



# Vannes électriques

## *pour le contrôle du réfrigérant*

### 10 CARACTÉRISTIQUES ET AVANTAGES

- Actionnement par un moteur pas à pas pour un contrôle précis
- Mécanisme d'entraînement haute résolution - 0,0000783 pouces par pas
- Adapté aux applications de gaz chaud, de liquide et de vapeur d'aspiration
  - Utilisation systématique de matériaux anticorrosion
  - Fiabilité éprouvée sur le terrain
  - Faible consommation électrique - 4 watts
- Raccords ODF en cuivre et raccords SAE en laiton pour une installation aisée
- Compatibilité testée avec la plupart des huiles et des réfrigérants à base de CFC, HCFC et HFC
  - Utilisation de matériaux trempés ou autolubrifiants pour une longue durée de vie
  - Sortie à grande force linéaire

### SOMMAIRE

Le Système de réfrigération .....	1	Surchauffe .....	10
Vannes mécaniques .....	2	Capteurs de pression.....	10
Principes de base des vannes électriques .....	2	Tableaux Pression-Température .....	10
Types de vannes contrôlées électroniquement.....	2	Capteurs de température.....	11
Moteurs pas à pas.....	3	Contrôle de l'air ou de l'eau de refoulement.....	11
Théorie du pas.....	3	Applications .....	11
Actionneurs linéaires numériques - DLA.....	4	Systèmes de climatisation et de réfrigération.....	12
Résolution.....	4	Systèmes à plusieurs évaporateurs/capacité variable .....	12
Spécifications du moteur pas à pas bipolaire .....	5	Pompes à chaleur en split système .....	12
Spécifications techniques ESX .....	5	Systèmes de machine à glace .....	12
Matériel.....	6	Pression constante de l'évaporateur .....	12
Logiciel .....	7	Contrôle des vannes électriques de pression d'évaporateur - EEPR.....	12
Initialisation.....	7	Contrôle des vannes électriques bypass de gaz de refoulement - EDBV .....	13
Boucles de rétroaction.....	8	Applications de récupération de chaleur .....	13
Contrôle PID et algorithmes.....	8	Contrôle de la température et carte d'interface .....	13
Contrôle proportionnel .....	9	Modes de dépannage et de défaillance .....	13
Contrôle intégral .....	9	Nomenclature et informations de capacité.....	15
Contrôle dérivatif .....	9	Glossaire.....	16
Contrôle des détendeurs électriques - EEV .....	10		

### LE SYSTÈME DE RÉFRIGÉRATION

La réfrigération mécanique à cycle de compression de vapeur existe depuis plus de 100 ans et continuera probablement de constituer la base de la réfrigération commerciale dans un avenir proche. Le système de réfrigération est un système fermé dans lequel le processus d'absorption et de rejet de la chaleur est assuré par la compression alternée, la condensation et l'évaporation d'un liquide moteur. Dans sa forme la plus simple, le système se compose d'un compresseur, d'un condenseur, d'un détendeur, d'un évaporateur et de la tuyauterie d'interconnexion.

Le compresseur constitue le cœur du système car il assure le pompage du réfrigérant. Son rôle consiste

à réceptionner la vapeur de réfrigérant à basse pression et basse température provenant de l'évaporateur et à la comprimer en une vapeur de réfrigérant à haute pression et haute température. La vapeur haute pression est ensuite convertie en une phase liquide dans le condenseur. Le condenseur joue son rôle en extrayant la chaleur de la vapeur et en la rejetant dans l'air ou l'eau. Le liquide, qui reste à haute pression, passe à travers le détendeur puis subit une chute de pression pour devenir un mélange basse pression biphasé (liquide et vapeur). Ce mélange de réfrigérant retourne à la phase vapeur dans l'évaporateur en absorbant la chaleur du matériau réfrigéré. La vapeur basse pression et basse température revient ensuite dans le compresseur, et le cycle recommence.

## VANNES MÉCANIQUES

Les moyens nécessaires à la création de la chute de pression pour obtenir l'évaporation du réfrigérant ont évolué au fil des années. La première méthode consistait simplement en une vanne manuelle réglée pour un débit et une condition de charge spécifiques. Son efficacité était limitée étant donné qu'elle devait être réinitialisée manuellement à chaque changement de la charge du système.

Les tubes capillaires, à savoir de petits tuyaux à alésage interne, servent à créer une chute de pression par la friction élevée du débit interne. Leur capacité à suivre la charge est très limitée. Un concept similaire était utilisé dans l'orifice fixe. Un tout petit trou était utilisé pour créer la chute de pression nécessaire. Mais là encore, la capacité de suivi de la charge est faible.

Un des premiers types de système est le modèle submergé. Dans les systèmes submergés, l'évaporateur est un réservoir qui contient le réfrigérant et les tuyaux renfermant l'air ou l'eau à refroidir sont immergés dans le liquide. Les dispositifs flottants installés sur le flux de réfrigérant entrant ou sortant étaient relativement efficaces, mais ils convenaient uniquement à une utilisation avec niveau fixe. Les systèmes flottants étaient également sensibles à l'accumulation d'huile dans l'évaporateur due aux faibles vitesses du débit de réfrigérant.

Les avancées réalisées dans le domaine des vannes mécaniques ont donné naissance aux détendeurs automatiques. Les détendeurs automatiques maintiennent une certaine pression dans l'évaporateur et s'ouvrent en conséquence pour créer une chute dans la pression d'aspiration. Bien qu'ils soient en mesure de mieux suivre la charge que les étranglements ou les tubes capillaires, leurs caractéristiques d'exploitation sont parfois à l'opposé des exigences d'un système efficace.

Le contrôle mécanique le plus efficace et le plus populaire du réfrigérant est incontestablement le détendeur thermostatique (TEV). Le TEV fonctionne en mesurant et en contrôlant la surchauffe dans l'évaporateur. La surchauffe consiste en une mesure directe du travail effectué, ou de la chaleur absorbée, par l'évaporateur. En contrôlant la surchauffe, le TEV peut mesurer la quantité appropriée de réfrigérant dans l'évaporateur, et ce quelles que soient les conditions de charge, tout en évitant un retour de liquide qui risquerait d'endommager le compresseur.

Un dispositif de contrôle de réfrigérant idéal ne serait pas spécifique à un réfrigérant, offrirait une très large plage de puissances, pourrait être réglé à distance et contrôlerait directement la température. Les vannes contrôlées électroniquement satisfont pleinement à ces exigences.

## PRINCIPES DE BASE DES VANNES ÉLECTRIQUES

Dans les conceptions actuelles, les composants électroniques qui contrôlent la vanne sont séparés de la vanne à proprement parler. Pour décrire les vannes, l'expres-

sion adaptée est donc *vannes électriques contrôlées électroniquement*. Par commodité, nous utiliserons dans la suite de ce document l'expression vanne électrique.

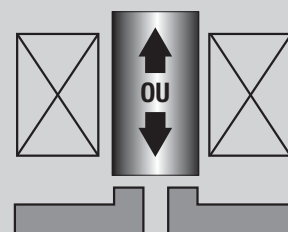
Étant donné que la fonction des vannes électriques dans le système est attribuée par le logiciel de leur contrôleur, une vanne électrique peut être utilisée dans tout le système ; comme détendeur, vanne bypass des gaz de refoulement, vanne de régulation de l'évaporateur, vanne de récupération de chaleur, vanne de régulation de haute pression ou vanne de régulation de pression du carter.

## TYPES DE VANNES CONTRÔLÉES ÉLECTRONIQUEMENT

Quatre modèles de vannes électriques de base sont proposés sur le marché ; électrovanne ou vanne à impulsions, analogique, à moteur thermique ou à moteur pas à pas.

Les **électrovannes** sont généralement utilisées comme vannes d'arrêt et présentent une conception simple. Lorsqu'une bobine entourant un piston est alimentée, le champ magnétique soulève le piston. Voir Figure 1. Les vannes sont conçues de manière à ce que le piston ouvre un orifice lorsqu'il est soulevé par le champ magnétique. Ce type de vanne peut être ouvert ou fermé mais n'est pas en mesure de moduler le débit. Pour jouer un rôle efficace de vanne de modulation, une électrovanne doit être ouverte puis fermée rapidement en réponse à un signal généré par un contrôleur. Le terme *Modulation de largeur d'impulsion* (PWM), ou simplement Impulsion, est utilisé pour désigner cette conception. Les limites mécaniques de cette conception réduisent la capacité de suivi de charge, ou résolution, à une plage très étroite. En raison des démarrages et arrêts soudains du débit de réfrigérant créés par ce type de vanne, l'effet de « coup de bélier » ou des vibrations peuvent se produire et endommager la vanne ou le système. Les applications de vannes à impulsions se sont avérées modérément efficaces. Néanmoins, il convient de prendre en considération les effets de plage longue sur les vannes et les systèmes.

TYPES À IMPULSIONS  
ON-OFF  
Figure 1

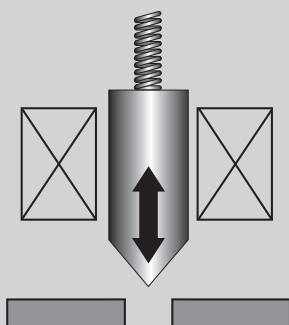


Les **vannes analogiques**, représentées à la Figure 2, sont à rapprocher des vannes à impulsions dans la mesure où elles consistent à la base en une conception d'électrovanne. La principale différence réside dans la bobine et le piston qui sont spécifiquement conçus pour créer un champ magnétique variable. Un champ plus puissant ouvrira plus la vanne, tandis qu'un champ plus faible permettra à la vanne de se fermer. Les vannes analogiques offrent une modulation quasiment infinie, mais la programmation requise pour positionner le piston avec précision s'avère très complexe. Les

vannes sont sujettes à une hystérésis élevée, une friction interne, un magnétisme résiduel et une faible répétabilité. Les vannes analogiques à la conception adaptée, telles que le modèle CDA de Sporlan, sont très utilisées dans la réfrigération de transport mais peu courantes dans d'autres applications.

TYPE ANALOGIQUE À  
CHAMP MAGNÉTIQUE  
VARIABLE

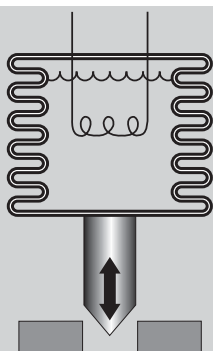
Figure 2



Les **vannes à moteur thermique** présentent une construction similaire aux détendeurs thermostatiques. Voir la Figure 3. Les TEV sont équipés d'un bulbe rempli d'une substance, généralement un mélange de réfrigérants ou d'autres liquides, qui se dilate sous l'effet de la chaleur. La chaleur qui est à l'origine de cette expansion, et par conséquent de l'ouverture de la vanne, est transférée de la tuyauterie d'aspiration au bulbe. Dans une vanne à moteur thermique, un petit réchauffeur électrique immergé dans le liquide du bulbe est alimenté par des quantités variables. La chaleur générée entraîne la dilatation du liquide du bulbe afin de moduler la vanne.

