

Vannes de régulation

Traduction de la notice originale

FESTO

Automatisation de procédés

Manuel de l'utilisateur



Festo Didactic

fr

8208486

Automatisation de procédés

Vannes de régulation

Traduction de la notice originale

Manuel de l'utilisateur

8208486

Numéro de cours : 8208486 (Version imprimée) 8208487 (Version électronique)
Première édition 2024/01
Niveau de révision : 2026/03

Par l'équipe de Festo Didactic

© Festo Didactic Ltée/Ltd, Québec, Canada 2024
Internet : www.festo.com
Courriel : services.didactic@festo.com

Imprimé au Canada
Tous droits réservés
ISBN 978-2-89834-518-0 (Version imprimée)
ISBN 978-2-89834-519-7 (Version électronique)
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2024
Dépôt légal - Library and Archives Canada, 2024

L'acheteur reçoit un seul droit d'utilisation qui est non exclusif, non limité dans le temps et limité géographiquement au site de l'acheteur tel que décrit ci-bas.

L'acheteur a le droit d'utiliser cette publication pour la formation de son personnel au site de l'acheteur et a également le droit d'utiliser des parties du matériel protégé par le droit d'auteur comme base pour la production de sa documentation didactique destinée à la formation de son personnel au site de l'acheteur avec reconnaissance de la source et de faire des copies à cette fin. Dans le cas d'écoles et de collèges techniques, de centre de formation et d'universités, le droit d'utilisation inclut également son utilisation à des fins didactiques par les étudiants et stagiaires de l'école ou du collège au site de l'acheteur.

Dans tous les cas, le droit d'utilisation exclut le droit de publier le matériel protégé par le droit d'auteur ou de le rendre disponible pour utilisation sur intranet, Internet, ou sur un système de gestion de l'apprentissage (LMS) ou une base de données tel que Moodle permettant l'accès à une grande variété d'utilisateurs, incluant ceux hors du site de l'utilisateur.

L'admissibilité à d'autres droits liés à la reproduction, copie, adaptation, traduction, au microfilmage et transfert, ainsi qu'à l'emmagasiner et au traitement dans des systèmes électroniques, que ce soit entièrement ou en partie, requiert préalablement la permission de Festo Didactic.

Les informations dans ce document sont sujettes à modification sans préavis et ne représentent pas un engagement de la part de Festo Didactic. Le matériel Festo décrit dans ce document est fourni sous accord de licence ou accord de non-divulgence.

Festo Didactic reconnaît les noms de produit comme étant des marques de commerce ou des marques de commerce déposées de leurs détenteurs respectifs.

Toutes les autres marques de commerce sont la propriété de leurs détenteurs respectifs. Il est possible que d'autres marques de commerce et noms de commerce soient utilisés dans ce document afin de référer soit à l'entité détenant les marques ou les noms, soit à leurs produits. Festo Didactic renonce à tout intérêt propriétaire concernant les marques de commerce et les noms de commerce autres que les siens.

Table des matières

Symboles de sécurité et symboles communs.....	3
Préface.....	7
Unité d'apprentissage 1 - Théorie de base des vannes de régulation	9
Introduction	9
L'anatomie d'une vanne de régulation.....	10
Les différents types de vannes de régulation	10
L'actionneur pneumatique	12
Convertisseur courant-pression (I/P)	14
Caractéristiques de débit des vannes à soupape	14
Dimensionnement et sélection de vannes – un aperçu rapide.....	15
Accessoires	19
Types de positionneurs de vanne.....	19
Avantages et inconvénients des positionneurs de vanne	20
Plus d'information à propos des vannes	20
Cavitation.....	20
Flashing	21
Débit étranglé	21
Considérations de sécurité.....	21
Utilisation de la vanne de régulation.....	21
Installation sur le poste de travail de procédés.....	22
Sens du débit.....	22
Unité d'apprentissage 2 - Vanne de régulation de base (46950-B).....	25
Description de la vanne de régulation de base	25
Connexions et réglages de la vanne	27
Connexions de pression	27
Réglages de la plage et du zéro	28
Exemple de boucle de courant (HART uniquement)	29
Unité d'apprentissage 3 - Vanne de régulation pneumatique avec positionneur (46950-A)	31
Description de la vanne de régulation.....	31
Positionneur de vanne	33
Fonctionnement d'un positionneur	35
Connexions et réglages de la vanne	37
Étalonnage du zéro et de la plage du positionneur	38
Unité d'apprentissage 4 - Vanne de régulation avec DVC2000 (46950-0)	41
Description de la vanne de régulation.....	41
Régulateur de vanne numérique (DVC2000).....	43
Changement de la langue d'utilisation.....	43
Effectuer une configuration rapide.....	43
Étalonnage du déplacement	44
Réglage du régulateur de vanne numérique	44
Configuration détaillée.....	45
Étalonnage de l'entrée analogique	46

