie.

! **DANGER!** EN CAS D'INCENDIE, COUPEZ IMMÉDIATEMENT L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'UNITÉ EN DÉCONNECTANT L'ALIMENTATION. DÉCONNECTEZ TOUJOURS TOUT L'ALIMENTATION EN AMONT DE L'UNITÉ ET ÉLOIGNEZ-VOUS EN TOUTE SÉCURITÉ DE L'INCENDIE AVANT D'ESSAYER DE L'ÉTEINDRE. UTILISEZ UN EXTINGUOIR APPROPRIÉ LORS DE LA MANŒUVRE D'EXTINCTION DU FEU. UNE MACHINE CONNECTÉE À L'ÉLECTRICITÉ PEUT ENTRAÎNER DES BLESSURES GRAVES OU LA MORT.

3.1.4. EXIGENCES EN MATIÈRE D'ÉQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI)

- **Opérations à faible risque :** Opérations standard telles que les ajustements et l'utilisation d'équipements de diagnostic standards
 - Lunettes de sécurité avec écrans latéraux
 - Chemise à manches longues ou veste
 - Chaussures de sécurité
- **Opérations à haut risque:** Chargement du système ou ouverture des tuyaux contenant du réfrigérant.
 - Visier de protection
 - Gants isolants de protection (gants en cuir ou gants mécaniques)
 - Tablier isolant

3.1.5. SÉCURITÉ DES LIGNES DE RÉFRIGÉRANT

- Vérifiez si les lignes de réfrigérant sont sous pression avant de couper les tuyaux ou d'ouvrir et de fermer les vannes.
- **Des pressions élevées peuvent provoquer l'éclatement des lignes si elles ne sont pas correctement isolées et si elles absorbent de la chaleur.**
 - Il est essentiel d'être formé et de bien connaître les systèmes de réfrigération CO2. Étudiez le système de tuyauterie et comprenez les procédures opérationnelles standard nécessaires avant d'effectuer une maintenance.
- Assurez-vous qu'une ventilation adéquate est fournie.

! **DANGER!** NE JAMAIS APPLIQUER DE CHALEUR DIRECTEMENT SUR UN TUYAU DE RÉFRIGÉRANT CONTENANT DU CO2. L'EXPANSION THERMIQUE RAPIDE DU CO2 LIQUIDE PEUT FAIRE ÉCLATER LE TUYAU.

! **DANGER!** L'ÉQUIPEMENT UTILISÉ POUR ENTRETIENNER LE SYSTÈME CO2 DOIT AVOIR UNE PRESSION DE FONCTIONNEMENT SUPÉRIEURE À CELLE DE LA SECTION DU SYSTÈME EN COURS D'ENTRETIEN.

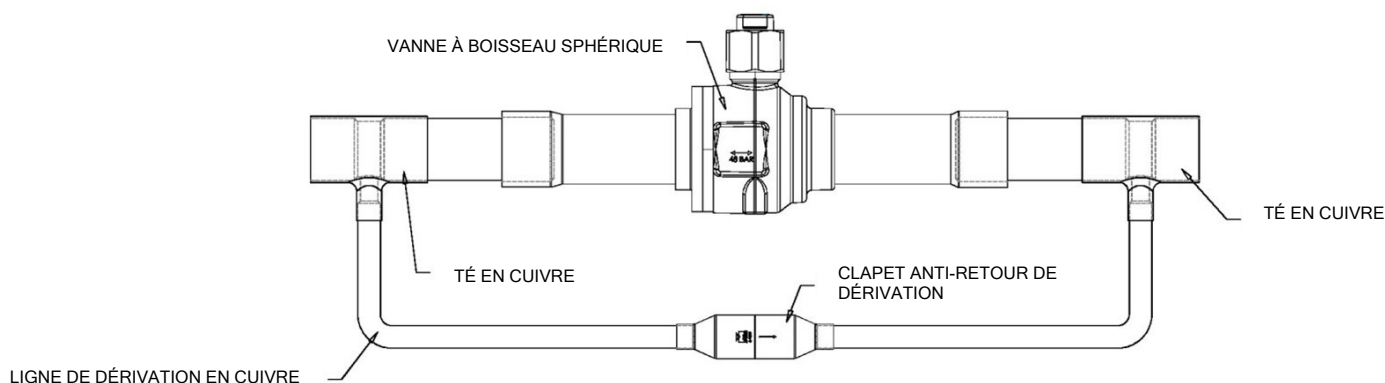
SÉCURITÉ

3.1.6. SOUPAPES DE DÉCHARGE, SOUPAPES DE NON-RETOUR À DÉRIVATION ET ÉVÉNEMENTS

Toute ligne qui peut être isolée manuellement dans un système CO₂ doit être protégée par une soupape de décharge de sécurité, déchargée vers un point pouvant supporter la pression à l'aide d'une soupape de non-retour à dérivation, ou déchargée manuellement à l'aide de contrôles administratifs. Les points de décharge typiques comprennent le côté basse pression des compresseurs DX et le récepteur / séparateur. Dans le cas où l'on souhaiterait dériver le CO₂ vers le récepteur / séparateur, on installerait une soupape de non-retour à dérivation (voir la Figure 1) autour du composant. Les vannes d'isolement des évaporateurs et les électrovannes non pilotées sont des exemples d'applications typiques. Voir l'exemple de tuyauterie de vanne à bille à la Figure 1.

Note: B Les vannes à bille avec soupapes de non-retour à dérivation intégrées peuvent avoir une apparence différente de la vanne affichée à la Figure 1.

FIGURE 1: Soupapes de contrôle de dérivation



SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

- Connaître l'emplacement des disjoncteurs ou des interrupteurs de déconnexion.
- Vérifier si les circuits sont sous tension avant d'ouvrir les panneaux.
- Déconnecter l'alimentation électrique avant de connecter ou déconnecter des fils électriques ou de réaliser des travaux qui pourraient présenter un risque de choc électrique.
- Utiliser les précautions de sécurité appropriées lors de la manipulation des circuits sous tension. Porter l'équipement de protection individuelle approprié lorsque nécessaire.

4. INSTALLATION DU SYSTÈME

4.1. Généralités

- L'installation du système de réfrigération doit respecter les lignes directrices suivantes :
 - Norme UL 1995/CSA C22.2 pour les équipements de chauffage et de refroidissement.
 - Norme UL 508A pour les panneaux de contrôle industriels.
 - Code national de l'électricité NFPA 70 (NEC).
 - Norme ANSI/ASHRAE 15 : Normes de sécurité pour les systèmes de réfrigération.
 - Norme ASME B31.5 pour les tuyauteries de réfrigération.
 - Norme ANSI/IIAR CO2-2021 : Norme de sécurité pour les systèmes de réfrigération à dioxyde de carbone à circuit fermé.
 - Tous les codes locaux de construction, de mécanique, d'électricité, de plomberie, de sécurité incendie et d'énergie.
- L'équipement doit être installé conformément aux notes ou instructions spéciales fournies avec le système par Zero Zone.
- Il incombe au contracteur/installateur de s'assurer que les matériaux installés sur le terrain sont compatibles avec le CO2.
 - Exemples : tuyaux, vannes, raccords, huile, joints, ou tout autre matériau entrant en contact avec le réfrigérant CO2.

4.2. Inspection à la réception

Avant d'accepter la livraison, vérifiez l'état général de l'équipement pour détecter tout dommage visible. Si des dommages sont évidents, ceux-ci doivent être correctement documentés sur le bon de livraison. Les dommages dus au transport sont sous la responsabilité du transporteur. Afin d'accélérer le paiement des dommages, il est important de suivre les procédures appropriées et de conserver les enregistrements. Les photographies des équipements endommagés constituent une excellente documentation pour vos dossiers.

L'unité doit être inspectée pour détecter tout dommage caché. Les lignes de réfrigérant peuvent être sensibles aux dommages pendant le transport. Vérifiez les lignes cassées, les fuites d'huile, les contrôles endommagés ou tout autre composant majeur détaché de son point de montage.

Tout signe de dommage doit être enregistré, et une réclamation doit être déposée immédiatement auprès de la société de transport. Notre service client vous fournira une assistance pour la préparation et le dépôt de vos réclamations, y compris l'organisation d'une estimation et d'un devis pour les réparations ; cependant, le dépôt de la réclamation incombe à la partie réceptrice.

Chaque unité sera équipée d'une étiquette spécifiant une charge de maintien d'azote sec ou de dioxyde de carbone installée à l'usine. La pression du système doit être vérifiée à plusieurs endroits pour confirmer que la pression de l'ensemble du système est égale et égale à la pression d'usine appliquée avant l'expédition. Le changement de température ambiante affectera la pression du système et devra être pris en compte. Toute perte de pression devra être soigneusement examinée et la fuite réparée ou éliminée. Il est extrêmement important de confirmer que le système est étanche avant de commencer le processus d'évacuation et de charge.

4.3. Levage, manutention et positionnement de l'équipement

Les méthodes de levage appropriées doivent être suivies pour éviter d'endommager les composants. Veuillez vous référer au diagramme de levage fourni avec l'unité. Évitez les charges d'impact causées par des secousses soudaines lors du levage ou de l'abaissement de l'unité. Utilisez des coussinets là où un contact de surface abrasif est anticipé. Le cadre supportant l'unité peut être utilisé pour positionner l'unité avec une grue. Veuillez vous référer aux dessins fournis avec l'unité pour plus de détails sur le levage.



ATTENTION! DES BARRES DE RÉPARTITION SONT OBLIGATOIRES LORS DU LEVAGE DE L'ÉQUIPEMENT POUR ÉVITER D'ENDOMMAGER L'UNITÉ, LES PANNEAUX ÉLECTRIQUES ET LES TUYAUX. TOUS LES POINTS DE LEVAGE DOIVENT ÊTRE UTILISÉS POUR RÉPARTIR LE POIDS ÉQUABLEMENT AFIN D'ÉVITER QUE L'UNITÉ NE SE DÉFORME PENDANT LE LEVAGE.

Ces unités peuvent être conçues pour un usage intérieur ou extérieur. Veuillez consulter la documentation fournie avec l'unité pour déterminer si l'unité doit être montée à l'intérieur ou à l'extérieur. L'unité extérieure peut être stockée dans des environnements compris entre -22°F (-30°C) et 122°F (50°C). Si l'unité est conçue pour un usage intérieur, la température ambiante de fonctionnement autorisée est entre 40°F (4.4°C) et 86°F (30°C). Si l'unité est conçue pour un usage extérieur, la température ambiante de fonctionnement autorisée est comprise entre -20°F (-30.2°C) et 105°F (40.5°C), à moins que l'unité ne soit spécifiquement conçue pour des conditions de température extrêmes en dehors de cette plage spécifiée.

SYSTÈME D'INSTALLATION

! **ATTENTION!** DANS AUCUNE CIRCONSTANCE, UNE UNITÉ CONÇUE POUR UN USAGE INTÉRIEUR NE DOIT ÊTRE STOCKÉE OU INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR SANS UNE PROTECTION APPROPRIÉE CONTRE LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES AMBIANTES. LES UNITÉS INTÉRIEURES NE SONT PAS CONÇUES POUR ÊTRE EXPOSÉES AUX CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES EXTÉRIEURES.

! **ATTENTION!** TO POUR ÉVITER D'ENDOMMAGER L'ÉQUIPEMENT EN RAISON DU GEL, NE PAS STOCKER NI FAIRE FONCTIONNER L'UNITÉ DANS UN CLIMAT AMBIANT SUSCEPTIBLE DE CAUSER LE GEL SANS UNE PROTECTION ADÉQUATE CONTRE LE GEL.

4.3.1. EXIGENCES D'ESPACE DE SERVICE

La facilité d'entretien a été une préoccupation majeure lors de la conception de cet équipement. Ne compromettez pas cette fonctionnalité en plaçant l'équipement dans un endroit inaccessible. Veuillez laisser un minimum de 3 pieds autour du périmètre de l'unité et 4 pieds devant les boîtiers électriques pour garantir un dégagement suffisant, ou comme spécifié selon le code électrique local et national. Si vous devez stocker l'unité dans un espace non chauffé (en dessous de 40°F), assurez-vous que toute l'eau est évacuée ou qu'une quantité suffisante d'antigel est ajoutée pour éviter que l'unité ne gèle.

Placez cet équipement dans un endroit bien ventilé. L'inhalation de réfrigérant peut être dangereuse pour la santé et l'accumulation de réfrigérant dans un espace clos peut déplacer l'oxygène et provoquer une asphyxie.

Le condenseur/ refroidisseur à gaz doit être placé de manière à garantir un approvisionnement adéquat en air frais pour les serpentins. Les ventilateurs axiaux ne sont pas conçus pour surmonter la pression statique extérieure. Lorsque les unités sont placées près de murs ou dans des enceintes, il faut s'assurer que l'air rejeté ne soit pas dévié et recirculé vers les prises d'air.

Chaque unité doit être installée et positionnée pour empêcher l'introduction de l'air rejeté dans les systèmes de ventilation du bâtiment où l'unité est située et dans les bâtiments adjacents.

4.3.2. FONDATION

Fournir une surface de montage rigide et non déformable pour l'équipement, d'une résistance adéquate pour supporter le poids en fonctionnement de l'unité. Il est impératif que le poids total en fonctionnement soit pris en compte, y compris la tuyauterie terminée et le poids total du réfrigérant et de l'eau en fonctionnement. Une fois montée, l'unité doit être de niveau avec une tolérance de ¼" sur la longueur et la largeur de l'unité.

Les informations et instructions de montage sont fournies dans les dessins et documents fournis avec votre système.

SYSTÈME D'INSTALLATION

4.4. Alimentation électrique

Tout le câblage doit être conforme aux codes locaux et au Code électrique national. La plaque signalétique de l'unité contient des informations sur l'ampacité minimale du circuit, la protection maximale contre les surintensités et d'autres données électriques de l'unité. Ces informations se trouvent également dans le dossier de plans fourni avec l'unité.

Un schéma électrique spécifique est expédié avec l'unité. Mesurez chaque phase de la tension d'alimentation principale à la source d'alimentation principale. La tension doit se situer dans la plage d'utilisation de la tension nominale de l'unité, soit $\pm 10\%$. Si la tension mesurée sur une phase ne se trouve pas dans la plage spécifiée, en aviser le fournisseur et corriger la situation avant de faire fonctionner l'unité. Le déséquilibre de tension ne doit pas dépasser deux pour cent. Un déséquilibre de tension excessif entre les phases d'un système triphasé peut provoquer une surchauffe des moteurs et entraîner leur défaillance. Le déséquilibre de tension est déterminé à l'aide du calcul suivant : $\% \text{ Déséquilibre} = (V_{\text{moy}} - V_x) \times 100 / V_{\text{moy}}$

$$V_{\text{avg}} = (V_1 + V_2 + V_3) / 3$$

V_x = phase avec la plus grande différence par rapport à V_{avg}

Par exemple, si les trois tensions mesurées sont 442, 460 et 454 volts, la moyenne serait :

$$(442 + 460 + 454) / 3 = 452$$

Le pourcentage de déséquilibre est alors :

$$(452 - 442) \times 100 / 452 = 2.2\%$$

Cela dépasse le maximum autorisé de 2%.

Un bloc de distribution électrique (PDB) est fourni pour la connexion de l'alimentation principale à la source d'alimentation principale. Un PDB distinct est fourni pour l'alimentation de commande. La source d'alimentation principale doit être connectée au PDB à l'aide d'un interrupteur-sectionneur approprié. Une borne distincte pour la mise à la terre de l'unité est également fournie dans le panneau de commande principal. **Remarque : Serrez les connexions à l'arrivée après la mise en service.**

ATTENTION! L'UNITÉ NÉCESSITE QUE L'ALIMENTATION PRINCIPALE RESTE CONNECTÉE EN DEHORS DES HEURES DE FONCTIONNEMENT POUR ALIMENTER LE RÉCHAUFFEUR DU CARTER DU COMPRESSEUR. DÉCONNECTEZ L'ALIMENTATION PRINCIPALE UNIQUEMENT LORS DE L'ENTRETIEN DE L'UNITÉ. LE RÉCHAUFFEUR DU CARTER DOIT RESTER ACTIVÉ LORSQUE LE COMPRESSEUR EST À L'ARRÊT AFIN D'ÉVITER L'ACCUMULATION DE RÉFRIGÉRANT LIQUIDE DANS LE CARTER DU COMPRESSEUR. L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE À L'INTERRUPTEUR PRINCIPAL DOIT ÊTRE COUPÉE AVANT D'OUVRIR LES PANNEAUX D'ACCÈS POUR TOUTE RÉPARATION OU MAINTENANCE. ATTENDEZ UN MINIMUM DE 12 HEURES AVANT D'ALIMENTER LE RÉCHAUFFEUR DU CARTER DU COMPRESSEUR.

DANGER! LE PANNEAU DE COMMANDE ET LES DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ SONT CÂBLÉS DE MANIÈRE À CE QUE LA CONNEXION DE LA SOURCE D'ALIMENTATION DE COMMANDE APPROPRIÉE AU PDB DU BOÎTIER DE COMMANDE ALIMENTE LE CIRCUIT DE COMMANDE DE L'UNITÉ. UN TRANSFORMATEUR DE COMMANDE ET UNE ALIMENTATION ÉLECTRIQUE ONT ÉTÉ CÂBLÉS EN USINE POUR ABAISSER LA TENSION D'ENTRÉE DE 115 VCA À 24 V ET À UNE ALIMENTATION DE COMMANDE EN COURANT CONTINU. L'UNITÉ DOIT ÊTRE CORRECTEMENT MISE À LA TERRE CONFORMÉMENT AUX CODES LOCAUX ET NATIONAUX.

TABLEAU 4 : ACRONYMES RELATIFS À L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE	
Acronyme	Définition
RLA	Ampères de charge nominale
LRA	Ampères au rotor bloqué
MCA	Ampacité minimale du circuit (pour le dimensionnement des fils)
MOCP	Protection maximale contre les surintensités
SCCR	Valeur nominale du courant de court-circuit

SYSTÈME D'INSTALLATION

4.5. Directives sur le tuyautage

L'installateur doit être un technicien qualifié et expérimenté, ayant une bonne connaissance des bonnes pratiques en matière de tuyauterie. Les directives suivantes sont extrêmement importantes. Ces recommandations amélioreront l'efficacité, la performance globale et la longévité des systèmes de compresseur. Toutes les directives mentionnées dans cette section ne s'appliquent pas nécessairement à tous les types d'équipements, car l'installation sur site peut ne pas être requise selon les spécifications particulières de l'équipement.

TABEAU 5 : RECOMMANDATIONS POUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA TUYAUTERIE CO₂

	Écoulement horizontal ou vers le bas Vitesse de la ligne	Vitesse de la colonne montante verticale	Variation de température de saturation ¹	Chute de pression ¹
Ligne de liquide	360 ft/min max	200 ft/min max ³	1 °F max	5 psi max
Ligne de retour du refroidisseur de gaz	480 ft/min max ⁴	480 ft/min max ⁴	1 °F max	10 psi max
Ligne de décharge	1000-4000 ft/min	1000-1500 ft/min ²	1 °F max	10 psi max
Circuits de ligne d'aspiration	1000-4000 ft/min	1000-1500 ft/min ²	1 °F max	5 psi max
Ligne d'aspiration	1000-4000 ft/min	1000-1500 ft/min ²	2 °F max	10 psi max
Collecteur de décharge	1000-3500 ft/min	Non applicable	½ °F max	5 psi max
Collecteur de liquide	360 ft/min max	Non applicable	½ °F max	3 psi max
Collecteur d'aspiration	1000-3000 ft/min	Non applicable	½ °F max	3 psi max

Lignes de soupape de décharge

Le matériel de tuyauterie de la soupape de décharge, le dimensionnement et les longueurs admissibles doivent être soigneusement sélectionnés et calculés pour répondre aux exigences particulières de l'installation de l'équipement. Évacuée toutes les soupapes de décharge du réfrigérant conformément à la norme ANSI/ASHRAE 15, Code de sécurité pour la réfrigération mécanique.

! DANGER! EMPLACEZ CET ÉQUIPEMENT DANS UN ESPACE BIEN AÉRÉ. L'INHALATION DE RÉFRIGÉRANT PEUT ÊTRE DANGEREUSE POUR VOTRE SANTÉ, ET L'ACCUMULATION DE RÉFRIGÉRANT DANS UN ESPACE CONFINÉ PEUT DISPLACER L'OXYGÈNE ET CAUSER L'ÉTOUFFEMENT.

Notes:

Ceux-ci sont des directives générales pour un système de réfrigération parallèle typique avec aspiration séparée (évaporateurs distants). La chute de pression totale, y compris les longueurs de lignes, les vannes et les raccords, doit toujours être prise en compte lors du dimensionnement des tuyaux. Il existe des situations où ces directives générales doivent être dépassées en fonction de l'application et des exigences. La ligne de retour du refroidisseur de gaz doit être vérifiée pour les conditions de vapeur et de liquide si une opération transcritique est envisagée.

La chute de pression doit être basée sur la longueur réelle approximative de la ligne, et non sur une estimation $\Delta P/100\text{ft}$.

Une vitesse adéquate doit être maintenue dans les lignes de vapeur à toutes les conditions de charge pour assurer l'entraînement d'huile. Cela est toujours plus important que de minimiser la chute de pression.

- 1. La chute de pression admissible varie selon le réfrigérant en fonction du changement de température saturée, mais les valeurs indiquées sont généralement acceptables pour les systèmes de réfrigération CO₂.*
- 2. La vitesse minimale admissible de la ligne verticale est la charge la plus faible possible. Il s'agit d'une recommandation générale. Si cela n'est pas approprié selon une conception spécifique, reportez-vous au manuel de réfrigération ASHRAE pour calculer la taille minimale absolue de la ligne afin d'assurer l'entraînement d'huile. La chute de pression doit être supérieure à : taille de ligne $\leq 2"$, 0,35 psi/100 ft ; taille de ligne $> 2"$, 0,2 psi/100 ft.*
- 3. Une attention particulière est requise pour les lignes verticales de liquide afin de prévenir la formation de gaz flash en raison de la chute de pression excessive et du manque de sous-refroidissement adéquat.*
- 4. La ligne de retour du refroidisseur de gaz doit être vérifiée pour les conditions de vapeur et de liquide si une opération transcritique est envisagée.*

SYSTÈME D'INSTALLATION

4.5.1. TYPE DE TUYAUTERIE

Toute tuyauterie installée sur l'équipement de réfrigération, qu'elle provienne de l'usine ou soit installée sur le terrain, doit être sélectionnée pour répondre aux exigences d'ingénierie Zero Zone spécifiées en fonction du type de matériau, du diamètre et de la pression de travail maximale nominale. Toute tuyauterie et raccords doivent être assemblés par une méthode approuvée de manière à ce que la pression de travail maximale du tuyau ne soit pas réduite.

Les tuyaux en acier et les réservoirs sous pression risquent de condenser l'humidité lorsqu'ils sont en fonctionnement. Utilisez une isolation adéquate et des barrières contre la vapeur pour éliminer les vides ou les espaces qui permettraient à l'humidité de se condenser sur le métal et d'éviter la corrosion.

4.5.2. MATÉRIAU DE LA TUYAUTERIE CO₂

Note: Voir les fiches techniques de Mueller pour les données actuelles.

1. Pression de conception supérieure à 700 psig : Mueller Streamline XHP 130 (C19400 ASTM B465).
2. Utilisez des tubes et raccords en cuivre Mueller 700 psig pour des pressions de conception inférieures à 700 psig. Ce sera du cuivre ACR de type K ou L en fonction de la taille (Type L jusqu'à 1 3/8", Type K supérieur à 2 5/8" OD).
3. Les tuyaux en cuivre doivent être brasés à l'aide de SILVERPHOS 15 (SP15) AWS A5.8 BCuP-5 ou équivalent (15 % d'argent).
4. Les tuyaux en acier inoxydable doivent être soudés. Utilisez un fil à souder argenté à 40 % pour brasé des métaux différents ensemble.
5. Les joints mécaniques tels que les raccords à collet, swagelock et à compression doivent être évités dans la mesure du possible.

4.5.3. MATÉRIAU DE TUYAUTERIE POUR L'EAU

1. Les tuyaux en cuivre ACR, et de type K, L et M doivent être utilisés, sauf indication contraire. Tous les joints doivent être brasés ou soudés.
2. Un autre matériau de tuyauterie que le cuivre peut être utilisé pour les lignes d'eau, selon les spécifications et si cela répond aux exigences de travail.

4.5.4. REFRIGERANT AND WATER PIPE SUPPORTS

Les supports de tuyaux doivent être conçus pour supporter adéquatement le poids total du fluide et du tuyau. Les supports doivent être espacés à une distance raisonnable pour éliminer tout affaissement de la ligne de réfrigérant afin de minimiser le risque de formation de flaques d'huile de réfrigérant dans toute ligne de vapeur. Les lignes de vapeur de réfrigérant doivent être inclinées d'un minimum de 1/2" par dix pieds dans le sens du flux de réfrigérant. Les pinces de type Hydra-Zorb ou les manchons d'isolation Klo-Shure sont les pinces recommandées. L'élimination des vibrations des tuyaux est également un point essentiel lors du support de la tuyauterie. Une inspection des tuyaux après démarrage doit être effectuée sous toutes les charges pour s'assurer qu'aucune vibration n'est présente. Installez des supports supplémentaires si nécessaire pour éliminer les vibrations des tuyaux.

4.5.5. PURGE À L'AZOTE

La purge est nécessaire pour éliminer la formation d'oxydation à l'intérieur des lignes de réfrigération lors du brasage ou du soudage. L'oxydation et les résidus seront éventuellement nettoyés des parois du tuyau par le réfrigérant et l'huile POE si la purge à l'azote n'est pas utilisée. L'huile de réfrigérant deviendra sale et décolorée en raison de l'oxydation. Ce résidu s'accumulera également dans les filtres, les écrans TXV et d'autres composants au point où la perte de réfrigération pourrait se produire. Il est extrêmement important de maintenir les composants internes et la tuyauterie propres lors de l'installation.

4.5.6. PURGE À L'ARGON

L'acier inoxydable nécessite de l'argon lors de la purge d'un système en cas de soudures à racine ouverte. Les soudures à collet ou les systèmes avec bagues de support ne nécessitent pas de purge.

SYSTÈME D'INSTALLATION

4.5.7. CRITÈRES DE DIMENSIONNEMENT ET DE CONCEPTION DES TUYAUX CO2

Lignes d'aspiration

Le dimensionnement des lignes d'aspiration est le plus crucial parmi toutes les lignes du système de réfrigération. La chute de pression globale dans les lignes d'aspiration doit être maintenue au minimum, généralement avec un changement maximal de température de saturation de 2°F. Une chute de pression excessive dans la ligne d'aspiration entraînera une mauvaise performance du système, des coûts énergétiques plus élevés et des risques de dommages au système. La longueur de la conduite, les coudes, les vannes de contrôle d'aspiration, les filtres de ligne d'aspiration et les accumulateurs contribuent tous à la chute de pression globale, qui doit être prise en compte dans la conception du dimensionnement des lignes d'aspiration. Les lignes d'aspiration doivent être dimensionnées en fonction de la longueur équivalente totale de la course entre l'évaporateur et les compresseurs, avec un minimum d'utilisation de coudes à 90°.

L'huile de réfrigérant dans les systèmes à température moyenne et basse est plus visqueuse, il est donc essentiel de prendre grand soin du design global des lignes d'aspiration pour assurer le retour de l'huile. Les vitesses minimales doivent être prises en compte en fonction de la capacité minimale attendue pour garantir un retour adéquat de l'huile. Les lignes d'aspiration horizontales doivent être dimensionnées pour maintenir environ 700 fpm à capacité minimale afin d'assurer un retour correct de l'huile et doivent être inclinées dans la direction du flux.

Toutes les connexions de branches doivent toujours être raccordées en haut des lignes d'aspiration horizontales principales. Cela éliminera la possibilité que l'huile s'écoule de la ligne d'aspiration principale vers la ligne de branche lors d'un arrêt ou d'une coupure du circuit de branche.

Les risers verticaux d'aspiration doivent être dimensionnés pour maintenir une vitesse de 1 000 fpm à capacité minimale. Les risers verticaux nécessiteront un piège en P à la base pour faciliter le retour de l'huile vers le riser. Les risers verticaux de plus de 20' nécessitent un piège en P supplémentaire tous les 20'.

Les pièges à huile doivent avoir une profondeur minimale, et la section horizontale doit être aussi courte que possible pour éviter l'accumulation excessive d'huile. Les pièges à huile peuvent être de type préformé ou configurés typiquement avec des coudes à rayon long à 90° avec des coudes de rue à 90° à rayon long. Les pièges à huile doivent toujours avoir la même taille de tuyau que le riser de la ligne verticale.

Si de grandes réductions de capacité sont attendues dans le système, des double risers doivent être envisagés. Les double risers doivent être dimensionnés de sorte que les deux lignes égalent la section transversale totale d'un riser unique, correctement dimensionné, pour la charge maximale dans les conditions de conception.

Lignes liquides

Le dimensionnement des lignes liquides dépend moins de la vitesse que les lignes de vapeur, car les huiles ont tendance à se mélanger et à s'écouler facilement avec les réfrigérants liquides. Il est très important de garantir qu'une colonne solide de liquide soit livrée à la vanne d'expansion en tout temps, avec une chute de pression minimale. Si la pression de la ligne liquide est autorisée à descendre en dessous de sa température de saturation, le liquide commencera à se vaporiser. La vapeur a un effet néfaste sur la performance du système lorsqu'elle est livrée aux vannes d'expansion. Il faut être prudent lors de la conception et du dimensionnement des lignes liquides. Il est recommandé de sous-refroidir légèrement le liquide en dessous de la température de saturation pour éviter la formation de gaz flash à la vanne d'expansion.