VANNE À MOTEUR  
THERMIQUE

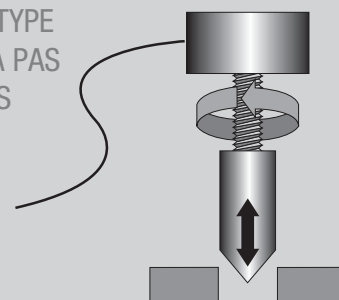
Figure 3



Les **vannes à moteur pas à pas**, illustrées à la Figure 4, sont les plus sophistiquées de par leur conception. Dans ce type de vanne, un petit moteur est utilisé pour ouvrir ou fermer l'orifice de la vanne. Le moteur qui est employé ne tourne pas en continu. Au contraire, il tourne d'une fraction de tour à chaque signal envoyé par le contrôleur. Ce « pas à pas » discret donne son nom au moteur. Le nombre de signaux pas à pas envoyé par le contrôleur est enregistré par le contrôleur et ce dernier peut, à tout moment, replacer la vanne à une position antérieure. Cette répétabilité est presque absolue et un contrôle extrêmement fin est ainsi possible. Les circuits numériques utilisés par les contrôleurs du moteur pas à pas peuvent répondre rapidement et avec précision. L'ESX est actionné à 83 pas par seconde alors que les moteurs pas à pas Sporlan plus grands sont actionnés à une fréquence de 200 pas par seconde et peuvent reprendre une position exacte. Les vannes électriques Sporlan sont conçues pour des moteurs allant de 500 à 6 386 pas, offrant ainsi une résolution ou un contrôle du débit exceptionnels.

CONTRÔLES DU TYPE  
À MOTEUR PAS À PAS  
PAR INCRÉMENTS  
PRÉCIS

Figure 4



## MOTEURS PAS À PAS

Les moteurs pas à pas existent depuis de nombreuses années mais ils se limitaient à des applications très spécialisées et généralement coûteuses. Lorsque le secteur des ordinateurs personnels s'est développé et que les voitures ont été de plus en plus contrôlées électroniquement, le besoin en moteurs de petite taille, fiables et peu coûteux a considérablement augmenté. Les moteurs pas à pas permettent de réaliser le mouvement de précision répétable qui est demandé aux imprimantes à grande vitesse et à la gestion informatisée du moteur. Dans les années 1980, Sporlan a mis à l'essai la technologie du moteur pas à pas et, finalement, des vannes à moteur pas à pas ont été fabriquées au début des années 1990. Les conceptions initiales intégraient des moteurs unipolaires, mais les designs plus récents ont recours au type bipolaire plus efficace.

## THÉORIE DU MOTEUR PAS À PAS

Contrairement aux moteurs traditionnels qui tournent tant qu'ils sont correctement alimentés en électricité, les moteurs pas à pas tournent d'une fraction de tour définie puis s'arrêtent. Lorsque l'alimentation est coupée puis remise, le moteur pas à pas effectue une rotation définie, ou un pas, puis s'arrête de nouveau. Ce cycle peut se répéter indéfiniment, dans les limites de la mécanique, dans les deux sens. Bien qu'apparemment complexe, ce mouvement de marche/arrêt est mécaniquement plus simple que les moteurs à commutation ou à induction.

Les moteurs pas à pas, comme presque tous les moteurs, s'appuient sur le principe magnétique selon lequel des pôles opposés s'attirent et que des pôles identiques se repoussent. Ces pôles sont appelés Nord (N) et Sud (S).

Figure 5



Si les aimants centraux du dessus et du dessous sont libres de tourner, l'orientation précédente se reproduira systématiquement. Si des électroaimants sont utilisés, un aimant ou un rotor qui a pivoté peut s'aligner sur les champs magnétiques créés lorsque les électroaimants sont excités.

Figure 6



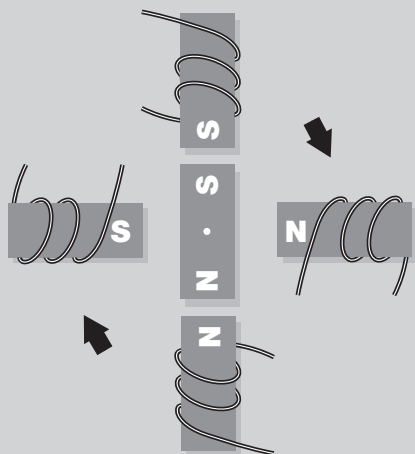
Si l'alimentation est maintenue, les pôles magnétiques s'alignent et aucun mouvement ne se produit.

Figure 7



Si plusieurs groupes d'électroaimants sont positionnés autour d'un rotor à aimant permanent tournant librement et si chacun est excité en série, le rotor passe alors sur chaque position d'alignement : un moteur pas à pas est ainsi créé.

Figure 8



L'exemple ci-dessus est simple. En réalité, les moteurs pas à pas peuvent posséder de 24 à 100 électroaimants virtuels organisés autour du rotor. Une simple opération arithmétique montre que ces moteurs ont des avancements angulaires ou incréments de rotation de 15° à 3,6°.

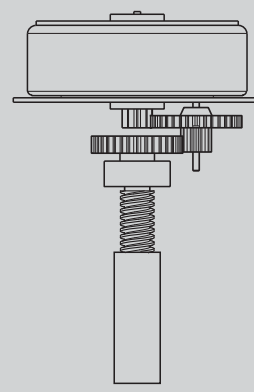
Il existe deux types génériques de moteurs pas à pas : unipolaires et bipolaires. Pour le type unipolaire, comme le moteur de l'ESX de Sporlan, le courant circule dans une seule direction. Dans le cas du moteur de la vanne ESX de Sporlan, le fil gris est toujours de +12 volts CC et chacune des quatre autres couleurs est, à tour de rôle, branchée à la terre. Les circuits d'entraînement sont plus simples mais le couple et l'efficacité sont plus faibles que ceux des conceptions bipolaires. Cependant, les moteurs unipolaires sont utiles dans des vannes de petite capacité telles que l'ESX de Sporlan. Un moteur bipolaire, tel que celui utilisé dans toutes les autres vannes de Sporlan, est excité par des signaux qui inversent la polarité. Pour le premier pas, le fil noir peut être négatif alors que le blanc est positif. Pour le deuxième pas, le noir devient positif alors que le blanc, négatif. Ce phénomène en tandem augmente le couple et l'efficacité par rapport à la taille du moteur et la puissance absorbée. Le type bipolaire est choisi pour toutes les vannes à moteur pas à pas de plus grandes dimensions. La Figure 11 page 6 reproduit les circuits d'entraînement bipolaires.

### ACTIONNEURS LINÉAIRES NUMÉRIQUES - DLA

De petits incréments de rotation peuvent être utiles aux entraînements des têtes d'impression ou à des fins de signalisation mais souvent, un mouvement linéaire est plus souhaitable. Dans le cas des vannes électriques de

régulation de réfrigérant, non seulement un mouvement linéaire est nécessaire mais une force linéaire importante est également requise pour fermer un orifice malgré une haute pression. Alors que les vannes à faible tonnage peuvent utiliser avec succès un entraînement direct, ce n'est pas toujours le cas des vannes plus grandes. La solution qui répond à ces deux nécessités est l'actionneur linéaire numérique ou DLA. Les DLA servent à convertir une rotation en un mouvement de pousser/tirer, souvent avec une importante augmentation de la force de sortie. La hausse de la force est dérivée d'un simple train d'engrenages et peut représenter une augmentation au quintuple des avantages mécaniques. Cette hausse du couple est utilisée pour tourner une vis de commande ou une tige filetée. Un écrou de commande, ou accouplement, est fileté sur la tige mais est entravé par des rainures ou des guides spécialement formés pour l'empêcher de tourner. Étant donné que l'écrou de commande ne peut pas tourner, il se déplace vers l'avant ou l'arrière selon la rotation de la tige filetée.

Figure 9



### RÉSOLUTION

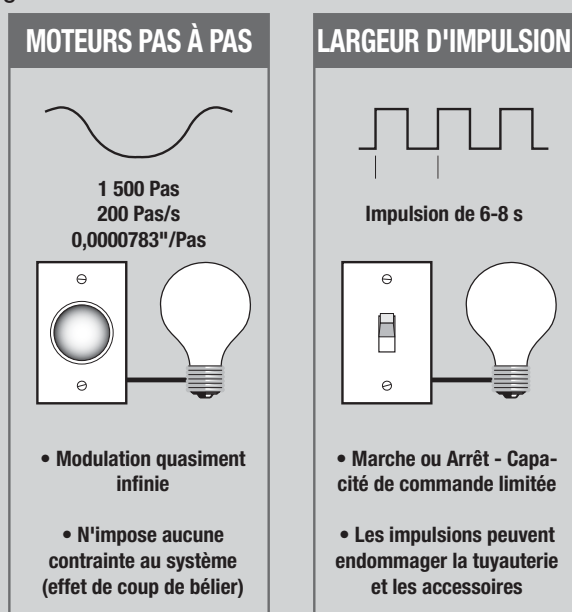
La résolution est définie comme la capacité de la vanne à répondre précisément aux exigences en matière de débit. Sur une vanne à impulsions, seules deux positions de résolution sont possibles : entièrement ouverte ou entièrement fermée. En théorie, si une vanne doit répondre à 50 % d'une charge, elle doit rester fermée la moitié du temps et entièrement ouverte le reste du temps. Le contrôle de la température et la surchauffe se fera par « à-coups » étant donné que la vanne inonde puis assèche l'évaporateur. Si les pivotements sont de 6°, la résolution est présumée de ±3°. Un détendeur thermostatique ou TEV a une meilleure résolution car il s'ouvre et se ferme graduellement. Pour ces deux types de vanne, une hystérésis existe.

L'hystérésis est la friction interne de tout système. Sur une TEV, une plus grande force ou pression est nécessaire pour déformer le diaphragme dans le sens de l'ouverture que dans le sens de la fermeture. Cette hystérésis affecte la résolution de la TEV et limite sa capacité à mieux mesurer le réfrigérant avec une haute pression et des conditions de charge de l'évaporateur largement changeantes. Les TEV à orifice équilibré, tels que les vannes de la série BF et O de Sporlan, ont une capacité beaucoup plus grande pour suivre la charge que les TEV conventionnels mais quand même inférieure à celle des EEV.