Inverser l'action de la vanne de régulation (en utilisant le protocole HART)	47
Unité d'apprentissage 5 - Vanne de régulation avec DVC6000 – HART/FF (46950-E/-D)	49
Description de la vanne de régulation	49
Régulateur de vanne numérique (DVC6000)	51
Utilisation d'un protocole de communication et mise hors service de la vanne	52
Utilisation de l'assistant de configuration	53
Réglage de la réponse du régulateur	54
Inversion de l'action de la vanne	55
Mode de protection du DVC	56
Unité d'apprentissage 6 - Vanne de régulation avec DVC6200 – HART/FF (46950-E/-D)	59
Description de la vanne de régulation	59
Régulateur de vanne numérique (DVC6200)	61
Utilisation d'un protocole de communication et mise hors service de la vanne	62
Utilisation de l'assistant de configuration	63
Réglage de la réponse du régulateur	64
Inversion de l'action de la vanne	65
Mode de protection du DVC	66
Unité d'apprentissage 7 - Vanne de régulation électrique (46950-C)	69
Description de la vanne de régulation	69
Utilisation de la vanne de régulation électrique	71
Fonctionnement standard	71
Fonctionnement manuel (ancienne variante uniquement)	72
Description des principaux boutons et commutateurs (nouvelle variante uniquement)	72
Fonctionnement manuel (nouvelle variante uniquement)	74
Réinitialisation par défaut (nouvelle variante uniquement)	74
Signal de rétroaction	75
Annexe A - Listes de pannes sur les vannes de régulation	77
Annexe B - Vannes de régulation d'air	79
Annexe C - Vannes de régulation à trois voies	83
Principe de fonctionnement d'une vanne de régulation à trois voies	84
Modes de fonctionnement	84
Description de la vanne de régulation à trois voies de base	86
Annexe D - Utilisation de Fieldcare via le protocole HART	91
Annexe E - Tableau de conversion des unités	97

Symboles de sécurité et symboles communs

Symboles et procédures de sécurité

Le tableau suivant énumère les symboles de sécurité et les symboles courants qui peuvent être utilisés dans ce document et sur l'équipement. Avant d'effectuer des manipulations avec l'équipement, vous devez lire toutes les sections concernant la sécurité dans le guide de l'utilisateur accompagnant l'équipement. Des procédures de sécurité supplémentaires sont données avant toute tâche nécessitant des précautions de sécurité spécifiques.

Symbole	Description
	DANGER indique un danger de haut niveau qui, s'il n'est pas évité, causera la mort ou des blessures sérieuses.
	AVERTISSEMENT indique un danger de niveau moyen qui, s'il n'est pas évité, pourrait causer la mort ou des blessures sérieuses.
	ATTENTION indique un danger de faible niveau qui, s'il n'est pas évité, pourrait causer des blessures mineures ou modérées.
	AVIS indique une situation potentiellement dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, pourrait causer des dégâts matériels.
	Attention, danger. Consulter la documentation de l'utilisateur pertinente.
	Attention, risque de choc électrique.
	Attention, risque de blessure lors du levage de charges.
	Attention, surface chaude.
	Attention, risque de feu.
	Attention, risque d'explosion.

Symbole	Description
	Attention, risque de coincement dans un entraînement par courroie.
	Attention, risque de coincement dans un entraînement par chaîne.
	Attention, risque de coincement dans un engrenage.
	Attention, risque d'écrasement des mains.
	Contenu sensible à l'électricité statique. Respecter les précautions à prendre lors de la manipulation de dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques.
	Attention, rayonnement non ionisant.
	Consulter la documentation de l'utilisateur pertinente.
	Restrictions géographiques de la directive sur les équipements radioélectriques (RED) – Consulter la documentation de l'utilisateur appropriée.
	Courant continu.
	Courant alternatif.
	Courant continu et alternatif.
	Courant alternatif triphasé.
	Borne de mise à la terre.

Symbole	Description
	Borne de conducteur de protection.
	Borne du cadre ou du châssis.
	Équipotentialité.
	Allumé (bloc d'alimentation).
	Éteint (bloc d'alimentation).
	Équipement protégé par une double isolation ou par une isolation renforcée.
	Position actionnée d'un bouton-poussoir bistable.
	Position non actionnée d'un bouton-poussoir bistable.

Préface

Introduction au système didactique

La régulation de procédés automatisée offre tellement d'avantages par rapport à la régulation manuelle que la plupart des procédés industriels actuels l'utilisent dans une certaine mesure. Les brasseries, les usines de traitement des eaux usées, les installations minières et l'industrie automobile ne sont que quelques-unes des industries qui bénéficient des systèmes de régulation de procédés automatisés.

Le maintien des variables de procédés, telles que la pression, le débit, le niveau, la température et le pH, dans la plage de fonctionnement souhaitée est de la plus haute importance pour la fabrication de produits dont la composition et la qualité sont prévisibles.

Le Système didactique en instrumentation et régulation de procédés est un système de pointe qui reproduit fidèlement un environnement industriel. Tout au long de ce cours, les étudiants développent des compétences dans l'installation et le fonctionnement de l'équipement utilisé dans le domaine de la régulation de procédés. L'utilisation d'équipement moderne, de qualité industrielle, permet d'enseigner les connaissances théoriques et pratiques nécessaires pour travailler dans l'industrie de la régulation de procédés.

La modularité du système permet à l'instructeur de sélectionner l'équipement nécessaire pour atteindre les objectifs d'un cours spécifique. Deux postes de travail mobiles, sur lesquelles tout l'équipement est installé, constituent la base du système. Plusieurs composants optionnels utilisés dans les boucles de régulation de la pression, du débit, du niveau, de la température et du pH sont disponibles, ainsi que diverses vannes, de l'équipement d'étalonnage et des logiciels. Ces compléments peuvent remplacer des composants de base ayant la même fonctionnalité, en fonction du contexte. Lors des exercices de régulation, divers régulateurs peuvent être utilisés de manière interchangeable, selon les préférences de l'instructeur.