Les vitesses supérieures à 300 fpm doivent être évitées pour réduire le risque de coups de bélier liquide dus à la cyclicité des solénoïdes de ligne liquide lorsque ces derniers sont utilisés.

Toutes les connexions en T des branches liquides doivent être tirées du bas des lignes horizontales de liquide ou des boucles liquides pour garantir qu'une colonne solide de liquide soit alimentée à la vanne d'expansion. Ne jamais tirer des circuits de branche liquide à partir d'une ligne liquide verticale.

Les vitesses liquides doivent toujours être maintenues sous 360 fpm pour éviter un bruit excessif et l'érosion des tuyaux.

Le CO2 liquide pour les systèmes subcritiques ou transcritiques est normalement plus froid que les systèmes de réfrigérant HFC traditionnels, il est donc important d'isoler correctement ces lignes pour prévenir la condensation et l'absorption de chaleur. Une mauvaise isolation des lignes liquides peut entraîner une mauvaise performance du système et une capacité de refroidissement réduite.

Lignes de décharge

La ligne de décharge doit également être dimensionnée en fonction de la chute de pression maximale. Bien que les lignes de décharge ne soient pas aussi critiques que d'autres parties du système, des chutes de pression excessivement élevées réduiront la capacité du compresseur.

Il est courant de laisser tomber de 5 à 10 psi de pression du compresseur vers le condenseur/refroidisseur de gaz. Les lignes de décharge doivent toujours être inclinées dans la direction du flux. L'huile circule plus librement avec la température élevée de la vapeur dans les lignes de décharge, donc le dimensionnement des lignes est moins dépendant de la vitesse. Les vitesses de vapeur doivent toujours être maintenues sous 4 000 fpm pour éviter un bruit excessif.

Des pièges à huile doivent être installés à la base de tous les risers verticaux pour empêcher l'accumulation excessive d'huile. Les pièges doivent être de la taille complète du tuyau pour tous les risers verticaux de plus de 6 pieds.

SYSTÈME D'INSTALLATION

Lignes de Retour du Refroidisseur à Gaz CO₂

Pour les systèmes conçus pour une opération transcritique du CO₂, les lignes de retour du refroidisseur à gaz, parfois appelées "pieds de chute", doivent être dimensionnées de manière similaire aux lignes liquides. Le CO₂ quittant le refroidisseur à gaz ne sera pas un liquide condensé mais un fluide supercritique lors de l'opération transcritique. Le fluide supercritique est souvent considéré comme de la vapeur. Ce fluide supercritique à haute pression est très dense et correspond davantage à la densité du CO₂ liquide que du CO₂ vapeur. Par conséquent, suivez les mêmes lignes directrices pour le dimensionnement des tuyaux que pour les liquides. Le dimensionnement des lignes de retour du refroidisseur à gaz de la même manière que les lignes de refoulement entraînera une érosion excessive des tuyaux et une défaillance prématurée du tuyauterie.

Lignes de Dégivrage à Gaz Chaud

Les lignes d'alimentation en gaz chaud pour le dégivrage (vapeur) doivent être dimensionnées selon les mêmes critères que les lignes de refoulement. Les lignes de retour du dégivrage à gaz chaud (condensat) peuvent être sous forme de vapeur, de liquide ou de mélange de réfrigérant, selon le moment particulier du cycle de dégivrage. Il est donc recommandé d'utiliser les mêmes critères que pour les lignes de refoulement lors du dimensionnement des lignes de retour de condensat. La ligne de retour est significativement plus froide que la ligne d'alimentation, de sorte que la vitesse de la vapeur diminuera dans la ligne de retour, ce qui peut entraîner un dimensionnement de tuyau plus petit par rapport à la ligne d'alimentation.

Lignes d'Alimentation en Circulation de Liquide

Pour les systèmes équipés d'une suralimentation de liquide CO₂ pompé, les lignes d'alimentation en circulation de liquide doivent généralement être dimensionnées selon les mêmes critères que les lignes liquides. Il est important de noter que le liquide CO₂ pompé est plus tolérant aux chutes de pression par rapport aux lignes liquides normales. La pompe CO₂ ajoute un sous-refroidissement mécanique au liquide CO₂ et permet ainsi une chute de pression beaucoup plus importante avant que le liquide ne commence à s'évaporer. Une analyse du système est nécessaire pour déterminer la chute de pression maximale admissible dans les lignes d'alimentation et de retour de circulation de liquide. La somme de la chute de pression des lignes de circulation, de la chute de pression de tous les composants et du changement de pression dû à un changement d'altitude ne doit pas dépasser la différence de pression nominale de la pompe.

Les vitesses du liquide doivent toujours être maintenues sous 360 fpm pour éviter les bruits excessifs et l'érosion des tuyaux.

Les systèmes à suralimentation de liquide CO₂ contiendront des liquides avec des températures souvent inférieures à 30°F, et il est important d'isoler correctement ces lignes pour prévenir la condensation et l'absorption de chaleur. Une réduction de la capacité de refroidissement due à une mauvaise isolation des lignes de liquide peut entraîner une mauvaise performance du système.

Lignes de Retour de Circulation de Liquide

Les lignes de retour de circulation de liquide seront un mélange de liquide et de vapeur dans les systèmes équipés de CO₂ pompé. Le taux de suralimentation de liquide déterminera le ratio exact. Ces lignes sont généralement d'une taille de tuyau supérieure à celle des lignes d'alimentation en circulation de liquide pour accueillir le volume beaucoup plus élevé de vapeur par rapport au liquide. Une analyse du système est nécessaire pour déterminer la chute de pression maximale admissible dans les lignes d'alimentation et de retour de circulation de liquide. La somme de la chute de pression des lignes de circulation, de la chute de pression de tous les composants et du changement de pression dû à un changement d'altitude ne doit pas dépasser la différence de pression nominale de la pompe.

Il est essentiel d'éviter de surdimensionner les lignes montantes de retour de circulation de liquide. Une séparation des phases liquide et vapeur peut se produire si la vitesse devient trop faible et la chute de pression augmente considérablement en raison de l'accumulation de liquide dans la ligne verticale.

Les systèmes à suralimentation de liquide CO₂ contiendront des liquides avec des températures souvent inférieures à 30°F, et il est important d'isoler correctement ces lignes pour prévenir la condensation et l'absorption de chaleur. Une mauvaise isolation des lignes liquides peut entraîner une mauvaise performance du système et une capacité de refroidissement réduite.

4.6. Tuyauterie d'eau/glycol

Toute tuyauterie d'eau ou de glycol refroidi doit être correctement isolée pour éviter la condensation. Le changement d'état de l'eau, passant de gaz à liquide, entraînera une charge thermique importante, ce qui deviendra une charge supplémentaire pour le système de réfrigération si de l'eau se laisse condenser sur les tuyaux.

L'importance de bien dimensionner les tuyaux entre le refroidisseur et le processus ne peut être trop soulignée. Référez-vous au manuel ASHRAE ou à un autre guide de conception approprié pour le dimensionnement correct des tuyaux. En général, dimensionnez les tuyaux en taille réelle jusqu'au processus, puis réduisez la taille du tuyau pour correspondre aux connexions sur l'équipement de processus. L'une des causes les plus courantes de mauvaise performance des refroidisseurs est un mauvais dimensionnement des tuyaux. Évitez les longueurs inutiles de tuyaux ou de raccords rapides offrant une résistance élevée à l'écoulement de l'eau. Les manifolds doivent être installés aussi près que possible du point d'utilisation lorsqu'ils sont nécessaires pour la distribution de l'eau. Fournissez des vannes d'équilibrage du débit à chaque point d'utilisation d'eau glacée pour garantir une distribution adéquate de l'eau dans l'ensemble du système. Le débit nominal d'eau glacée est généralement basé sur une plage de 10°F à travers l'évaporateur. Consultez les informations et les dessins spécifiques fournis avec l'unité de refroidissement pour voir les spécifications exactes concernant le débit d'eau glacée et la plage de température.

SYSTÈME D'INSTALLATION

Le débit d'eau réfrigérée minimal est de 50 % du débit nominal spécifié, sauf indication contraire. Cette exigence permet d'éviter l'encrassement et de garantir que le refroidisseur fonctionne dans des conditions normales d'exploitation du réfrigérant. Fournir un débit inférieur ou supérieur au débit nominal peut affecter les performances de l'évaporateur et la capacité de refroidissement nominale globale du refroidisseur.

Il est courant de faire varier le débit d'eau à travers l'évaporateur. Les commandes du refroidisseur peuvent s'ajuster aux variations de débit d'eau dans le système et moduler la charge des compresseurs selon les besoins afin de maintenir un contrôle précis de la température de l'eau fournie au système. Si le débit d'eau varie, le volume minimum du circuit de fluide doit être supérieur à 3 gallons de liquide de refroidissement par tonne de refroidissement, et le débit ne doit pas changer à un taux supérieur à 10 % par minute afin de maintenir un niveau acceptable de contrôle de la température. Ce débit tamponnera les fluctuations, permettant au refroidisseur d'expérimenter des variations progressives de la température de l'eau en entrée. Un changement progressif de la température de l'eau en entrée permet un ajustement précis de la charge des compresseurs. Une modulation précise de la charge des compresseurs garantit des températures de retour et d'alimentation constantes et stables.

4.7. Tuyauterie d'eau du condenseur/refroidisseur à gaz

La performance d'un condenseur/refroidisseur à gaz refroidi par eau dépend du maintien d'un débit et d'une température d'eau appropriés à travers l'échangeur thermique du condenseur/refroidisseur à gaz. Un débit d'eau insuffisant ou une température d'alimentation en eau trop élevée réduira la capacité de refroidissement de l'unité. Des conditions extrêmes entraîneront éventuellement l'arrêt de l'unité en raison d'une pression élevée du réfrigérant. La performance peut également être affectée si le condenseur/refroidisseur à gaz est obstrué par des contaminants présents dans l'eau de refroidissement. Il est fortement recommandé de mettre en place un programme de traitement de l'eau pour l'eau de refroidissement du condenseur/refroidisseur à gaz afin de réduire les coûts de maintenance et les temps d'arrêt de l'unité.

! ATTENTION! L'UTILISATION D'UNE EAU DE CONDENSEUR/REFROIDISSEUR À GAZ NON TRAITÉE OU INSUFFISAMMENT TRAITÉE PEUT ENTRAÎNER L'ACCUMULATION DE DÉPÔTS CALCAIRES, L'ÉROSION, LA FORMATION D'ALGUES OU DE BOUES. CELA PEUT RÉDUIRE LES PERFORMANCES DU SYSTÈME OU PROVOQUER UNE PANNE PRÉMATURÉE.

Référez-vous aux informations et dessins spécifiques à l'unité pour connaître les spécifications exactes du débit d'eau et de la plage de température du condenseur/refroidisseur à gaz. Une augmentation d'environ 10°F (5,5°C) se produira à travers le condenseur/refroidisseur à gaz dans des conditions normales de fonctionnement. La pompe à eau du condenseur/refroidisseur à gaz doit être capable de fournir une chute de pression au moins égale à celle indiquée dans les spécifications de performance de l'unité, ainsi qu'au débit nominal requis, afin d'assurer un flux d'eau adéquat à travers le condenseur/refroidisseur à gaz.

L'importance d'un dimensionnement approprié des tuyaux entre l'unité et l'alimentation en eau du condenseur/refroidisseur à gaz ne doit pas être sous-estimée. Référez-vous au Manuel ASHRAE ou à un autre guide de conception approprié pour le dimensionnement correct des tuyaux. En général, utilisez des tuyaux de pleine taille jusqu'à l'unité, puis réduisez le diamètre pour correspondre aux raccords de l'unité. Une conception inadéquate de la tuyauterie est une cause fréquente de performance insatisfaisante de l'unité. Évitez les longueurs excessives de tuyaux flexibles ou les raccords à connexion rapide, qui entraînent une résistance élevée à l'écoulement de l'eau. Lorsque des collecteurs sont nécessaires pour la distribution d'eau, installez-les aussi près que possible du point d'utilisation. Installez des vannes d'équilibrage de débit à chaque unité pour garantir une distribution uniforme de l'eau dans tout le système.

Toute la tuyauterie du condenseur/refroidisseur à gaz doit être correctement isolée afin de prévenir la condensation. Le changement d'état de l'eau, de gaz à liquide, entraîne une charge thermique importante qui peut surcharger l'unité si l'eau est autorisée à condenser sur la tuyauterie.

Les limites minimales et maximales de débit d'eau du condenseur/refroidisseur à gaz sont généralement de 50 % et 200 % du débit nominal et ne doivent pas être dépassées. Un débit supérieur au maximum peut provoquer une érosion excessive de l'échangeur de chaleur et entraîner une défaillance prématurée. Un débit inférieur au minimum peut causer un encrassement excessif et une réduction du transfert thermique.

SYSTÈME D'INSTALLATION

4.8. Tuyauterie d'eau pour récupération de chaleur

Les systèmes de réfrigération au CO₂ peuvent produire une grande quantité d'eau chaude en transférant la chaleur du gaz CO₂ de décharge dans l'eau. Consultez le Manuel ASHRAE ou d'autres guides de conception appropriés pour le dimensionnement correct des tuyaux. Le dimensionnement des tuyaux d'eau doit être basé sur la température de fonctionnement spécifiée, le débit d'eau et la différence de pression d'eau disponible pour la performance spécifique de l'unité. En général, utilisez des tuyaux de pleine taille jusqu'à l'unité, puis réduisez le diamètre pour correspondre aux raccords de l'unité. Une conception inadéquate de la tuyauterie est l'une des causes les plus courantes d'une performance insatisfaisante de l'unité. Évitez les longueurs excessives de tuyaux flexibles ou les raccords à connexion rapide qui entraînent une résistance élevée à l'écoulement de l'eau. Lorsque des collecteurs sont nécessaires pour la distribution de l'eau, ils doivent être installés aussi près que possible du point d'utilisation. Installez des vannes d'équilibrage de débit à chaque unité pour garantir une distribution uniforme de l'eau dans tout le système.

Toute la tuyauterie d'eau destinée à la récupération de chaleur doit être correctement isolée afin de prévenir les pertes de chaleur et le risque de blessures par brûlures. Les tuyaux d'eau chaude peuvent atteindre des températures allant de 160°F à 180°F (71°C à 82°C).

! **DANGER!** INSTALLEZ CET ÉQUIPEMENT DANS UN ENDROIT BIEN VENTILÉ. L'INHALATION DE RÉFRIGÉRANT PEUT ÊTRE DANGEREUSE POUR LA SANTÉ, ET L'ACCUMULATION DE RÉFRIGÉRANT DANS UN ESPACE CLOS PEUT DÉPLACER L'OXYGÈNE ET PROVOQUER UNE ASPHYXIE.

4.9. Entrée d'eau des condenseurs/refroidisseurs à gaz adia. et évap.

Le condenseur/gas cooler adiabatique est équipé d'une vanne modulante située à l'entrée d'eau. Cette vanne commence à s'ouvrir lorsque la température de l'air ambiant dépasse le point de consigne adiabatique. La vanne module afin de fournir au condenseur/gas cooler un volume d'eau adéquat et d'assurer un apport en eau compensant l'évaporation. Le débit d'eau nominal sera spécifié sur les fiches techniques fournies avec le condenseur/gas cooler. La vanne est contrôlée par le contrôleur intégré situé dans le panneau électrique du condenseur/gas cooler. Une alimentation en eau externe doit être raccordée à l'entrée de l'unité. Selon le fabricant et le modèle, le condenseur/gas cooler adiabatique peut être équipé d'une pompe intégrée et d'un réservoir d'eau. Cette pompe recircule l'eau à travers les panneaux adiabatiques.

4.10. Drainage du condenseur/refroidisseur à gaz

Le condenseur/refroidisseur de gaz adiabatique est équipé d'une électrovanne de vidange d'eau. Cette vanne vidangera toute l'eau du condenseur/refroidisseur de gaz en fonction de la température ambiante. Le système doit être vidangé lorsque la température ambiante descend à 40°F (4°C). Abaisser le point de consigne entraînerait le gel du condenseur/refroidisseur de gaz et causerait des dommages graves. Le point de consigne de vidange d'eau est contrôlé par le contrôleur situé dans le panneau de commande électrique du condenseur/refroidisseur de gaz.

4.11. Manomètres de pression d'eau

Il est fortement recommandé d'installer des manomètres ou des robinets (fournis sur site) à l'entrée et à la sortie de la tuyauterie d'eau. La possibilité de lire la chute de pression à travers l'unité est importante et aidera dans la maintenance préventive ainsi que dans le diagnostic des performances de l'unité.

4.12. Protection antigel du fluide du système

La tuyauterie d'eau doit être protégée contre le gel. Une protection contre le gel est nécessaire pour la tuyauterie d'eau exposée à des températures ambiantes inférieures à 40°F (4°C). Il est recommandé de s'assurer que l'eau est mélangée avec le pourcentage approprié de glycol pour la protéger contre le gel aux températures ambiantes les plus froides prévues. En alternative, ajoutez un traçage thermique à toute la tuyauterie extérieure ou assurez-vous que toute la tuyauterie extérieure est vidangée de l'eau lorsque le système n'est pas en service.

5. MISE EN SERVICE DU SYSTÈME

5.1. Préparation du système

Le succès d'un démarrage de qualité commence par le test de fuite et l'évacuation du système. Ne mettez pas en marche les compresseurs tant que les étapes appropriées n'ont pas été exécutées. Vérifiez que l'alimentation principale et l'alimentation de contrôle sont éteintes au panneau de distribution d'alimentation principal. Assurez-vous que tous les disjoncteurs des compresseurs et les interrupteurs des compresseurs sont bien en position OFF dans le système de l'unité. Une mise en marche prématurée pourrait entraîner des dommages graves au compresseur.

5.1.1. VÉRIFICATION DU SYSTÈME

Vérifiez l'intégrité du système avant de procéder aux tests de pression et à l'évacuation :

- L'unité de réfrigération doit être correctement positionnée et ancrée en place.
- Tous les composants de réfrigération spécifiques aux exigences de conception du système doivent être installés, y compris les évaporateurs, les condenseurs/refroidisseur de gaz, les échangeurs de chaleur auxiliaires, les vannes et les capteurs.
- La tuyauterie de terrain doit être installée, correctement soutenue et toutes les jonctions connectées avec des méthodes approuvées.
- Toutes les vannes d'isolement et les vannes à bille doivent être ouvertes pour le système.
- Si des solénoïdes avec tiges d'ouverture manuelle sont fournis, la tige peut être tournée pour soulever le disque du solénoïde hors du siège de la vanne. L'alimentation des circuits solénoïdes aidera également au test de fuite et à l'évacuation.
- L'équipement nécessaire pour effectuer les tests de pression et l'évacuation doit être en bon état de fonctionnement et avoir subi des calibrations récentes.

5.2. Test de pression/étanchéité

L'unité assemblée en usine est testée sous pression avant l'expédition, mais elle doit être vérifiée à nouveau sur le terrain pour s'assurer que le système et toutes les tuyauteries installées sur le terrain sont étanches et sans fuites. Après avoir terminé toute la tuyauterie de réfrigération sur le terrain, assurez-vous que toutes les vannes d'isolement de réfrigération sont ouvertes, y compris les vannes solénoïdes. Il convient d'utiliser de l'azote pour effectuer le test de pression du système. Le système doit être mis sous pression à une pression ne dépassant pas 90 % de la pression de conception du côté basse pression et être maintenu sous pression pendant au moins 24 heures afin de confirmer que l'ensemble de la tuyauterie du système est étanche et sans fuite. La pression du système doit être vérifiée à plusieurs endroits pour confirmer que la pression du système est bien équilibrée. Un manomètre doit être installé et marqué avec une ligne rouge pour assurer un enregistrement précis de la pression. Les variations de température ambiante affecteront la pression du système et doivent être prises en compte. Toute perte de pression devra être minutieusement examinée et la fuite réparée ou éliminée. Il est extrêmement important de confirmer que le système est sans fuite avant de commencer le processus d'évacuation et de charge. Soyez conscient de vos codes locaux, des exigences ASHRAE B31.5 et des lignes directrices Green Chill Best in Class.

ATTENTION! LA PRESSION APPLIQUÉE SUR L'UNITÉ PENDANT LE TEST DE PRESSION NE DOIT PAS DÉPASSER 90 % DE LA PRESSION DE CONCEPTION DU CÔTÉ BASSE PRESSION POUR ÉVITER UNE LIBÉRATION ACCIDENTELLE DE PRESSION PAR LA SOUPE DE SURPRESSION DU CÔTÉ BASSE PRESSION.

5.3. Évacuation

Le système de l'unité doit avoir passé le test de pression/fuite avant l'évacuation. Lorsque le système a été confirmé sans fuite, le processus d'évacuation peut commencer. Ne pas installer de filtres-sécheurs à ce moment-là. Tous les filtres de succion des compresseurs et les filtres à huile remplaçables ont été installés en usine avant l'expédition. L'unité doit être dépressurisée jusqu'à la pression atmosphérique après que le test de fuite soit réussi.

Commencez le processus d'évacuation avec une pompe à vide de qualité contenant de l'huile propre et fraîche. Il est recommandé d'utiliser des tuyaux en cuivre entre les connexions de l'unité et la ou les pompes à vide plutôt que les tuyaux typiques de manomètre à collecteur. Continuez à surveiller le niveau et la qualité de l'huile dans la ou les pompes à vide. Évacuez le système jusqu'à 1 500 microns, puis brisez le vide avec de l'azote sec. Le dioxyde de carbone de qualité réfrigérant peut être utilisé comme alternative à l'azote. Répétez ce processus une deuxième fois, en évacuant jusqu'à 1 500 microns. Avant de commencer la troisième et dernière évacuation, installez les filtres-sécheurs à liquide et évacuez le système à moins de 500 microns. Laissez suffisamment de temps au système pour qu'il reste à 500 microns afin de vérifier qu'il est effectivement étanche et sans fuite. De l'huile de réfrigération propre et sèche doit être pompée dans le système de l'unité à ce moment-là. Voir la procédure de charge d'huile. La pression du système peut augmenter une fois que l'huile est ajoutée, mais elle continuera d'être évacuée jusqu'à ce que la pression du système descende sous 500 microns. Le système doit être isolé de la pompe à vide, et la pompe doit être éteinte. La pression du système ne doit pas augmenter au-dessus de 500 microns en 30 minutes. Si une augmentation de pression se produit, cela signifie qu'il peut encore y avoir de l'humidité dans le système et une évacuation continue est nécessaire. Le système est prêt à être chargé en CO2 après avoir réussi le test de déclin de vide.

MISE EN SERVICE DU SYSTÈME

! ATTENTION! L'ÉVACUATION EST PARTICULIÈREMENT CRITIQUE DANS LES SYSTÈMES CO₂ PARCE QU'ILS NE TOLÈRENT PAS L'EAU.

LES ÉLÉMENTS À PRENDRE EN CONSIDÉRATION POUR ASSURER UNE ÉVACUATION RAPIDE ET EFFICACE SONT:

- ASSURER L'ENLÈVEMENT DES VANNES SCHRADER AVANT DE BRANCHER SI VOUS DEVEZ UTILISER UNE LIGNE DE ¼".
- AVOIR AUTANT DE LIGNES QUE POSSIBLE CONNECTÉES À L'UNITÉ.
- ASSURER QUE LE SYSTÈME EST OUVERT ET EN TRAIN D'ÊTRE POMPE SUR TOUS LES CÔTÉS. SOYEZ VIGILANT AUX DIRECTIONS DES VANNES.
- TOUS LES ROBINETS À BILLE, LES VANNES SCHRADER ET LES CAPUCHONS DE VANNES DE SERVICE SONT BIEN SERRÉS.
- ASSURER QUE TOUTES LES VANNES SONT RETRANCHÉES ET QUE LES JOINTS EN CAOUTCHOUC ET LES CAPUCHONS SONT BIEN SERRÉS APRÈS QUE TOUTES LES LIGNES SOIENT CONNECTÉES.
- METTRE EN MARCHÉ LES COMPRESSEURS DE CO₂ CONTENANT DE L'HUILE.
- ISOLER LES TRANSDUCTEURS PENDANT L'ÉVACUATION. LES TRANSDUCTEURS NON CERTIFIÉS POUR LE VIDE PEUVENT ÊTRE ENDOMMAGÉS LORSQU'ILS SONT EXPOSÉS.

! ATTENTION! L'UNITÉ EST EXPÉDIÉE DE L'USINE AVEC UNE CHARGE DE VAPEUR SÈCHE D'AZOTE ET EST ÉQUIPÉE D'UNE ÉTIQUETTE SPÉCIFIANT LA PRESSION STATIQUE QUI A ÉTÉ INSTALLÉE À L'USINE. LA PRESSION DU SYSTÈME DOIT ÊTRE VÉRIFIÉE À PLUSIEURS ENDROITS POUR CONFIRMER QUE LA PRESSION TOTALE DU SYSTÈME EST ÉGALISÉE ET QU'ELLE EST ÉGALE À LA PRESSION FACTORY APPLIQUÉE AVANT L'EXPÉDITION.

5.4. Chargement du CO₂

5.4.1. REFRIGÉRANT TYPE

Une seule de ces qualités de réfrigérant dioxyde de carbone spécifiées ou supérieure est requise. La pureté doit être égale ou supérieure à 99,99 %, et la teneur en eau doit être inférieure à 10 ppm.

1. Qualité instrument
2. Qualité Coleman
3. Qualité réfrigération

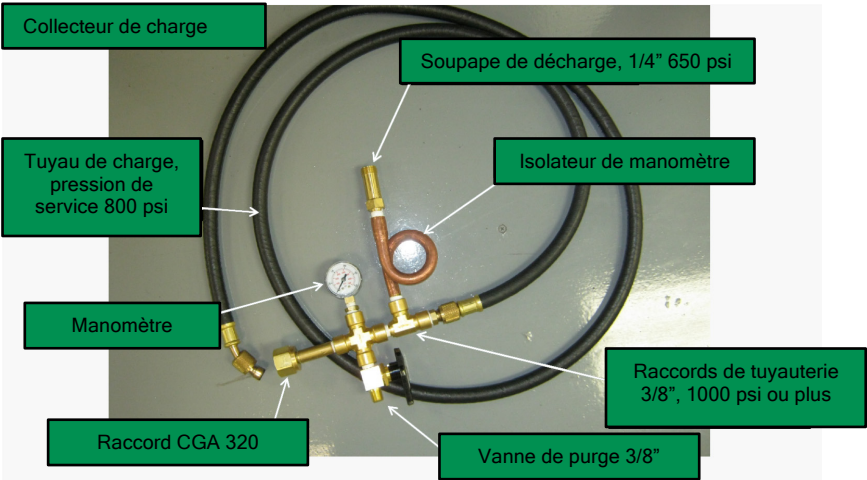
5.4.2. SAFETY AND EQUIPMENT

- Un manifold de chargement de CO₂ avec une pression minimale de 2000 psig est requis.
- Un équipement de chargement correctement dimensionné est requis pour la sécurité. Si un manifold de chargement classé pour au moins 2000 psig n'est pas disponible, il est possible de monter l'assemblage suivant : à l'aide d'un manomètre et d'une soupape de surpression de 650 psi, un assemblage doit être réalisé comme indiqué dans l'illustration. Tous les tuyaux et raccords doivent être correctement dimensionnés. De plus, les procédures de chargement doivent être scrupuleusement suivies. Les bouteilles de CO₂, telles que reçues, seront pressurisées à plus de 1000 psi. Étant donné que la pression de la bouteille est plus élevée que le réglage de la soupape de surpression, la vanne de chargement du système doit toujours être ouverte avant la vanne de la bouteille et fermée après la vanne de la bouteille. Effectuez une opération de purge après avoir connecté la bouteille à la ligne.

MISE EN SERVICE DU SYSTÈME

FIGURE 2: Équipement de charge CO₂

Historique



Actuel



MISE EN SERVICE DU SYSTÈME

5.4.3. PROCÉDURE

1. La charge de CO2 est différente des HFC habituels, car la charge initiale doit être effectuée avec de la vapeur jusqu'à atteindre une pression minimale supérieure à 100 psi dans tout le système. Cela permet de s'assurer que la pression est supérieure au point triple du CO2, qui est de 61 psig, où la neige carbonique pourrait obstruer les tuyaux. Il est recommandé d'atteindre une pression de 200 psi si la charge est effectuée dans des tuyaux en acier où un choc thermique pourrait poser problème. Après la charge initiale de vapeur, du liquide peut être utilisé pour le remplissage restant.
2. Connecter une bouteille de CO2 à l'aide du collecteur de charge.
3. Si le système est sous vide, purger le tuyau en ouvrant légèrement la valve de la bouteille de vapeur. Une fois que le système est au-dessus de la pression atmosphérique, purger en ouvrant le port de charge et en évacuant par la valve de purge du collecteur.
4. Les bouteilles de CO2 sont disponibles avec ou sans tube plongeur. Les bouteilles sans tube plongeur peuvent être soigneusement posées à l'horizontale pour charger le liquide.
5. Avec la valve de charge ouverte, ouvrir lentement la valve de la bouteille tout en observant le manomètre du collecteur. Ne pas dépasser la pression de décharge. La pression chutera rapidement à mesure que la bouteille refroidit. Lorsque la bouteille est vide, fermer d'abord la valve de la bouteille. Cela évite d'augmenter la pression dans le tuyau de charge lorsque la bouteille se réchauffe. Ne jamais laisser un collecteur connecté avec la valve de charge fermée et la bouteille ouverte.
6. Ouvrir la valve de purge du tuyau pour dépressuriser le tuyau.

Note: La pression diminuera jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de réfrigérant à charger dans le système à mesure que la bouteille refroidit. Jusqu'à 25 % du contenu peut rester.