La résolution d'un détendeur électrique ou EEV est contrôlée par la course et le nombre de pas de cette course. Sporlan propose des détendeurs de toutes les tailles pour un grand nombre d'applications. Tous les détendeurs, sauf

l'ESX, utilisent le même ensemble moteur/entraînement mais la taille physique limite le nombre de pas utilisés dans les différents détendeurs. Les détendeurs électriques ESX offrent 500 pas de course nominaux, les détendeurs électriques SER et SEI 1 596 pas de course nominaux, les CDS-16, SDR-4 et les détendeurs électriques à large tonnage 6 386 pas de course nominaux. Le piston ou la broche des détendeurs les plus grands se déplace à chaque pas d'une distance linéaire égale de 0,0000783 pouce. Cet éloignement extrêmement minime de la broche du siège se traduit par l'augmentation ou la diminution très faible du débit de réfrigérant. Les vannes de type à impulsions, avec uniquement des capacités d'ouverture et de fermeture, ont une résolution inférieure. Par analogie, cela revient à comparer un interrupteur de marche/arrêt d'une lampe qui ne propose que deux pas de résolution avec un variateur d'éclairage qui peut en avoir des milliers.

Figure 10



Les plus grandes vannes actionnées par moteur pas à pas Sporlan sont toutes équipées d'un ensemble d'entraînement à moteur bipolaire, comme indiqué ci-dessous. Les spécifications ESX suivent :

## SPÉCIFICATIONS

### Type de moteur :

Aimant permanent biphasé, bipolaire à 2 bobines

### Réfrigérants compatibles

R-22, R-134a, R-404A, R-407C, R-507, R-410A

### Tension d'alimentation :

12 VCC, -5 %, +10 % mesurés au niveau des câbles de la vanne

### Branchements :

Câble chemisé, isolation en PVC, 18 AWG, à 4 fils

### Résistance de phase :

75 ohms par enroulement  $\pm 10\%$  à 72 °F (22 °C)  
(SER - 100 ohms  $\pm 10\%$  à 72 °F (22 °C))

### Plage de courant :

0,131 à 0,215 A/enroulement  
0,262 à 0,439 A avec 2 enroulements alimentés

### Inductance :

62  $\pm 20\%$  mH par enroulement

### Entrée de puissance maximale :

4 watts

### Fréquence de pas recommandée :

200 pas par seconde, d'autres fréquences doivent être approuvées.

### Nombre de pas :

6 386, 3 193 ou 1 596 selon le modèle de vanne

### Résolution :

0,0000783 pouces/pas (0,002 mm/pas)

### MOPD

620 PSI (42 bars)

### MRP

620 PSI (42 bars)

### Résistance diélectrique :

650 $\pm$ 50 VRMS pour 1 seconde

### Force de sortie linéaire à l'entraînement de la vanne :

45 lbf. (200 N) minimum

### Force de détente à l'entraînement de la vanne :

130 lbf. (578 N) minimum

### Température du fluide :

-40-225 °F (-40-107 °C)

### Température ambiante/de stockage :

-40 à 225 °F (-40-107 °C)

## SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES ESX

### Description du dispositif

Détendeur à moteur pas à pas à aimant permanent, quadriphasé, 24 broches, unipolaire, pour les réfrigérants à base d'hydrocarbure halogéné

### Type d'actionneur

Stator sec : remplaçable, orientable, 10 positions  
Rotor mouillé : corps entièrement étanche

### Tailles des orifices et capacité nominale de la vanne

0,055" (1,4 mm) : 1,5 tonne R-22 (4,5 kW)  
0,071" (1,8 mm) : 3,0 tonnes R-22 (7 kW)  
0,094" (2,4 mm) : 5,0 tonnes R-22 (15 kW)

### Construction

Stator : cuivre, acier, nylon  
Corps : laiton, cuivre, acier inoxydable

### Réfrigérants compatibles

R-22, R-134a, R-404A, R-407C, R-507, R-410A

**Huiles compatibles**

Minérale, polyester, alkylbenzène

**Résolution**

500±20 pas ; course 0,104" (2,64 mm)

**Fréquence de pas**

30 impulsions/sec minimum jusqu'à 83,5 impulsions/sec maximum

**Temps de transit de mouvement complet**

16,7 s à 30 impulsions/s  
6 s à 83,5 impulsions/s

**Arrêt de la vanne**

140 cc/min à 150 psid (10,3 bars)  
Assise métal/Métal  
Protégée contre le sur/sous-entraînement

**Tension du stator**

12 VCC ±10 %

**Puissance**

4 watts nominale pendant le transit  
5,8 watts maximum  
Aucune puissance de maintien requise

**Isolation du stator**

Classe E, 500 V pas de rupture diélectrique

**Chemin d'écoulement/Raccord**

Modèle de débit à 90°; bidirectionnel  
Raccords en cuivre étendus

**Orientation de l'installation**

Verticale à horizontale recommandée

**MOPD**

500 psi (34,5 bars) débit vers l'avant (entrée latérale)  
Voir Tableau 1 pour le flux inverse (entrée inférieure)

Tableau 1

MOPD DE L'ESX		
Type de vanne	ENTRÉE LATÉRALE À DÉBIT AVANT	ENTRÉE INFÉRIEURE À DÉBIT INVERSE
ESX-14	500 psi	400 psi
ESX-18	500 psi	300 psi
ESX-24	500 psi	125 psi

Pression de service maximum  
650 psig (44,8 bars)

**Pression de rupture**

3 250 psig (224 bars)

**Température du support**

-40 °F à 155 °F (-40 °C à 70 °C)

**Température ambiante/de stockage**

-25 °F à 140 °F (-30 °C à 60 °C)

**Durée de vie minimale**

250 000 CYCLES

**Résistance à la corrosion**

100 h. ASTM B-117 de brouillard salin

**Poids**

Corps : 0,17 lb (77 g)  
Stator : 0,34 lb (154 g) ; sans câble

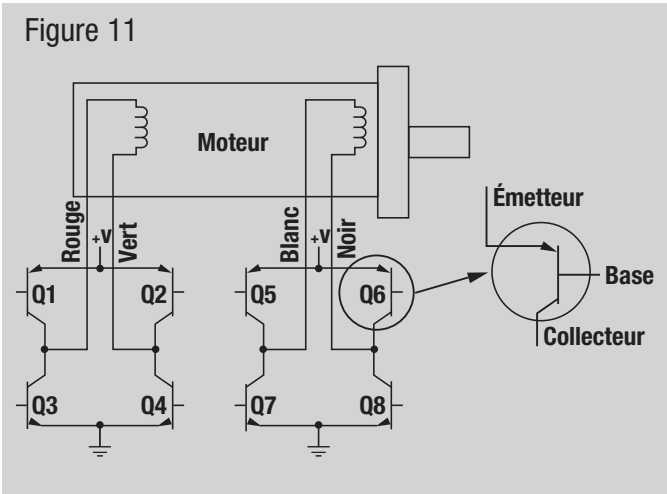
**Résistance de phase**

46± 4 ohms chaque phase vers le fil commun (gris)

La discussion page 4 établit la différence entre un moteur unipolaire et un moteur bipolaire.

**MATÉRIEL**

Le matériel de contrôle réel des détendeurs peut adopter plusieurs formes. Le plus complexe et coûteux utilise des transistors individuels ou discrets pour chaque fonction de commutation. Cette conception requiert l'utilisation de huit transistors, étiquetés de Q1 à Q8, branchés comme illustré sur le schéma de la Figure 11.



Les transistors sont de simples commutateurs à l'état solide. État solide signifie qu'ils sont fabriqués à partir d'une puce solide en silicône et qu'ils se composent de pièces mobiles. Ils agissent comme des commutateurs ou des relais en utilisant un petit signal électrique pour activer ou désactiver un signal. Sur le symbole ci-dessus, le petit signal entre dans le fil de « base » et lui permet de circuler de l'émetteur jusqu'au collecteur. Le microprocesseur, ou petit ordinateur, utilisé dans le contrôleur a la capacité de séquencer des signaux à la « base » de

chaque transistor. Comme le montre le tableau ci-dessous, cette séquence de signaux active et désactive les transistors par paires pour ouvrir ou fermer la vanne d'un certain nombre de pas. Les transistors disponibles sont ceux de type bipolaires (à ne pas confondre avec les moteurs portant le même nom) qui contrôlent le courant, et les MOSFET (transistor à effet de champ à oxydes métalliques) qui contrôlent la tension. Pour chaque type, il existe aussi des transistors qui sont utilisés pour couper l'alimentation ou la terre. L'étude de ces différences dépasse l'étendue de ces explications mais les circuits d'entraînement utilisant chacun de ces types de transistors ont été employés avec succès.

La séquence d'entraînement réelle des vannes de Sporlan est indiquée dans le Tableau 2.

Tableau 2

	SÉQUENCE D'ENTRAÎNEMENT BIPOLAIRE				
	PAS	NOIR	BLANC	ROUGE	VERT
FERMÉ ↓	1	12 volt	0 volt	12 volt	0 volt
	2	0 volt	12 volt	12 volt	0 volt
	3	0 volt	12 volt	0 volt	12 volt
	4	12 volt	0 volt	0 volt	12 volt
	1	12 volt	0 volt	12 volt	0 volt
↑ OUVERT					

Utilisé pour tous les détendeurs à moteur pas à pas Sporlan sauf ESX

	SÉQUENCE D'ENTRAÎNEMENT UNIPOLAIRE				
	PAS	ORANGE	ROUGE	JAUNE	NOIR
FERMÉ ↓	1	0 volt	12 volt	12 volt	12 volt
	2	0 volt	0 volt	12 volt	12 volt
	3	12 volt	0 volt	12 volt	12 volt
	4	12 volt	0 volt	0 volt	12 volt
	5	12 volt	12 volt	0 volt	12 volt
	6	12 volt	12 volt	0 volt	0 volt
	7	12 volt	12 volt	12 volt	0 volt
	8	0 volt	12 volt	12 volt	0 volt
↑ OUVERT	1	0 volt	12 volt	12 volt	12 volt

Gris est commun et branché à tout moment à du 12 volts.  
Utilisé pour les détendeurs ESX uniquement.

Étant donné que chaque phase est excitée en séquence, l'axe du moteur se déplace d'un pas dans le sens indiqué. La séquence se répète autant de fois que nécessaire pour atteindre la position calculée par le contrôleur électronique externe.

L'inversion de la séquence change le sens de l'axe du moteur, un séquençage approprié permet à la vanne de s'ouvrir et de se fermer sans perte de pas.