Nous espérons que votre expérience d'apprentissage avec le Système didactique en instrumentation et régulation de procédés sera le premier pas vers une carrière réussie dans l'industrie de la régulation de procédés.



LVProSim, un logiciel qui peut être utilisé dans les cours du système, peut être téléchargé ici :



LVProSim

<http://bit.ly/LVPROSIM32600>

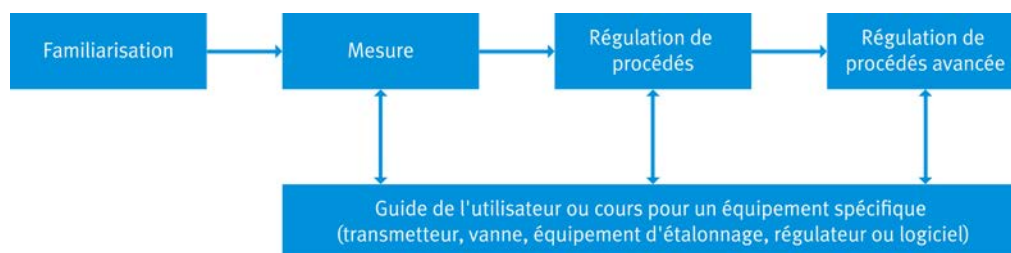


Figure 1 : Parcours d'apprentissage standard pour le Système d'apprentissage en instrumentation et régulation de procédés.

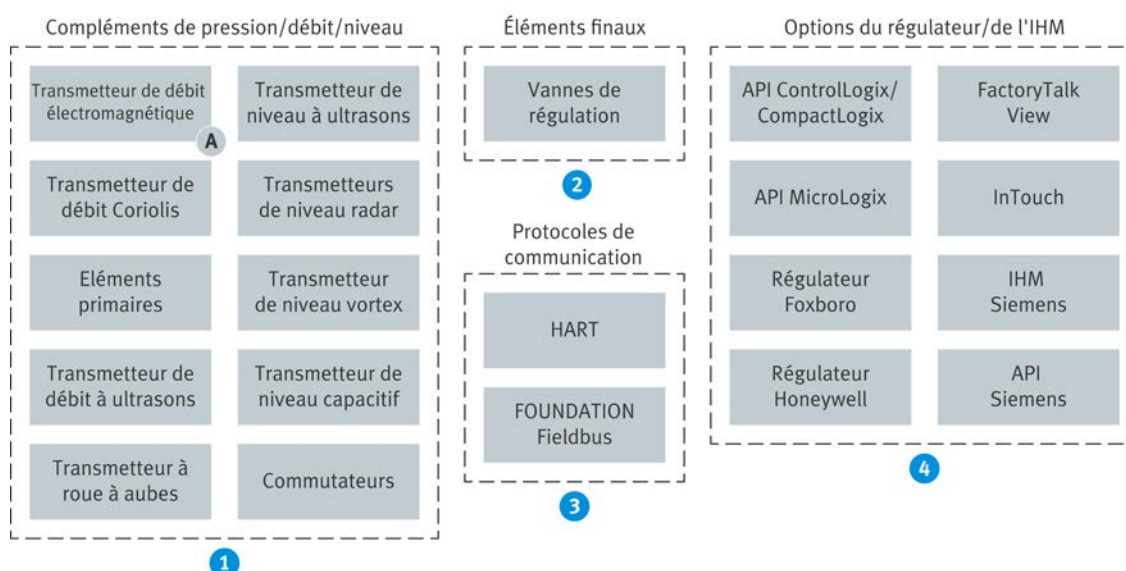
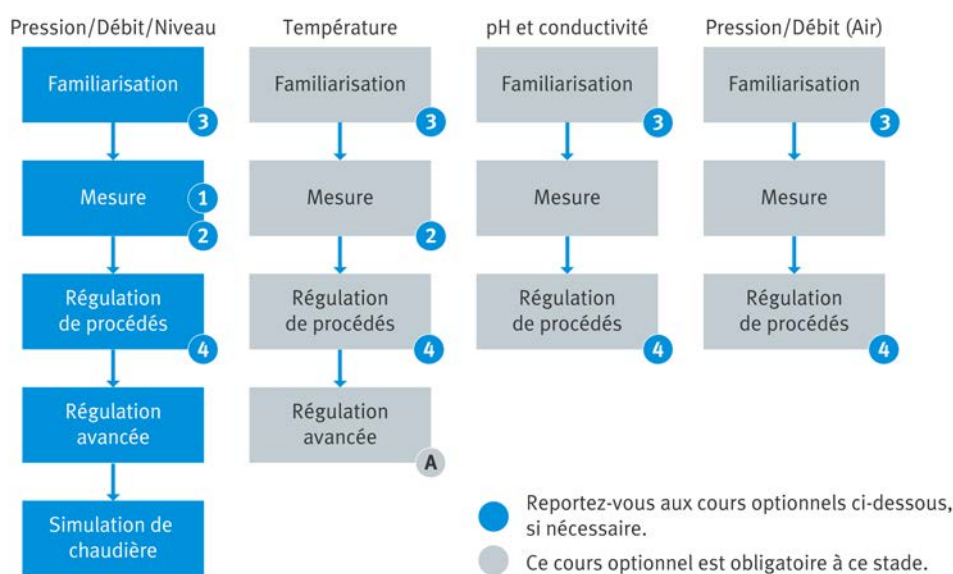


Figure 2 : Système d'apprentissage en instrumentation et régulation de procédés.