Note: Ne jamais charger du CO2 liquide du côté de l'aspiration.

Note: La quantité approximative de charge en réfrigérant CO2 est indiquée dans la documentation de l'unité. Référez-vous au plan du circuit pour obtenir cette information. Pour vérifier la charge réelle du système, faites fonctionner le système, vérifiez le hublot du tuyau de liquide et assurez-vous d'une surchauffe et d'un sous-refroidissement appropriés.

Note: L'utilisation d'un réchauffeur à couverture régulée ou d'un bain d'eau chaude pour réchauffer la bouteille accélérera le chargement du CO2.



AVERTISSEMENT! NE PAS UTILISER DE FLAMME NUE POUR RÉCHAUFFER LA BOUTEILLE.

5.5. Chargement de l'huile

5.5.1. TYPE D'HUILE

- Les systèmes CO2 nécessitent de l'huile de type POE ou PAG, comme recommandé par le fabricant du compresseur.



ATTENTION! SEULE DE L'HUILE DE RÉFRIGÉRATION NEUVE, CONTENUE DANS UN RÉCIPIENT SCELLÉ ET FERME, DOIT ÊTRE UTILISÉE. LES HUILES POE ET PAG SONT EXTRÊMEMENT HYGROSCOPIQUES ET ABSORBERONT RAPIDEMENT LA VAPEUR D'EAU. LIMITEZ LE TEMPS D'EXPOSITION DE L'HUILE À L'ATMOSPHÈRE.

5.5.2. REMARQUES SUR LE CHARGEMENT D'HUILE

- Le chargement d'huile est plus facile s'il est effectué avant de charger le réfrigérant, pendant que le système est sous évacuation.
- APRÈS LE CHARGEMENT DU RÉFRIGÉRANT, LES SYSTÈMES CO2 SONT GÉNÉRALEMENT SOUS DES PRESSIONS SUPÉRIEURES À 400 PSI. IL N'EXISTE GÉNÉRALEMENT PAS DE POMPES DE CHARGEMENT D'HUILE CAPABLES DE SUPPORTER CES PRESSIONS. L'AJOUT D'HUILE DANS LE RÉSERVOIR ET/OU LES COMPRESSEURS NÉCESSITE D'ISOLER ET DE DÉPRESSURISER À ENVIRON 50 PSI. DES POMPES MANUELLES STANDARD POUR HUILE DE RÉFRIGÉRANT PEUVENT ALORS ÊTRE UTILISÉES.
- LA CHARGE INITIALE D'HUILE DOIT REMPLIR LES COMPRESSEURS JUSQU'AU NIVEAU DU HUBLLOT À ½ ET UN NIVEAU DE RÉSERVOIR DE ½ À ¾. LE NIVEAU D'HUILE DANS LE RÉSERVOIR BAISSERA AU FUR ET À MESURE QUE LES LIGNES D'HUILE ET LES FILTRES SE REMPLIRONT, ET QUE DE L'HUILE COMMENCERA À CIRCULER DANS LE SYSTÈME. LE NIVEAU DEVRAIT SE STABILISER LORSQUE LA TEMPÉRATURE DES CHARGES CONNECTÉES DEVIENT STABLE.

NOTE: L'UNITÉ A PU ÊTRE EXPÉDIÉE DE L'USINE AVEC UNE CHARGE D'HUILE. SI L'UNITÉ A ÉTÉ TESTÉE EN USINE AVANT L'EXPÉDITION, ELLE SERA ÉQUIPÉE DE LA CHARGE D'HUILE INITIALE. LES UNITÉS SANS HUILE SERONT ÉTIQUETÉES.

MISE EN SERVICE DU SYSTÈME

5.6. PLANIFICATION DE LA MISE EN SERVICE

Les systèmes de réfrigération CO2 nécessitent un plan de démarrage systématique et détaillé pour garantir un démarrage et une mise en service réussis. Il existe de nombreux aspects de ces systèmes qui diffèrent de ceux d'un système HFC traditionnel. Le système de contrôle a été développé et programmé pour gérer le niveau accru de séquences de contrôle nécessaires pour contrôler le système de manière sûre et satisfaisante afin de maintenir les températures de charge souhaitées. Les compresseurs sont probablement équipés de variateurs de fréquence (VFD) sur le compresseur principal, et les nombreuses vannes de régulation électroniques offrent un niveau accru de stabilité du système, mais toutes nécessitent des boucles de contrôle sophistiquées en Proportions-Intégral-Dérivées (PID). Il est très important d'étudier le design du système en détail avant le démarrage pour s'assurer que tous les personnels de mise en service développent une compréhension appropriée du système.

5.6.1. VÉRIFICATIONS PRÉALABLES

Vérifiez l'installation et l'étalonnage des capteurs avant le démarrage. Les capteurs doivent être installés et fixés à leurs emplacements corrects. Vérifiez l'étalonnage des capteurs selon les instructions du fabricant. Confirmez que les vannes fonctionnent correctement et se ferment avant le démarrage du système.

5.6.2. PRESSIONS DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME



ATTENTION! UNE PROCÉDURE DE DÉMARRAGE COMPLÈTE DOIT ÊTRE SUIVIE AVANT D'AJOUTER DU CO2 AU SYSTÈME.

Les systèmes de réfrigération CO2 fonctionnent à des pressions beaucoup plus élevées que les réfrigérants HFC traditionnels, et les pressions de saturation associées au CO2 peuvent dépasser la pression de conception du système si celui-ci est exposé à des températures ambiantes élevées lorsqu'il n'est pas en fonctionnement. Il est important de connaître les pressions de fonctionnement nominales du système CO2 et de comprendre que les températures de saturation entraîneront une pression de système supérieure à la pression de travail de conception. Par exemple, le côté aspiration d'un système basse température peut être conçu pour fonctionner à 450 psig, et une fois que le système est chargé de réfrigérant CO2 liquide, il produira une pression de saturation de 450 psig à seulement 26,3°F (environ -3°C) de température ambiante. Le côté aspiration d'un système à température moyenne et le réservoir liquide peuvent être conçus pour fonctionner à 650 psig. Le système produira une pression de saturation de 650 psig à seulement 51,3°F (environ 10,5°C) après avoir été chargé de CO2 liquide. Le système ne peut pas être arrêté sans dépasser la pression de conception et évacuer le CO2 par les vannes de décharge, à moins que des préparations spéciales ne soient mises en place pour maintenir les pressions du système sous leurs limites de conception après le chargement du CO2. Soyez prêt à maintenir le système en fonctionnement après son démarrage et assurez-vous que le personnel nécessaire soit disponible pour se concentrer sur le démarrage et la mise en service. Ne démarrez pas le système un vendredi après-midi sans couverture sur site pour le week-end en espérant qu'il fonctionnera le lundi matin. Dans ce scénario, il est fort probable que le système tombe en panne, s'arrête, puis perde rapidement tout son réfrigérant CO2 peu après.

5.6.3. SYSTEM STARTUP SEQUENCE

1. Assurez-vous que le contrôleur du système, les variateurs de fréquence (VFD) des compresseurs, la vanne d'expansion haute pression et le contrôleur de gaz flash pour les systèmes transcritiques, les contrôleurs des vitrines, les pilotes de vannes électroniques et tout autre composant essentiel du système principal sont correctement programmés et que les paramètres de consigne ont été vérifiés. Les composants essentiels incluent les électrovannes du séparateur d'huile et du réservoir accumulatif, les vannes d'arrêt des lignes de liquide et d'aspiration, ainsi que d'autres vannes qui doivent fonctionner pour assurer le bon fonctionnement des compresseurs, du refroidisseur de gaz, du condenseur/refroidisseur de gaz et des évaporateurs.
2. Vérifiez physiquement que tous les signaux d'E/S câblés sur site sont correctement connectés aux capteurs et composants correspondants, et qu'ils lisent et/ou fonctionnent correctement en procédant à leur étalonnage et en documentant les résultats.
3. Il est extrêmement important de vérifier le bon fonctionnement de toutes les vannes d'expansion électroniques (EEV) montées sur les évaporateurs. Assurez-vous que chaque vanne s'ouvre individuellement et se ferme complètement lorsqu'elle reçoit la commande. Les fuites au niveau des vannes d'expansion sont une source fréquente de dysfonctionnement du système, d'où l'importance d'une vérification minutieuse.
4. Vérifiez les consignes de réglage du contrôleur du refroidisseur de gaz ou du condenseur/refroidisseur de gaz, les capteurs de contrôle, le fonctionnement des ventilateurs si le refroidissement est à air, l'humidification de l'eau en cas d'utilisation adiabatique, ainsi que la vanne de régulation d'eau si les compresseurs sont refroidis par eau. Assurez-vous que le refroidisseur de gaz ou le condenseur/refroidisseur de gaz réagit correctement aux signaux de commande analogiques émis par le contrôleur principal du système.
5. Démarrez et mettez en service les pompes à glycol et/ou à eau si la fonction principale du système CO2 est de produire de l'eau ou du glycol refroidi. Ceci s'applique également si l'équipement contient un condenseur/refroidisseur de gaz refroidi par eau ou un refroidisseur de gaz. Assurez-vous que le débit de conception à travers le refroidisseur et/ou le condenseur/refroidisseur de gaz est stable et conforme aux spécifications de l'équipement.

MISE EN SERVICE DU SYSTÈME

6. Prévoyez de démarrer d'abord le groupe d'aspiration à température moyenne. Assurez-vous d'avoir une charge à température moyenne suffisante, supérieure au pourcentage minimal de modulation du groupe d'aspiration à température moyenne. En général, 20 à 30 % de la charge totale en température moyenne est nécessaire, mais il convient d'examiner le planning des circuits pour déterminer cette valeur exacte. Avant de continuer et d'ajouter davantage de charge en température moyenne, assurez-vous que toutes les charges à température moyenne contrôlent correctement la surchauffe et que le fonctionnement du système est stable. Si nécessaire, effectuez des ajustements de contrôle à ce stade, lorsqu'il est encore possible de se concentrer sur un sous-ensemble plus restreint de charges et de composants.

Note: Les systèmes en cascade nécessitent que le système de réfrigération primaire soit préparé et disponible pour fonctionner avant le démarrage du côté basse pression du système CO₂. Les charges du système de réfrigération primaire doivent être en fonctionnement et stabilisées avant de démarrer le système en cascade, afin de réduire les comportements imprévisibles du système.

7. Il est probable qu'avec un faible pourcentage de charges en température moyenne, la charge créée pendant la phase de refroidissement soit suffisamment importante pour exiger l'utilisation de tous les compresseurs. Assurez-vous de tester manuellement tous les compresseurs avant de les faire fonctionner en mode automatique. Il est préférable de permettre aux compresseurs de fonctionner à des pressions de succion saturée proches de leur conception. Vérifiez que le point de consigne du MOP (pression maximale de fonctionnement) du contrôleur d'évaporateur est correctement réglé pour maintenir la pression de succion basse et proche du point de consigne de conception.
8. Faites correspondre la charge des évaporateurs avec la capacité appropriée des compresseurs pendant la phase de refroidissement. Ne laissez pas tous les évaporateurs fonctionner avec une capacité réduite des compresseurs. Une capacité réduite entraîne une diminution du débit massique, ce qui réduit les vitesses du fluide frigorigène dans les circuits d'évaporateurs. Cela peut provoquer une accumulation d'huile, un mauvais retour d'huile et une augmentation de la charge d'huile. Surveillez les niveaux d'huile tout au long de la procédure de démarrage.
9. Démarrez les charges à basse température après que le groupe de succion à température moyenne est en marche et que tous les compresseurs de température moyenne ont été testés. Assurez-vous d'avoir juste assez de charge en basse température pour dépasser le pourcentage minimal de fonctionnement du groupe de succion à basse température. En général, 20 à 30 % de la charge totale en basse température est nécessaire, mais il convient d'étudier le planning des circuits pour déterminer la valeur exacte. Avant de poursuivre et d'ajouter plus de charges en basse température, assurez-vous que toutes les charges à basse température contrôlent correctement la surchauffe et que le fonctionnement du système est stable. Procédez aux ajustements nécessaires lorsque l'attention peut être portée sur un sous-ensemble plus restreint de charges et de composants.
10. Si le système est un système en cascade avec un mélange de charges en température moyenne utilisant du glycol ou une expansion directe et des condenseurs/refroidisseurs de gaz en cascade CO₂, il est conseillé d'activer autant que possible les autres charges en température moyenne avant de démarrer les condenseurs/refroidisseurs de gaz en cascade et les compresseurs CO₂ basse température. Cela apportera une plus grande stabilité au système et évitera un comportement imprévisible.
11. Démarrez et mettez en service le désurchauffeur si les compresseurs basse température en sont équipés. Il est acceptable de forcer manuellement le fonctionnement du désurchauffeur au départ pour stabiliser l'environnement opérationnel du groupe de succion à température moyenne. Dans un système booster, les compresseurs basse température refoulent dans la succion des compresseurs à température moyenne. Il est nécessaire de refroidir le refoulement des compresseurs basse température avant qu'il n'entre dans la succion des compresseurs à température moyenne si le système est équipé d'un désurchauffeur. Cela évite une surcharge et une surchauffe du groupe de succion à température moyenne.
12. Répétez les étapes 7 et 8 pour le groupe de compresseurs basse température et les charges associées.
13. Vérifiez le fonctionnement du contrôle du refroidisseur de gaz lors des étapes 5 à 9 si le système est un système CO₂ transcritique. Un contrôle stable du refroidisseur de gaz est essentiel pour la stabilité globale du système. La température de sortie du refroidisseur de gaz doit respecter un point de consigne de +/- 5°F. Cependant, il est plus important que la température de sortie du refroidisseur de gaz soit stable et ne fluctue pas, même si cela signifie que le point de consigne n'est pas parfaitement maintenu. Cela permet au contrôle du refroidisseur de gaz de réagir lentement, plutôt que d'ajuster rapidement pour suivre le point de consigne.
14. Après la mise en service des groupes de compresseurs et de toutes les charges, il est désormais possible d'activer les autres fonctions auxiliaires de contrôle, y compris, mais sans s'y limiter, la récupération de chaleur, le sous-refroidissement mécanique, le bypass du refroidisseur de gaz, le bypass de gaz chaud et l'injection de liquide. Il est acceptable d'activer ces contrôles plus tôt dans la séquence si le système ne peut pas fonctionner sans le soutien de l'une de ces fonctions auxiliaires. Par exemple, il est probable que les températures de retour du gaz soient élevées, entraînant des alarmes de température de refoulement élevée des compresseurs pendant la phase de refroidissement. Il est alors nécessaire d'activer l'injection de liquide pour refroidir le gaz de retour des compresseurs.

6. DESCRIPTION DU SYSTÈME

6.1. Contexte

Le système de refroidissement est composé d'un système de réfrigération à base de CO₂ et peut inclure un ou plusieurs compresseurs, un condenseur/refroidisseur de gaz ou un refroidisseur de gaz, un ou plusieurs évaporateurs, un réservoir ou flash tank, des échangeurs de chaleur, des accumulateurs de succion, des vannes de régulation, des capteurs, des canalisations et un système de contrôle électrique. La conception exacte du système de réfrigération dépend de l'application, de la zone géographique et de l'utilisation prévue du système. Veuillez vous référer à la documentation du système fournie avec l'installation frigorifique pour obtenir les détails exacts du système. Le système de réfrigération peut être autonome ou nécessiter une installation de tuyauterie sur site pour connecter un condenseur/refroidisseur de gaz et des évaporateurs au châssis des compresseurs.

6.2. Circuit de refroidissement

Si une pompe de refroidissement est installée, elle fait circuler le fluide de refroidissement à travers la tuyauterie du procédé avant de le renvoyer vers le groupe frigorifique. Le fluide de refroidissement passe à travers un filtre en Y (si présent), qui filtre le fluide du procédé avant d'entrer dans l'évaporateur à l'entrée du groupe frigorifique. Ensuite, il passe par un détecteur de débit avant d'entrer dans l'évaporateur. La chaleur est transférée du fluide de refroidissement vers le fluide frigorigène dans l'évaporateur. La quantité de chaleur transférée dans l'évaporateur détermine la charge du compresseur, qui maintient le point de consigne de température du fluide de refroidissement délivré au procédé.

Après avoir quitté l'évaporateur, le fluide de refroidissement passe devant le capteur de température de l'eau glacée. Ce capteur mesure la température du fluide de refroidissement envoyé vers le procédé et transmet cette information au contrôleur. Ce capteur de température sert également de protection antigel (freezestat). Ce capteur d'alimentation est le capteur principal du système de contrôle.

6.3. Circuit frigorifique

La chaleur transférée dans l'évaporateur du fluide de refroidissement vers le fluide frigorigène modifie l'état du fluide frigorigène, passant de liquide à gaz. Ce gaz frigorigène se déplace ensuite de l'évaporateur vers le compresseur.

Le compresseur est le cœur du circuit frigorifique. Un gaz froid et à basse pression entre dans le compresseur, tandis qu'un gaz chaud et à haute pression en sort. Une chaleur supplémentaire est ajoutée au fluide frigorigène lors de la compression, en raison du fait que le(s) compresseur(s) ne sont pas 100 % efficaces.

Le gaz chaud et à haute pression qui sort du compresseur est envoyé vers le refroidisseur de gaz, le condenseur ou le condenseur en cascade/refroidisseur de gaz. Dans les refroidisseurs de gaz/condenseurs à air, la chaleur est transférée du fluide frigorigène vers l'air ambiant qui circule à travers les tubes à ailettes. Dans les unités à condenseur/refroidisseur de gaz à eau, la chaleur est transférée du flux de fluide frigorigène à l'eau circulant à travers des plaques parallèles. Dans un système en cascade, la chaleur est transférée du flux de fluide frigorigène CO₂ aux plaques du fluide frigorigène haute pression circulant dans des plaques parallèles. Lorsque la chaleur est transférée, le fluide frigorigène passe de l'état gazeux à l'état liquide. Le condenseur/refroidisseur de gaz est dimensionné pour évacuer la chaleur de la charge thermique du processus ainsi que la chaleur ajoutée par le compresseur.

Le processus de réfrigération transcritique au CO₂ commence à la sortie du condenseur/refroidisseur de gaz. Le fluide frigorigène liquide passe ensuite par la vanne de détente haute pression d'un système transcritique, puis à travers le réservoir de détente, le filtre déshydrateur et enfin le voyant. Le réservoir de détente maintient une pression contrôlée et agit comme un réservoir de stockage du fluide frigorigène excédentaire lorsque celui-ci n'est pas nécessaire au fonctionnement. Le gaz flash dans le réservoir de détente passe par la vanne de dérivation du gaz flash jusqu'aux compresseurs de température moyenne. Le filtre déshydrateur élimine les particules et/ou l'humidité du fluide frigorigène. Le voyant permet de surveiller l'écoulement du fluide frigorigène liquide. Ensuite, le fluide frigorigène liquide passe par la vanne de détente électronique, qui régule le débit vers l'évaporateur, et le processus recommence.

Les systèmes sous-critiques, y compris les systèmes en cascade, condensent le CO₂ et ne nécessitent ni vanne de détente haute pression ni vanne de dérivation du gaz flash, mais utilisent un réservoir traditionnel.

6.4. Circuit d'huile

Le compresseur utilise de l'huile pour lubrifier ses composants internes. Une petite quantité d'huile quitte chaque compresseur avec le gaz de refoulement et est séparée du réfrigérant CO₂ par le séparateur d'huile. L'excès d'huile du système est stocké dans le réservoir d'huile, d'où elle est renvoyée aux compresseurs au besoin. Chaque compresseur surveille son propre niveau d'huile et transfère de l'huile au compresseur selon les besoins à l'aide du contrôleur de niveau d'huile attaché au compresseur. Consultez la FAQ sur le système de gestion d'huile CO₂ transcritique en annexe pour plus d'informations.

7. SÉQUENCE DE FONCTIONNEMENT

7.1. Système de contrôle

T Ce manuel d'installation et d'utilisation ne contient pas d'informations sur le système de contrôle. Plusieurs systèmes de contrôle différents peuvent être fournis avec votre système de réfrigération et, bien qu'ils présentent des fonctionnalités de contrôle similaires, ils comportent également de nombreuses différences. Si des séquences de contrôle spécifiques ont été créées pour le système de réfrigération en plus des séquences standard du contrôleur, un document distinct sera inclus dans la documentation fournie avec l'unité.

7.2. Séquence de démarrage

Le système démarrera s'il n'y a aucune panne critique et si une demande de charge est présente lorsque l'unité est activée. Les ventilateurs du condenseur/gas cooler démarreront une fois l'unité en marche, et un compresseur démarrera à sa vitesse minimale jusqu'à ce que la demande de capacité augmente. Le variateur de fréquence (VFD) du compresseur modulera alors la vitesse du compresseur, et des compresseurs supplémentaires s'enclencheront ou se désactiveront selon les besoins pour maintenir le point de consigne cible.

Le compresseur principal sera toujours le premier à démarrer et le dernier à s'arrêter. Lorsque la charge descend en dessous de la capacité minimale de l'unité, le compresseur principal réduira sa charge à sa vitesse minimale et la maintiendra jusqu'à ce que le point de contrôle atteigne le point de consigne diminué d'une bande morte de coupure (également appelée valeur de pompage).

Note: Le(s) compresseur(s) ne démarrera(ont) pas tant que la pression d'aspiration ou la température de l'eau réfrigérée n'augmente pas au-dessus du point de consigne, en fonction du but spécifique de l'unité et de sa boucle de régulation. Normalement, cela sera basé sur la pression d'aspiration, sauf si l'unité est conçue pour être un refroidisseur (chiller).

7.3. Séquence d'arrêt

Si une panne critique se produit ou si le bouton d'arrêt d'urgence (E-stop) est enfoncé, l'unité s'éteindra immédiatement sans procédure d'arrêt contrôlé pendant qu'elle fonctionne. Si l'unité est désactivée localement ou à distance, le compresseur réduira sa vitesse à la vitesse minimale via une descente contrôlée et puis s'éteindra.

7.3.1. PANNE CRITIQUE

Lorsqu'une panne critique se produit, le(s) compresseur(s) s'arrêteront immédiatement. Les contacts d'alarme à distance seront activés chaque fois qu'une panne se produit et doivent être surveillés afin que les mesures nécessaires puissent être prises.

7.3.2. CONTACTS D'ALARME À DISTANCE

Les contacts d'alarme à distance seront activés chaque fois qu'une panne se produit et entraîne l'arrêt de l'unité. Si la panne peut se réinitialiser d'elle-même, l'unité redémarrera automatiquement une fois les conditions ayant causé la panne éliminées. Après la réinitialisation de la panne, les contacts d'alarme à distance reviendront à leur position par défaut. La panne peut être réinitialisée sur l'interface homme-machine (IHM) si une réinitialisation manuelle est nécessaire.

7.4. Contrôle hors cycle

7.4.1. COMMANDE DE LA PRESSION EN CYCLE ARRÊTÉ

Lorsque le système de réfrigération a l'alimentation principale connectée, que l'unité est au repos (sans charge thermique) et que tous les dispositifs de contrôle sont activés, le(s) compresseur(s) vont cycler pour maintenir le point de consigne de la pression d'aspiration. Lorsque la pression d'aspiration augmente, le compresseur démarre et commence sa séquence de démarrage normale, et fonctionne jusqu'à ce que le point de consigne de la pression d'aspiration soit atteint.

Pour les systèmes transcritiques, lorsqu'il n'y a pas de charge sur le système, la vanne d'expansion haute pression et la vanne de dérivation du gaz flash restent actives et se régulent pour maintenir leurs points de consigne respectifs. La dérivation du gaz flash transfère la charge ambiante vers les compresseurs et maintient la pression statique du système à des niveaux acceptables. Cette fonctionnalité empêche une pression excessive de CO₂ de se développer et réduit la possibilité qu'une libération de CO₂ se produise.

SÉQUENCE DE FONCTIONNEMENT

7.5. Contrôle des compresseurs

Le système de réfrigération est généralement équipé de plusieurs compresseurs à piston ou à vis. Les compresseurs principaux de chaque groupe de succion ont un contrôle de capacité variable, soit par des **VFD** (Variable Frequency Drives) ou par des **déchargeurs numériques**. Chaque VFD est contrôlé par le contrôleur du système. Un **algorithme PID** (Proportionnel-Intégral-Dérivé) est utilisé pour déterminer la vitesse appropriée du compresseur et le nombre de compresseurs en fonctionnement nécessaires pour maintenir le point de consigne de la pression de succion ou de l'eau glacée. Le compresseur fonctionnera à une vitesse minimale jusqu'à ce que la variable de processus tombe au point de consigne moins la **bande morte de coupure** sous des conditions de faible charge. Le compresseur ne démarrera pas tant que la variable de processus n'aura pas atteint le point de consigne. Lorsque le compresseur démarre, il fonctionnera à la vitesse minimale jusqu'à ce que la charge augmente. Le compresseur principal augmentera ou réduira sa vitesse, et d'autres compresseurs démarreront ou s'arrêteront en fonction de la demande générée par la boucle de contrôle PID.

L'unité peut être équipée de plusieurs compresseurs, et tous les compresseurs peuvent être autorisés à fonctionner si la capacité de refroidissement requise est nécessaire pour satisfaire la charge thermique actuelle. S'il y a deux groupes de compresseurs distincts destinés à contrôler deux points de consigne de pression de succion différents, les **compresseurs à température moyenne** fonctionnent pour contrôler la pression de succion à température moyenne à un point de consigne, et les **compresseurs à basse température** fonctionnent pour contrôler la pression de succion à basse température à un point de consigne. Les deux groupes de compresseurs fonctionnent indépendamment l'un de l'autre du point de vue du contrôle PID, mais ils sont fortement influencés par le fonctionnement de l'autre groupe de compresseurs. Que ce soit un système **booster**, où les compresseurs à basse température déchargent dans la succion des compresseurs à température moyenne, ou un système **cascade**, le fonctionnement de chaque groupe de compresseurs influence directement l'autre. Le groupe à basse température ne peut pas fonctionner sans que le groupe à température moyenne soit en fonctionnement. Le groupe à basse température place généralement une grande charge de refroidissement sur le groupe à température moyenne, donc lorsqu'aucun compresseur à basse température ne fonctionne, il est courant de voir le groupe à température moyenne fonctionner à une capacité inférieure.

7.6. Contrôle du refroidisseur à gaz/condenseur à air

Voir le manuel d'opération et de maintenance (fourni avec le composant) spécifique au refroidisseur à gaz ou au refroidisseur/condenseur à gaz pour une description détaillée de leur fonctionnement et de leur entretien. Le refroidisseur à gaz refroidi par air peut être un **refroidisseur sec** ou un **refroidisseur adiabatique**. Le refroidisseur à gaz sec fonctionne sans refroidissement par évaporation, tandis que le refroidisseur à gaz adiabatique utilise le refroidissement par évaporation pour atteindre des températures de sortie du refroidisseur à gaz plus basses.

7.6.1. FONCTIONNEMENT À SEC

L'unité fonctionne comme un refroidisseur sec pour économiser de l'eau et de l'énergie lorsque l'air ambiant est frais et inférieur au point de consigne d'assistance à l'eau. L'air ambiant condense le réfrigérant dans les serpentins, qui est ensuite renvoyé dans le système. L'air est déplacé sur le serpentin à l'aide de plusieurs ventilateurs axiaux à vitesse variable. Les ventilateurs modulent ensemble pour maintenir un point de consigne de TD (différence de température) du refroidisseur/condenseur à gaz à la fois en fonctionnement transcritique et subcritique. La vitesse des ventilateurs régule le débit d'air nécessaire pour maintenir le TD du refroidisseur/condenseur à gaz, et cela est déterminé par un algorithme PID. Le TD du refroidisseur/condenseur à gaz est défini comme la différence entre la température de sortie du refroidisseur à gaz et la température de l'air ambiant. Le contrôle de la TD fera diminuer la pression du refroidisseur/condenseur à gaz à mesure que la température ambiante baisse, jusqu'à ce qu'une pression minimale du refroidisseur/condenseur à gaz soit atteinte. À cette pression minimale, le contrôle de la TD est abandonné, et un contrôle de pression fixe du refroidisseur/condenseur à gaz commence. Le contrôle de la TD reprendra uniquement lorsque la pression augmentera au-dessus de la pression minimale du refroidisseur/condenseur à gaz plus une zone morte. La vitesse des ventilateurs du refroidisseur/condenseur à gaz est déterminée par le contrôleur principal.

7.6.2. FONCTIONNEMENT HUMIDE (REFROIDISSEUR À GAZ ADIABATIQUE)

De l'eau est pulvérisée uniformément sur les tampons de refroidissement haute efficacité lorsque la température de l'air ambiant atteint le point de consigne de fonctionnement humide. L'air est humidifié lorsqu'il passe à travers le média, se refroidissant à 5-10°F au-dessus de la température de bulbe humide. Une telle dépression substantielle de la température de bulbe sec entraîne une augmentation majeure de la capacité de refroidissement à sec. Le point de consigne de la température de fonctionnement humide est contrôlé par le contrôleur du refroidisseur à gaz.

L'air refroidi passe sur le serpentin et condense le réfrigérant dans le serpentin, qui est ensuite renvoyé dans le système. L'excédent d'eau qui ne s'évapore pas s'écoule du refroidisseur/condenseur à gaz.