Les moteurs pas à pas à aimant permanent, tels que ceux utilisés par Sporlan, conservent leur position lorsque l'alimentation est coupée. Cet effet de « frein » permet d'utiliser des contrôleurs plus simples et consommant moins d'énergie. **Sporlan conseille de couper l'alimentation électrique du moteur lorsqu'il n'est pas activement en déplacement pour minimiser la chaleur et la consommation électrique.** Une force de plus de 578 Newtons (130 livres) est nécessaire pour faire tourner le moteur lorsqu'il n'est pas alimenté. Cela n'est pas possible dans le cadre d'une utilisation normale de la vanne.

## LOGICIEL

Les vannes, avec leurs moteurs et câblage, et les contrôleurs, avec leurs transistors et microprocesseurs, sont regroupés sous le nom de « Hardware ». Pour que le « Hardware » exécute une fonction, un jeu d'instructions doit être transmis au microprocesseur. Ce jeu d'instructions est appelé « Software » et certaines « routines » doivent être entrées pour rendre possible le contrôle des vannes.

La plupart des vannes à moteur pas à pas sont conçues sans intelligence interne ou rétroaction, c'est-à-dire qu'elles se déplacent uniquement en réponse aux signaux du contrôleur. Les vannes gardent leur position quand aucun signal n'est reçu et la position de la vanne est enregistrée dans la mémoire du contrôleur. Lorsque la vanne reçoit un signal de changement de position, le contrôleur conserve une trace de la modification. Cependant, le contrôleur ne « sait » pas directement si la vanne a changé de position. Pour rendre possible cette forme de contrôle, deux routines de contrôle doivent être appliquées : les boucles d'initialisation et de rétroaction.

## INITIALISATION

L'initialisation a lieu lorsque les vannes sont alimentées pour la première fois et, parfois, lorsque le système subit des changements importants, par ex. lorsqu'il est fermé pour dégivrage. Lorsque l'ensemble contrôleur et vanne est alimenté simultanément pour la première fois, le contrôle ne connaît pas la position de la vanne. Pour cette initialisation, le contrôleur envoie un nombre de pas de fermeture supérieur au nombre total de pas constituant la course de la vanne. Cela permet de garantir que la vanne est fermée. Cette position fermée devient la position « 0 » (zéro) de la vanne utilisée dans tous les calculs ultérieurs du contrôleur.

Cette série de pas supplémentaires qui s'appelle « over-driving » (surmultiplication) est acceptée sans dommage par les vannes qui sont conçues à cet effet. Le nombre réel de pas en excès dépend de la vanne utilisée. Les vannes de Sporlan, bien qu'elles utilisent toutes le même moteur/entraînement, sont disponibles selon un grand nombre de configurations et de tailles différentes. Le nombre de pas ou de sauts de débit nominaux varie de 500 pour l'ESX à 3 500 pour le petit détendeur SER et les vannes SDR-3(X) et 6 386 pour tous les autres. Le nombre de sauts de débit constitue la plage au-dessus de laquelle les vannes et détendeurs peuvent mieux contrôler le débit. Le nombre réel de pas de la course mécanique est supérieur et dépend de la tolérance de fabrication. Pour garantir que les vannes et détendeurs sont complètement fermés pendant l'initialisation, le nombre de pas indiqué dans le Tableau 3 doit être appliqué.

Tableau 3

INITIALISATION	
TYPE DE VANNE	PAS
ESX	500
SER 1.5 TO 20	3500
SEI-30 & 50	6500
SEH-100	6500
SEH-175	6500
CDS-9	6500
CDS-16	6500
SDR-3 & SDR-3X	3500
SDR-4	6500

Étant donné que les vannes ont été conçues pour accepter des pas en excès sans s'endommager, une initialisation de 7 500 pas peut être utilisée sur toutes les vannes.

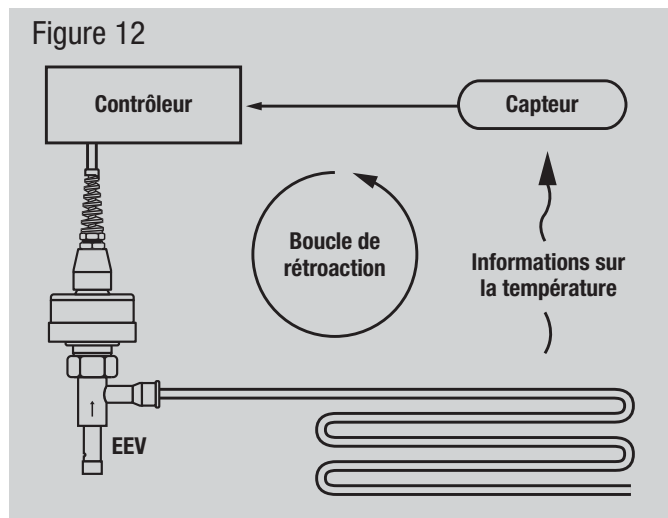
Une fois que la vanne est complètement fermée et que le contrôleur connaît la position « 0 » de la vanne, l'algorithme peut être appliqué à l'aide d'une boucle de rétroaction.

## BOUCLES DE RÉTROACTION

La rétroaction se produit lorsque le résultat d'un processus est détecté et l'information de détection est utilisée pour modifier le processus. Plus simplement, lorsque le contrôleur ouvre trop l'EEV, entraînant un refroidissement excessif, le capteur de température renvoie cette information et le contrôleur ferme le détendeur. Les vannes à moteur pas à pas pourraient être conçues avec une rétroaction interne qui ferait état de la position réelle de la vanne en fournissant le nombre de pas d'ouverture mais cela serait coûteux et inutile en termes de contrôle de la température.

Si un algorithme de contrôle était rédigé en ne faisant référence qu'au nombre absolu de pas d'ouverture, les modifications de la haute pression, de la température du liquide, etc., ne seraient alors pas prises en compte et le contrôle serait insuffisant.

Au lieu de cela, les capteurs sont utilisés pour identifier l'effet de la position du détendeur sur la température et la position est modifiée pour que la température détectée s'approche au plus près du point de consigne.



La boucle de rétroaction illustrée à la Figure 12 est augmentée par l'utilisation d'un algorithme PID (Proportionnel, intégral et dérivé) comme l'explique la section ALGORITHME ci-dessous.

## CONTRÔLE PID et ALGORITHMES

### Contrôle PID

En cas de contrôle **proportionnel**, la température réelle avoisinera le point de réglage, mais en raison de divers facteurs, elle risque de ne pas atteindre le point de réglage dans toutes les circonstances. La différence est alors appelée « décalage ». Si le décalage est constant, comme l'illustre la Figure 13, la différence peut alors être programmée dans le contrôleur. Dans le monde réel, les décalages

évoluent dans le temps et selon les conditions de charge. Des moyens de correction doivent alors être utilisés.

En contrôle **intégral**, le décalage changeant est calculé par l'algorithme de contrôle et ajouté au point de réglage. Le contrôle intégral est souvent appelé contrôle de « réinitialisation » en raison de cette caractéristique. Voir la Figure 14.

Figure 13

Contrôle proportionnel

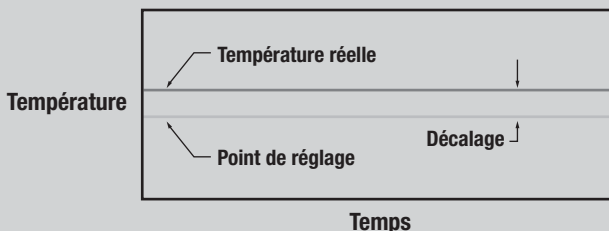
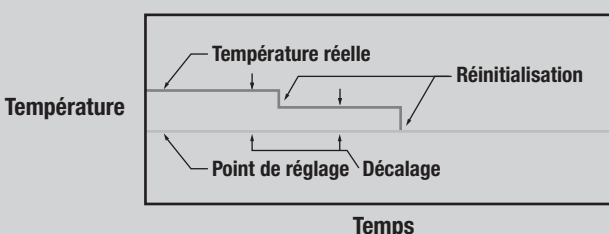


Figure 14

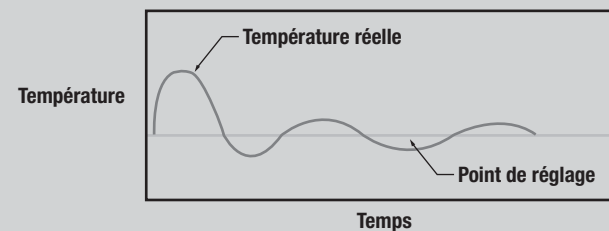
Contrôle proportionnel et intégral



Le contrôle **DÉRIVATIF** examine la pente de la courbe de changement de température. Si la pente est raide, l'algorithme déplace la vanne plus rapidement ou de manière plus importante afin de satisfaire à ces nouvelles conditions.

Figure 15

Contrôle proportionnel, intégral et dérivatif



Les algorithmes qui utilisent le contrôle proportionnel, intégral et dérivatif peuvent être très précis. L'algorithme peut, dans de nombreux cas, être programmé pour « apprendre » ses propres coefficients pour les trois variables. Les contrôleurs PID Auto-tune offrent cette possibilité. Toutefois, ils sont généralement disponibles uniquement pour le contrôle de température en un seul point. Les applications simples de bypass de température d'évaporateur ou de gaz de refoulement peuvent se prêter à ce type de contrôle, mais les fonctions complexes telles que le contrôle de la surchauffe ne sont généralement pas disponibles dans les composants standard. Étant donné que les détendeurs, qu'ils soient mécaniques ou électroniques, sont essentiellement des dispositifs de contrôle de la surchauffe, leurs contrôleurs doivent pouvoir mesurer la surchauffe. La méthode de deux températures ou la méthode pression-température peuvent alors être utilisées. Voir la discussion sur le Contrôle des détendeurs électriques.

Dans tous les cas, une série de tests approfondis est requise afin de garantir le bon fonctionnement. Ces tests étant très onéreux, les algorithmes de surchauffe sont tenus secrets par la plupart des fabricants de régulateurs.