Théorie de base des vannes de régulation

Introduction

Une vanne de régulation est un élément de régulation final qui régule le débit d'un liquide ou d'un gaz dans une boucle de procédé afin de maintenir une variable de procédé déterminée à un point de consigne désiré. L'effet d'une vanne sur le fluide du procédé peut en fin de compte être sur des variables telles que la pression, le débit, le niveau ou la température dans un système. Par conséquent, la même vanne de régulation peut être utilisée pour réguler l'une ou l'autre de ces variables, à condition que la variable appropriée soit mesurée et surveillée par un régulateur.

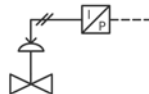
L'ouverture ou la fermeture des vannes de régulation est réalisée au moyen d'actionneurs électriques, hydrauliques ou pneumatiques. Une vanne de régulation s'ouvre ou se ferme totalement ou partiellement en réponse à une commande, analogique ou numérique, reçue d'un régulateur. Un transducteur convertit ensuite ce signal en un autre signal adapté à l'actionneur de la vanne. Un exemple serait un signal électrique converti en air sous pression dans le cas d'un actionneur pneumatique.

Le sujet des vannes de régulation est vaste et regorge de détails et d'astuces. Cette section vise à vous donner une compréhension de base des vannes de régulation dans leurs différentes variantes.

Vannes de régulation :
Standard



Pneumatique



Pneumatique avec positionneur



Électrique



Figure 3 : Symboles d'instrumentation.

L'anatomie d'une vanne de régulation

Une vanne de régulation comporte toujours au moins une entrée et une sortie pour le fluide. Dans le cas des vannes de mélange ou de dérivation, il y a plus d'entrées et de sorties de débit. Il y a également un dispositif qui peut être réglé pour restreindre le débit vers la ou les sorties, et un actionneur qui transfère l'énergie mécanique au dispositif de restriction du débit sous la forme d'un déplacement linéaire (type tige coulissante) ou angulaire (type rotatif).

Les différents types de vannes de régulation

La vanne elle-même peut être de plusieurs types, chaque type ayant des caractéristiques et des utilisations différentes. Le plus courant est la vanne à soupape, qui consiste en un bouchon limitant la circulation du fluide dans le passage. Le bouchon peut être conçu pour présenter une relation fixe entre la distance parcourue par la tige de la vanne et le débit maximal passant par la vanne (souvent une relation linéaire ou à pourcentage égal). D'autres types de vannes bien connus sont la vanne d'arrêt, la vanne à bille et la vanne à papillon. La vanne d'arrêt est généralement utilisée lorsqu'une simple commande marche/arrêt du débit est nécessaire. Une vanne à bille offre une très bonne capacité d'arrêt, mais une faible capacité d'étranglement. Une vanne à papillon est similaire à une vanne à soupape, mais elle utilise un disque circulaire que l'on fait tourner pour restreindre le débit du fluide.

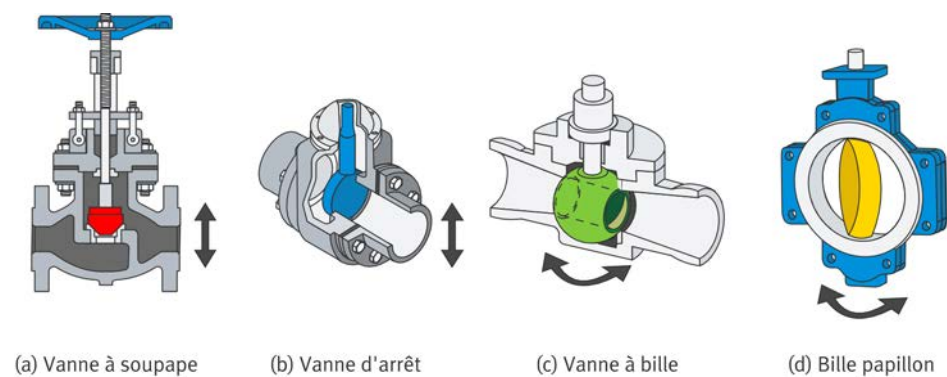


Figure 4 : Principaux types de vannes.

La vanne à soupape est le type de vanne utilisé avec tous les modèles disponibles pour le Système didactique en instrumentation et régulation de procédés, à l'exception de la vanne à bille, qui est utilisée sur la vanne à bille en V, modèle 46954.

La figure suivante illustre les différents composants d'une vanne de régulation de base avec un actionneur pneumatique à ressort et membrane.