SÉQUENCE DE FONCTIONNEMENT

7.7. Contrôle du condenseur/refroidisseur à gaz à eau

Le condenseur/ refroidisseur à gaz refroidi par eau est équipé d'une vanne de régulation d'eau modulante. Cette vanne régule le débit d'eau de refroidissement du condenseur/refroidisseur à gaz pour maintenir la température du condenseur/refroidisseur à gaz à un point de consigne de pression de condensation fixe. La pression de condensation du CO₂ sera directement contrôlée par la quantité d'eau de refroidissement fournie au condenseur/refroidisseur à gaz. La position de la vanne de régulation correspondra au débit nécessaire pour maintenir la température de condensation, déterminé via un algorithme PID. Il est prévu que la température de l'eau d'alimentation du condenseur/refroidisseur à gaz reste dans la plage de fonctionnement spécifiée de l'équipement, et le débit du condenseur/refroidisseur à gaz variera en fonction du refroidissement nécessaire. Le circuit d'eau du condenseur/refroidisseur à gaz du bâtiment doit être capable de fournir de l'eau au condenseur/refroidisseur à gaz au débit de conception. La température de l'eau d'alimentation du condenseur/refroidisseur à gaz doit maintenir la température nominale de conception pour fournir la capacité de refroidissement requise. Cela inclut le débit combiné nécessaire pour le condenseur/refroidisseur à gaz et le déshyperchauffeur, si équipé. Le système s'arrêtera en cas de pression élevée, ce qui peut entraîner l'ouverture d'une vanne de décharge de pression élevée si le débit tombe trop bas ou si la température d'alimentation monte trop haut. Un débit d'eau excessif à travers le condenseur/refroidisseur à gaz peut entraîner une chute de pression excessive et une défaillance prématurée de l'échangeur de chaleur en raison de l'érosion accélérée. Des capteurs de température de l'eau d'entrée et de sortie du condenseur/refroidisseur à gaz sont fournis et seront affichés sur l'IHM pour surveillance. Le condenseur/refroidisseur à gaz est également équipé d'un interrupteur de débit, d'un filtre à eau et de vannes de service d'arrêt sur le côté eau. L'interrupteur de débit indiquera une perte de débit, et l'ensemble de l'unité s'arrêtera immédiatement si le débit d'eau fourni au condenseur/refroidisseur à gaz tombe trop bas.

Note: Un programme de maintenance de l'eau doit être mis en place pour préserver la qualité de l'eau du condenseur/refroidisseur à gaz. Un encrassement excessif du condenseur/refroidisseur à gaz dû à une mauvaise qualité de l'eau entraînera une mauvaise performance de l'unité et/ou une défaillance de l'unité.

7.8. Contrôle du condenseur/refroidisseur à gaz en cascade

Le condenseur/refroidisseur à gaz en cascade sera contrôlé par une vanne d'expansion électronique (EEV). Le point de consigne de cette EEV sera déterminé par la surchauffe du côté HFC du condenseur/refroidisseur à gaz en cascade. Une électrovanne normalement fermée est installée en amont de l'EEV comme dispositif de sécurité en cas de panne de courant afin d'empêcher le flux de réfrigérant. La température de sortie du CO₂ condensé est surveillée. Cela garantira que le contrôle de la surchauffe a le bon point de consigne. Un thermosyphon est utilisé pour induire le flux du côté CO₂ des condenseurs/refroidisseurs à gaz en cascade. Consultez la section sur le thermosyphon pour plus d'informations.

Tout le cycle du condenseur/refroidisseur à gaz en cascade dépend du principe du thermosyphon. L'emplacement et la disposition des composants ont été spécialement conçus pour garantir qu'une différence de pression adéquate soit obtenue afin de faire fonctionner le thermosyphon. L'activation du condenseur/refroidisseur à gaz en cascade permet à ce processus de fonctionner en continu.

7.9. Contrôle de l'évaporateur à détente directe - Basse température

Les évaporateurs à température moyenne et basse sont équipés d'évaporateurs adaptés aux réfrigérateurs ou congélateurs. La quantité de réfrigérant circulant à travers l'évaporateur est mesurée par la vanne d'expansion électronique (EEV) et dépend de la surchauffe sortant de l'évaporateur. Le contrôleur de l'évaporateur surveille la surchauffe et module l'EEV au besoin pour contrôler le point de consigne de la surchauffe. Une méthode de contrôle alternative consiste à ce que l'EEV utilise la température du processus. Si l'EEV descend à un certain niveau, l'EEV se fermera. Si le système CO₂ rencontre une panne et se met en arrêt, le contrôleur du système CO₂ demandera aux contrôles de l'évaporateur de désactiver immédiatement les EEV, empêchant ainsi le réfrigérant liquide de revenir dans le système. Le pilotage des circuits d'évaporateur permet à la capacité de refroidissement de l'évaporateur de correspondre à la capacité de refroidissement requise par les charges.

Les vannes d'expansion électroniques (EEV) des évaporateurs ont également un point de consigne MOP (pression maximale de fonctionnement), ce qui empêche le fonctionnement à des pressions d'aspiration inacceptables. Si la pression d'aspiration dépasse le point de consigne MOP, l'EEV se ferme pour limiter la pression d'aspiration. Un moteur de compresseur peut se surcharger s'il est autorisé à fonctionner à haute pression. Ces points de consigne peuvent être ajustés via le contrôleur de l'évaporateur.

L'air circule à travers l'évaporateur, et tout contrôle de dégivrage est normalement assuré par le contrôleur de l'évaporateur. Le contrôle de dégivrage à température moyenne est généralement hors-cycle, de sorte que les ventilateurs de l'évaporateur continuent de fonctionner en tout temps, même lorsque l'évaporateur est en train de dégivrer.

SÉQUENCE DE FONCTIONNEMENT

7.9.1. CONTRÔLE DE TEMPÉRATURE D'EXPANSION DIRECTE

La température dans les refroidisseurs et congélateurs est normalement contrôlée par le contrôleur de l'évaporateur, mais elle peut également être contrôlée au sein du contrôleur principal du système en activant les vannes EEV de l'évaporateur pendant que l'air circule à travers les serpentins de l'évaporateur. Les vannes EEV sont ensuite coupées pour stopper le refroidissement une fois que la température de l'espace atteint le point de consigne. La fermeture des vannes EEV entraînera l'arrêt des compresseurs.

7.10. Régulateur de pression d'évaporation (EPR)

Les évaporateurs à température moyenne et/ou basse d'expansion directe peuvent être équipés d'un régulateur de pression d'évaporation (EPR). Un régulateur de pression d'évaporation (EPR) est installé sur le système CO2 pour contrôler et réguler la pression d'évaporation au-dessus de la température de saturation d'aspiration (SST) des compresseurs pour certaines charges d'évaporateur. La régulation de la vanne EPR est contrôlée par l'algorithme PID du contrôleur de l'évaporateur ou par le contrôleur principal du système.

7.11. Contrôle de l'évaporateur à eau glacée

Le refroidisseur est équipé d'évaporateurs construits en plaques d'acier inoxydable et brasage en cuivre. Le réfrigérant passe entre chaque paire de plaques, tandis que l'eau glacée s'écoule de l'autre côté des plaques dans la direction opposée. Le débit de réfrigérant à travers les évaporateurs est mesuré par les vannes d'expansion électroniques (EEV) et dépend de la surchauffe qui sort de l'évaporateur. Le contrôleur de l'évaporateur surveille la surchauffe et module l'EEV selon les besoins pour contrôler le point de consigne de la surchauffe.

Chaque évaporateur est équipé d'un interrupteur de débit. Si un interrupteur de débit d'évaporateur détecte un manque ou une perte de débit d'eau glacée, l'évaporateur sera désactivé en fermant la vanne EEV, et les compresseurs seront arrêtés si tous les évaporateurs connaissent une perte de débit.

Note: Un programme de maintenance de l'eau doit être mis en place pour préserver la qualité de l'eau glacée. Un encrassement excessif de l'évaporateur dû à une mauvaise qualité de l'eau glacée entraînera de mauvaises performances du refroidisseur et/ou une défaillance du refroidisseur.

7.12. Contrôle du désurchauffeur

Le désurchauffeur est équipé d'une vanne de régulation d'eau modulante s'il est refroidi par eau et d'une vanne modulante/à pas de 3 voies s'il est refroidi par air. Cette vanne et/ou les ventilateurs régulent le débit du fluide de refroidissement du désurchauffeur pour maintenir la température du gaz CO2 sortant des compresseurs à basse température à un point de consigne de température de conception. La température du gaz CO2 sortant sera directement contrôlée par la quantité d'eau ou d'air fournie au désurchauffeur. La position de la vanne de régulation d'eau ou la vitesse des ventilateurs ajustera le volume nécessaire d'eau ou d'air pour maintenir la température du gaz CO2 sortant et est déterminée par un algorithme PID. Pour un système en cascade, le désurchauffeur aide à réduire la température d'entrée des condensateurs/gaz refroidisseurs en cascade, ce qui prolonge la durée de vie en éliminant un stress et une fatigue inutiles. Dans les systèmes transcritiques à booster, le désurchauffeur réduit la température du gaz d'aspiration des compresseurs à température moyenne et aide à maintenir la température de décharge dans les limites de sécurité.

7.12.1. DÉSURCHAUFFEUR REFROIDI PAR AIR

La température de l'air d'alimentation du désurchauffeur doit maintenir la température nominale de l'alimentation de conception. Si le débit d'air est trop faible ou si la température d'alimentation devient trop élevée, le système s'arrêtera à une température élevée du gaz CO2. Des capteurs de température d'air à l'entrée et à la sortie du désurchauffeur sont fournis et s'afficheront sur l'interface homme-machine (HMI) pour surveillance.

Si la température de l'air ambiant devient trop basse et que la température de sortie du désurchauffeur en CO2 tombe en dessous du point de consigne minimal, la vitesse des ventilateurs sera réduite à 0 RPM, et une vanne de dérivation à 3 voies (si équipée) dérivera le désurchauffeur pour empêcher le gaz CO2 de devenir trop froid et de se condenser.

SÉQUENCE DE FONCTIONNEMENT

7.12.2. DÉSURCHAUFFEUR REFROIDI PAR EAU

Il est attendu que la température de l'eau d'alimentation du désurchauffeur reste dans les limites de température spécifiées et que le débit d'eau du désurchauffeur varie en fonction du refroidissement nécessaire. Le circuit d'eau du bâtiment pour le condensateur/gaz refroidisseur doit être capable de fournir de l'eau au condensateur/gaz refroidisseur et au désurchauffeur au débit de conception spécifié. Cela inclut le débit combiné nécessaire pour le condensateur/gaz refroidisseur et le désurchauffeur. La température de l'eau d'alimentation du désurchauffeur doit maintenir la température nominale de l'alimentation de conception. Si le débit d'eau devient trop faible ou si la température d'alimentation devient trop élevée, le système s'arrêtera en cas de température élevée du gaz CO₂. Des capteurs de température de l'eau à l'entrée et à la sortie du désurchauffeur sont fournis et seront affichés sur l'interface homme-machine (HMI) pour la surveillance. Le désurchauffeur est équipé d'un interrupteur de débit et de vannes d'arrêt côté eau. Si le débit d'eau fourni au désurchauffeur devient trop faible, l'interrupteur de débit indiquera une perte de débit et un message d'alarme sera affiché, mais l'unité restera en fonctionnement.

La température de l'eau sortant du désurchauffeur n'est pas contrôlée, et la différence de température à travers le désurchauffeur peut être aussi grande que 60 à 80°F. Le volume de débit d'eau du désurchauffeur est plus petit que celui du condensateur/gaz refroidisseur, ce qui signifie que même si la température de l'eau sortant du désurchauffeur est élevée, elle se mélangera avec la température de l'eau du condensateur/gaz refroidisseur, ce qui entraîne une température d'eau combinée sortant généralement inférieure ou égale à 65°F. L'unité fonctionnera à capacité minimale, et la vanne de régulation de l'eau pourra atteindre sa position minimale de fermeture en cas de très faibles charges de refroidissement.

7.13. Pompes CO₂ - Système à alimentation liquide

Les pompes CO₂ sont conçues pour pomper le CO₂ liquide vers les évaporateurs à expansion directe ainsi que vers les évaporateurs à suralimentation liquide, sauf indication contraire. L'objectif de conception est que 100 % du liquide dans les groupes de succion à température basse et moyenne soit pompé. La pompe fournit un sous-refroidissement mécanique au CO₂ liquide. Ce type de système est appelé un système de suralimentation liquide. Des transducteurs de pression sont installés à l'entrée et à la sortie de chaque pompe pour mesurer la pression différentielle à travers la pompe. Cette pression différentielle est utilisée dans l'algorithme de contrôle de la pompe pour réguler l'état de la pompe. Cela permet également de déclencher des alarmes. La tuyauterie de CO₂ liquide utilise également un interrupteur de débit CO₂. Cela permet de détecter l'état du débit et sert de vérification de sécurité pour s'assurer qu'il y a bien un débit lorsque la pompe fonctionne.

8. ÉCONOMISEUR DE CHARGE DU SYSTÈME

8.1. Aperçu

- Les systèmes de réfrigération au CO₂ posent des défis uniques qui ne sont pas généralement rencontrés dans les systèmes utilisant des réfrigérants traditionnels. La perte de réfrigérant (par décompression) peut être un phénomène plus courant dans des situations où une perte ne se produirait normalement pas avec un réfrigérant traditionnel, en raison des pressions de fonctionnement plus élevées associées aux systèmes au CO₂ et des pressions de conception du système plus faibles.
- Certains de ces scénarios incluent
 - Perte de puissance
 - Arrêt d'urgence du groupe de condensation (dans certains scénarios)
 - Arrêt contrôlé du groupe de condensation (maintenir la charge lorsqu'il est éteint).

L'unité de condensation auxiliaire "Charge Saver" (économiseur de charge) est un excellent ajout à un système de réfrigération CO₂, aidant à lutter contre une perte partielle ou complète de CO₂. Elle peut être appliquée aux systèmes de réfrigération CO₂ subcritiques (DX, cascade, et suralimentation pompée) et transcritiques lorsque la pression de conception des composants est inférieure à la pression saturée associée du CO₂ dans des conditions ambiantes de pointe. Le Charge Saver peut ne pas offrir une protection totale, mais il couvrira la majorité des situations où il existe un risque élevé de perte complète de CO₂.

L'unité de condensation Charge Saver fournit du refroidissement directement au réservoir pendant les périodes où le système de réfrigération ne peut pas fonctionner. En termes simples, elle déplace le point de pression le plus bas du système de réfrigération vers le réservoir, où la charge de CO₂ peut maintenant migrer vers le réservoir. Le réservoir peut contenir un grand volume de réfrigérant et la pression peut être maintenue en dessous de la pression de conception maximale du réservoir, empêchant ainsi la soupape de sécurité de se déclencher en raison d'une pression excessive.

La pression, tout comme la température, se déplace d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression dans le but de s'équilibrer. Cette propriété permet au CO₂ de se déplacer à travers le système, finissant par arriver au réservoir. Le point de température et de pression le plus bas du système sera le réservoir, et cela est dû à l'économiseur de charge.

L'économiseur de charge fonctionne en installant un petit échangeur de chaleur auxiliaire au-dessus du réservoir, relié à une petite unité de condensation à faible capacité utilisant divers réfrigérants. L'unité de condensation refroidit l'échangeur de chaleur de l'évaporateur, ce qui entraîne l'effet de refroidissement thermosiphon sur le CO₂. L'économiseur de charge nécessite une alimentation auxiliaire telle qu'un générateur ou une batterie de système d'alimentation sans interruption (UPS).

Voir la section 13.5 à la page 57 dans l'annexe de ce manuel pour plus d'informations.

9. MISE EN SERVICE INITIALE

9.1. Aperçu

L'équipement est testé fonctionnellement en usine avant l'expédition, mais il n'est pas entièrement testé en fonctionnement réel. Par conséquent, tous les composants n'ont pas été testés dans un état opérationnel complet. Un démarrage et une validation appropriés de tous les composants sont nécessaires pour un fonctionnement correct. La majorité des unités sont configurées en usine pour fonctionner conformément aux spécifications standard de l'équipement. Il est nécessaire de vérifier que les programmes sont chargés dans tous les contrôleurs. En raison des variables impliquées dans les différentes applications et installations, des ajustements mineurs peuvent être nécessaires lors du démarrage initial pour garantir un fonctionnement correct.

La procédure de démarrage suivante ne doit être effectuée que par un technicien frigoriste qualifié et expérimenté et doit être suivie dans l'ordre. Si des problèmes surviennent lors de la mise en service d'un système, la panne peut généralement être attribuée à un dispositif de contrôle ou de sécurité.

Cette procédure peut être utilisée comme liste de vérification pour le démarrage initial et pour les démarrages ultérieurs si le système est mis hors service pendant une période prolongée :

1. Assurez-vous que la source d'alimentation principale est correctement connectée, qu'elle correspond à la tension indiquée sur la plaque signalétique de l'unité et qu'elle est dans la plage de tension d'utilisation autorisée.
2. Vérifiez le niveau d'huile du compresseur. Le niveau doit être visible dans la vitre de contrôle ou indiqué par le contrôle électronique du niveau d'huile.

Note: L'alimentation principale doit être allumée pendant 24 heures avant de démarrer le compresseur pour permettre au réchauffeur de carter de vaporiser suffisamment tout réfrigérant liquide pouvant être présent dans le compresseur.

3. Vérifiez que toutes les connexions des tuyauteries d'eau et/ou de glycol sur site sont terminées. Effectuez un test de pression approprié, un nettoyage et un rinçage de ces tuyauteries.
4. Si équipé, vérifiez que tous les filtres d'eau sont propres et exempts de débris.
5. Si l'équipement possède un refroidisseur de gaz adiabatique, un condenseur/refroidisseur à eau ou un refroidisseur, remplissez le(s) système(s) d'eau avec la solution d'eau appropriée.
6. Vérifiez le condenseur/refroidisseur pour vous assurer que la surface de la bobine est propre et exempte de débris.
7. Vérifiez les lignes de réfrigérant pour vous assurer que toutes les connexions sont sécurisées et que des tests de pression et d'évacuation appropriés ont été réalisés sur l'unité et toute tuyauterie de réfrigération installée sur site.
8. Chargez l'unité en réfrigérant.
9. Vérifiez que toutes les vannes de réfrigérant sont ouvertes.

! ATTENTION! NE PAS FAIRE FONCTIONNER L'UNITÉ AVEC LES VANNES DE SERVICE DU COMPRESSEUR OU DE LA LIGNE LIQUIDE "FERMÉES". LE FAIT DE LES LAISSER "FERMÉES" PEUT PROVOQUER DES DOMMAGES GRAVES AU COMPRESSEUR.

10. Allumez l'alimentation de commande si celle-ci a été isolée. Les écrans du panneau doivent maintenant être illuminés.
11. Assurez-vous que les points de consigne sont appropriés pour les conditions de fonctionnement de l'unité.
12. Établissez le flux à travers l'évaporateur s'il s'agit d'un refroidisseur.

Note: Les compresseurs ne démarreront pas tant que l'interrupteur de débit de l'évaporateur est ouvert. Un flux positif doit être établi à travers l'évaporateur avant que le(s) compresseur(s) ne puissent fonctionner.

13. Si l'unité est équipée, réglez le débit d'eau à travers l'évaporateur et le condenseur/refroidisseur de gaz comme indiqué dans les spécifications de l'unité. Si un débitmètre n'est pas disponible et lorsque l'unité est prête à fonctionner à pleine charge, équilibrez le débit jusqu'à ce qu'une chute de température de 10°F soit établie ou selon la plage de température de conception. Une augmentation significative du débit au-delà du taux recommandé peut endommager l'évaporateur ou le condenseur/refroidisseur de gaz et créer des chutes de pression excessives affectant l'efficacité globale du système.

DÉMARRAGE INITIAL

14. Démarrez le système. Un compresseur ne démarrera pas tant que son temps de cycle n'a pas expiré, que ses vannes d'expansion électroniques de l'évaporateur ne sont pas ouvertes et que ses dispositifs de sécurité ne sont pas activés. Des compresseurs supplémentaires se mettront en marche si la demande nécessite un supplément de charge après que le compresseur principal ait démarré. Consultez la section « Planification du démarrage » à la page 23 pour aider à élaborer un plan de démarrage détaillé.

! DANGER! IL NE FAUT EN AUCUN CAS DÉACTIVER LE COMMUTATEUR DE HAUTE PRESSION DU RÉFRIGÉRANT. L'IGNORANCE DE CET AVERTISSEMENT PEUT PROVOQUER DES DOMMAGES GRAVES AU COMPRESSEUR, DES BLESSURES GRAVES OU MORTELLES.

15. Le contrôle de la capacité de l'unité est déterminé soit par la pression d'aspiration, soit, dans le cas d'un refroidisseur (chiller), par la température de l'eau refroidie en sortie. Ajustez la pression et la température de fonctionnement désirées. Le réajustement de la pression et de la température modifiera les conditions de fonctionnement de l'unité.
16. Faites fonctionner le système pendant environ 30 minutes. Vérifiez les fenêtres de visualisation de la ligne liquide. Le flux de réfrigérant visible à travers les fenêtres doit être clair. La présence de bulles dans le réfrigérant indique soit une charge insuffisante de réfrigérant, soit une chute de pression excessive dans la ligne liquide. Un manque de réfrigérant est indiqué si les pressions de fonctionnement sont faibles et si la sous-refroidissement est faible. Un gaz flash sera produit si la pression du récepteur ou du réservoir de flash varie. La surchauffe de l'évaporateur doit être d'environ 10°F (5,5°C). Si les pressions de réfrigérant, la fenêtre de visualisation, la surchauffe et les lectures de sous-refroidissement indiquent une pénurie de réfrigérant, ajoutez du réfrigérant gazéifié dans l'unité, si nécessaire. Avec l'unité en marche, ajoutez du réfrigérant en gaz en connectant la ligne de charge à la vanne de service d'aspiration et en chargeant lentement par le port arrière jusqu'à ce que les conditions de fonctionnement deviennent normales.

! ATTENTION! UNE FENÊTRE DE VISUALISATION CLAIRE NE SIGNIFIE PAS QUE LE SYSTÈME EST CORRECTEMENT CHARGÉ. VÉRIFIEZ AUSSI LA SURCHAUFFE, LE SOUS-REFROIDISSEMENT ET LES PRESSIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'UNITÉ. SI LES PRESSIONS D'ASPIRATION ET DE DÉCHARGEMENT SONT BASSES, MAIS QUE LE SOUS-REFROIDISSEMENT EST NORMAL, IL Y A UN PROBLÈME AUTRE QU'UNE PÉNURIE DE RÉFRIGÉRANT. ÉVITEZ D'AJOUTER DU RÉFRIGÉRANT, CAR CELA POURRAIT CAUSER UNE SURCHARGE DU CIRCUIT.

17. L'équipement est maintenant prêt pour un fonctionnement régulier.

9.2. Procédure de service

Avant de procéder à l'entretien du système, suivez la procédure listée dans cette section pour effectuer une mise sous vide du récepteur/réservoir de flash afin de maintenir le système en mode d'arrêt.

1. Fermez la vanne de sortie du réservoir de flash.
2. Mettez sous vide les évaporateurs en pompant le cycle à partir des compresseurs. Isolez tous les points de connexion haute pression tels que l'injection de gaz chaud.
3. Éteignez les interrupteurs des compresseurs.

Note: Certains systèmes n'ont pas de vanne 3 voies installée ou fournie.

4. Réglez la vanne de décharge du gaz de flash en mode service en utilisant les ports de commutation sur la vanne 3 voies. Les vannes de décharge à 45 bars doivent être utilisées lors du fonctionnement normal. Les vannes de décharge basse pression du système doivent être en fonctionnement pendant l'arrêt.
5. Isolez la ligne de ventilation du réservoir d'huile vers le récepteur/réservoir de flash.

Note: La vanne de décharge basse pression du système peut toujours être utilisée pour la protection du réservoir de flash pendant l'arrêt sans pomper les lignes liquides. La pression de la ligne liquide doit être surveillée et évacuée si elle atteint la pression de conception du système.

Note: Inversez les étapes 1 à 5 dans cette section pour remettre le système en service.

10. ENTRETIEN PRÉVENTIF

10.1. Aperçu

Les procédures de maintenance suivantes sont recommandées et doivent être respectées autant que possible après la mise en service de votre équipement de réfrigération. Des conditions spécifiques peuvent nécessiter que certaines tâches soient répétées plus ou moins fréquemment. L'importance d'un programme de maintenance préventive correctement établi ne peut être trop soulignée. Prendre le temps de suivre ces procédures simples réduira considérablement les temps d'arrêt, les coûts de réparation et prolongera la durée de vie utile de l'équipement. Les coûts monétaires liés à la mise en œuvre de ces procédures seront généralement largement compensés par les économies réalisées.

Pour simplifier le processus, il convient de préparer une liste de contrôle énumérant les opérations de service recommandées ainsi que les moments où elles doivent être effectuées. Vous trouverez une liste de contrôle à cet effet à la fin de ce manuel, mais notez qu'elle sert uniquement de guide. Une liste de contrôle détaillée doit être préparée pour votre unité spécifique. Prenez note des emplacements désignés pour les relevés de tension, les intensités, etc., afin de garantir une surveillance continue. Grâce à ces informations, le personnel de maintenance pourra peut-être corriger un problème potentiel avant qu'il ne cause des temps d'arrêt. Pour de meilleurs résultats, ces relevés doivent être effectués avec une charge thermique complète provenant du processus ou, de préférence, dans des conditions de fonctionnement similaires à chaque fois. Voici une liste de maintenance périodique suggérée.

10.1.1. UNE FOIS PAR SEMAINE

1. Vérifiez que la pression d'aspiration ou la température de l'eau froide est maintenue raisonnablement proche du point de consigne. Si la pression reste supérieure de plus de 10 psi ou si la température (pour un refroidisseur) reste supérieure de plus de 2°F par rapport au point de consigne, il peut y avoir un problème avec l'unité. Dans ce cas, consultez le tableau de dépannage ou contactez notre service clientèle.
2. Vérifiez la température et la pression du réfrigérant à l'aspiration et à la décharge de chaque compresseur, entrée et sortie.
3. Vérifiez la surchauffe et le sous-refroidissement du système. La surchauffe normale de l'évaporateur est d'environ 10°F (5,5°C) et ne doit pas dépasser 40°F (22,2°C). La surchauffe normale au niveau des compresseurs est de 20-30°F (11°C à 17°C). Le sous-refroidissement normal varie de 3°F (1,6°C) à 20°F (11°C). La surchauffe du compresseur d'un système basse température varie de 20-60°F (11-33°C).
4. Vérifiez la pression du réservoir. La pression est contrôlée à une pression constante et ne doit pas varier de plus de 50 psi.
5. Vérifiez les températures de l'air à l'entrée et à la sortie des évaporateurs.
6. Vérifiez les températures d'entrée et de sortie de l'eau de l'évaporateur du refroidisseur.
7. Vérifiez la fenêtre de visualisation du réfrigérant pour détecter des bulles de vapeur ou des signes d'humidité. Les bulles de réfrigérant indiquent un manque de réfrigérant ou une chute de pression excessive dans la ligne de liquide. Si la fenêtre de visualisation indique un problème de réfrigération, faites entretenir l'unité dès que possible.
8. Vérifiez le niveau d'huile dans le réservoir. Le niveau d'huile doit être supérieur à la fenêtre de visualisation inférieure. La taille du système et le mouvement de l'huile peuvent provoquer la visibilité de l'huile dans la fenêtre de visualisation supérieure.
9. Vérifiez le niveau d'huile à chaque compresseur. Le compresseur est équipé d'un contrôle électronique du niveau d'huile et d'une fenêtre de visualisation de l'huile. La fenêtre de visualisation doit afficher de l'huile entre ¼ et ½ pleine.
10. Inspectez les composants en acier pour détecter la corrosion.

10.1.2. UNE FOIS PAR MOIS

1. Répétez les points 1 à 8 de la section "Une fois par semaine" et poursuivez avec les éléments suivants :
2. Coupez l'alimentation. Vérifiez l'état des connexions électriques sur tous les contacteurs, démarreurs et contrôles. Vérifiez s'il y a des fils desserrés ou effilochés.
3. Assurez-vous que la tension d'entrée est dans les 10% de la tension de conception de l'unité.
4. Vérifiez les tirages d'ampères sur chaque phase du ou des compresseurs pour confirmer qu'ils tirent le courant approprié.
5. Vérifiez la chute de pression à travers le séparateur d'huile. Si la chute de pression atteint 12 psid en continu, l'élément du filtre doit être remplacé.
6. Vérifiez le fonctionnement des chauffages de boîtier du compresseur. Le chauffage doit être alimenté lorsque le compresseur est éteint. La meilleure façon de déterminer le bon fonctionnement est de prendre une lecture des ampères sur les fils du chauffage. Une chaleur localisée autour du chauffage du boîtier peut également être ressentie lorsque le chauffage est allumé.

MAINTENANCE PRÉVENTATIVE

7. Si équipé, vérifiez le fonctionnement du chauffage du réservoir d'huile. Le chauffage doit être activé lorsque la température de l'huile est inférieure à la température de consigne et que le compresseur est à l'arrêt. La meilleure manière de vérifier son bon fonctionnement est de mesurer l'intensité du courant du chauffage. Vous pouvez également ressentir une chaleur localisée autour du chauffage lorsque celui-ci est en marche.
8. **Condenseur/gaz cooler adiabatique** : Vérifiez l'état des tampons adiabatiques du condenseur/gaz cooler et de la bobine du condenseur/gaz cooler pour détecter la présence de saleté et de débris. Nettoyez les tampons adiabatiques et la bobine si elles sont sales ou obstruées. Utilisez une source d'eau pour rincer les contaminants. Cette tâche peut nécessiter une fréquence plus élevée si l'emplacement du site présente une forte accumulation de saleté.
9. **Vérification et nettoyage des filtres à eau** : Vérifiez et nettoyez tous les filtres à eau. Une valve de purge peut être attachée et ouverte pour évacuer les débris. Le Y-strainer (filtre en Y) doit être nettoyé plus régulièrement si l'eau contient une forte concentration de particules.
10. **Vérification des colliers de fixation des tuyaux** : Vérifiez l'usure et la serrabilité des colliers de fixation des tuyaux.