### Algorithmes

Quelle que soit la méthode de détermination de la surchauffe, le contrôleur l'utilise dans le cadre d'un algorithme pour contrôler la vanne. Un algorithme désigne simplement un ensemble d'instructions. Les algorithmes se basent sur des déclarations « si-alors », comme par exemple : « si la surchauffe augmente, alors ouvrir l'EEV ». Les algorithmes sont généralement créés après l'exécution de tests visant à déterminer l'effet qu'ont les différentes modifications apportées au système. Par exemple, un système de réfrigération est configuré avec un EEV pouvant être ouvert et fermé à l'aide d'un simple contrôleur à levier. Les mesures de débit de réfrigérant, de la surchauffe, de la température de l'air de refoulement, etc. sont prises du fait qu'elles se rapportent à la position de la vanne. Il est ensuite possible de quantifier les modifications de l'effet de réfrigération en réponse à la position de la vanne. Un « schéma de principe » de l'algorithme est généré à partir de ces informations. Le schéma commence à ressembler à ce qui suit :

- Si la surchauffe est de 15 °F (-9,4 °C), alors la vanne s'ouvre de 150 pas
- Si la surchauffe est de 10 °F (-12,2 °C), alors la vanne s'ouvre de 100 pas
- Si la surchauffe est de 5 °F (-15 °C), alors la vanne s'ouvre de 0 pas
- Si la surchauffe est de 3 °F (-16,1 °C), alors la vanne s'ouvre de 50 pas
- Si la surchauffe est de 0 °F (-17,8 °C), alors la vanne s'ouvre de 3 000 pas

Notez que le schéma de principe ci-dessus permettra à la vanne de contrôler uniquement une surchauffe allant jusqu'à 5 °F. Toute autre surchauffe plus importante ouvre la vanne, moins importante ferme la vanne et de 0 °F ferme complètement la vanne. Au fur et à mesure de l'acquisition d'expérience dans le test et le contrôle de la vanne, le schéma de principe peut devenir plus complexe et utile. Pour ce faire, l'une des méthodes consiste à introduire une variable choisie par l'utilisateur et appelée « point de réglage de surchauffe ».

### CONTRÔLE PROPORTIONNEL

Le langage de programmation utilise des déclarations « faire » et d'entrée pour placer un nombre dans une variable telle que « X » et des numéros de ligne afin d'autoriser les boucles :

- 10 Faire de « X » le point de réglage de surchauffe
- 20 Entrée « X »
- 30 Faire de « Y » la surchauffe réelle
- 40 Si X=Y, alors fermer la vanne de 0 pas
- 50 Si X > Y, alors fermer la vanne de 1 pas (point de réglage supérieur au SH réel - fermer la vanne)
- 60 Si X < Y, alors ouvrir la vanne de 1 pas (point de réglage inférieur au SH réel - ouvrir la vanne)
- 70 Aller à la ligne 40

Si la vanne est programmée à l'aide de l'un des algorithmes ci-dessus, elle atteindra tôt ou tard son point de réglage. Toutefois, lorsque la vanne a une résolution de 3 000 à 6 000 pas, cela peut prendre plus de temps pour atteindre le point de réglage avec l'algorithme ci-dessus. Un algorithme réel présenterait beaucoup plus d'instructions et commencerait à intégrer des circuits prédictifs. L'algorithme ci-dessus est strictement proportionnel, c'est-à-dire qu'il modifiera directement la sortie (pas) en fonction de l'entrée (surchauffe).

La plupart des algorithmes de contrôle de vanne sont plus complexes et intègrent d'autres fonctionnalités, y compris des coefficients intégraux et dérivatifs.

### CONTRÔLE INTÉGRAL

N'importe quel contrôle proportionnel connaîtra des dépassements ou des insuffisances : la température de contrôle réelle sera légèrement supérieure ou inférieure au point de réglage. Ce dépassement ou cette insuffisance sont parfois dus à la conception du système. D'autres fois, ils sont à imputer au retard de détection ou au mouvement de la vanne. En outre, une vanne à faible résolution est plus encline à ce type d'instabilité. Mais quelle que soit la cause, un algorithme proportionnel peut souvent être amélioré via l'ajout d'un composant intégral. L'intégration détecte l'écart moyen entre les températures ou la surchauffe réelles et le point de réglage. Un décalage est alors appliqué à la position de la vanne afin de compenser l'un des facteurs susmentionnés. Le décalage évolue en permanence en réponse aux changements de charge et du système. Voici un exemple de pas de commande intégrale :

- 80 Si la surchauffe moyenne est 5 °F au-dessus pendant 30 secondes, alors ouvrir la vanne de 20 pas.

### CONTRÔLE DÉRIVATIF

La fonction dérivative est un paramètre final pouvant être ajouté à un algorithme de contrôle dans le but de garantir le contrôle le plus strict de la température et de la surchauffe. En substance, la fonction dérivative détecte la fréquence de changement de température ou de surchauffe et tente de prédire les futures positions de la vanne. Pour ce faire, elle estime la pente de la courbe du changement de température ou de surchauffe. Si la fonction dérivative détecte que le changement est rapide, c'est-à-dire que la pente est raide, elle appliquera des changements de plus grande amplitude. Si la pente est douce, et donc la fréquence de changement basse, elle modifiera seulement légèrement la position de la vanne. Voici un exemple :

- 90 Si la surchauffe chute de 0,1 degré en 5 secondes, alors fermer la vanne de 10 pas.
- 100 Si la surchauffe chute de 1 degré en 1 seconde, alors fermer la vanne de 100 pas.

Les algorithmes, y compris le type PID susmentionné, commencent par une base théorique mais doivent être confirmés et affinés selon l'expérience et les tests.

## CONTRÔLE DES DÉTENDEURS ÉLECTRIQUES - EEV

Comme expliqué auparavant, les détendeurs électriques sont répartis en quatre types : à impulsion, analogique, à moteur thermique et à moteur pas à pas. Le fonctionnement de chaque type est unique et les circuits d'entraînement réels ne peuvent être interchangeables. L'algorithme, ou l'ensemble d'instructions, utilisé pour contrôler un détendeur électrique est similaire et peut être adapté aux différentes vannes. Les EEV sont avant tout des dispositifs de contrôle de la surchauffe, tout comme les détendeurs thermostatiques mécaniques traditionnels. Lors de l'utilisation d'EEV, le premier élément à déterminer est la manière dont la surchauffe est détectée.

### SURCHAUFFE

Il existe deux principes de base de détection de la surchauffe. La vraie surchauffe consiste en une relation pression-température qui est spécifique à chaque réfrigérant. Lorsqu'elle est dérivée électroniquement, la surchauffe pression-température requiert l'utilisation d'un capteur de pression, d'un capteur de température et d'un tableau ou d'une équation pression-température. Une autre méthode de mesure de la surchauffe, plus simple mais moins précise, est la méthode de deux températures.

Avec cette dernière méthode, la température est mesurée à l'entrée et à la sortie de l'évaporateur. La différence entre les deux températures est ensuite considérée comme étant la surchauffe. Les réfrigérants ou mélanges qui présentent des glissements de température risquent d'affecter le contrôle de la surchauffe à deux températures. En règle générale, les points de réglage de la surchauffe doivent être plus élevés afin d'éviter les effets de glissement.

L'un des avantages de la surchauffe à deux températures est le coût : les capteurs de pression sont bien plus chers que les thermistors. De plus, cette méthode fonctionne avec tous les réfrigérants sans nécessiter de reprogrammation. La différence de température entre les deux capteurs indique une surchauffe, et ce indépendamment de la relation pression-température du réfrigérant.

L'inconvénient majeur que comporte la méthode de deux températures est l'incertitude quant à la bonne localisation du capteur d'entrée. En effet, pour que cette méthode soit précise, le capteur d'entrée doit se trouver dans une position qui garantit la présence à tout moment de réfrigérant saturé. Très souvent, seul le test de débit des évaporateurs individuels permet d'obtenir les informations nécessaires pour déterminer la localisation correcte. Si la localisation appropriée ne peut être trouvée ou utilisée, cela risque de générer un mauvais contrôle ou d'endommager le compresseur.

Sporlan fournit les contrôleurs de deux températures uniquement en tant que produits spéciaux pour les fabricants qui testent ces applications.

## CAPTEURS DE PRESSION

Les capteurs de pression sont disponibles dans de nombreuses plages, entrées, sorties et précisions. Lorsqu'il s'agit de choisir un capteur de pression, il est important que le dispositif soit compatible avec le réfrigérant et adapté à la pression à laquelle les systèmes de réfrigération sont soumis. En règle générale, un capteur de pression est un dispositif à trois fils. Deux fils assurent l'alimentation électrique tandis que le troisième est un signal de sortie. Habituellement, la tension transmise par le fil de signal augmente à mesure que la pression monte. Le contrôleur utilise cette tension pour calculer la température du réfrigérant à l'aide d'un tableau de pression-température encodé dans le contrôleur même.

### TABLEAUX PRESSION-TEMPÉRATURE

Les tableaux de pression-température sont bien connus de l'industrie de la climatisation et de la réfrigération et existent sous de nombreuses formes. Afin de pouvoir être utilisés avec un dispositif électronique, ils sont encodés dans un « tableau de recherche ». Ce n'est rien de plus qu'une zone de la mémoire du contrôleur qui stocke électroniquement les informations.

Lorsqu'un contrôleur P-T (surchauffe pression-température) est utilisé, le tableau de recherche correspondant au réfrigérant circulant dans le système doit être programmé dans le contrôleur. Le réfrigérant doit donc être connu, tout comme avec les TEV mécaniques, lorsque la pression et la température sont utilisées pour le contrôle de la surchauffe. Le contrôleur ne peut être utilisé avec un autre réfrigérant sans procéder à des changements internes ou à une reprogrammation. Du fait que le tableau de recherche pour un réfrigérant peut être stocké dans une petite zone de la mémoire électronique, certains contrôleurs sont programmés à l'aide de plusieurs tableaux de réfrigérants. Le tableau adapté à l'application est ensuite sélectionné à l'aide d'un commutateur situé sur le contrôleur.

Une autre manière de stocker des relations de pression-température d'un ou plusieurs réfrigérants dans la mémoire d'un contrôleur consiste à utiliser une « équation d'état ». L'équation d'état est une description mathématique des propriétés d'un réfrigérant. Les contrôleurs EEV étant de petits ordinateurs, ils sont capables de traiter les équations avec efficacité et rapidité.

Le choix de la meilleure méthode de stockage des relations P-T dépend du choix de conception du contrôleur. Une fois la pression du réfrigérant détectée et le tableau de recherche utilisé pour calculer la température saturée, seule la température d'aspiration réelle doit être mesurée pour déterminer la surchauffe d'exploitation. Les températures d'aspiration sont détectées au moyen de capteurs de température.

## CAPTEURS DE TEMPÉRATURE

Les capteurs de température sont disponibles dans différents types. La plupart du temps, le choix se porte sur le thermistor en raison de sa disponibilité, de son prix raisonnable et de sa bonne précision. Un thermistor est un dispositif d'état solide qui modifie la résistance électrique en fonction des changements de température. En d'autres termes, les PTC (coefficient de température positif) et NTC (coefficient de température négatif) sont parfois utilisés dans la documentation des thermistors, mais cette caractéristique n'est pas essentielle dans cette discussion. Le changement de résistance du thermistor est utilisé par le contrôleur pour calculer les températures à l'emplacement du capteur. Les températures calculées servent ensuite à générer des mesures de surchauffe, soit via la méthode de pression-température, soit via la méthode des deux températures. Les capteurs de température sont également utilisés pour permettre aux vannes électriques de contrôler directement la température.