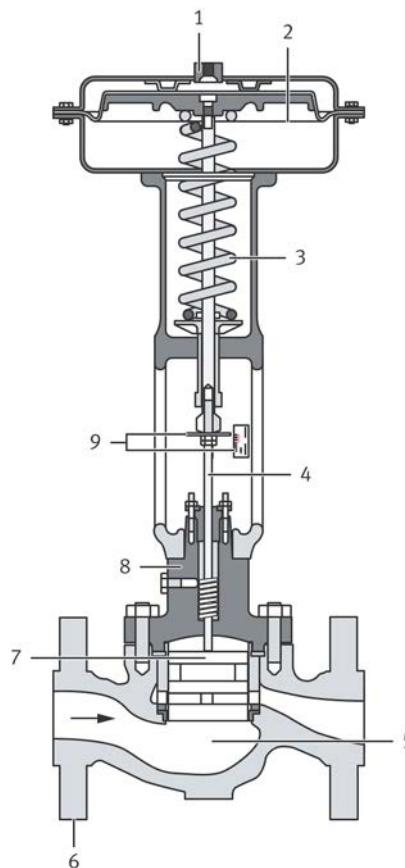


Figure 5 : Vanne de régulation pneumatique à ressort et membrane typique.

1. **Entrée du signal de pression.** Cette connexion fournit de l'air sous pression à l'actionneur de la vanne.
2. **Plaque de membrane.** Une plaque flexible qui transmet un mouvement vertical à la tige de la vanne lorsque de l'air sous pression est appliqué à sa surface.
3. **Ressort de l'actionneur.** Maintient la vanne en position normalement ouverte ou normalement fermée.
4. **Tige de vanne.** Pièce qui relie l'actionneur à l'élément de fermeture de la vanne.
5. **Entrée/Sortie.** Passages de fluide. Notez qu'une vanne de régulation est généralement directionnelle.
6. **Corps.** Contient le passage du fluide, les raccords de tuyaux et le bouchon de vanne.
7. **Bouchon de vanne.** Il s'agit de l'élément de fermeture de la vanne qui est en contact direct avec le fluide.

8. **Bonnet.** Contient la boîte à garniture et le joint de tige, et guide la tige de la vanne.
9. **Indicateur de déplacement et échelle.** Un pointeur et une échelle utilisés pour indiquer la position de la vanne.

L'actionneur pneumatique

L'un des types de vannes de régulation les plus courants est la vanne de régulation actionnée pneumatiquement avec un actionneur à ressort et à diaphragme. Les détails de construction de cette vanne sont présentés dans la figure 5 et dans la figure suivante.

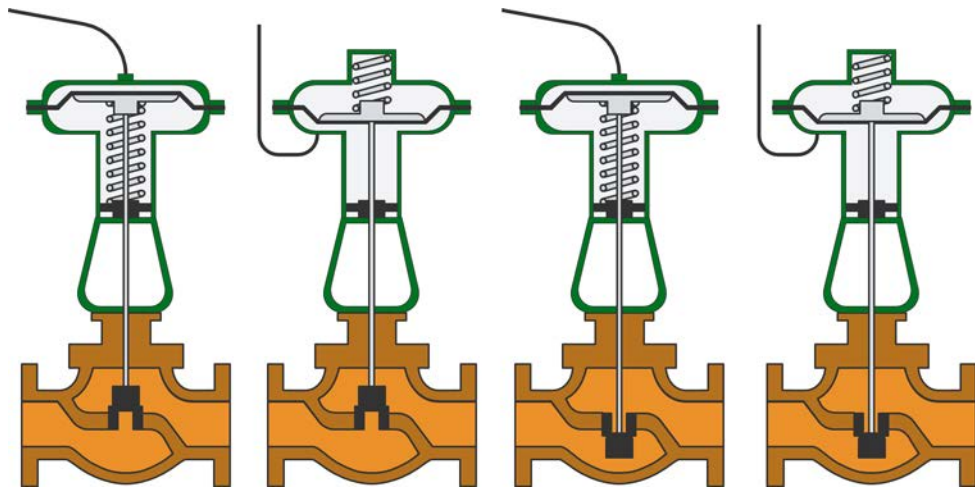


Figure 6 : Différents comportements de vannes et d'actionneurs.

Un actionneur pneumatique à ressort et à diaphragme se compose de deux chambres séparées par un diaphragme étanche à l'air. Une chambre est ouverte à l'atmosphère et contient un ressort agissant sur le diaphragme. L'autre chambre est mise sous pression par l'air de commande qui définit l'ouverture de la vanne. Cette pression d'air exerce sur le diaphragme une force qui s'oppose à la force du ressort. Le diaphragme se déplace linéairement en fonction de la pression de l'air de commande (car le ressort obéit à la loi de Hooke). Lorsque le diaphragme se déplace, il entraîne une tige qui déplace l'élément de restriction de débit. Si l'élément de restriction de débit nécessite un mouvement de rotation, ce mouvement linéaire est converti en rotation par des moyens mécaniques.

Lorsque le ressort se trouve dans la chambre inférieure, sa force pousse la tige vers le haut, tandis que la pression de l'air pousse la tige vers le bas. Pour une vanne comme la première représentée sur la figure, ce comportement est appelé « air pour fermer » (air-to-close) ou sécurité en position ouverte, car la vanne sera ouverte si la pression d'air est perdue. Si le ressort se trouve dans la chambre supérieure, il pousse la tige vers le bas, tandis que l'air sous pression dans la chambre inférieure contrecarre cette force en poussant vers le haut. La vanne est alors du type « air pour ouvrir » (air-to-open) ou sécurité en position fermée (voir, par exemple, la deuxième vanne sur la figure).