10.1.3. UNE FOIS PAR AN

1. Répétez les étapes "Une fois par semaine" et "Une fois par mois", puis continuez avec les étapes suivantes :
2. L'unité est équipée de filtres dans le système d'huile. L'écran du filtre doit être retiré et débarrassé de tout débris. Le filtre doit être nettoyé plus régulièrement s'il contient une forte concentration de particules.
3. **État de l'eau** : Vérifiez l'état de l'eau pour détecter la présence d'algues et de particules. Faites analyser l'eau par un laboratoire qualifié. Si un encrassement est suspecté, effectuez un rinçage inverse du condenseur/gaz cooler et de l'évaporateur avec de l'eau ou un autre agent de nettoyage approprié. Cette tâche doit être répétée plus fréquemment si le site présente un potentiel élevé d'accumulation de saleté.
4. Un laboratoire qualifié doit réaliser une analyse de l'huile du compresseur. Changez l'huile de réfrigération si nécessaire. Zero Zone ne fournit pas de kits de test d'huile.
5. Effectuez un test de pompe à vide pour vérifier l'état de chaque compresseur. Si le compresseur ne tient pas la pompe à vide, il peut y avoir des dommages liés aux soupapes du compresseur.

LISTE DE VÉRIFICATION DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Nom du Travail:					Lieu du Travail:							
Numéro du Modèle:					Numéro de Série de l'Unité:							
Point de Réglage de la Pression Succion Conçue:					Tension Nominale de la Plaque Signalétique:							
Point de Réglage de l'Eau Refroidie Conçu:					FLA (Courant de Charge Totale) Nominal de l'Unit:							
ACTIVITÉ DE MAINTENANCE	NUMÉRO DE SEMAINE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Date												
Contrôle de la pression de succion												
% de charge de l'unité												
Contrôle de la température du refroidisseur												
Température d'entrée de l'eau refroidie												
Température de sortie de l'eau refroidie												
Pression de succion du réfrigérant												
Contrôle de la température de l'évaporateur												
Contrôle de la surchauffe de l'évaporateur												
Température de succion du réfrigérant												
Pression de décharge du réfrigérant												
Température de décharge du réfrigérant												
Surchauffe du réfrigérant												
Sous-refroidissement du réfrigérant												
Pression du récepteur												
Voyant de réfrigérant												
Niveau du réservoir d'huile												
Niveau d'huile du compresseur												
Connexions électriques												
Tension d'entrée												

LISTE DE CONTRÔLE DE L'ENTRETIEN PRÉVENTIF

Nom du travail :	Emplacement :											
Modèle N° :	N° de série de l'unité :											
Point de consigne de la pression d'aspiration de conception :	Tension nominale de la plaque signalétique :											
Point de consigne de l'eau réfrigérée de conception :	Intensité nominale totale de la plaque signalétique de l'unité :											
ACTIVITÉ D'ENTRETIEN	NUMÉRO DE SEMAINE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ampères du compresseur L2												
Ampères du compresseur L1												
Ampères du compresseur L3												
Ampères du compresseur L2												
PSID du séparateur d'huile												
Chauffe-réservoir d'huile												
PSID de l'évaporateur												
Chauffe-carter du compresseur												
Plaques et serpentins du condenseur/refroidisseur à gaz												
Filtre en Y d'eau												
*Nettoyer les évaporateurs												
*Analyse de l'eau												
* Nettoyer les filtres à réfrigérant												
* Nettoyer les condenseurs/refroidisseurs à gaz												
*Analyse de l'huile												
*Filtres à huile												
* Inspecter le pompage du compresseur												
***Remplacer les soupapes de sécurité ASME												

Notes :

(*) Chaque année

(**) Tous les 6 mois et après les premières 50 à 100 heures de fonctionnement

(***) Selon les exigences de l'ASME

11. DÉPANNAGE

Le tableau suivant présente certains symptômes et leurs causes potentielles si un problème survient avec l'unité.

TABLEAU 6: LISTE DE VÉRIFICATION DU DÉPANNAGE		
ERREUR	CAUSE POSSIBLE	ACTION CORRECTIVE
Lecteur inexacte du capteur	Câblage défectueux ou capteur endommagé	Vérifier le câblage et remplacer le capteur
Défauts sur les écrans d'ALARMES	Capteur défectueux.	Remplacer le capteur.
	Câblage défectueux.	Vérifier le câblage
	Se référer au message d'erreur pour déterminer la cause principale.	Corriger la situation ayant causé l'erreur.
	Point de consigne d'alarme mal réglé.	Vérifier et ajuster le point de consigne d'alarme.
Aucune mise à jour de l'affichage HMI	Communication d'affichage non établie	Redémarrer l'affichage
	Câblage réseau défectueux	Vérifier le câblage réseau
Le compresseur ne démarre pas	Module de protection du moteur du compresseur	Réinitialiser le module, couper l'alimentation pendant 5 secondes.
	Perte de phase	Vérifier l'alimentation entrante
	Température de refoulement élevée	Vérifier le niveau d'huile, la surchauffe et l'injection de liquide
	Basse pression d'aspiration du compresseur	Vérifier la pression d'aspiration et la charge de réfrigérant.
		Vérifier les conditions de fonctionnement et ajuster les points de consigne si nécessaire.
		Vérifier la position des vannes d'expansion et du compresseur
	Haute pression de refoulement du compresseur	Vérifier le fonctionnement des ventilateurs du condenseur/refroidisseur à gaz ou de l'eau de refroidissement du condenseur/refroidisseur à gaz
		Vérifier le fonctionnement de la vanne d'expansion haute pression.
		Vérifier les conditions de fonctionnement et ajuster les points de consigne si nécessaire.
		Vérifier la position des vannes d'isolement du système et du compresseur
	Niveau d'huile bas, défaut de débit d'huile	Ajouter de l'huile si nécessaire
		Vérifier l'état du filtre à huile et le remplacer si nécessaire
		Vérifier l'état du contrôle du niveau d'huile dans le séparateur d'huile
		Vérifier l'état du contrôle du niveau d'huile sur le compresseur
	Surcharge du compresseur	Vérifier la tension d'alimentation, l'ampérage de chaque phase, le contacteur, le câblage et le point de consigne de surcharge
		Vérifier les conditions de fonctionnement
	Variateur de fréquence du compresseur (VFD)	Vérifier les réglages et la tension d'alimentation, remplacer en cas de défaillance
	Carte de sortie	Vérifier la tension d'alimentation, remplacer en cas de défaillance
	Défaillance du compresseur	Contacter le service à la clientèle pour assistance

DÉPANNAGE

ERREUR	CAUSE POSSIBLE	ACTION CORRECTIVE
Basse pression de réfrigérant	Charge insuffisante en réfrigérant	Ajouter du réfrigérant, contacter un technicien en réfrigération
	Fuite de réfrigérant	Réparer la fuite, ajouter du réfrigérant, contacter un technicien en réfrigération
	Évaporateur bouché	Nettoyer l'évaporateur
	Vanne d'expansion	Vérifier les réglages de démarrage
		Vérifier l'alimentation de commande du contrôleur de l'évaporateur
		Vérifier le signal de commande sortant du contrôleur de l'évaporateur
		Remplacer le contrôleur de l'évaporateur s'il est défectueux
		Remplacer la vanne d'expansion si elle est défectueuse
		Vérifier le relais d'interface, remplacer s'il est défectueux
		Vérifier la bobine de la vanne électromagnétique, remplacer si défectueuse
	Vanne de service de la ligne liquide	Ouvrir la vanne
	Vanne de service d'aspiration du compresseur	Ouvrir complètement la vanne
Haute pression de réfrigérant	Transducteur de pression d'aspiration	Remplacer s'il est défectueux
	Carte d'entrée	Remplacer si défectueuse
	Condenseur/refroidisseur à gaz bouché	Nettoyer le condenseur/refroidisseur à gaz
	Flux d'air ou d'eau insuffisant dans le condenseur/refroidisseur à gaz	Assurez-vous que le filtre à air et le condenseur/refroidisseur à gaz sont propres et que l'unité est installée conformément aux recommandations de ce manuel
	Température élevée de l'air ou de l'eau dans le condenseur/refroidisseur à gaz	Température maximale de 105°F
	La vanne de service du compresseur est partiellement fermée	Ouvrir complètement la vanne
	Circuit de réfrigérant surchargé	Contacter un technicien en réfrigération
	Transducteur de haute pression de réfrigérant	Vérifier le câblage, remplacer si défectueux
	Interrupteur de haute pression de réfrigérant	Vérifier le câblage, remplacer si défectueux
	Carte d'entrée	Vérifier l'alimentation en tension, remplacer si défectueuse
Haute température de reflux	Haute surchauffe du gaz d'aspiration	Vérifier les réglages du EEV, réduire la température d'aspiration
	Haute pression différentielle	Réduire la pression de condensation, augmenter la pression d'aspiration
	Capteur de température de reflux	Remplacer s'il est défectueux
	Remplacer s'il est défectueux	Remplacer si défectueuse

DÉPANNAGE

Refroidissement insuffisant (la température continue d'augmenter au-dessus du point de consigne)	Charge de processus trop élevée	Vérifier que l'évaporateur est correctement dimensionné pour la charge
	L'évaporateur ne refroidit pas	Vérifier le contrôle du EEV, vérifier si le débit d'eau est suffisant
	Refroidissement insuffisant du condenseur/refroidisseur à gaz	Voir Haute pression de réfrigérant
	Problème de circuit de réfrigération	Contacteur un technicien en réfrigération
	Capteur de température	Remplacer s'il est défectueux
	Carte d'entrée	Remplacer si défectueuse
SYMPTÔME	CAUSE POSSIBLE	ACTION CORRECTIVE
Contrôle de température erratique	Faible débit d'air à travers les évaporateurs	Ajuster le débit au niveau approprié
	La charge de refroidissement est inférieure à la capacité minimale de l'évaporateur	Ajuster les paramètres de configuration du compresseur
	Capteur de température	Remplacer s'il est défectueux
	Carte d'entrée	Remplacer si défectueuse
Valeurs de température instables ou hors de portée	Connexions de fils du capteur de température lâches	Serrer la vis du terminal
	Carte d'entrée	Remplacer si défectueuse
Aucune LED allumée sur le contrôleur	Alimentation de commande non disponible à l'alimentation	Vérifier la puissance à l'alimentation, vérifier le transformateur de commande

12. GLOSSAIRE

12.1. Contrôles administratifs

L'utilisation de l'action humaine visant à atteindre un niveau de performance sûr pour un système ou un sous-système.

12.2. Condenseur/refroidisseur à gaz refroidi à l'air

Le refroidisseur à gaz/condenseur/serpentin à gaz est normalement fabriqué en tubes en acier inoxydable ou en cuivre, avec des ailettes en aluminium et un boîtier en poudre galvanisé. Cet échangeur de chaleur peut servir à la fois de refroidisseur à gaz et/ou de condenseur/refroidisseur à gaz, selon la température de condensation du CO₂ saturé. Si la température de l'air ambiant est d'environ 77°F ou moins, le CO₂ fonctionnera en dessous de la température critique de 88°F, et le CO₂ se condensant entièrement en liquide, agissant ainsi comme un condenseur/refroidisseur à gaz. L'échangeur de chaleur fonctionnera comme un refroidisseur à gaz, et la vapeur de CO₂ ne subira qu'un refroidissement sensible si la température de l'air ambiant est supérieure à 77°F.

- Condenseur/refroidisseur à gaz: Un cycle de réfrigération CO₂ subcritique destiné à fonctionner en dessous du point critique du CO₂. Cela permet des plages de pression de travail plus traditionnelles pour les matériaux et les composants.
- Refroidisseur à gaz : Un cycle de réfrigération CO₂ transcritique destiné à fonctionner au-dessus du point critique du CO₂. Ce système subira des pressions supérieures aux conceptions de réfrigération typiques et doit prendre des mesures appropriées pour s'adapter aux hautes pressions.

12.2.1. VENTILATEURS DE CONDENSEUR/REFROIDISSEUR À GAZ

Les ventilateurs de condenseur/refroidisseur à gaz sont des ventilateurs axiaux à moteurs à commutation électronique (ECM), offrant un contrôle du volume d'air à vitesse variable à travers le serpentin du condenseur/refroidisseur à gaz. La régulation de la vitesse des ventilateurs est contrôlée par le contrôleur du système afin d'adapter la capacité de refroidissement requise du condenseur/refroidisseur à gaz à la chaleur totale rejetée.

12.3. Condenseur/refroidisseur à gaz Cascade

Le but principal du condenseur/refroidisseur à gaz Cascade est de rejeter la chaleur du système CO₂ subcritique dans le système HFC. Le système HFC gèrera la phase intermédiaire de réfrigération et le rejet de chaleur vers l'atmosphère. Cette étape intermédiaire est nécessaire car le système CO₂ est conçu pour fonctionner à des pressions subcritiques. Si le CO₂ devait atteindre un fonctionnement transcritique, on observerait une pression de CO₂ bien au-dessus de la pression de fonctionnement maximale des composants spécifiés.

12.4. Compresseurs

12.4.1. APERÇU

Les compresseurs CO₂ sont spécialement conçus pour un fonctionnement soit à haute pression transcritique, soit à basse pression subcritique. Le fonctionnement transcritique fait référence au refroidissement du gaz CO₂ au-dessus du point critique de 88°F (1055 psig) de température de condensation. Le fonctionnement subcritique fait référence à la condensation du CO₂ en dessous du point critique de 88°F (1055 psig) de température de condensation. Plusieurs compresseurs contrôlent la capacité de refroidissement souhaitée de l'équipement de réfrigération.

12.4.2. CONTRÔLE

La mise en marche et l'opération des compresseurs seront contrôlées par le contrôleur du système. Des dispositifs de sécurité et des contrôles appropriés sont mis en place pour garantir un fonctionnement sûr et fiable. En plus des dispositifs de sécurité et d'arrêt programmés par logiciel, chaque compresseur sera protégé individuellement par un interrupteur de haute pression, un module de moteur de compresseur et une sécurité d'huile. Voir les schémas supplémentaires de contrôle et électriques pour plus d'informations.

12.4.3. VFD DU COMPRESSEUR

Les compresseurs principaux de chaque groupe d'aspiration sont généralement équipés d'un VFD. Cela fournira une régulation de capacité à vitesse variable précise pour correspondre à la demande de charge de refroidissement. Le compresseur principal peut également inclure un déchargement numérique.

GLOSSAIRE

12.4.4. SOUPE DE DÉCHARGE DU COMPRESSEUR

Chaque compresseur est équipé de soupapes de décharge sur les côtés aspiration et/ou refoulement du compresseur. Elles sont montées sur le corps du compresseur et sont nécessaires pour protéger le compresseur dans le cas où les vannes de service d'aspiration et de refoulement sont toutes deux fermées et qu'une situation de surpression se produit dans le compresseur. Les soupapes de décharge du système sont conçues pour protéger le compresseur lorsque les vannes de service sont ouvertes.

12.4.5. RÉCHAUFFEUR DE CARTER

Le réchauffeur de carter du compresseur empêche une concentration excessive de réfrigérant dans l'huile lors de l'arrêt du compresseur. Il est inséré dans un manchon chauffant et peut être remplacé si nécessaire, sans affecter le circuit frigorifique.

12.4.6. CLAPET ANTI-RETOUR DE REFOULEMENT

Un clapet anti-retour est situé dans la ligne de refoulement du compresseur pour éviter la migration du réfrigérant pendant les périodes d'arrêt, si l'équipement en est doté et/ou si cela est requis par la conception.

12.4.7. CAPTEUR DE TEMPÉRATURE DE REFOULEMENT

Ce capteur de température est installé sur la ligne de refoulement du réfrigérant du compresseur et fournit des relevés de la température de la vapeur de réfrigérant au contrôleur du système. La température de refoulement est affichée à l'écran HMI pour consultation.

12.4.8. CAPTEUR DE TEMPÉRATURE D'ASPIRATION

Ce capteur de température est installé sur la ligne d'aspiration du réfrigérant du compresseur et fournit des relevés de la température de la vapeur de réfrigérant au contrôleur du système. La température d'aspiration est affichée à l'écran HMI pour consultation.

12.4.9. INTERRUPTEUR DE HAUTE PRESSION

Un interrupteur de haute pression mécanique est installé sur le côté refoulement de chaque compresseur. Cet interrupteur protège le compresseur et le système de réfrigération contre les situations de haute pression. Le point de déclenchement non ajustable est fixé à 90 % de la pression de travail nominale et arrête le compresseur si la pression du réfrigérant atteint ce seuil. Le système comprend également un capteur de pression dans la ligne de refoulement, programmé pour arrêter le système si la pression de refoulement atteint le seuil de haute pression programmé. Ce paramètre de protection peut être ajusté via l'interface HMI du contrôleur principal et doit être réglé à 90 % du seuil de l'interrupteur de haute pression.

12.4.10. MODULE ÉLECTRONIQUE DU MOTEUR DU COMPRESSEUR

Chaque compresseur est équipé d'un dispositif de protection électronique situé dans la boîte à bornes du moteur du compresseur. Ce dispositif utilise une série de capteurs de température montés sur l'enroulement du moteur pour surveiller la température du moteur. Le compresseur s'arrête immédiatement, le module se verrouille et un réarmement manuel est nécessaire lorsque la température atteint le seuil de déclenchement. L'alimentation principale doit être coupée pendant au moins cinq secondes pour réinitialiser le module. Si un défaut de température survient, le compresseur doit également refroidir avant que le module ne puisse être réinitialisé.

12.5. Système d'huile CO₂

12.5.1. APERÇU

Un bon contrôle de l'huile est très important dans les systèmes de réfrigération CO₂ à détente directe. La miscibilité et la température de l'huile doivent être soigneusement maintenues. Si elles ne sont pas correctement gérées, des effets potentiels de dégazage peuvent survenir à l'intérieur du compresseur. Cela peut entraîner des problèmes de fiabilité du compresseur, et il est donc très important de minimiser ces effets autant que possible.

GLOSSAIRE

12.5.2. SYSTÈME D'HUILE À BASSE PRESSION

Afin de minimiser les effets de dégazage, un système d'huile à basse pression est normalement mis en place, sauf indication contraire. Cela permet à la vapeur de se séparer plus complètement de l'huile. Un séparateur de type coalescent et un réservoir d'huile sont utilisés pour maximiser l'efficacité de l'élimination de l'huile et fournir un stockage d'huile supplémentaire pour répondre aux différentes demandes en huile. Pour maintenir la température de l'huile dans le réservoir, un réchauffeur est ajouté si le système est conçu pour une utilisation extérieure. La pression du réservoir d'huile est maintenue au même niveau que celle du séparateur/récepteur. Cela garantit un différentiel de pression adéquat pour pousser l'huile à travers l'électrovanne d'huile jusqu'à chaque compresseur. Chaque séparateur est équipé d'un capteur de niveau d'huile qui contrôle directement une électrovanne qui retourne l'huile vers le réservoir d'huile lorsque le niveau d'huile dans le séparateur augmente.

12.5.3. SÉPARATEUR D'HUILE

Le séparateur d'huile est conçu pour assurer un faible taux d'entraînement d'huile. Il s'agit d'un séparateur de type coalescent, équipé d'un filtre coalescent remplaçable. La chute de pression à travers les deux filtres est surveillée par deux capteurs de pression et transmise au contrôleur du système. Si la chute de pression dépasse 12 psi, un message d'alarme est généré.

- Interrupteur de niveau du séparateur d'huile
 - Un interrupteur de niveau d'huile est installé près du bas du séparateur d'huile pour surveiller le niveau d'huile séparée du flux de gaz CO₂ et accumulée dans le fond du séparateur. Lorsque le niveau d'huile atteint le seuil de l'interrupteur, un signal est envoyé au contrôleur du système et l'électrovanne de vidange d'huile est activée pour vider le séparateur d'huile dans le réservoir d'huile.
- Électrovanne de vidange du séparateur d'huile
 - L'électrovanne de vidange du séparateur d'huile isole la haute pression du séparateur d'huile de la pression intermédiaire du réservoir d'huile. Lorsque l'interrupteur de niveau d'huile détecte une accumulation d'huile dans le séparateur, un signal est envoyé au contrôleur du système, qui active l'électrovanne de vidange et l'ouvre, transférant ainsi l'huile du séparateur au réservoir d'huile.

12.5.4. RÉSERVOIR D'HUILE

Le réservoir d'huile assure un faible taux d'entraînement d'huile. Il s'agit d'un séparateur de type coalescent avec un filtre remplaçable. La chute de pression à travers les filtres est surveillée par des capteurs de pression et transmise au contrôleur du système. Si la chute de pression dépasse 12 psi, un message d'alarme est généré.

- Réchauffeur du réservoir d'huile
 - Le réchauffeur du réservoir d'huile prévient une concentration excessive de réfrigérant dans l'huile lors de l'arrêt du système. Il est installé au bas du réservoir et régulé par un thermostat. Le réchauffeur s'active lorsque la température de l'huile descend sous le seuil défini et lorsque les compresseurs sont à l'arrêt.
- Interrupteur de niveau du réservoir d'huile
 - Si installé, un interrupteur de bas niveau est prévu sur le réservoir d'huile pour signaler un niveau d'huile insuffisant dans le réservoir.

12.5.5. CONTRÔLE ÉLECTRONIQUE DE L'HUILE DU COMPRESSEUR

Pour assurer une qualité optimale de l'huile, un contrôle électronique de l'huile est mis en place. Cela garantit que le niveau d'huile est maintenu dans le carter du compresseur. Le dispositif électronique surveille le niveau d'huile et active une électrovanne pour remplir le compresseur d'huile selon les besoins.

12.5.6. FILTRE À HUILE / TAMIS À HUILE

Des tamis à huile sont installés à la sortie de chaque séparateur d'huile pour collecter les petites particules de débris qui pourraient obstruer les électrovannes de contrôle de l'huile. Un filtre à huile est également installé à la sortie du réservoir d'huile afin d'éliminer toute autre impureté et humidité avant que l'huile n'atteigne les compresseurs.

GLOSSAIRE

12.5.7. SYSTÈME D'HUILE À HAUTE PRESSION

Bien que moins courant qu'un système d'huile à basse pression, un système d'huile à haute pression combine le séparateur d'huile et le réservoir d'huile en un seul réservoir, éliminant ainsi l'interrupteur de niveau du séparateur d'huile et l'électrovanne de transfert d'huile. Lorsque l'huile est séparée, elle s'accumule au fond du séparateur d'huile. En fait, le séparateur d'huile possède un volume de stockage d'huile plus grand intégré dans sa partie inférieure. L'huile sous haute pression est directement alimentée vers le système de contrôle électronique du niveau d'huile du compresseur. Un système d'huile à haute pression n'est pas recommandé pour toutes les applications et doit être mis en place avec précaution selon la conception du système.

12.6. Vanne d'expansion haute pression / Vanne de dérivation des gaz flash

12.6.1. APERÇU

La vanne d'expansion haute pression et la vanne de dérivation des gaz flash fonctionnent ensemble pour maintenir la pression de refoulement du CO₂ ainsi que la pression du séparateur/réservoir. Ces vannes sont généralement utilisées dans un système de CO₂ transcritique, mais elles peuvent également être employées dans des systèmes de CO₂ sous-critiques. Le fonctionnement sous-critique peut toujours atteindre des pressions élevées dépassant la pression de fonctionnement normale des composants de réfrigération standard et des tubes en cuivre utilisés dans les systèmes de réfrigération. L'utilisation d'une vanne de dérivation des gaz flash peut réduire la pression de fonctionnement du séparateur/réservoir et permettre l'installation de pièces et de tuyauteries en cuivre plus courantes. Les vannes d'expansion haute pression (HPEV) et de dérivation des gaz flash (FGBV) sont contrôlées par le contrôleur principal du système ou par un contrôleur indépendant HPEV/FGBV.

12.6.2. VANNE D'EXPANSION HAUTE PRESSION

Les vannes d'expansion haute pression fonctionnent pour réguler la pression de refoulement du CO₂ afin d'optimiser l'efficacité du système de réfrigération au CO₂ pendant le fonctionnement transcritique. Elles régulent aussi pour maintenir un sous-refroidissement constant à la sortie du condenseur/refroidisseur de gaz en mode sous-critique. Ces vannes sont situées dans la conduite de liquide de CO₂ quittant le refroidisseur de gaz/condenseur. Elles se ferment si nécessaire pour maintenir une pression de condensation minimale ou une pression de réservoir maximale et s'ouvrent pour assurer une pression minimale dans le séparateur/réservoir.

12.6.3. VANNE DE DÉRIVATION DES GAZ FLASH

La vanne de dérivation des gaz flash dérive la vapeur de CO₂ du haut du séparateur/réservoir vers la ligne d'aspiration des compresseurs de température moyenne. Elle régule la pression du séparateur/réservoir pour qu'elle reste constante.

12.7. Réservoir CO₂ / Réservoir de gaz flash

Le réservoir CO₂ / réservoir de gaz flash est différent d'un réservoir HFC traditionnel. Ce réservoir est conçu pour contenir à la fois du liquide et de la vapeur de CO₂. Du liquide et de la vapeur y sont acheminés. Le liquide se sépare de la vapeur et se dépose au fond du réservoir, où il alimente ensuite les circuits d'évaporation. La vapeur monte vers le haut du réservoir et est dirigée vers la vanne de dérivation des gaz flash. En cas de surpression dans le système, la soupape de régulation ou la soupape de sécurité principale décharge la vapeur depuis le haut du réservoir.

- Interrupteur de niveau bas du liquide
 - Un interrupteur de niveau est installé dans le réservoir CO₂ / réservoir de gaz flash pour signaler un niveau insuffisant de liquide CO₂.
- Interrupteur de niveau haut du liquide
 - Un interrupteur de niveau est installé dans le réservoir CO₂ / réservoir de gaz flash pour signaler un niveau élevé de liquide CO₂, si le système en est équipé. Un niveau de liquide élevé indique un risque accru d'entraînement de liquide dans la ligne de dérivation des gaz flash.
- Voyant de niveau
 - Pour permettre une vérification rapide du niveau de liquide CO₂ dans le réservoir CO₂ / réservoir de gaz flash, des voyants peuvent être installés sur le réservoir. Ils sont généralement positionnés aux niveaux de 25 %, 50 % et 75 % du réservoir.

GLOSSAIRE

12.8. Échangeur de chaleur liquide/aspiration

L'échangeur de chaleur liquide/aspiration est utilisé pour échanger la chaleur entre la sortie du refroidisseur de gaz CO₂ ou la ligne principale de liquide et la ligne d'aspiration des charges de température moyenne ou basse. La fonction principale de l'échangeur de chaleur liquide/aspiration est d'augmenter la température du gaz d'aspiration qui retourne aux compresseurs, évitant ainsi les retours de liquide et réduisant la solubilité du gaz CO₂ dans l'huile de réfrigération. Une température de gaz d'aspiration trop basse en sortie du compresseur CO₂ est indésirable, car elle peut réduire la durée de vie du compresseur.

12.9. Filtre déshydrateur de liquide

Un filtre/déshydrateur à cartouche remplaçable est installé sur la ligne de liquide. Il élimine l'humidité et/ou les impuretés pouvant s'être introduites dans le circuit frigorifique. L'humidité et les impuretés peuvent causer des dommages graves aux composants d'un système de réfrigération. Il est donc essentiel que le système soit équipé d'un filtre déshydrateur propre.

- Remplacez le filtre déshydrateur si l'une des conditions suivantes survient :
 - Ouverture du système frigorifique à l'atmosphère pour des réparations ou de la maintenance.
 - Indication d'humidité dans le voyant de niveau (l'anneau vert est passé au jaune).
 - Une chute de pression excessive se développe à travers le filtre.

12.10. Voyant de niveau de la ligne de liquide

Le voyant de niveau du fluide frigorigène/indicateur d'humidité est situé juste après les filtres déshydrateurs de liquide. Il permet à l'opérateur ou au technicien de maintenance d'observer l'écoulement du fluide frigorigène liquide dans le circuit. Une présence prolongée de mousse ou de bulles dans le voyant de niveau peut indiquer un niveau de fluide frigorigène insuffisant ou une restriction dans la ligne de liquide.

12.11. Vanne d'expansion électronique

La vanne d'expansion électronique (EEV) sépare la haute pression/température du fluide frigorigène du côté du condenseur/refroidisseur de gaz de la basse pression/température du côté de l'évaporateur. L'EEV peut remplir deux fonctions de contrôle différentes selon les conditions de fonctionnement du système : le contrôle du surchauffe et le contrôle de la pression d'aspiration. Un apport constant de liquide exempt de vapeur est requis pour assurer le bon fonctionnement de l'EEV. Celle-ci est contrôlée par le régulateur de l'évaporateur. Une autre méthode de régulation consiste à utiliser la température du fluide frigorigène. Si l'EEV descend en dessous d'un certain seuil, elle se ferme.

- **Contrôle de la surchauffe**
 - L'EEV régule avec précision la quantité de fluide frigorigène entrant dans l'évaporateur afin de maintenir la surchauffe. La surchauffe est la différence entre la température d'évaporation saturée et la température de la ligne d'aspiration. Elle est réglée en usine entre **10°F et 12°F (5°C à 6°C)** et ne doit **jamais excéder 20°F (8°C) ni descendre sous 4°F (2°C)**. Seul un technicien en réfrigération qualifié devrait ajuster cette vanne.
- **Contrôle de la pression d'aspiration**
 - L'EEV agit comme un régulateur de pression d'aspiration à haute limite (**MOP**) lorsque la pression d'aspiration dépasse une valeur prédéfinie. La vanne régule pour maintenir la pression d'aspiration plutôt que la surchauffe. Le point de consigne de la pression d'aspiration est réglé en usine pour permettre au compresseur de fonctionner à la pression d'aspiration la plus élevée admissible. L'EEV revient au mode de contrôle de la surchauffe si la pression d'aspiration descend sous la limite maximale ou si la surchauffe devient dangereusement basse. En mode de contrôle de la pression d'aspiration, la surchauffe peut fluctuer tant qu'elle reste dans la plage autorisée.