## CONTRÔLE DE L'AIR ou DE L'EAU DE REFOULEMENT

Une routine secondaire contenue dans les algorithmes EEV peut directement contrôler la température de l'air ou de l'eau de refoulement. Dans cette conception, tant que la surchauffe reste au-dessus d'une valeur minimale définie, la température du fluide réfrigéré correspond au point de réglage de contrôle. Si la surchauffe baisse, le contrôleur reprend le contrôle de la surchauffe et tente de la faire augmenter pour atteindre la valeur définie. Une fois la surchauffe rétablie, le contrôle de température de refoulement reprend. Ce type d'algorithme peut convenir à certaines applications de process, mais il s'avère moins adapté aux vitrines de supermarché.

Dans une vitrine réfrigérée à contrôle direct de la température de l'air, l'efficacité de l'EEV permet une utilisation moindre de l'évaporateur, mais à une TD (différence de température) plus élevée. Or des TD plus élevées de l'évaporateur peuvent entraîner une formation accrue de givre et donc nécessiter des périodes de dégivrage plus longues ou plus fréquentes. En règle générale, les EEV ayant recours à des algorithmes de contrôle de surchauffe sont moins susceptibles d'entraîner la formation de givre.

Dans les systèmes dotés de bobines spécifiquement conçues pour le contrôle EEV, ou de dispositions pour des pressions d'aspiration flottantes, les EEV peuvent renforcer la précision du contrôle tout en économisant de l'énergie.

## APPLICATIONS

Les détendeurs EEV offrent un contrôle précis du réfrigérant liquide ou vapeur afin de satisfaire aux exigences de contrôle de flux dans un large éventail de systèmes de réfrigération et de climatisation. Dans la mesure où les vannes sont contrôlées électroniquement, elles sont en mesure de contrôler la pression, la température, la surchauffe et bien d'autres caractéristiques du système.

Figure 16

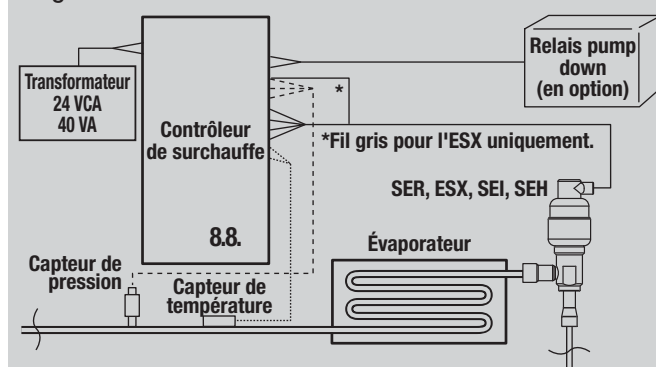


Figure 17

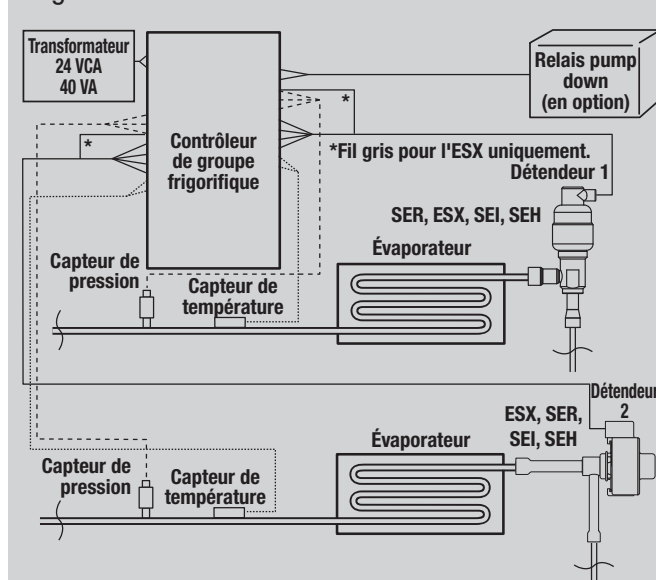


Figure 18

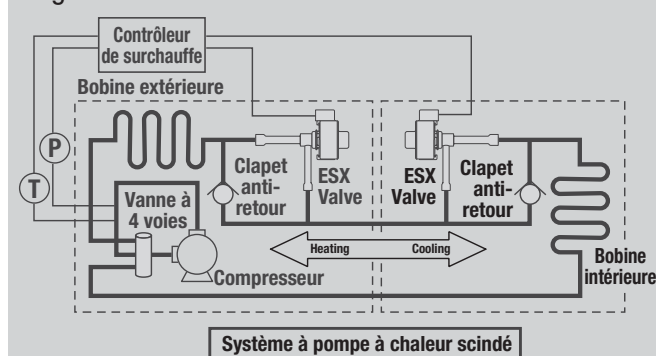
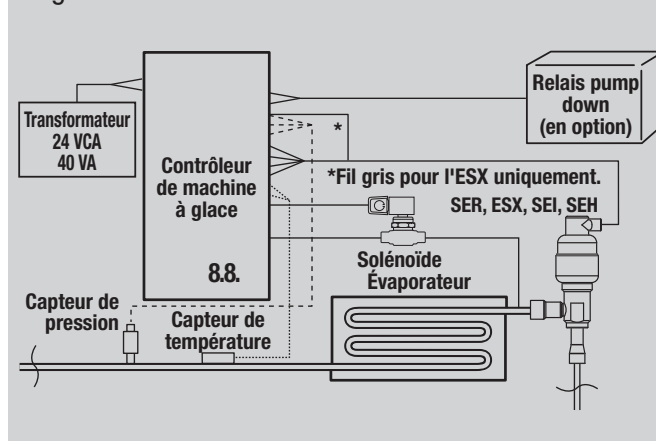


Figure 19



Tous les EEV Sporlan offrent un contrôle précis de flux et fonctionnent conjointement avec des capteurs et un contrôleur spécifiés par l'utilisateur. Les vannes peuvent remplir diverses fonctions pour regrouper plusieurs contrôles et la tuyauterie associée en une seule vanne compacte. Cela comprend, de manière non restrictive, le contrôle de la chaleur, le contrôle et la limitation de la pression (par ex. MOP), le contrôle de la température, le contrôle de la capacité et l'arrêt de la ligne de liquide.

## SYSTÈMES DE CLIMATISATION et DE RÉFRIGÉRATION

Les EEV Sporlan sont essentiellement utilisés comme détendeurs pour contrôler la surchauffe dans les climatiseurs et la réfrigération autonome ou en supermarché. Ils offrent un contrôle de flux précis dans toutes les conditions d'exploitation, sans requérir l'installation d'une électrovanne d'arrêt de liquide en amont dans la plupart des applications. En ce qui concerne la climatisation, les vannes garantissent des fuites extrêmement rares en-dehors des cycles et sont capables de répondre rapidement aux changements de charge pour une efficacité et capacité maximales. Voir la Figure 16.

## SYSTÈMES À PLUSIEURS ÉVAPORATEURS/ CAPACITÉ VARIABLE

Les EEV Sporlan sont idéaux pour les systèmes à plusieurs évaporateurs, lorsque chaque évaporateur est équipé d'une vanne. Il est possible de contrôler les évaporateurs individuellement, mais également de désactiver certains ou tous les évaporateurs en fonction des exigences de charge ou de zone. Un chargement partiel de l'évaporateur est également possible. Lorsqu'elles sont utilisées avec des compresseurs à plusieurs capacités, les vannes peuvent optimiser l'efficacité tout en adaptant le débit de réfrigérant à la capacité changeante du compresseur. Se référer à la Figure 17.

## SYSTEMES POMPES A CHALEUR EN SPLIT

Les EEV Sporlan, équipés de clapets anti-retour externes, peuvent être utilisés sur un ou les deux échangeurs de chaleur des pompes à chaleur en vue d'offrir une capacité et une efficacité maximales. Un contrôle optimal de la surchauffe peut être obtenu en se basant sur les mesures prises n'importe où dans le système en remontant vers le compresseur et pas seulement au niveau de l'échangeur de chaleur (évaporateur ou condenseur). Les vannes garantissent également des fuites extrêmement rares en-dehors des cycles et sont capables de répondre rapidement aux changements de charge pour une efficacité et une capacité maximales. Se référer à la Figure 18.

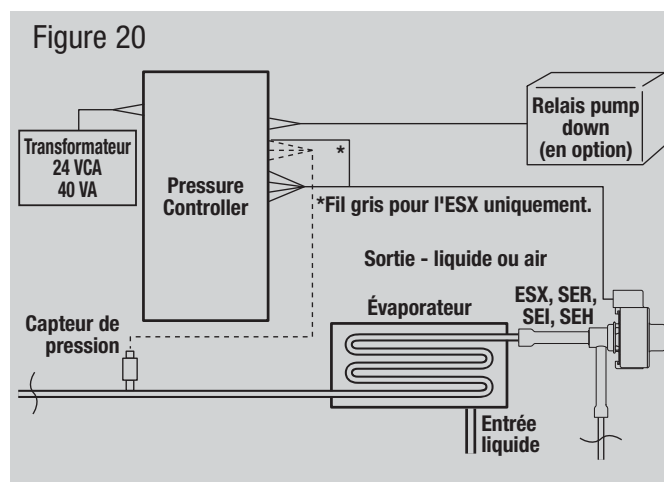
## SYSTÈMES DE MACHINE À GLACE

Les machines à glace équipées d'EEV Sporlan profitent pleinement de la diminution rapide et de leur capacité à moduler les surchauffes à faible exploitation. Selon la configuration du capteur et du contrôleur, l'ESX peut optimiser la capacité de glace en réduisant la durée du cycle de la machine. Les vannes peuvent être utilisées

sur une plus grande plage de capacités que les TEV conventionnels, ce qui maximise la capacité de diminution après les prélèvements. Se référer à la Figure 19.

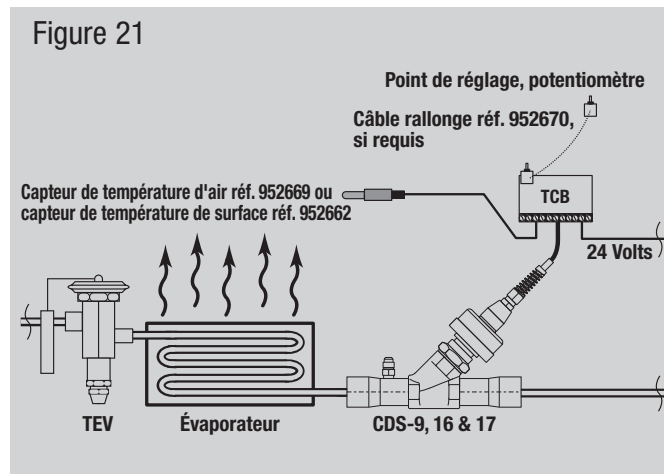
## PRESSIION CONSTANTE DE L'ÉVAPORATEUR

Les vannes EEV Sporlan peuvent servir à gérer le flux de réfrigérant dans les applications exigeant un contrôle strict de la pression de l'évaporateur à charges variables. Dans le cadre d'un contrôle adapté, les vannes peuvent contrôler la température des fluides de process, de groupes frigorifiques, de crèmes glacées et d'autres applications susceptibles de fondre. Grâce à une interface opérateur, les vannes peuvent renforcer la polyvalence des équipements du fait qu'elles permettent à l'utilisateur de définir le contrôle de température requis. Les équipements n'ont donc plus besoin d'être dédiés à un seul réglage prédéfini de pression ou de température. Se référer à la Figure 20.