La désignation d'une vanne comme « sécurité en position ouverte » (fail-open) ou « sécurité en position fermée » (fail-close) dépend de l'action combinée de l'actionneur et de la vanne. Un actionneur est direct lorsque la tige se déplace vers le bas à mesure que la pression de l'air augmente, et inverse lorsque la tige se déplace vers le

haut à mesure que la pression de l'air augmente. La vanne a une action directe lorsqu'une tige se déplaçant vers le bas réduit le débit du fluide, et une action inverse lorsqu'une tige se déplaçant vers le bas augmente le débit du fluide. Voir la figure précédente pour les différentes combinaisons et leur effet global.

Tableau 1 : Désignation « sécurité en position ouverte » et « sécurité en position fermée » en fonction de l'action de l'actionneur et de la vanne.

Action du ressort	Directe	Inverse	Directe	Inverse
Action de la vanne	Directe	Directe	Inverse	Inverse
Désignation	Sécurité en position ouverte	Sécurité en position fermée	Sécurité en position fermée	Sécurité en position ouverte
	Air pour fermer	Air pour ouvrir	Air pour ouvrir	Air pour fermer

Le ressort d'un actionneur pneumatique doit présenter une raideur et une longueur précisément calibrées afin de garantir une réponse adéquate du système diaphragme-ressort au signal de commande. Le **taux de référence** est l'intervalle de pression appliqué à l'actionneur pour modifier l'ouverture de la vanne. Une plage de 20-90 kPa (3-13 psi) est un taux de référence typique. Le ressort à l'intérieur de l'actionneur peut être remplacé par un ressort de raideur différente si la plage de taux doit être modifiée.

Tableau 2 : État d'ouverture d'une vanne de régulation pour un taux de référence typique.

Signal de commande	Vanne « air pour ouvrir »	Vanne « air pour fermer »
0 à 20 kPa (0 à 3 psi)	fermée	ouverte
20 à 90 kPa (3 à 13 psi)	partiellement ouverte	partiellement ouverte
au-dessus de 90 kPa (au-dessus de 13 psi)	ouverte	fermée

Cela signifie qu'une vanne de régulation « air pour fermer » est complètement ouverte pour un signal de commande compris entre 0 et 20 kPa (0-3 psi) et complètement fermée lorsque le signal de commande est égal ou supérieur à 90 kPa (13 psi ou plus). Lorsque le signal de commande se situe dans le taux de référence, la tige se trouve entre sa position d'origine et son déplacement maximal. Le déplacement est une fonction linéaire du signal de commande entre les limites inférieure et supérieure du taux de référence. N'appliquez pas une pression excessive à un actionneur, car cela pourrait endommager le mécanisme de manière irréversible.

Convertisseur courant-pression (I/P)

Une vanne de régulation typique est équipée d'un convertisseur courant-pression, souvent abrégé I/P, qui reçoit une commande sous la forme d'un signal analogique variant de 4 à 20 mA qui est converti linéairement en un signal d'air sous pression de 20 à 100 kPa (3 à 15 psi). Ce signal d'air sous pression est appliqué à la surface du diaphragme, produisant ainsi une force qui surmonte la force du ressort et déplace l'élément de fermeture de la vanne vers le haut ou vers le bas.

Un convertisseur I/P doit être connecté à une alimentation en air sous pression pour effectuer la conversion entre le courant et la pression. Le schéma fonctionnel d'un convertisseur I/P typique est illustré ci-dessous :

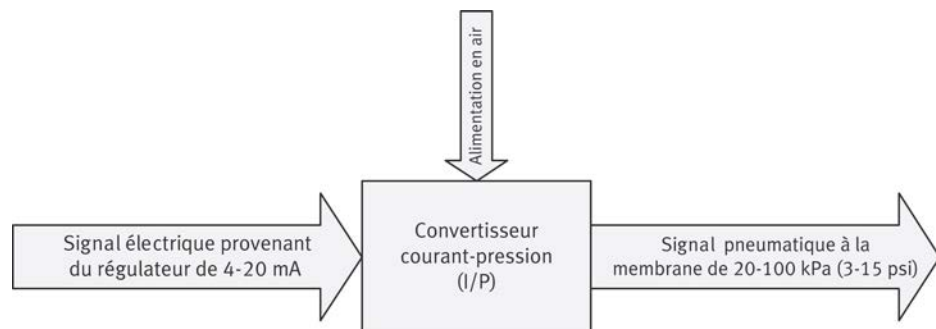


Figure 7 : Schéma fonctionnel d'un convertisseur I/P typique.

Caractéristiques de débit des vannes à soupape

Une vanne à soupape contient toujours un élément de vanne (le clapet) qui est conçu pour offrir un comportement déterminé entre le débit et le pourcentage de déplacement de la tige. Les caractéristiques d'un clapet de vanne peuvent être obtenues en traçant le débit de fluide en fonction de la distance parcourue par la tige pour une chute de pression fixe dans la vanne.