ATTENTION! LE MOP DE LA VANNE D'EXPANSION DOIT ÊTRE RÉGLÉ DE MANIÈRE À EMPÊCHER LES COMPRESSEURS DE FONCTIONNER À UNE PRESSION D'ASPIRATION TROP ÉLEVÉE, CE QUI ENTRAÎNERAIT UNE SURCHARGE ET UN ARRÊT DU COMPRESSEUR. VÉRIFIEZ L'ENVELOPPE DE FONCTIONNEMENT ADMISSIBLE DU COMPRESSEUR.

GLOSSAIRE

12.12. Capteur de température

Le capteur de température surveille la température de la partie spécifique du système où il est installé. Plusieurs capteurs de température sont utilisés dans l'ensemble du système. Le contrôleur principal utilise ces mesures pour réguler de nombreuses fonctions de l'équipement.

12.13. Transducteur de pression

Le capteur de pression ou transducteur surveille la pression du fluide frigorigène dans la partie spécifique du système où il est installé. Plusieurs transducteurs de pression sont utilisés dans l'ensemble du système. Le contrôleur principal utilise ces mesures pour réguler de nombreuses fonctions de l'équipement.

12.14. Accumulateur d'aspiration

L'accumulateur d'aspiration est situé sur la ligne d'aspiration du compresseur et sert à protéger les compresseurs contre les retours de liquide. L'accumulateur sépare le liquide de la vapeur et ne permet que la vapeur de fluide frigorigène de retourner au compresseur. Le fluide frigorigène liquide piégé dans l'accumulateur s'évapore et retourne au compresseur. Un électrovanne est prévu comme dispositif d'évacuation du liquide/huile dans les grands accumulateurs horizontaux. Lorsque la surchauffe est suffisante, l'électrovanne s'ouvre pour permettre l'évacuation du liquide vers la ligne d'aspiration. Un accumulateur vertical plus petit entraîne généralement de petites quantités de liquide et/ou d'huile dans le gaz d'aspiration de retour.

12.14.1. INTERRUPTEUR DE NIVEAU HAUT DE L'ACCUMULATEUR

Si installé, un interrupteur de niveau haut est situé à 50 % du volume de l'accumulateur. Une alarme de niveau élevé indique un risque imminent de retour de liquide vers les compresseurs.

12.15. Ensemble de soupapes de décharge CO₂

Le système est équipé d'un ensemble de soupapes de décharge. Cet ensemble contient les soupapes principales de sécurité. La manipulation du CO₂ nécessite des mesures de sécurité supplémentaires. Les soupapes de sécurité principales sont conçues pour s'ouvrir lorsque la pression du système dépasse les valeurs de consigne définies.

12.16. Soupapes de décharge

Les soupapes de décharge permettent d'évacuer le fluide frigorigène en cas de surpression. Elles protègent le système contre une surpression excessive. Les vannes de service 3 voies permettent d'isoler les composants du système pour leur maintenance.

12.16.1. SOUPE DE SÉCURITÉ

Des soupapes de sécurité individuelles peuvent être installées pour protéger contre l'expansion hydraulique causée par une intervention manuelle dans le système. Ces soupapes ne libèrent la pression que si le segment de tuyauterie concerné est isolé manuellement et dépasse la pression de service maximale du système. Elles constituent la dernière ligne de défense pour prévenir les défaillances des composants. Ces soupapes ne doivent jamais s'activer en fonctionnement normal, car elles sont calibrées pour des pressions de décharge plus élevées que celles des soupapes de sécurité principales.

12.16.2. VANNE DE SERVICE 3 VOIES

Des vannes de ventilation manuelles permettent d'évacuer la pression de la tuyauterie isolée manuellement lorsque des soupapes de sécurité ne sont pas installées.

Les soupapes de sécurité sont souvent installées par paires et montées sur une vanne 3 voies. Cette vanne doit être positionnée de manière à exposer une soupape à la pression du système. Lorsque l'une des soupapes nécessite un entretien, la vanne 3 voies peut être repositionnée pour rediriger la pression vers l'autre soupape. La soupape à entretenir peut alors être retirée en toute sécurité, mais le système doit toujours être protégé par une soupape de sécurité en service.

12.17. Clapets anti-retour

Des clapets anti-retour individuels peuvent être installés pour protéger contre l'expansion hydrostatique causée par l'intervention manuelle dans l'ensemble du système. Ces clapets sont conçus pour soulager la pression sur une autre section de tuyauterie lorsque le segment de tuyau auquel ils sont montés est isolé. Il s'agit de la dernière ligne de défense pour éviter la défaillance des composants. Ce n'est que lorsqu'une section particulière de tuyau est isolée manuellement des soupapes de décharge principales qu'ils sont destinés à protéger le système. Les clapets anti-retour sont positionnés pour soulager la pression vers les soupapes principales de régulation et de décharge de pression situées au récepteur. Ensuite, des vannes de ventilation manuelle sont présentes pour fournir un moyen de soulager la pression de la tuyauterie qui a été isolée manuellement en fermant les vannes de service lorsqu'un clapet anti-retour ou une soupape de décharge de sécurité n'est pas présent. Une vanne à bille hybride/clapet anti-retour est utilisée dans chaque ligne d'aspiration de l'évaporateur. Elle peut être utilisée comme vanne d'isolement de service. Lorsqu'elle est ouverte, elle agit comme une vanne à bille pour permettre l'écoulement dans les deux sens. La vanne agit comme un clapet anti-retour pour permettre l'écoulement dans un seul sens lorsqu'elle est fermée.

GLOSSAIRE

12.18. Récupération de chaleur

Un système de récupération de chaleur est utilisé pour capter la chaleur provenant de la ligne de décharge du CO₂. La chaleur est transférée à l'aide d'échangeurs de chaleur à plaques brasées. Le gaz CO₂ passe entre chaque autre jeu de plaques, tandis que l'eau circule sur l'autre jeu de plaques dans la direction opposée. Le système est conçu pour fournir de la chaleur selon les besoins et est contrôlé par le contrôleur principal. Des vannes d'isolement sont fournies pour isoler et contourner le circuit de récupération de chaleur si nécessaire pour l'entretien.

12.19. Évaporateurs à eau

Les évaporateurs sont composés de plaques en acier inoxydable et de brasage en cuivre. Le réfrigérant CO₂ passe entre chaque autre jeu de plaques, tandis que le fluide caloporteur circule de l'autre côté des plaques dans la direction opposée. Nous recommandons de mettre en place un programme d'entretien de l'eau approprié pour garantir que l'eau glacée ait la qualité souhaitée. Un encrassement excessif des évaporateurs dû à une mauvaise qualité de l'eau glacée entraînera des performances médiocres du refroidisseur et/ou une défaillance du refroidisseur.

12.20. Vannes d'isolement d'eau d'alimentation et de retour

Ces vannes doivent être utilisées pour isoler chaque évaporateur des connexions principales d'eau. La vanne d'isolement de l'alimentation en eau est motorisée. Cela permet de fermer la vanne lors de la mise en séquence des évaporateurs.

12.21. Interrupteur de débit d'eau glacée

Les interrupteurs de débit sont situés dans la tuyauterie d'eau glacée à l'entrée de chaque évaporateur. Si le débit d'eau chute en dessous du point de déclenchement, le contrôleur de l'évaporateur fermera la vanne EEV de l'évaporateur d'eau. Le refroidisseur s'arrêtera, et les vannes EEV se fermeront lorsque les interrupteurs de débit de l'évaporateur sont en défaut.

12.22. Filtres-Y

Un filtre Y avec un écran en acier inoxydable de 1/16" (20 mesh) est installé dans la ligne d'entrée d'eau glacée de chaque évaporateur pour aider à protéger les passages de l'évaporateur contre les obstructions. Le filtre Y doit être surveillé pour l'accumulation de débris et nettoyé dans le cadre de l'entretien régulier.

12.23. Capteur de température de l'eau d'alimentation

Ce capteur est situé dans la tuyauterie de l'eau sortant du refroidisseur d'eau. Le point de consigne de l'eau utilisera ce capteur comme valeur de processus. Il servira de capteur de contrôle pour le point de consigne de l'eau glacée et déterminera le chargement/déchargement de tous les compresseurs.

12.24. Capteur de température de retour de l'eau

Ce capteur est situé dans la tuyauterie alimentant le refroidisseur d'eau. Ce capteur sera utilisé à des fins d'affichage général et pour signaler les températures élevées ou faibles du système d'eau.

12.25. Fezostat

Ces capteurs de température sont situés dans la tuyauterie d'eau sortant de chaque évaporateur et fournissent des relevés de la température de l'eau glacée quittant l'évaporateur. Si la température de l'eau sortante tombe en dessous du point de consigne du fezostat, la vanne EEV de l'évaporateur d'eau se fermera pour protéger l'eau glacée du gel dans l'évaporateur. Si tous les évaporateurs rencontrent une défaillance du fezostat, le refroidisseur s'arrêtera immédiatement.

12.26. Injection de liquide

Lorsqu'elle est équipée, une vanne d'injection de liquide est utilisée pour désurchauffer le gaz d'aspiration.

12.27. Injection de gaz chaud

Lorsqu'elle est équipée, l'injection de gaz chaud est utilisée pour augmenter la surchauffe de l'aspiration du compresseur lorsqu'elle tombe en dessous de la plage acceptable.

13. ANNEXE

13.1. Plans

Nous avons préparé un ensemble de plans personnalisés pour votre unité et les avons placés à l'intérieur du panneau de contrôle avant l'expédition. Veuillez vous référer à ces plans lors du dépannage, de l'entretien et de l'installation de l'unité. Si vous ne trouvez pas ces plans ou si vous souhaitez recevoir des copies supplémentaires, veuillez contacter notre département du service client en mentionnant le numéro de série de votre unité.

13.2. PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES DE R-744 (CO₂)

TABLEAU 7: PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES DE R744 (CO ₂)							
TEMP	PRESSION	VOLUME	DENSITÉ	ENTHALPIE		ENTROPIE	
		VAPEUR	LIQUIDE	LIQUIDE	VAPEUR	LIQUIDE	VAPEUR
°F	psig	ft ³ /lbm	lbm/ft ³	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm°R	Btu/lbm°R
-60	79,877	0,9336	72,333	39,014	185,86	0,13606	0,50348
-59	82,055	0,91336	72,205	39,486	185,94	0,13722	0,50275
-58	84,269	0,8365	72,077	39,58	186,02	0,13838	0,50201
-57	86,522	0,87445	71,948	40,431	186,09	0,13954	0,50128
-56	88,813	0,85575	71,819	40,904	186,16	0,1407	0,50055
-55	91,142	0,83754	71,69	41,377	186,24	0,14186	0,49983
-54	93,51	0,81979	81,56	41,851	186,31	0,14301	0,49911
-53	95,918	0,8025	71,429	42,325	186,38	0,14417	0,49839
-52	98,366	0,78565	71,299	42,8	186,45	0,14532	0,49797
-51	100,85	0,76922	71,167	43,276	186,51	0,14647	0,49696
-50	103,38	0,8532	71,036	43,751	186,58	0,14761	0,49625
-49	105,95	0,73759	70,904	44,228	186,64	0,14876	0,49554
-48	108,56	0,72237	70,772	44,705	186,7	0,1499	0,49484
-47	111,22	0,70752	70,639	45,182	186,77	0,15104	0,49413
-46	113,91	0,69304	70,505	45,66	186,83	0,15218	0,49343
-45	116,65	0,67891	70,372	46,138	186,88	0,15332	0,49274
-44	119,43	0,66513	70,238	46,617	186,94	0,15446	0,49204
-43	122,25	0,65168	70,103	47,097	187	0,15559	0,49135
-42	125,12	0,63856	69,968	47,577	187,05	0,15672	0,49066
-41	128,04	0,62575	69,832	48,058	187,1	0,15785	0,48997
-40	130,99	0,61325	69,696	48,539	187,15	0,15898	0,48928
-39	134	0,60104	69,56	49,021	187,2	0,16011	0,4886
-38	137,05	0,58913	69,423	49,504	187,25	0,16124	0,48791
-37	140,14	0,57749	69,285	49,987	187,3	0,16236	0,48723
-36	143,28	0,56613	69,147	50,471	187,34	0,16349	0,48655
-35	146,47	0,55503	69,008	50,9563	187,39	0,16461	0,48588
-34	149,71	0,54419	68,869	51,441	187,43	0,16573	0,4852
-33	152,99	0,5336	68,73	51,927	184,47	0,16685	0,48453
-32	156,32	0,52326	68,589	52,414	187,51	0,16797	0,48385
-31	159,7	0,51315	68,449	52,902	187,55	0,16909	0,48318
-30	163,13	0,50327	68,307	53,39	187,58	0,1702	0,48251
-29	166,61	0,49361	68,165	53,879	187,61	0,17132	0,48185
-28	170,14	0,48417	68,023	54,369	187,65	0,17243	0,48118
-27	173,72	0,47495	68,88	54,859	187,68	0,17354	0,48051
-26	177,35	0,46592	67,736	55,351	187,7	0,17466	0,47985
-25	181,03	0,4571	67,592	55,843	187,73	0,17577	0,47919
-24	184,76	0,77848	67,447	56,336	187,76	0,17688	0,47852

TABLEAU 5: PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES DE R-744 (CO ₂)							
TEMP	PRESSION	VOLUME	DENSITÉ	ENTHALPIE		ENTROPIE	
		VAPEUR	LIQUIDE	LIQUIDE	VAPEUR	LIQUIDE	VAPEUR
°F	psig	ft ³ /lbm	lmb/ft ³	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm°R	Btu/lbm°R
-23	188,55	0,44004	67,302	56,83	187,78	0,17799	0,47786
-22	192,38	0,43179	67,156	57,325	87,8	0,17909	0,4772
-21	196,27	0,42371	67,009	57,82	187,82	0,1802	0,47654
-20	200,22	0,41582	66,862	58,317	187,84	0,18131	0,47589
-19	204,22	0,40809	66,714	58,814	187,85	0,18241	0,47523
-18	208,27	0,40053	66,565	59,313	187,86	0,18351	0,47457
-17	212,38	0,39312	66,415	59,812	187,88	0,18462	0,47391
-16	216,54	0,38588	66,265	60,313	187,88	0,18572	0,47326
-15	220,76	0,37879	66,115	60,814	187,89	0,18682	0,4726
-14	225,03	0,37185	65,963	61,316	187,9	0,18792	0,47195
-13	229,36	0,36505	65,811	61,82	187,9	0,18903	0,47129
-12	233,75	0,3584	65,658	62,324	187,9	0,19013	0,47064
-11	238,2	0,35188	65,504	62,83	187,9	0,19123	0,46998
-10	242,7	0,3455	65,349	63,337	187,9	0,19233	0,46933
-9	247,27	0,33925	65,194	63,844	187,89	0,19343	0,46868
-8	251,89	0,33312	65,038	64,353	187,88	0,19452	0,46802
-7	256,57	0,32712	64,881	64,863	187,87	0,19562	0,46737
-6	266,11	0,31548	64,564	65,887	187,85	0,19782	0,46606
-4	270,97	0,30984	64,404	66,401	187,83	0,19892	0,4654
-3	275,9	0,30431	64,244	66,916	187,81	0,20002	0,46475
-2	280,88	0,29888	64,083	67,432	187,79	0,20111	0,46409
-1	285,93	0,29357	63,92	67,95	187,76	0,20221	0,46343
0	291,04	0,28835	63,757	68,469	187,74	0,20331	0,46277
1	296,22	0,28324	63,428	69,511	187,68	0,2055	0,46146
2	301,45	0,27823	63,428	69,511	187,68	0,2055	0,46146
3	306,76	0,27332	63,262	70,034	187,64	0,2066	0,4608
4	312,12	0,2685	63,094	70,558	187,6	0,2077	0,46014
5	317,55	0,26377	62,926	71,084	187,56	0,2088	0,45947
6	323,05	0,25914	62,757	71,612	187,52	0,2099	0,45881
7	328,62	0,25459	62,587	72,141	187,48	0,211	0,45814
8	334,25	0,25012	62,415	72,671	187,43	0,2121	0,45748
9	339,95	0,24574	62,243	73,204	187,38	0,2132	0,45681
10	345,71	0,24144	62,069	73,738	187,32	0,2143	0,45614
11	351,55	0,23722	61,894	74,273	187,26	0,2154	0,45547
12	357,45	0,23308	61,718	74,81	187,2	0,21651	0,4548
13	363,42	0,22902	61,362	75,89	187,07	0,21871	0,45344
14	369,46	0,22503	61,362	75,89	187,07	0,21871	0,45344
13	363,42	0,22902	61,541	75,349	187,14	0,21761	0,45412
14	369,46	0,22503	61,362	75,89	187,07	0,21871	0,45344
15	375,57	0,22111	61,182	76,433	187	0,21982	0,45276
16	381,76	0,21726	61,001	76,977	186,93	0,22093	0,45208
17	388,01	0,21348	60,819	77,524	186,86	0,22203	0,4514
18	394,34	0,20977	60,635	78,623	186,69	0,22425	0,45002
20	407,21	0,20254	60,263	79,175	186,6	0,22536	0,44933
21	413,76	0,19902	60,075	79,73	186,51	0,22648	0,44864

ANNEXE

TABLEAU 5: PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES DE R-744 (CO ₂)							
TEMP	PRESSION	VOLUME	DENSITÉ	ENTHALPIE		ENTROPIE	
		VAPEUR	LIQUIDE	LIQUIDE	VAPEUR	LIQUIDE	VAPEUR
°F	Psig	ft³/lbm	lmb/ft³	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm°R	Btu/lbm°R
22	420,38	0,19556	59,885	80,286	186,42	0,22759	0,44794
23	427,07	0,19216	59,694	80,845	186,32	0,22871	0,44724
24	433,84	0,18882	59,501	81,406	186,22	0,22983	0,44653
25	440,69	0,18554	59,307	81,97	186,11	0,23095	0,44582
26	447,61	0,18231	59,111	82,536	186	0,23207	0,44511
27	454,61	0,17914	58,913	83,104	185,89	0,23319	0,44439
28	461,69	0,17602	58,714	83,675	185,77	0,23432	0,44367
29	468,84	0,17295	58,513	84,248	185,65	0,23545	0,44295
30	476,07	0,16993	58,31	84,824	185,52	0,23658	0,44222
31	483,39	0,16696	58,105	85,403	185,39	0,23771	0,44148
32	490,78	0,16404	57,898	85,985	185,25	0,23885	0,44074
31	483,39	0,16696	58,105	85,403	185,39	0,23771	0,44148
32	490,78	0,16404	57,898	85,985	185,25	0,23885	0,44074
33	498,25	0,16117	57,689	86,569	185,11	0,23998	0,44
34	505,81	0,15834	57,478	87,156	184,96	0,24113	0,43925
35	513,45	0,15556	57,265	87,747	184,81	0,24227	0,43849
36	521,17	0,15282	57,049	88,34	184,65	0,24342	0,43773
37	528,97	0,15013	56,832	88,937	184,49	0,24457	0,43696
38	536,86	0,14747	56,612	89,537	184,32	0,24573	0,43619
39	544,83	0,14486	56,389	90,141	184,15	0,24689	0,43541
40	552,88	0,14229	56,165	90,748	183,97	0,24805	0,43462
41	561,03	0,13975	55,937	91,359	183,79	0,24922	0,43382
42	569,26	0,13725	55,707	91,974	183,59	0,25039	0,43302
43	577,57	0,13479	55,474	92,593	183,4	0,25157	0,43221
44	585,98	0,13237	55,239	93,215	183,19	0,25275	0,43139
45	594,47	0,12998	55	93,842	182,98	0,25394	0,43056
46	603,05	0,12762	54,758	94,474	182,76	0,25513	0,42972
47	611,72	0,1253	54,513	95,109	182,53	0,25633	0,42887
48	620,49	0,12301	54,265	95,75	182,3	0,25753	0,42801
49	629,34	0,12075	54,013	96,396	182,06	0,25874	0,42714
50	638,29	0,11852	53,758	97,046	181,81	0,25996	0,42626
49	629,34	0,12075	54,013	96,396	182,06	0,25874	0,42714
50	638,29	0,11852	53,758	97,046	181,81	0,25996	0,42626
51	647,33	0,11632	53,499	97,702	181,55	0,26118	0,42537
52	656,47	0,11415	53,236	98,364	181,28	0,26242	0,42447
53	665,7	0,112	52,969	99,032	181	0,26366	0,42355
54	675,03	0,10988	52,697	99,705	180,72	0,26491	0,42262
55	684,45	0,10779	52,421	100,39	180,42	0,26616	0,42167
56	693,97	0,10572	52,14	101,07	180,11	0,26743	0,42071
57	703,59	0,10368	51,854	101,77	179,79	0,26871	0,41973
58	713,31	0,10166	51,563	102,47	179,46	0,27	0,41873
59	723,13	0,099661	51,266	103,18	179,12	0,27	0,41873
60	733,05	0,097683	50,964	103,89	178,77	0,27261	0,41669
61	743,08	0,095726	50,655	104,62	178,4	0,27394	0,41563
62	753,21	0,093787	50,339	105,36	178,01	0,27528	0,41455

TABLEAU 5: PROPRIÉTÉS THERMODYNAMIQUES DE R-744 (CO ₂)							
TEMP	PRESSION	VOLUME	DENSITÉ	ENTHALPIE		ENTROPIE	
		VAPEUR	LIQUIDE	LIQUIDE	VAPEUR	LIQUIDE	VAPEUR
°F	psig	ft³/lbm	lmb/ft³	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm°R	Btu/lbm°R
63	763,44	0,091866	50,017	106,1	177,61	0,27663	0,41345
64	773,78	0,089961	49,687	106,86	177,2	0,27801	0,41233
65	784,23	0,088072	49,349	107,63	176,77	0,2794	0,41117
66	794,79	0,086197	49,002	108,41	176,31	0,2808	0,40999
67	805,46	0,084335	48,647	109,2	175,84	0,28223	0,40877
68	816,23	0,082484	48,281	110	175,35	0,28368	0,40753
69	827,12	0,080642	47,905	110,82	174,84	0,28516	0,40624
70	838,13	0,078809	47,517	111,66	174,29	0,28666	0,40491
71	849,25	0,076981	47,116	112,52	173,73	0,28819	0,40354
72	860,49	0,075157	46,701	113,39	173,13	0,28975	0,40212
73	871,85	0,073335	46,271	114,29	172,5	0,29135	0,40064
74	883,32	0,071511	45,824	115,2	171,83	0,29299	0,3991
75	894,93	0,069682	45,357	116,15	171,13	0,29467	0,3975
76	906,66	0,067844	44,869	117,13	170,38	0,2964	0,39404
78	930,5	0,064121	43,812	119,19	168,71	0,30006	0,39217
79	942,62	0,06223	43,236	120,28	167,78	0,302	0,39018
80	954,88	0,060289	42,618	121,44	166,77	0,30404	0,38804
81	967,28	0,058305	41,95	122,66	165,66	0,3062	0,38573
82	979,82	0,056253	41,221	123,96	164,42	0,30851	0,3832
83	992,51	0,054105	40,411	125,38	163,03	0,31102	0,38039
84	1005,4	0,051816	39,491	126,95	161,41	0,3138	0,37719
85	1018,4	0,049309	38,406	128,75	159,47	0,31699	0,37339
86	1031,6	0,046417	37,039	130,93	156,98	0,32088	0,36861
87	1044,9	0,042636	35,034	134,01	153,25	0,32638	0,36157
88	1055,3	0,034257	29,191	143	143	0,34267	0,34267
89	1055,3	0,034257	29,191	143,56	143,56	0,34353	0,34353

ANNEXE

13.3. Système de gestion de l'huile CO2 transcritique - FAQ

13.3.1. QUEL EST LE BUT DU SYSTÈME DE GESTION DU NIVEAU D'HUILE ?

Le but du système de gestion de l'huile est de séparer l'huile du gaz de décharge du compresseur, de transférer l'huile au réservoir d'huile via une électrovanne de transfert d'huile, de filtrer l'huile du système et de fournir de l'huile aux compresseurs lorsque nécessaire. Le contrôle du niveau d'huile du compresseur est responsable du maintien du niveau d'huile dans les compresseurs. Les détails sur l'opération spécifique peuvent être trouvés dans la documentation sur le contrôle de l'huile.

13.3.2. QUELS SONT LES COMPOSANTS DE BASE DU SYSTÈME DE GESTION DU NIVEAU D'HUILE ?

1. Séparateur d'huile
2. Réservoir d'huile
3. Électrovanne de transfert d'huile
4. Filtre/filtre à huile
5. Œil/switch de niveau

13.3.3. QUEL EST LE SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS DANS LE SYSTÈME DE GESTION DU NIVEAU D'HUILE ?

- Opération à la demande
 - Le transfert d'huile pendant l'opération normale est basé sur une demande.
 - Le niveau d'huile est surveillé dans le séparateur d'huile par l'œil/switch de niveau d'huile. Le contrôleur envoie un signal pour activer l'électrovanne d'huile pendant 40 secondes lorsque l'huile est détectée par l'œil/switch de niveau et qu'un compresseur à température moyenne est en fonctionnement. Le chemin est ouvert et la pression plus élevée du gaz de décharge pousse l'huile du séparateur d'huile vers le réservoir d'huile lorsque l'électrovanne de transfert d'huile est activée. Le réservoir d'huile est maintenu à une pression de réservoir de gaz flash, qui est inférieure à la pression de décharge.
- Opération chronométrée
 - Les nouveaux magasins incluent une programmation de combinaison flexible qui intègre à la fois le fonctionnement à la demande et le fonctionnement programmé.
 - Les unités plus anciennes peuvent ne contenir que l'opération par demande.
 - Le transfert d'huile pendant l'opération chronométrée est basé sur un intervalle de temps fixe. La séquence de contrôle est programmée pour fonctionner à des intervalles de temps fixes lorsqu'au moins un compresseur à température moyenne est en fonctionnement. Un intervalle de temps fixe est utilisé pour activer l'électrovanne de transfert d'huile toutes les trois minutes pendant 40 secondes. Cet intervalle de temps fixe peut être modifié en fonction de la capacité du système et des caractéristiques déterminées sur le terrain et peut être réduit à 1 ou 2 minutes si la durée de 3 minutes est insuffisante.
- Séparateur d'huile
 - Le séparateur d'huile est du type coalescent, utilisant un élément par lequel le gaz réfrigérant et l'huile doivent passer avant d'entrer dans le refroidisseur de gaz. L'huile est séparée du gaz par l'élément et renvoyée au réservoir d'huile. L'élément est également efficace contre les contaminants. Les contaminants peuvent provoquer une chute de pression à travers l'élément. La chute de pression peut augmenter jusqu'à ce qu'une alarme se déclenche. L'augmentation de la chute de pression peut provoquer le délogement du joint, créant ainsi un chemin pour que le gaz de décharge contourne l'élément. Le niveau d'huile dans le rack chutera jusqu'à ce qu'il soit épuisé. Un élément propre aura une chute de pression de 1 à 12 psi. L'élément devra être remplacé si la chute de pression dépasse 12 psi.

13.3.4. À QUOI DEVRAIT RESSEMBLER LE FONCTIONNEMENT NORMAL?

Vous devriez observer un modèle cohérent de détection d'huile et de transfert d'huile dans un système fonctionnel (voir Figure 1). Si des écarts importants se produisent dans ces fonctions et que le niveau d'huile du réservoir est bas, il convient de diagnostiquer les dispositifs de détection et de transfert. Le capteur optique affiche une lumière rouge lorsqu'il ne détecte pas de niveau d'huile dans le séparateur. Lorsque la lumière d'indication est éteinte, cela indique que le niveau d'huile est au-dessus du capteur optique et que l'électrovanne est activée. Les deux transducteurs de pression utilisés pour mesurer la pression du séparateur d'huile doivent être calibrés en même temps et lire des pressions identiques lorsque les compresseurs ne fonctionnent pas. Les systèmes CO2 ont plus de mouvement d'huile. Pour tenir compte des fluctuations d'huile, il peut être nécessaire d'utiliser plus d'huile que dans un système HFC de taille similaire.