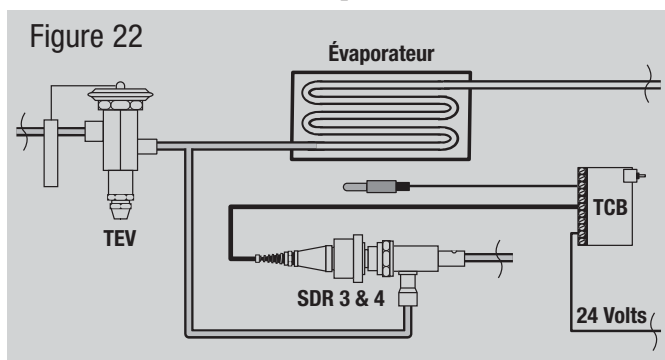
## CONTRÔLE DES RÉGULATEURS DE PRESSION D'ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUES - EEPR

Les formes traditionnelles de contrôle de la température englobent les thermostats. Les thermostats stoppent généralement le refroidissement lorsque le point de réglage de température est atteint et activent le refroidissement lorsque la température dépasse un certain seuil. Cette différence est ce qu'on appelle la « plage morte ». Et tandis que les thermostats modernes sont capables de gérer une plage morte de 2-3°, certaines fluctuations de température sont inévitables.



Les vannes de contrôle d'évaporateur mécanique à commande directe ou pilotée sont simples à utiliser et se révèlent souvent très efficaces. Toutefois, les deux systèmes fonctionnent avec un gradient : les vannes doivent subir une chute de pression pour s'ouvrir complètement. En outre, les EPR mécaniques sont réglés au moyen d'une vis de réglage. Si la pression et la température souhaitées changent, les vannes doivent être réglées mécaniquement.

Les EEPR sont actionnés par un moteur qui répond à un capteur. Du fait que les capteurs sont très précis et réagissent rapidement, les EEPR ne sont pas soumis à un gradient ni à des plages mortes. Les modifications du point de réglage de température du carter peuvent s'effectuer électroniquement, sans avoir à accéder physiquement à la vanne. Les EEPR peuvent fonctionner fermés à des fins de dégivrage et être actionnés entièrement ouverts après le dégivrage afin de permettre une diminution extrêmement rapide.



Un système de contrôle de température électronique complet peut être installé sur site à l'aide d'un EEPR Sporlan, d'une carte de contrôle de température TCB et d'un capteur de température. Demander les Bulletins 100-40 et 100-50-1. Voir les tableaux de capacité page 15.

## CONTRÔLE DES VANNES ÉLECTRIQUES BYPASS DE GAZ DE REFOULEMENT - EDBV

Les vannes bypass de gaz de refoulement mécaniques à commande de pression nécessitent un gradient ou un changement de la pression pour fonctionner. Cela peut entraîner des fluctuations de température allant jusqu'à 10 °F au-delà du point de réglage. Une plus grande précision peut être obtenue électroniquement.

Tous les moteurs pas à pas Sporlan étant adaptés à une utilisation avec des gaz chauds, le contrôle direct de température électronique des systèmes bypass de gaz de refoulement est aujourd'hui simple et économique. Une TCB, carte de contrôle de température, et un capteur de température Sporlan peuvent être utilisés avec n'importe quel EDBV Sporlan. Demander le Bulletin 100-60 pour de plus amples informations.

## APPLICATIONS DE RÉCUPÉRATION DE CHALEUR

La récupération de la chaleur implique de détourner les gaz chauds rejetés par un système de réfrigération ou de climatisation dans un condenseur secondaire pour chauffer l'air ou l'eau. Toutes les vannes EDBV susmen-

tionnées peuvent être utilisées dans cette application, mais Sporlan est le premier à offrir des vannes électriques de récupération de chaleur prévues à cet effet. Toutes les vannes peuvent être utilisées avec la carte de contrôle de température TCB et le capteur de température.

## CONTRÔLE DE LA TEMPÉRATURE et CARTE D'INTERFACE

### TCB

La Sporlan TCB a été développée pour contrôler la plupart des vannes électriques Sporlan à l'aide d'un PID générique ou contrôleur similaire, ou en ajoutant le capteur Sporlan, afin d'obtenir un contrôleur de température autonome. Outre le signal de 0 à 10 volts CC ou de 4 à 20 mA habituel des contrôleurs PID, la TCB peut être configurée pour moduler une vanne en réponse à un signal TTL (5 volts) ou à une impulsion CA de 120 volts d'une durée de trois à trente secondes.

La TCB est conçue pour fonctionner avec des détendeurs électriques SEI/SEH Sporlan, des vannes électriques de régulation d'aspiration CDS et des vannes électriques bypass de gaz de refoulement SDR, quelle que soit la capacité. Les cavaliers à broches à la surface de la carte permettent de changer les paramètres de contrôle de la carte pour s'adapter à des applications spécifiques. La TCB n'est pas adaptée en tant que contrôleur autonome pour les EEV du fait qu'ils ne contrôlent pas la surchauffe.

La carte a été conçue pour faciliter le montage avec des entretoises dans des pupitres de commande avec des câblages électriques aux bornes à vis. L'unité mesure seulement 3,5" x 4,0" (90 mm x 102 mm), est économique et requiert seulement 24 volts CA à 40 VA pour l'alimentation de la carte et de la vanne. La température de stockage et ambiante de service est comprise entre -10 °F et 160 °F (-23 °C et 71 °C).

### SÉRIE IB

L'interface Série IB représente une alternative plus économique que la TCB. L'IB se limite à l'acceptation d'un signal CC 0 à 10 volts ou d'un signal 4 à 20 mA. L'IB doit être commandé pour des vannes spécifiques. Voir le tableau situé au bas de la page 15. La Série IB comprend les kits de montage.

### DEFAILLANCES ET MODE DE DEPANNAGE

Les vannes électriques répondent uniquement au signal généré par leurs contrôleurs. Les vannes à moteur pas à pas maintiennent leur position, que la tension soit supprimée intentionnellement ou en cas de défaillance du contrôleur, de l'alimentation ou du câblage. Dans les applications où l'endommagement du système peut résulter d'une défaillance des vannes en position ouverte, une ligne de liquide solénoïde doit être installée avant la vanne. Des tests ont montré que les EEV se modulent à environ 10 % de l'ouverture complète dans la plupart des conditions d'exploitation. Une panne de l'EEV ou du contrôleur n'entraînera probablement

pas de retour de liquide, sauf immédiatement après le dégivrage. Une batterie de réserve ou une alimentation sans interruption (UPS) peut être envisagée pour les applications de moteur pas à pas, mais les tests de fiabilité montrent que cela représente une dépense inutile.

La plupart des contrôleurs modernes utilisés avec des vannes électriques possèdent des fonctionnalités de diagnostic intégrées. Lorsque le système vanne/contrôleur connaît une défaillance, la première étape consiste à définir la panne : est-elle liée au contrôleur ou à la vanne ? Le fabricant doit être consulté pour connaître les informations de dépannage spécifiques au contrôleur.

### **SMA-12**

Un simple contrôle de résistance peut être effectué sur les bobinages du moteur. Cependant, les pannes réelles de bobinage sont rares. Il convient plutôt de tester toutes les vannes électriques Sporlan à l'aide d'un appareil mobile disponible en option, le SMA-12. Il s'agit d'un actionneur de moteur pas à pas qui actionne toutes les vannes à moteur pas à pas 12 volts CC bipolaire et quadripasé unipolaire. La fréquence de pas peut être définie sur 1, 50, 100 ou 200 pas par seconde. À une fréquence d'un pas par seconde, le SMA-12 teste la continuité du bobinage de la vanne et

le moteur. Le SMA-12 peut également servir à ouvrir, positionner ou fermer manuellement la vanne en cas de panne ou de remplacement du contrôleur.

### **PANNES LIÉES À DES POLLUANTS**

Les polluants restent la première cause de pannes de composants dans les systèmes de réfrigération et de climatisation. Dans certains cas, les vannes électriques peuvent mieux tolérer les matériaux étrangers, tout simplement parce qu'elles peuvent être actionnées dans une position entièrement ouverte pour purger les particules. Toutefois, un filtre déshydrateur solide et de haute qualité, tel que le Catch-All® de Sporlan, doit être utilisé dans tous les systèmes équipés de vannes électriques. Les filtres déshydrateurs Catch-All® suppriment les substances étrangères ainsi que les matériaux acides et de décomposition de l'huile. Il est important de retirer l'acide dans tous les systèmes. En effet, la fiabilité et la durée de vie du moteur sont accrues lorsque les niveaux d'acide sont maintenus à un niveau bas dans les systèmes utilisant des moteurs pas à pas. Si la présence de polluants est suspectée, les vannes peuvent être actionnées en position entièrement ouverte afin de purger les matériaux étrangers. La plupart des vannes à moteur pas à pas Sporlan peuvent être isolées à des fins de nettoyage et d'inspection une fois que le réfrigérant est vidangé de la vanne.