La sensibilité S est définie comme le rapport entre la variation du débit de fluide et la variation de déplacement de la tige L .

$$S = \frac{dQ}{dL} \approx \frac{\Delta Q}{\Delta L}$$

- **Caractéristique linéaire (courbe A)**

Une vanne présente des caractéristiques linéaires lorsque $S = \frac{dQ}{dL} = C$, où C est une constante. Cela signifie que la pente de la courbe est constante, de sorte qu'une variation donnée de la distance parcourue par la tige entraîne toujours la même variation de débit.

- **Caractéristique à pourcentage égal (courbe B)**

Dans une vanne à pourcentage égal, le clapet est formé de manière à ce que la variation relative $(\Delta Q/Q)$ soit constante pour toute valeur de L . La sensibilité est alors la suivante : $S = \frac{dQ}{dL} = CQ$, où C est une constante. La relation entre Q et C est, dans ce cas, de forme exponentielle.

- **Caractéristique à ouverture rapide (courbe C)**

Ce type de vanne est principalement utilisé en conjonction avec une commande tout ou rien lorsqu'une augmentation rapide du débit pour une faible distance de déplacement de la tige est souhaitable (système de sécurité par exemple).

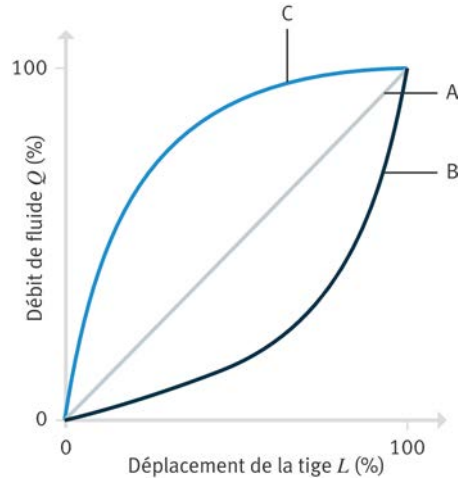


Figure 8 : Caractéristiques de débit typiques du clapet de vanne.

Notez que toutes les vannes à soupape utilisées avec le Système didactique en instrumentation et régulation de procédés sont du type à pourcentage égal.

Dimensionnement et sélection de vannes – un aperçu rapide

Choisir la bonne vanne pour une application est un art qui fait appel à l'expérience et à de nombreuses règles d'approximation. Cette section vise à présenter une méthode simplifiée pour ce faire, et introduit quelques caractéristiques importantes des vannes, telles que C_v , le coefficient de débit.

1. Le système que vous allez utiliser doit d'abord être complètement défini et les exigences de votre procédé doivent être connues. Un exemple est donné pour une boucle de débit sur le Système didactique en instrumentation et régulation de procédés :
 - **Hauteur totale disponible.** Environ 240 kPa (34,5 psi). Il s'agit de la pression maximale que la pompe peut fournir.
 - **Chute de pression (sans la vanne de régulation).** Dans le cas d'une simple boucle de débit, la perte de pression est très faible, une estimation pessimiste pourrait être de 34,5 kPa (5 psi).
 - **Débit maximal.** Le débit maximal fourni par la pompe est d'environ 56,8 l/min (15 gal/min).
 - **Débit de fonctionnement typique.** Le débit habituel de notre application est de 30,3 l/min (8 gal/min).
 - **Débit minimal.** Supposons que nous ayons besoin d'un débit minimal de 15,1 l/min (4 gal/min).

- **Diamètre des tuyaux.** Les tuyaux ont un diamètre interne de 1,9 cm (0,75 pouces).

La première règle d'approximation stipule que votre vanne (lorsqu'elle est complètement ouverte) devrait utiliser 10 % de la chute de pression totale ou 69 kPa (10 psi), la valeur la plus élevée étant retenue. La chute de pression étant d'environ 35 kPa (5 psi), la chute de pression admissible dans la vanne est de 69 kPa (10 psi). La hauteur de pression totale (240 kPa ou 34,5 psi) est suffisante pour compenser cette chute de pression supplémentaire dans la vanne.

2. Le coefficient de débit de la vanne est maintenant calculé. Le coefficient de débit C_v est toujours calculé en unités de mesure américaines et ses unités sont souvent ignorées. Une version SI existe et est notée K_v . Notez que la relation entre les deux est $C_v = 1,16 K_v$

$$C_v = Q \sqrt{\frac{SG}{\Delta P}}$$

où

- Q est le débit en **US gal/min**
- SG est la densité du fluide (= 1 pour l'eau à 60°F)
- ΔP est la chute de pression dans la vanne en **psi**

Le facteur de débit K_v , est l'équivalent SI de C_v . Cette équation est construite pour refléter la version C_v et traite cavalièrement avec ses différentes unités dimensionnelles puisque le nombre résultant est considéré comme sans unité. Il se calcule de la manière suivante (attention à utiliser les unités indiquées) :

$$K_v = Q \sqrt{\frac{SG}{\Delta P}}$$

où

- Q est le débit en **m³/heure**
- SG est la densité du fluide (= 1 pour l'eau à 20 °C)
- ΔP est la chute de pression dans la vanne en **bar** (1 bar = 100 kPa)

Ainsi, le coefficient de débit au débit maximal dans notre exemple est (remarquez que $C_v = 1,16 K_v$) :

$$C_v = Q \sqrt{\frac{SG}{\Delta P}} = 15 \sqrt{\frac{1}{10}} = 4,74 \quad \text{ou} \quad K_v = 56,8 \cdot \frac{60 \text{ m}^3}{1000 \text{ min}} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,69 \text{ bar}}} = 4,10$$

Le coefficient de débit peut également être calculé pour les conditions de fonctionnement minimales et normales. Notez que la même perte de charge (10 psi) est utilisée dans le calcul à titre d'approximation. La perte de charge réelle serait en

fait plus importante, ce qui se traduirait par un K_v plus petit. Le niveau de précision considéré ici est suffisant pour nos besoins.