FIGURE 3: Diagramme Schématique Typique

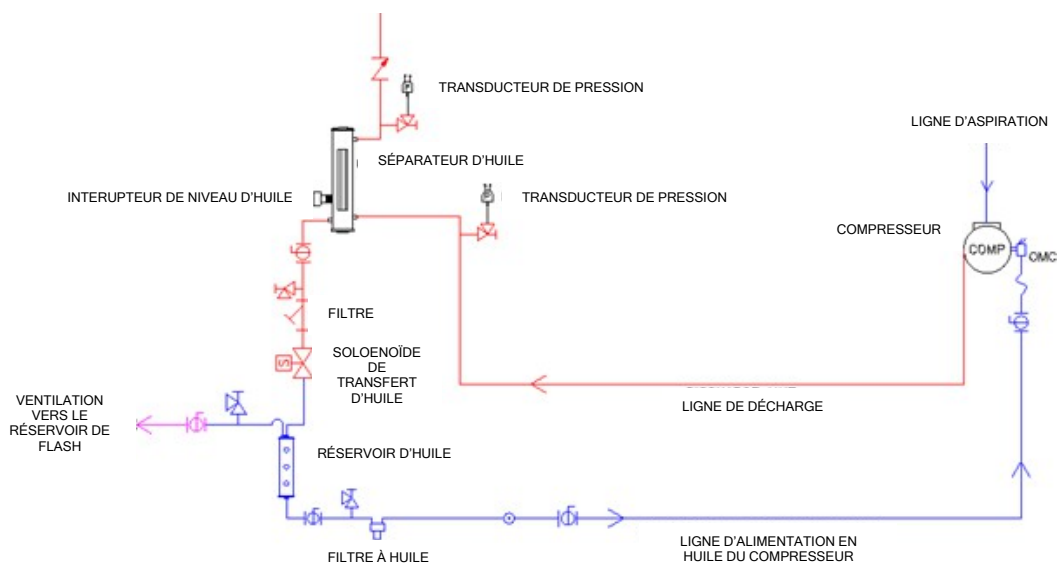
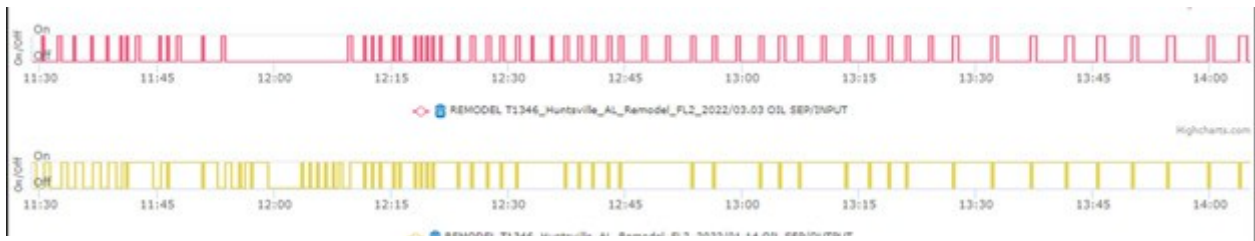


FIGURE 4: Détection d'Huile et Transfert d'Huile



Remarque : Le signal supérieur (rouge) correspond à la sortie de l'électrovanne d'huile. Le signal inférieur (jaune) correspond à l'interrupteur de niveau du séparateur d'huile. Lorsque l'interrupteur de niveau est éteint (indiqué par l'absence d'illumination), il déclenche un cycle de vidange d'huile.

TABLEAU 8: TROUBLESHOOTING TRANSCRITICAL CO ₂ OIL SYSTEM		
Erreur	Cause Probable	Solution
Aucune huile dans le réservoir	Le joint du filtre du séparateur d'huile s'est déplacé, le séparateur ne sépare plus correctement	Remplacer l'élément du séparateur d'huile par un nouvel élément
	Fuite d'huile ou accumulation d'huile dans d'autres parties du système	Vérifier la présence de fuites
	Électrovanne de transfert d'huile ou filtre obstrué	Vérifier l'accumulation d'huile dans les évaporateurs ou les conduites d'aspiration
Niveau d'huile trop élevé ou trop bas dans le compresseur	Problème avec le contrôle du niveau d'huile du compresseur	Vérifier les composants défectueux et remplacer ceux qui sont défectueux
		Dépanner le système de contrôle du niveau d'huile du compresseur

ANNEXE

Erreur	Cause probable	Solution
Le séparateur d'huile ne fonctionne pas correctement	Élément du séparateur d'huile obstrué ou sale	Remplacer l'élément du séparateur
Le système ne fonctionne pas normalement	Composants de transfert d'huile inopérants ou défectueux	Vérifier les composants défectueux et remplacer ceux qui sont défectueux
		Vérifier la programmation du système pour assurer la bonne séquence des opérations
Faible chute de pression	Joint/filtre endommagé ou soufflé	Remplacer le joint/filtre et entretenir le système
	Transducteurs non calibrés	Calibrer/réparer les transducteurs

TABLEAU 9: ENTRETIEN PRÉVENTIF	
Composant	Intervalle d'entretien
All Components	Entretenir tous les composants en cas de contamination.
Huile	Tester une fois par an pour détecter toute contamination
Séparateur d'huile	Remplacer l'élément lorsqu'une chute de pression de 10 psi est mesurée ou une fois par an, selon la première occurrence
Filtre et crépine d'huile	Entretenir une fois par an

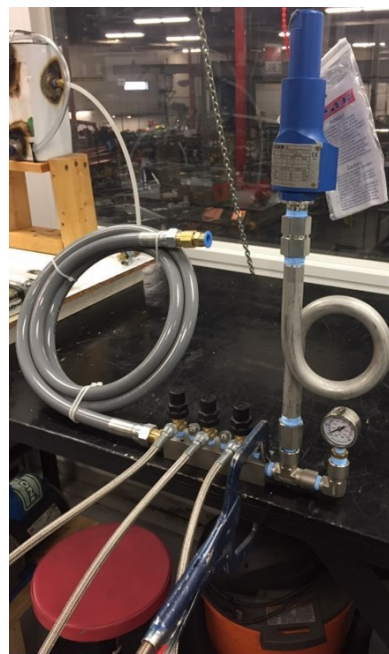
ANNEXE

13.4. Collecteur de chargement rapide CO₂

13.4.1. APERÇU

Le collecteur de chargement rapide CO₂ est conçu pour réduire le temps nécessaire au chargement d'un rack avec du CO₂ en permettant la connexion de plusieurs cylindres (jusqu'à trois) pour l'alimentation. Simultanément, le collecteur permet de remplacer individuellement les cylindres vides pendant que les autres continuent à alimenter le rack de réfrigération en CO₂.

FIGURE 5: Équipement du collecteur de chargement rapide



13.4.2. COMPOSANTS

- Les composants sont conçus pour résister à une pression de 2000 psig ou plus.
- La soupape de décharge est calibrée à 90 bars ou 1305 psig.
- La pression typique d'un cylindre de CO₂ à température ambiante (~70°F) est de 860 psig, mais elle varie en fonction de la température.
- Les cylindres de CO₂ avec tube plongeur sont préférés pour l'utilisation avec cet outil. Les cylindres doivent être correctement fixés conformément aux normes OSHA.
- Si la pression du système est inférieure à 100 psig, une charge initiale en phase vapeur doit être effectuée pour éviter la formation de glace sèche dans le système de réfrigération.
- Il est essentiel d'orienter la soupape de décharge dans une direction sécurisée pendant l'utilisation afin de protéger le personnel et les équipements sensibles.

DANGER!

LES TECHNICIENS DOIVENT PORTER UN ÉQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE APPROPRIÉ LORS DE L'UTILISATION.

DANGER!

ASSUREZ-VOUS QUE LA VENTILATION EST ADÉQUATE AVANT D'UTILISER LE COLLECTEUR DE CHARGEMENT RAPIDE. LE CO₂ PEUT DÉPLACER L'OXYGÈNE, ENTRAÎNANT UN RISQUE DE BLESSURE GRAVE OU DE DÉCÈS PAR ASPHYXIE.

APPENDIX

13.4.3. COMMENT CHARGER

1. Localiser le port de chargement à utiliser sur le rack. Le tuyau large 5/8" du collecteur se connectera au port de chargement (ne pas ouvrir le port de chargement). Des adaptateurs sont fournis pour réduire de 5/8" flare sur le tuyau à 3/8" flare (**voir Figure 6**). Vérifier que les vannes d'angle du collecteur sont fermées. **NE PAS** ouvrir de vannes.
2. Sécuriser le collecteur avant utilisation. Cela empêchera tout mouvement en cas de décharge et maintiendra la soupape de décharge en position verticale. Cette fixation peut être réalisée à l'aide d'un serre-joint en C (**Voir Figure 7**) ou avec une solution plus permanente en utilisant les trous de fixation situés sur le bloc collecteur (**Voir Figure 8**).

FIGURE 6: Adaptateurs de Chargement Rapide 3/8"



FIGURE 7: Installation Temporaire du Collecteur

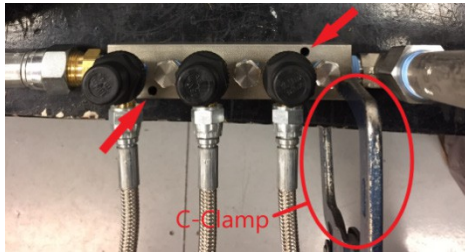
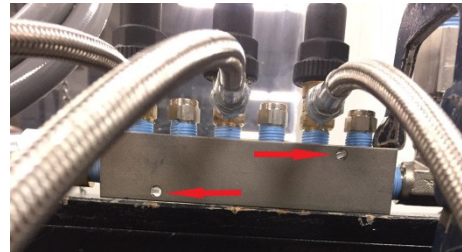


FIGURE 8: Installation Permanent



3. Rassemblez les cylindres de CO₂ pour le chargement. Il est recommandé d'utiliser des cylindres avec tube plongeur. Les cylindres doivent être pesés pour enregistrer la quantité de CO₂ chargée dans le système. Connectez les adaptateurs de cylindres aux bouteilles ; **NE PAS** ouvrir encore les cylindres de CO₂. Vérifiez que les vannes à bille des adaptateurs de cylindres sont fermées.
4. Ouvrez légèrement l'une des bouteilles de CO₂ connectées pour mettre le collecteur et les lignes sous pression. Ouvrez les vannes d'angle du collecteur. Purgez le CO₂ à travers le collecteur et les lignes. Une fois la purge effectuée, fermez toutes les vannes du collecteur de chargement (vannes d'angle, vannes à bille des adaptateurs de cylindres). Vérifiez que la pression du système ne dépasse pas la valeur de décharge de 1305 psi. Ouvrez le port de chargement sur le rack. Ouvrez les vannes d'angle connectées aux cylindres de CO₂. Ouvrez les cylindres de CO₂ pour charger le système.

FIGURE 9 : Soupape de Sécurité

DANGER!

GARDER L'ORIFICE DE LA SOUPAPE DE DÉCHARGE DIRIGÉ DANS UNE DIRECTION SÛRE. LE NON-RESPECT DE CETTE CONSIGNE PEUT CAUSER DES BLESSURES.

Dirigez dans une direction sûre

5. Surveillez la pression du système et le niveau de réfrigérant pendant le chargement. **NE PAS** surcharger le système. **NE PAS** laisser la pression dépasser le seuil de décharge de 1305 psig. Gardez l'orifice de la soupape de décharge dans une direction sûre (**Voir Figure 9**).



13.4.4. COMMENT REMPLIR UN CYLINDRE VIDE PENDANT LE CHARGEMENT

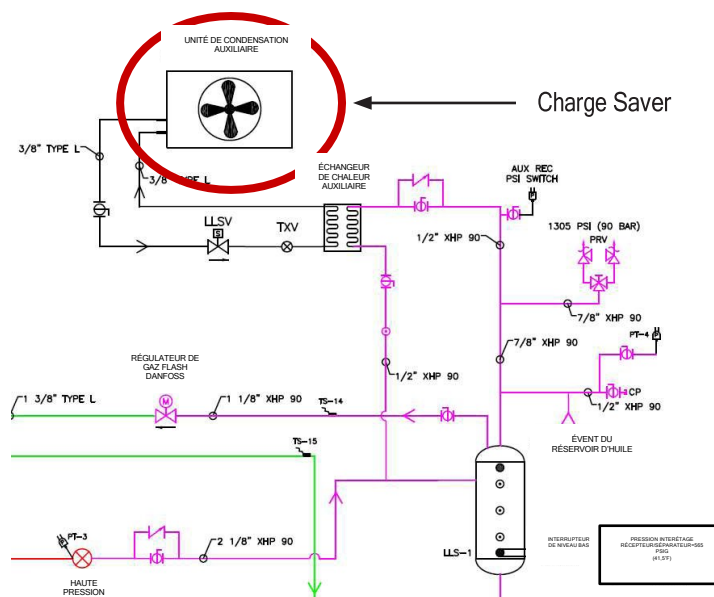
1. Fermez la vanne d'angle associé sur le collecteur.
2. Fermez la vanne du cylindre.
3. Purgez la pression à l'aide de la vanne à bille de l'adaptateur de cylindre.
4. Remplacez le cylindre vide.
5. Purgez la ligne à l'aide de la vanne à bille de l'adaptateur de cylindre. Fermez la vanne à bille une fois la purge terminée.
6. Ouvrez la vanne d'angle et poursuivez le chargement.

13.4.5. RETRAIT DU COLLECTEUR DE CHARGEMENT

1. Fermez le port de chargement sur le rack.
2. Fermez les vannes des cylindres.
3. Ouvrez les vannes d'angle sur le collecteur.
4. Retirez le collecteur.

13.5. CO₂ Charge Save: Application et Meilleures Pratiques

FIGURE 10: Schéma du Charge Saver



13.5.1. APERÇU

Les systèmes de réfrigération au CO₂ présentent des défis uniques qui ne sont pas couramment rencontrés avec les réfrigérants traditionnels (HFC, HCFC, etc.). En raison des pressions de fonctionnement plus élevées associées aux systèmes au CO₂ et des pressions de conception plus basses, les pertes de réfrigérant (par décharge) peuvent être plus fréquentes dans des situations où cela ne se produirait pas avec un réfrigérant traditionnel. Ces scénarios incluent :

- Une coupure de courant
- Un arrêt d'urgence du rack (dans certains cas)
- Un arrêt contrôlé du rack (maintien de la charge lorsque le système est hors service)

L'unité de condensation auxiliaire "Charge Saver" est un excellent complément à un système de réfrigération au CO₂ pour prévenir une perte partielle ou complète de CO₂. Elle peut être appliquée aux systèmes de réfrigération au CO₂ subcritiques (DX et pompage en recirculation) ainsi qu'aux systèmes transcritiques, lorsque la pression de conception des composants est inférieure à la pression saturée du CO₂ dans des conditions ambiantes maximales. Le Charge Saver ne garantit pas une protection complète, mais il couvre la majorité des situations à risque élevé de perte totale de CO₂.

13.5.2. FONCTIONNEMENT DU CHARGE SAVER

Comment le Charge Saver préserve-t-il la charge de CO₂? L'unité de condensation Charge Saver assure un refroidissement direct du réservoir lorsque le système de réfrigération ne peut pas fonctionner. En termes simples, il déplace le point de pression le plus bas du système de réfrigération vers le réservoir, permettant ainsi au CO₂ de migrer naturellement vers ce dernier. Le réservoir peut contenir un grand volume de réfrigérant et maintenir la pression en dessous de sa pression de conception maximale, évitant ainsi l'ouverture de la soupape de décharge due à une pression excessive.

Comme la température, la pression se déplace toujours d'une zone à haute pression vers une zone à basse pression pour s'équilibrer. C'est ce principe qui permet au CO₂ de circuler dans le système et de finir par se stocker dans le réservoir, qui devient le point le plus froid et le moins pressurisé du système grâce au Charge Saver.

ANNEXE

13.5.3. CONSEILS DE CONCEPTION

La taille typique de l'unité de condensation **Charge Saver** représente **3 à 5 %** de la charge d'évaporation du rack, mais ne doit pas dépasser **10%**, sauf en cas de circonstances exceptionnelles.

- Charges en température moyenne - 3%
 - Tuyauterie correctement isolée et charges pouvant être réduites de **90 %** à l'arrêt du système principal.
 - Augmenter la capacité jusqu'à **10 %** si les charges ne peuvent pas être isolées (nécessite une analyse du système).
 - Convient aux systèmes à détente directe ou à recirculation de liquide.
- Charges en basse température - 5%
 - Conditions similaires aux charges en température moyenne.
 - Ajustement possible de la capacité jusqu'à **10 %** si l'isolation des charges est impossible.
 - Applicable aux systèmes à **détente directe** ou **recirculation de liquide**.
- Systèmes autonomes en température moyenne (refroidisseur) - 1%
 - Aucune tuyauterie sur le terrain et le débit d'eau glacée est arrêté lors de l'arrêt du système de réfrigération.

13.5.4. EXIGENCES POUR UNE APPLICATION RÉUSSIE

- Alimentation électrique/secours (génératrice).
- Interlock de fonctionnement pour éviter un fonctionnement parallèle avec le rack de réfrigération.
- Pressostat installé sur le réservoir pour surveiller et contrôler l'activation/désactivation de l'unité de condensation Charge Saver.
- Point de consigne approprié : doit être inférieur à la partie la moins bien classée du système. (*Exemple en laboratoire : côté basse pression du compresseur classé à 410 psi → Charge Saver réglé à un maximum de 375 psi, avec activation à 400 psi et désactivation à 350 psi*).
- Réservoir de taille appropriée : lors d'un arrêt, le Charge Saver attire le CO2 vers le réservoir. Un réservoir de grande capacité est plus critique pour les systèmes avec de longues lignes et de nombreuses charges. Le réservoir n'a pas besoin de contenir 100 % de la charge car une grande quantité de réfrigérant à haute pression peut rester sous forme de vapeur dans la tuyauterie.
- Systèmes de refroidissement (chiller) : les pompes de l'échangeur thermique doivent **s'arrêter avec le rack**. Si elles continuent de fonctionner, une montée rapide de pression pourrait dépasser la capacité du Charge Saver, entraînant un déclenchement de soupape de sûreté.
- Évaporateurs à serpentins d'air: les ventilateurs doivent s'arrêter avec le rack pour de meilleurs résultats.
- Éléments produisant de la chaleur (lumières, résistances, etc.) doivent être éteints si possible.
- Isolation du côté basse pression : peut être réalisée avec des EEVs à batterie de secours, des électrovannes de ligne liquide ou manuellement (vanne d'isolement).
- Charges proches de leur point de consigne au moment de l'arrêt : elles agissent comme un **"banc froid"**, aidant à maintenir une augmentation de pression progressive et contrôlée. (*Remarque : certaines charges en température moyenne ont des points de consigne supérieurs aux pressions nominales des composants basse pression, mais offrent néanmoins un effet de stockage froid permettant au Charge Saver de prendre le contrôle.*)
- Assurer un chemin pour le CO2 liquide vers le réservoir : s'il n'y en a pas et qu'une section du système est isolée, une perte partielle de réfrigérant peut se produire.
- La pression suit le chemin de moindre résistance vers le réservoir : ce chemin passe généralement par les clapets anti-retour, mais il a également été confirmé que la pression peut traverser les soupapes des compresseurs Bitzer.

ANNEXE

13.5.5. COMPOSANTS DU SYSTÈME FAVORISANT LA PERFORMANCE DU CHARGE SAVER

- Clapets anti-retour
 - Ils permettent au CO2 d'accéder plus facilement au Charge Saver. Plus il y a de chemins d'entrée, plus les chances de conserver la charge de CO2 sont élevées.
- EEVs avec batterie de secours
 - En cas de coupure de courant, ces détendeurs électroniques se ferment automatiquement, isolant ainsi le côté basse pression et réduisant le risque d'un déclenchement de soupape de sécurité.
- Compresseurs et tuyauterie basse pression conçus pour des pressions statiques élevées
 - Des composants à haute résistance retardent une éventuelle perte de charge en donnant au Charge Saver plus de temps pour stabiliser la pression du système.
- Soupapes de détente régulées
 - Ces soupapes permettent au CO2 de s'auto-réfrigérer lorsqu'il s'échappe, aidant ainsi le Charge Saver à réduire la pression tout en limitant les pertes de CO2.

13.5.6. SCÉNARIOS D'UTILISATION DU CHARGE SAVER

TABLEAU 10: UTILISATIONS DU CHARGE SAVER ¹		
BON ²	MARGINAL ³	MAUVAIS ⁴
Perte de courant	Ventilateurs en marche pendant l'arrêt du rack (serpentin à air)	Défaillance du condenseur/refroidisseur à gaz
Maintenir la charge lors du cycle d'arrêt	Pompes en marche pendant l'arrêt du rack (refroidisseur, le côté basse pression peut être isolé)	Défaillance complète du rack au démarrage/charge de démarrage élevée
Chargement initial de CO2 au démarrage	Réservoir non dimensionné pour contenir la charge complète du système	Fuite externe
Défaillance d'urgence du rack (causant un arrêt complet)	Conception du système : sections pouvant être isolées du Charge Saver et du réservoir	Pompes en marche pendant l'arrêt du rack (refroidisseur, côté basse pression non isolable)

Notes:

1. Ce sont des scénarios généralisés ; chaque rack doit être analysé pour des problèmes spécifiques au cas par cas.

2. Forte probabilité de sauver et de maintenir la charge de CO2.

3. Maintiendra la majorité de la charge. Une certaine perte de réfrigérant est attendue.

4. Mauvais : Les résultats seront médiocres. Il y a une forte probabilité de perdre la majorité de la charge.

ANNEXE

13.5.7. APRÈS UN ÉVÉNEMENT CHARGE SAVER

Note: Examinez la conception du système avant qu'un événement ne se produise. Ayez une bonne compréhension de l'endroit où le CO2 liquide sera et où il vaudra aller lors d'une situation d'arrêt. Chaque système sera unique, la préparation et la planification seront votre meilleure défense pour prévenir une perte catastrophique de CO2.

1. Vérifiez que le Charge Saver est alimenté et qu'il s'allume. Un générateur est nécessaire en cas de panne de courant.
2. Assurez-vous que les composants qui augmentent et entraînent la charge (ventilateurs de l'évaporateur et pompes) sont éteints.
3. Évitez d'ouvrir les portes sur la charge. L'exception à cela est si le produit est sensible, ou si un arrêt prolongé connu se produit nécessitant un déplacement du produit. L'ouverture des portes introduira de la chaleur inutile et réduira l'effet de "banque froide". Cela entraînera une augmentation rapide de la pression qui pourrait submerger le Charge Saver et provoquer une détente du CO2.
4. Isolez le côté basse pression du système. Cela pourrait être réalisé automatiquement si équipé d'un EEV avec batterie de secours ou d'un solénoïde de ligne liquide. Si ce n'est pas le cas, isolez manuellement le côté basse pression du système.
5. Surveillez les pressions et le niveau du réservoir jusqu'au redémarrage du système. Parce que le Charge Saver attire le CO2 vers le réservoir, il peut atteindre un niveau élevé pendant les périodes d'arrêt prolongées.
6. Lancez la séquence de démarrage une fois les conditions d'arrêt corrigées et que le rack peut être remis en service.
7. Vérifiez le niveau de charge du système une fois le système en marche.

13.6. TEST DE VIBRATION DU RACK

13.6.1. CONTEXTE

Des vibrations excessives dans les systèmes de réfrigération, en particulier au niveau du compresseur, peuvent entraîner des pannes coûteuses. Les vibrations dans le système sont excitées par le mouvement du moteur électrique à l'intérieur des compresseurs. La fréquence (généralement exprimée en Hertz (Hz) ou cycles/seconde) des vibrations causées par le moteur électrique dépend de la fréquence du courant alternatif (CA) appliqué aux bobines du moteur. Les systèmes utilisant un variateur de fréquence (VFD) connaissent une variété de fréquences CA généralement comprises entre 30 Hz et 60 Hz. Cette fréquence variable entraîne différents niveaux d'amplitude vibratoire (mesurée en mils ou millièmes de pouce) tout au long de l'étendue du VFD.

Le processus de limitation des mouvements excessifs dans les systèmes de réfrigération implique deux étapes : déterminer les vitesses (fréquences) du VFD qui présentent une amplitude vibratoire excessive et éliminer les fréquences responsables de cette vibration.

13.6.2. CATÉGORISATION DES AMPLITUDES VIBRATOIRES

Un standard a été établi avec des seuils distincts pour catégoriser l'amplitude vibratoire. Un standard est nécessaire pour permettre la comparaison entre les systèmes et fournir des données concrètes sur le comportement du système.

- Quatre catégories classent la vibration.
 - Vibration excessive : Plus de 50 mils de déplacement de crête à crête. Une défaillance imminente est en cours.
 - Vibration modérée : De 25 à 50 mils de déplacement de crête à crête. Une défaillance est susceptible de se produire.
 - Vibration légère : De 15 à 25 mils de déplacement de crête à crête. La défaillance peut ou non se produire, mais des efforts d'atténuation sont nécessaires.
 - Vibration minimale : Moins de 15 mils de déplacement de crête à crête. La défaillance est peu probable.

13.6.3. DÉTERMINATION DES FRÉQUENCES PROBLÉMATIQUES

Pour déterminer les fréquences entraînant des vibrations excessives, des tests et une observation minutieuse doivent être effectués. Le processus général consiste à régler manuellement la vitesse du VFD et à progresser lentement à travers l'étendue, en notant les fréquences qui présentent des vibrations excessives.

Le processus exact pour régler manuellement la vitesse du VFD dépend du fabricant du VFD. Pour des instructions spécifiques, veuillez vous référer aux pièces jointes de ce mémo.

Le processus de mesure des vibrations peut être trouvé dans l'Appendice 1 et l'Appendice 2, en fonction du type d'autocollant de vibration utilisé.

ANNEXE

Étapes pour déterminer les fréquences problématiques:

1. Réglez la vitesse du VFD sur la fréquence minimale.
2. Augmentez lentement la vitesse (2 Hz à la fois devrait suffire).
3. Notez l'amplitude vibratoire tous les 5 Hz.
4. Si une fréquence présente des vibrations légères, modérées ou excessives (comme détaillé dans la section Classification des amplitudes vibratoires), notez la fréquence.
 - A. Continuez à augmenter/diminuer lentement la fréquence du VFD de 1 Hz pour identifier l'ensemble de la plage de fréquences qui cause des vibrations indésirables, en notant chaque vitesse et amplitude.
 - B. Lorsque l'amplitude des vibrations quitte la plage légère, modérée ou excessive, continuez à noter l'amplitude tous les 5 Hz.

Le **tableau 11** est un exemple de la façon dont les données peuvent être collectées.

TABLEAU 11: COLLECTE DES DONNÉES DE VIBRATION	
VITESSE VFD (HZ)	AMPLITUDE VIBRATOIRE
30	<15
35	<15
36	20
37	25
38	20
39	<15
40	<15
43	25
44	20
45	<15
50	<15
55	<15
60	<15

Dans l'exemple de tableau, une vibration excessive est apparue entre 36 Hz et 38 Hz ainsi qu'entre 43 Hz et 44 Hz. On peut donc dire que les plages de fréquences problématiques sont 36-38 Hz et 43-44 Hz.

Note: les limites sont inclusives uniquement des fréquences considérées comme « dangereuses ». Les bornes supérieures et inférieures ne doivent pas inclure de fréquences « sûres ». Aucune fréquence « sûre » ne doit être incluse dans les limites.

ANNEXE

13.6.4. ÉLIMINATION DES FRÉQUENCES PROBLÉMATIQUES

Après avoir identifié les fréquences responsables d'une amplitude vibratoire dépassant la plage acceptable, il est nécessaire de les traiter en ajustant les paramètres du VFD. Le processus spécifique variera selon le fabricant du VFD, mais les principes restent les mêmes. Pour des instructions détaillées, veuillez vous référer à l'annexe du fabricant.

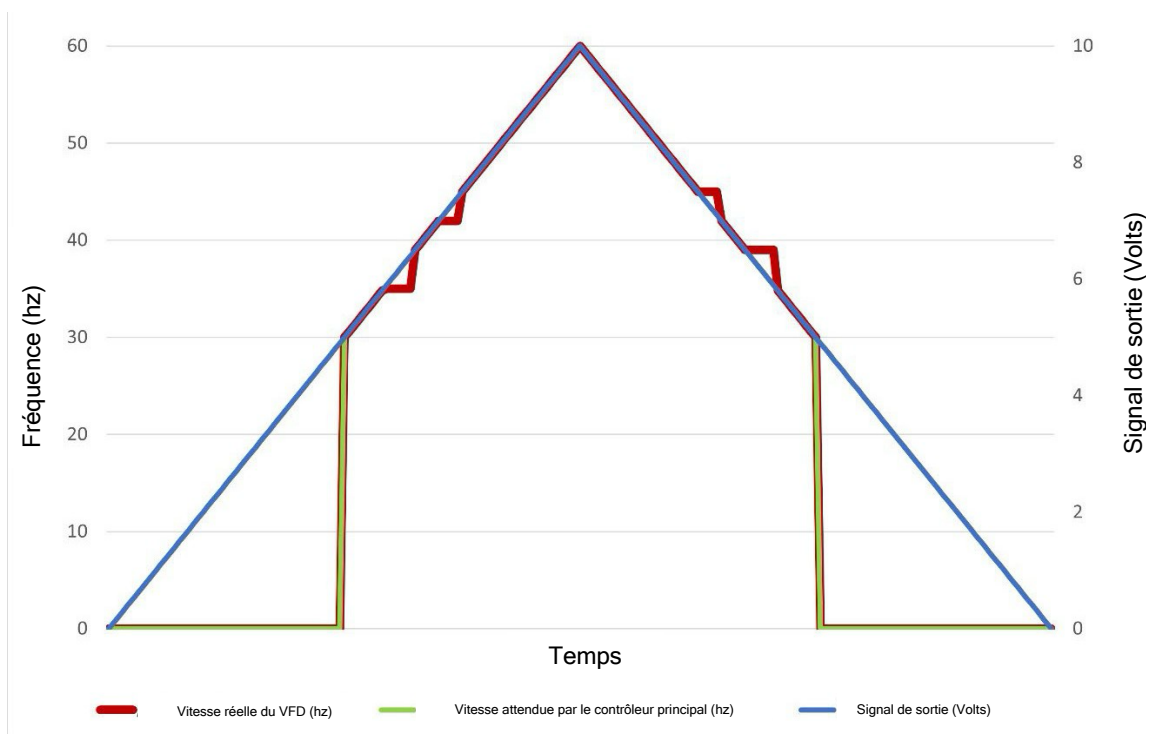
Dans l'exemple donné, les plages problématiques sont 36-38 Hz et 43-44 Hz.

Une fois les paramètres correctement ajustés sur le VFD, l'appareil ne devrait plus fonctionner à ces fréquences, que ce soit en mode manuel (Hand) ou automatique (Auto).