## NOMENCLATURE ET INFORMATIONS DE CAPACITÉ

DÉTENDEURS ÉLECTRIQUES					
MODÈLE	RACCORDS - ODF ENTRÉE - SORTIE	TYPE	CAP. MAX. EN TONNES À 125 ΔP R-22 à 20 °F	CAP. MAX. EN kW À 8 BARS ΔP R-22 à -10 °F	PAS NOMINAUX
ESX-14	5/16, 3/18 - 5/16, 3/8, 1/2	ANGLE	1	3,5	500
ESX-18	5/16, 3/18 - 5/16, 3/8, 1/2	ANGLE	3	10,5	500
ESX-24	5/16, 3/18 - 5/16, 3/8, 1/2	ANGLE	5	17,5	500
SER-1.5	3/18, 1/2 - 1/2, 5/8	ANGLE	1,6	5,5	1596
SER-6	3/18, 1/2 - 1/2, 5/8	ANGLE	6,5	21,9	1596
SER-11	3/18, 1/2 - 1/2, 5/8	ANGLE	12,0	40,2	1596
SER-20	3/18, 1/2 - 1/2, 5/8	ANGLE	21,8	73,1	1596
SEI-30	1/2, 5/8, 7/8, 1-1/8 - 5/8, 7/8, 1-1/8, 1-3/8	ANGLE	38,1	128,0	3193
SEI-50	7/8, 1-1/8 - 1-1/8, 1-3/8, 1-5/8	DROIT	54,3	183,0	6286
SEH-100	1-1/8 - 1-5/8	DROIT	109,0	365,0	6386
SEH-175	1-1/8 - 2-1/8	DROIT	190,0	638,0	6386

<b>SER</b>	<b>-</b>	<b>1,5</b>	<b>3/8 X 1/2 ODF</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>S</b>
TYPE DE VANNE		TAILLE	RACCORDS		LONGUEUR DU CÂBLE - PIEDS		EXTRÉMITÉ DE CÂBLE DÉNUDÉES et ÉTAMÉES

RÉGULATEURS DE PRESSION D'ÉVAPORATEUR ÉLECTRIQUES					
MODÈLE	RACCORDS EN POUCES	TYPE	CAP. MAX. EN TONNES À 2 ΔP R-22 à 20 °F	CAP. MAX. EN kW À 14 BARS ΔP R-22 à -7 °C	PAS NOMINAUX
CDS-9	5/8, 7/8 - 1-1/8 ODF	DROIT	5,0/7,7	17,5/27	3193/6386
CDS-16	1-3/8 ODF	ANGLE	12,8	45	6386
CDS-17	1-3/8, 1-5/8 ODF	DROIT	14,3	50	6386

<b>CDS-T</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>1-3/8 ODF</b>	<b>ANGLE</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>S</b>
CONTRÔLE DISCHARGE STEP avec ROBINET DE PRESSION		TAILLE	RACCORDS	TYPE		LONGUEUR DU CÂBLE - PIEDS		EXTRÉMITÉS DE CÂBLE DÉNUDÉES et ÉTAMÉES

VANNES ÉLECTRIQUES BYPASS DE GAZ DE REFOULEMENT					
MODÈLE	RACCORDS EN POUCES	TYPE	CAP. MAX. EN TONNES À 100 °F COND @ 26 °F EVAP	CAP. MAX. EN kW À 38 °C R-22 @ -3 °C EVAP	PAS NOMINAUX
SDR-3	3/8, 1/2, 5/8 ODF	ANGLE	5,0	17,5	3193
SDR-3X	3/8, 1/2, 5/8 ODF	ANGLE	12,7	44,5	3193
SDR-4	7/8, 1-1/8 ODF	DROIT	25,0	87,5	6386

<b>SDR</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>1/2 ODF</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>S</b>
RÉGULATEUR DE REFOULEMENT DE PAS		TAILLE	RACCORDS		LONGUEUR DU CÂBLE - PIEDS		EXTRÉMITÉS DE CÂBLE DÉNUDÉES et ÉTAMÉES

OUTIL DE DIAGNOSTIC		
MODÈLE	FRÉQUENCE DE PAS	EXIGENCES DE PUISSANCE
SMA-12	CHOIX ENTRE 1, 50, 100, 200	BATTERIES ALKALINE 2-9 VOLTS

CONTRÔLEUR DE TEMPÉRATURE EN UN SEUL POINT ET CARTES D'INTERFACE				
MODÈLE	SIGNAL EXTERNE	* PLAGE CAPTEURS -40 °F - 210 °F	EXIGENCE DE PUISSANCE	UTILISÉ AVEC
TCB P/N 952660	4-20 mA 1-10 volts CC 5 volts TTL 120 volts CA PWM	N.D.	24 VCA à 40 VA	Série CDS Série SDR y-1177-1
TCB avec potentiomètre P/N 952664	1-10 volts CC 5 volts TTL 120 VOLTS CA PWM Contrôle de la température	Capteur Air - P/N 952669 Capteur de surface avec bride de montage - P/N 952662 Capteur Puits - P/N 952795		
IB1 P/N 952955	4-20 mA 0-10 volts CC	N.D.	24 VCA à 20 VA	SER**
IB3 P/N 952956				SDR-3, SEI-30**
IB6 P/N 952957				**Toutes les autres vannes

\* Affichage du point de réglage TCB disponible en °F uniquement.

\*\* Les cartes d'interface peuvent être utilisées avec les EEV, mais le signal externe doit représenter la surchauffe pour éviter d'endommager le compresseur.

## GLOSSAIRE

**µC** - Symbole pour microcontrôleur.

**µP** - Symbole pour microprocesseur.

**A à N** - Conversion Analogique à Numérique. La plupart des conditions réelles sont analogiques, mais la plupart des ordinateurs requièrent des signaux numériques. Cet appareil convertit les signaux analogiques (variables) en numériques (on/off).

**A/AMPÈRE** - Une unité de mesure du courant électrique. Similaire aux gallons par minute ou livres par minute pour d'autres fluides.

**ALGORITHME** - L'ensemble d'instructions utilisées par le microcontrôleur pour effectuer une tâche spécifique. Exemple : contrôle de la surchauffe par la méthode des deux températures.

**ALIMENTATION À DÉCOUPAGE** - Un moteur pas à pas dans lequel la tension de début est élevée puis diminue pendant la séquence d'allumage.

**BIPOLAIRE** - Un type de moteur pas à pas dans lequel le flux de courant change de sens à chaque pas. Dans toutes les vannes Sporlan, à l'exception de l'ESX, le fil noir est positif pour le premier pas et négatif pour le second, tandis que le fil blanc est négatif pour le premier pas et positif pour le second.

**CAPTEUR** - Un dispositif qui capte quelque chose dans le monde réel et le traduit en des informations pouvant être utilisées par l'ordinateur. Voir : thermistor, capteur de pression.

**CAPTEUR DE PRESSION** - Un dispositif qui capte une pression et la convertit en un signal électrique, généralement une tension.

**CODE** - Le langage réellement utilisé par les ordinateurs pour effectuer une tâche. Exemple : movw, f oxo2B.

**COURANT** - Le flux d'électricité.

**DDC** - Contrôle numérique direct. Désigne les systèmes de gestion de bâtiment ou d'énergie à commande électronique les plus modernes.

**ENTRAÎNEMENT L/R** - Entraînement d'inductance/résistance pour les moteurs pas à pas. En réalité, une tension fixe est allumée et éteinte pour alimenter les vannes.

**GATEWAY** - Un programme logiciel devant être utilisé pour permettre à un système d'ordinateur de communiquer avec un autre.

**INTÉGRÉ** - Un des deux processus. Le premier consiste à placer un programme inchangeable dans un microprocesseur. Le second est un test de qualité au cours duquel le dispositif complété est alimenté et testé pendant une certaine durée, généralement à une température élevée.

**LOGICIEL** - Un terme général pour désigner les programmes.

**MATÉRIEL** - Les pièces d'un ordinateur ou d'un contrôleur. Par exemple, la carte de circuit imprimé, les composants électroniques et les connecteurs.

**MICROCONTRÔLEUR** - Un petit ordinateur intégré sur une « puce » en silicone. Il a besoin de quelques pièces supplémentaires pour effectuer un calcul complexe. Généralement acheté avec le programme ou l'algorithme déjà installé ou intégré.

**MICROPROCESSEUR** - Généralement, la partie de l'ordinateur ou du microcontrôleur qui fait tourner et suit le programme.

**MILLIAMP** - Abréviation de milliampère, ou mA. Un centième d'un ampère de courant. Voir : AMP/Ampère.

**MOTEUR À CHALEUR** - Une force motrice pour les vannes qui se compose d'un soufflet rempli d'huile ou d'un autre liquide. Un réchauffeur est immergé dans le liquide. Lorsqu'il est alimenté, il chauffe et dilate le liquide, forçant ainsi la vanne à se fermer.

**MOTEUR PAS À PAS** - Un moteur qui pivote d'un nombre défini de degrés pour chaque impulsion électrique reçue. Est désigné par des degrés de rotation et un diamètre. Sporlan utilise un moteur de 3,6° et 42 millimètres.

**N à A** - Fait référence à une conversion Numérique à Analogique. Utilisé pour convertir le signal numérique des ordinateurs (un nombre) en un signal variable (force).

**NUMÉRIQUE** - Type de flux d'informations qui est allumé ou éteint, ou binaire. Opposé à l'analogique.

**PLC** - Contrôleur à logique programmable. Identique à un microcontrôleur mais généralement programmé par l'utilisateur.

**PROGRAMME** - Un ensemble d'instructions données à un ordinateur.

**PUCE** - Manière informelle de désigner un circuit intégré. Les circuits intégrés sont imprimés sur des « puces » en silicone.

**PWM** - Modulation de largeur d'impulsion. Une forme de contrôle dans laquelle une vanne est ouverte pendant un pourcentage de temps proportionnel à la charge, par ex. à 50 % de la charge, la vanne s'ouvre 50 % du temps et se ferme 50 % du temps.

**SCHÉMA DE PRINCIPE** - La description en un langage clair de la manière dont un algorithme fonctionne. Exemple : lorsque la surchauffe est trop élevée de 10 degrés, ouvrir la vanne de 200 pas.

**SIGNAL ANALOGIQUE** - Type de débit d'informations qui varie en ampleur, tension, courant, etc. La plupart des processus réels tels que la température, la pression et autres sont analogiques.

**THERMISTOR** - Un dispositif qui modifie sa résistance électrique en fonction des changements de température. Utilisé comme capteur de température.

**UNIPOLAIRE** - Un type de moteur pas à pas dans lequel le courant circule toujours dans le même sens. Dans la vanne ESX, le fil gris est toujours positif et chacun des autres fils est relié à la terre tour à tour.

**VANNE À IMPULSION** - Une vanne de type électrovanne qui s'ouvre et se ferme complètement à chaque réception d'un signal. Contrôlée par la Modulation de largeur d'impulsion. Voir : PWM.

**VANNE ANALOGIQUE** - Une vanne à commande électronique qui se module au moyen d'une tension ou d'un signal de courant variable. Les vannes CDA et EI Sporlan étaient de ce type.

**VOLT** - Une unité de pression électrique. Permet à l'électricité de circuler. Similaire au PSI pour d'autres fluides.

RACE Catalogue 100-9/UK - 06/2010 - Zalsman



**Parker Hannifin Ltd**  
Climate and Industrial Control Group  
Refrigeration and Air Conditioning Europe  
Cortonwood Drive, Brampton  
South Yorkshire S73 0UF - Royaume-Uni  
Tél. +44 (0)1226 273400 - Fax +44 (0) 1226 273401  
racecustomerservice@parker.com - www.parker.com/race