Un point important à noter est que le contrôleur principal (comme Emerson E2, Danfoss AK-SM 800A, ou un autre modèle similaire) continuera d'essayer d'ajuster la vitesse aux fréquences bloquées. Par exemple, si le signal 0-10V envoyé par le contrôleur principal est de 7,2V (correspondant à 43,2 Hz sur le VFD), mais que cette fréquence est bloquée, alors : Si la vitesse est en train de diminuer (en fonctionnant au-dessus de 45 Hz), la fréquence du VFD restera à 45 Hz jusqu'à ce que le signal du contrôleur principal descende en dessous de 7V (correspondant à 42 Hz). Une fois que le contrôleur principal ordonne au VFD de fonctionner à une fréquence qui n'est pas bloquée par ses paramètres, la fréquence s'ajustera directement à cette nouvelle valeur.

Reportez-vous à la **Figure 11** ci-dessous pour une représentation visuelle de ce comportement.

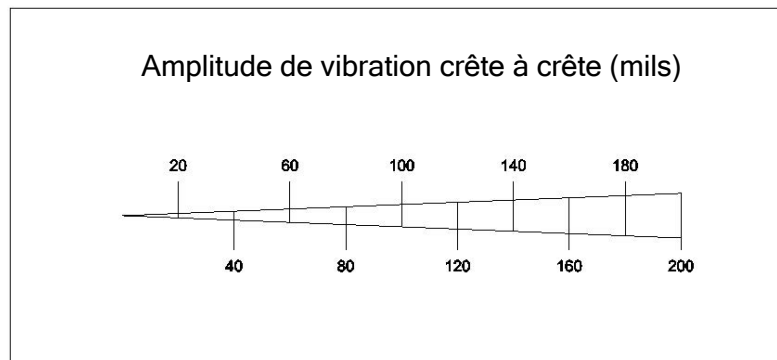
FIGURE 11: Contrôle de la vitesse du VFD avec fréquences bloquées
Les fréquences 35-39 Hz et 42/45 Hz sont ignorées par le VFD.



ANNEXE

13.6.5. MESURE DE L'AMPLITUDE VIBRATOIRE À L'AIDE DE L'AUTOCOLLANT 1

FIGURE 12: Autocollant 1



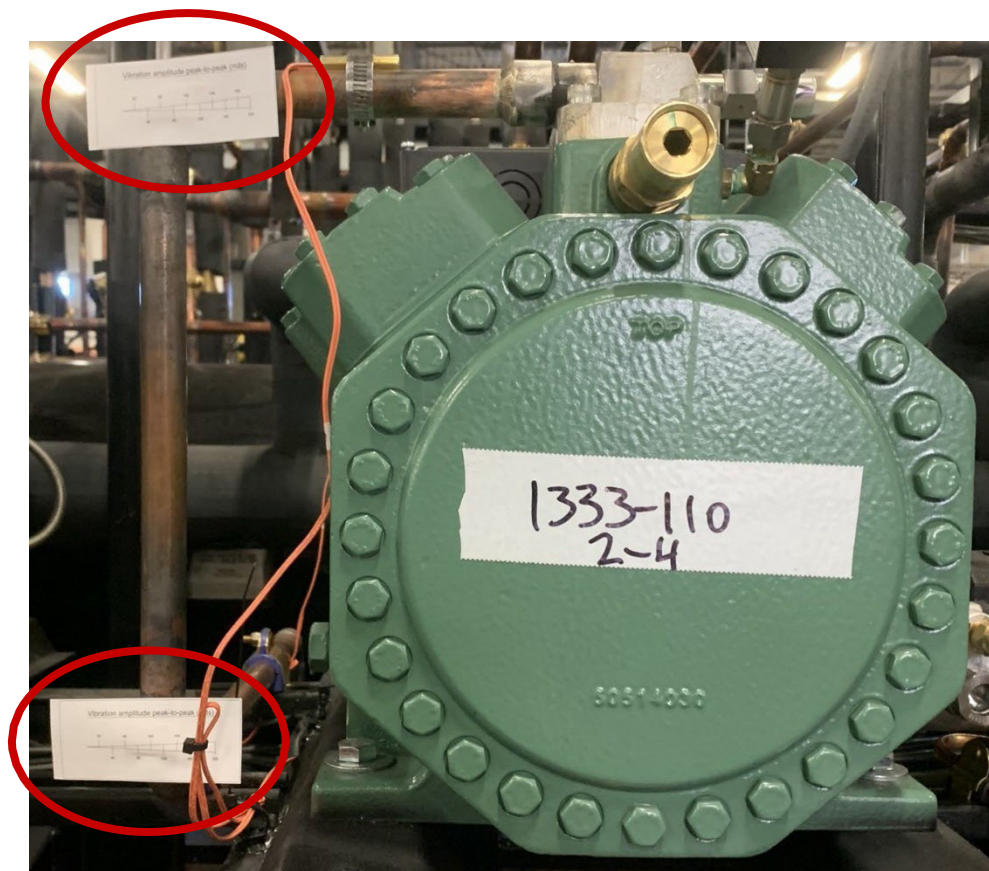
Déterminer une amplitude vibratoire précise dépend de deux éléments : un placement correct et une lecture précise.

Placement de l'autocollant 1:

La ligne de refoulement du compresseur est une zone d'intérêt particulier. Si un seul autocollant est utilisé, il doit être placé sur le refoulement du compresseur VFD.

Plus précisément, l'autocollant doit être appliqué sur l'un des coudes de la tuyauterie de refoulement.

FIGURE 13: Placement de l'autocollant 1



ANNEXE

Le placement de cet autocollant est crucial. En fin de compte, son emplacement et son orientation déterminent la lecture des vibrations. L'autocollant ne peut mesurer les vibrations que dans une seule direction.

Le placement de cet autocollant est crucial. En fin de compte, son emplacement et son orientation déterminent la lecture des vibrations. L'autocollant ne peut mesurer les vibrations que dans une seule direction.

FIGURE 15: Orientation verticale de l'autocollant 1

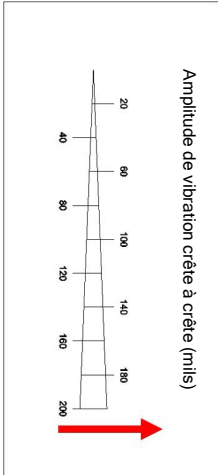
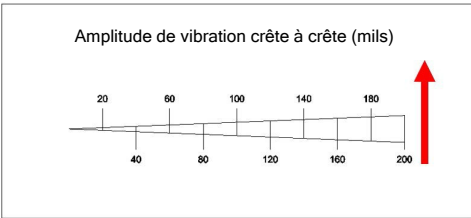


FIGURE 14: Orientation horizontale de l'autocollant 1



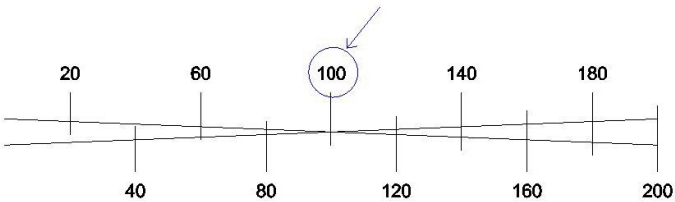
L'orientation horizontale ou verticale donnera des lectures différentes.

Avant de placer l'autocollant, essayez de déterminer la direction du mouvement le plus important. La plupart du temps, il sera approximativement vertical ou horizontal.

13.6.6. LECTURE DE L'AUTOCOLLANT 1

FIGURE 16: Lecture de l'autocollant 1

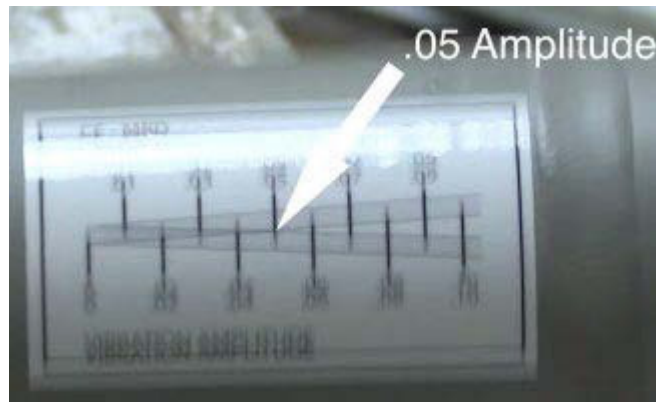
Amplitude de vibration crête à crête (mils)



Lecture d'exemple. Lorsque l'autocollant vibre, les lignes sembleront se rejoindre en un point. C'est la mesure.

ANNEXE

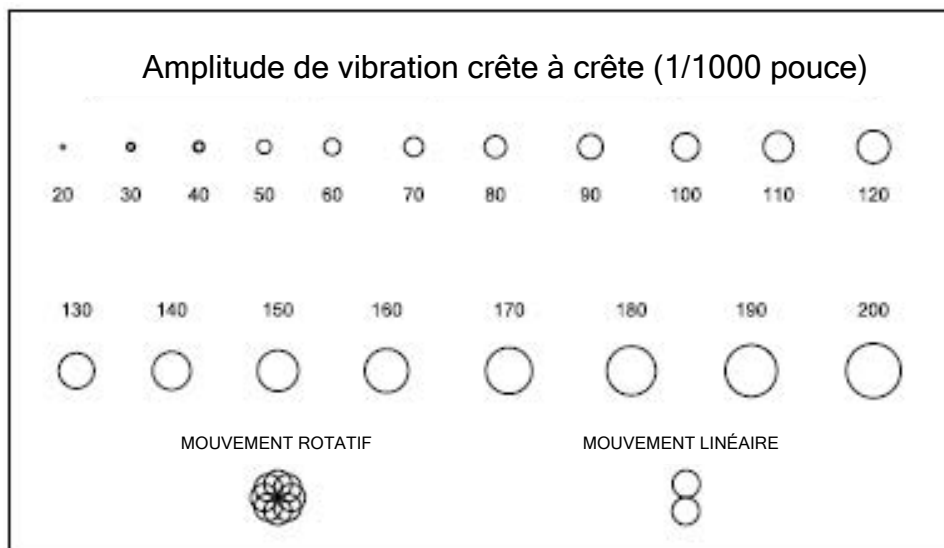
FIGURE 17: Amplitude de l'autocollant 1



Dans chacun de ces exemples, le flou des lignes donne l'illusion qu'il y a un point où les lignes se rejoignent. Le point où les lignes semblent se rejoindre est la mesure de l'autocollant.

13.6.7. LECTURE DE L'AUTOCOLLANT 2

FIGURE 18: Autocollant 2



Déterminer une amplitude vibratoire précise dépend de deux facteurs : un placement approprié et une lecture précise.

ANNEXE

13.6.8. PLACEMENT DE L'AUTOCOLLANT 2

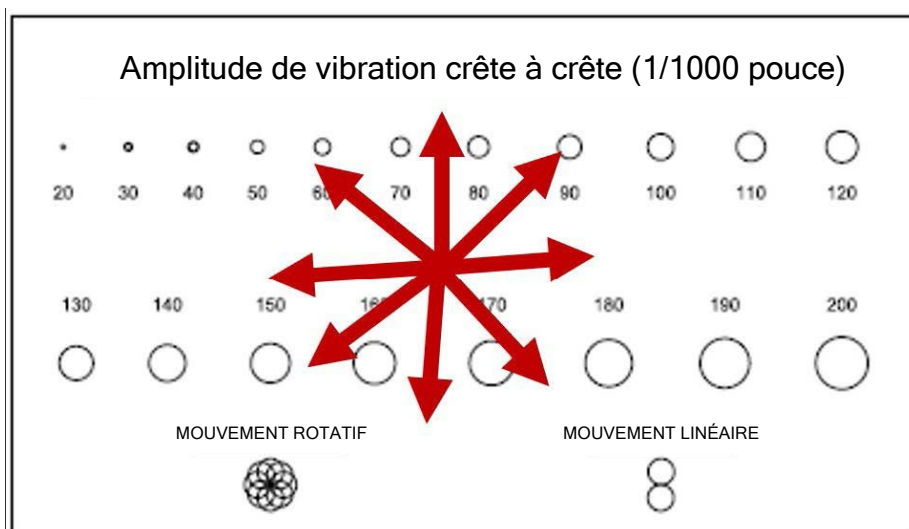
La ligne de décharge du compresseur est une zone d'intérêt particulier. Si un seul autocollant est utilisé, il doit être placé sur la décharge du compresseur VFD (voir Figure 19). Plus précisément, l'autocollant doit être appliqué sur l'un des coudes de la tuyauterie de décharge.

FIGURE 19: Placement de l'autocollant 2



Le placement de cet autocollant est crucial. En fin de compte, l'emplacement et l'orientation de cet autocollant déterminent la direction de la vibration mesurée. L'autocollant peut mesurer les vibrations dans n'importe quelle direction sur le plan de l'autocollant.

FIGURE 20: Mouvement de l'autocollant 2

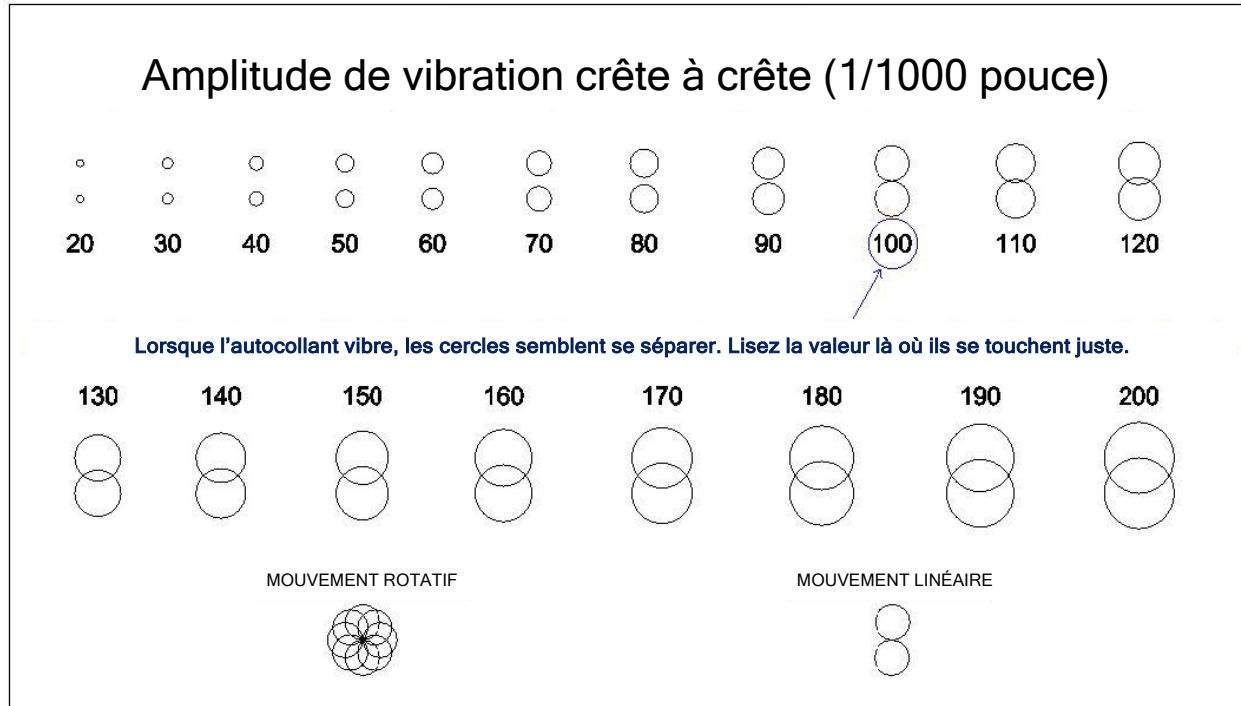


ANNEXE

13.6.9. LECTURE DE L'AUTOCOLLANT

La mesure de l'autocollant est lue lorsque les deux cercles sont parfaitement tangents l'un à l'autre (**Voir Figure 21**). En d'autres termes, là où les cercles se touchent juste, comme montré au bas de l'autocollant.

FIGURE 21: Reading Sticker 2



Notez que les lectures inférieures à la valeur correcte sont espacées davantage et ne se touchent pas ni ne se croisent. De plus, notez que les lectures supérieures à la valeur correcte se croisent entre elles.

La mesure correcte, 100 mils, montre des cercles qui se touchent à peine mais ne s'intersectent pas.

13.7. Procédure d'installation pour tous les raccords

13.7.1. INSTALLATION DES TUYAUX REFFLEX

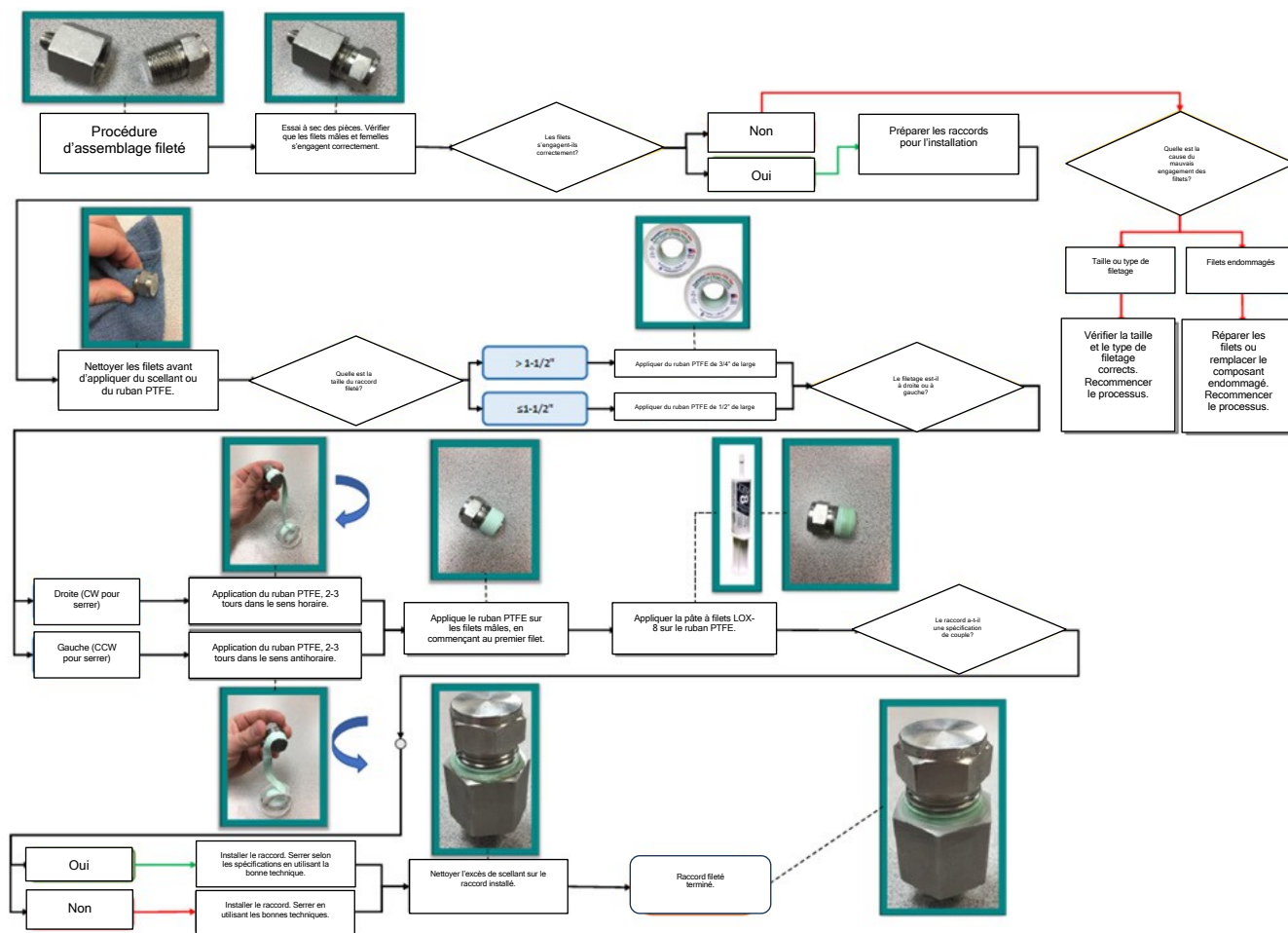
1. Référez-vous au document IN-110, Instructions d'installation des tuyaux Reflex.
2. Marquez un point sur l'écrou de raccord avec un marqueur noir pour indiquer qu'il est complet.
3. Effectuez un test de pression et de fuite sur l'assemblage lorsque l'installation est terminée. Référez-vous aux documents QA-017, QA-033, QA-036 et QA-041.

ANNEXE

13.7.2. INSTALLATION DES CONNEXIONS FILETÉES NPT

1. **Inspection des composants** : Inspectez les filets des pièces du composant et des raccords pour vous assurer qu'ils sont exempts de contaminants et de bavures. Suivez la procédure de rejet pour les pièces défectueuses.
2. **Appliquez du ruban PTFE et de la pâte pour filets LOX-8** : Suivez le diagramme de flux (Voir Figure 23) pour appliquer correctement le ruban PTFE et la pâte pour filets LOX-8.

FIGURE 22: Diagramme de flux des connexions filetées NPT



3. Serrez à l'aide de la clé dynamométrique conformément au document IN-210.
4. Marquez un point sur la connexion filetée avec un marqueur noir pour indiquer qu'elle est terminée.

ATTENTION! NE JAMAIS DESSERRER UNE CONNEXION NPT INSTALLÉE POUR OBTENIR UN ALIGNEMENT CORRECT. DESSERRER LES RACCORDS DE PIPES INSTALLÉS CORROMPRA LE JOINT ET CONTRIBUERA À DES FUITES ET DES PANNES.
Effectuez un test de pression et de fuite sur l'assemblage une fois l'installation terminée. Reportez-vous aux documents QA-017, QA-033, QA-036 et QA-041.

13.7.3. INSTALLATION DES RACCORDS À EMBOUT

1. **Inspection des raccords à embout et des écrous** : Inspectez les raccords à embout et les écrous pour toute déformation. Suivez la procédure de rejet pour les pièces défectueuses.
2. **Application d'huile de réfrigération** : Appliquez une petite quantité d'huile de réfrigération sur les filets du raccord à embout, la surface d'étanchéité du raccord et la surface du tube pour
3. Prévenir l'usure de la surface d'étanchéité et aider à fournir un joint étanche.

ANNEXE

4. Serrer à la main, puis serrer à l'aide d'une clé dynamométrique selon le document IN-210.
5. **Marquage de l'écrou à embout** : Marquez un point sur l'écrou à embout avec un marqueur noir pour indiquer qu'il est terminé.
6. Effectuer un test de pression et un test de fuite sur l'assemblage une fois l'installation terminée. Reportez-vous aux documents QA-017, QA-033, QA-036 et QA-041.

13.7.4. INSTALLATION DES RACCORDS ROTO LOC

1. **Inspection des raccords mâles et femelles** : Inspectez les raccords mâles et femelles pour la propreté et toute déformation. Suivez la procédure de rejet pour les pièces défectueuses.
2. Installer le joint en Téflon fourni avec l'assemblage Roto Loc.
3. **Appliquer une petite quantité d'huile de réfrigérant** sur les filets et la surface de contact.
4. **Serrer à la main**, puis serrer à l'aide d'une clé dynamométrique selon les valeurs suivantes:
 - 1-1/8" = 40 ft lbs
 - 1-3/8" = 60 ft lbs
 - 2" = 120 ft lbs
 - 2-3/8" = 140 ft lbs
5. **Marquer une ligne sur les deux côtés de la connexion** avec un marqueur de peinture pour indiquer que le serrage est terminé.
6. **Effectuer un test de pression et un test de fuite** sur l'assemblage une fois l'installation terminée. Reportez-vous aux documents QA-017, QA-033, QA-036 et QA-041.

13.7.5. INSTALLATION DES RACCORDS SWAGELOK

Note: Un kit d'outils d'installation Swagelok (voir Figure 24) est requis pour l'installation des raccords Swagelok.

FIGURE 23: Kit d'outils d'installation Swagelok

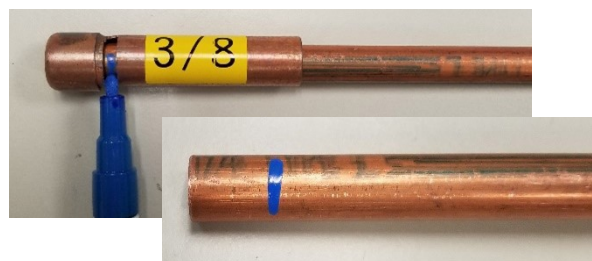


1. **Inspection des raccords** : Inspectez les raccords pour toute déformation. Suivez la procédure de rejet pour les pièces défectueuses.
2. **Choisir l'outil de marquage de tube approprié** et le marqueur de peinture du kit. Placez l'outil de marquage de tube sur le tube sur lequel le raccord sera installé et marquez le tube à travers la fente du gabarit. Voir **Figure 24** et **Figure 25**.

FIGURE 24: Outil de marquage de tube et marqueur de peinture



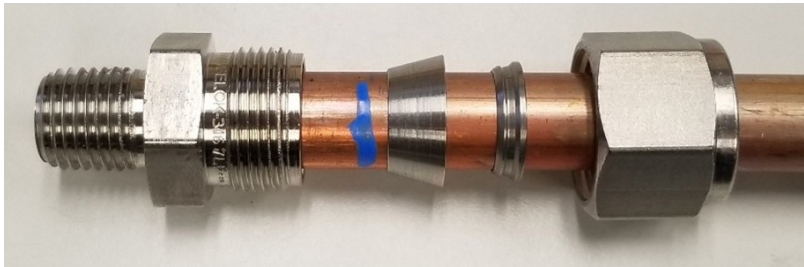
FIGURE 25: Marquage de la profondeur d'insertion



ANNEXE

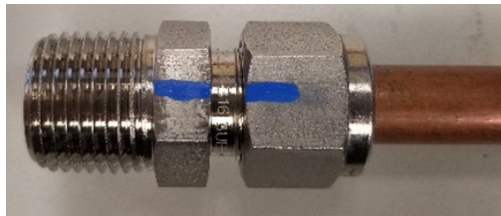
3. Placer le raccord Swagelok sur le tuyau et dévisser pour confirmer que les douilles (ferrules) sont dans la bonne orientation, comme indiqué dans la Figure 26.

FIGURE 26: Pièces et orientation d'assemblage du raccord Swagelok



4. Insérer complètement le tube dans le raccord et contre l'épaulement. Tourner l'écrou à la main jusqu'à ce qu'il soit serré. Marquer le raccord et l'écrou de compression pour mesurer la rotation (voir la prochaine étape, Figure 28).

FIGURE 27: Rotation marquée du raccord Swagelok



5. En maintenant le corps du raccord bien stable, serrer l'écrou d'un tour et 1/4 complet.

FIGURE 28: Swagelok correctement serré

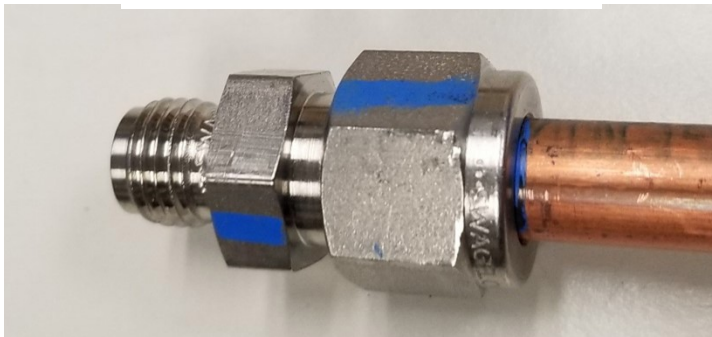
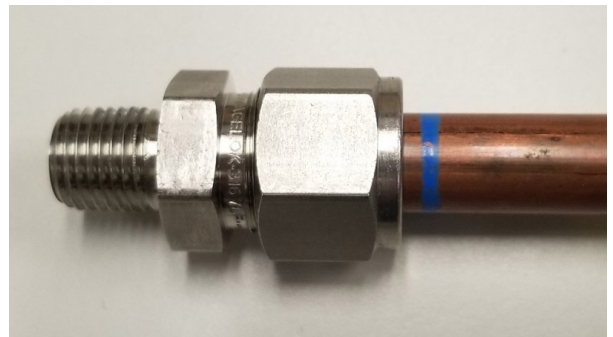


FIGURE 29: Raccord Swagelok non inséré complètement



ANNEXE

6. Positionner l'outil de mesure de l'écart Swagelok à côté de l'écart entre l'écrou et le corps.
 - Si l'outil n'entre pas dans l'écart, le raccord est suffisamment serré (**Figure 30**).
 - Si l'outil entre dans l'écart, un serrage supplémentaire est nécessaire (**Figure 31**).
7. Tourner l'écrou de $\frac{1}{4}$ de tour et vérifier l'écart.
8. Mesurer l'écart avec l'outil de mesure. Si l'outil n'entre pas dans l'écart, le raccord est suffisamment serré.
9. Répéter le serrage jusqu'à ce que l'outil de mesure ne puisse plus entrer dans l'écart.

FIGURE 30: Swagelok Go



FIGURE 31: Swagelok No-Go



10. Effectuer un test de pression et de fuite une fois l'installation terminée. Se référer aux documents QA-017, QA-033, QA-036 et QA-041.

Note: Il n'est pas nécessaire de retirer le capuchon de compression et de démonter le raccord de compression pour l'installation. Cependant, veuillez inspecter l'assemblage pour vous assurer que les deux bagues de compression sont présentes.



Pour toute autre assistance technique,
veuillez consulter la page des ressources
techniques à l'adresse suivante:

WWW.ZERO-ZONE.COM

ou contactez le département de service de Zero Zone au:

800-708-3735

Toutes les spécifications sont sujettes à modification sans préavis.