Conditions normales de débit $C_v = 8\sqrt{\frac{1}{10}} = 2,53 \rightarrow K_v = 2,18$

Conditions minimales de débit $C_v = 4\sqrt{\frac{1}{10}} = 1,26 \rightarrow K_v = 1,09$

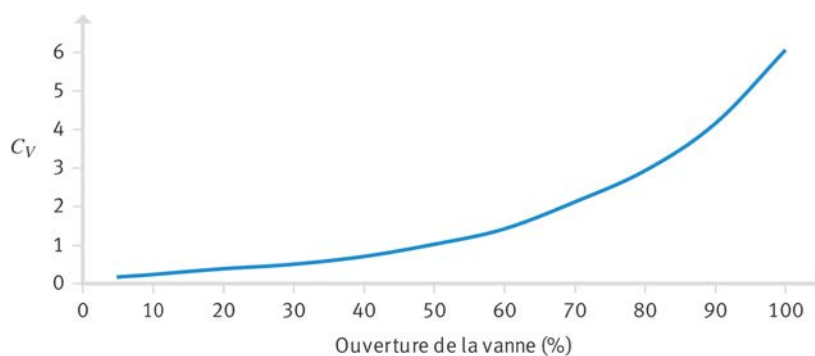
3. Il est important à ce stade de prendre en compte deux autres règles d'approximation :

- Le diamètre des orifices d'entrée et de sortie d'une vanne de régulation ne doit jamais être inférieur à la moitié du diamètre des tuyaux utilisés. Les tuyaux utilisés dans le système ont un diamètre de 1,9 cm (3/4 po). Cela signifie que la vanne de régulation doit avoir un diamètre d'au moins 0,95 cm (3/8 po). Ainsi, une vanne de régulation d'un diamètre de 1,3 cm (1/2 po) est conforme à cette règle.
- Il faut s'efforcer d'éviter d'utiliser les 20 % inférieurs et les 20 % supérieurs du déplacement de la tige, car une vanne est beaucoup plus simple à commander dans sa plage moyenne (20 à 80 %) que dans ses extrêmes. Bien sûr, ce n'est pas toujours possible ; pensez à une application où le débit doit être complètement arrêté de temps en temps (tige de vanne à 0 %). Néanmoins, il n'est pas judicieux d'utiliser les extrêmes de la plage d'une vanne pour exercer une régulation quotidienne sur un procédé.

Vous devez ensuite décider du type de vanne à utiliser (dans notre cas : une vanne à soupape à pourcentage égal). En gardant à l'esprit le C_v (ou K_v) obtenu à l'étape précédente, nous pouvons nous diriger vers un tableau du fabricant. Voici quelques informations techniques sur la vanne qui a été choisie :

Tableau 3 : Coefficients C_v (et K_v) de la vanne de régulation en fonction de son ouverture.

Ouverture de la vanne (%)	C_v	K_v
5	0,16	0,14
10	0,24	0,21
20	0,38	0,33
30	0,5	0,43
40	0,7	0,61
50	1,0	0,87
60	1,4	1,21
70	2,1	1,82
80	2,9	2,51
90	4,1	3,55
100	6	5,19

Figure 9 : Coefficient C_v de la vanne en fonction de son ouverture.

Nous voyons sur le graphique qu'un C_v de 1,26 correspond approximativement à une ouverture de la vanne de 55 %. De même, un C_v de 2,18 correspond à une ouverture d'environ 72 % et un C_v de 4,74 (débit maximal) à une ouverture de la vanne de 94 %.

La règle consistant à éviter d'utiliser la plage inférieure de 20 % de la vanne est facilement respectée. En revanche, les 20 % supérieurs sont utilisés pour la régulation des débits élevés. À ce stade, il convient de faire preuve de discernement. Le système est-il susceptible de fonctionner au débit maximal lors des expériences de

régulation pendant des périodes prolongées ? La réponse est non. En fait, le débit le plus élevé que vous êtes susceptible de rencontrer lors d'expériences de régulation bien réglées correspondra à une ouverture de 85 %, ce qui est encore acceptable. En outre, une approximation a été utilisée dans le calcul de C_v . Les pertes de charge réelles sont plus importantes que celles utilisées dans les calculs. Par conséquent, les ouvertures de la vanne seraient plus petites que celles obtenues.

Le point essentiel à retenir est que la vanne que vous choisissez doit être dimensionnée de manière à s'adapter le plus possible à votre procédé, sans avoir recours à ses plages extrêmes de manière excessive. Dans notre cas, la vanne est appropriée.

Accessoires

Les vannes peuvent être équipées de nombreux accessoires. Quelques-unes d'entre elles sont brièvement décrites ici :

Positionneur : Un positionneur est un dispositif mécanique utilisé pour s'assurer que la tige de la vanne se trouve à l'endroit voulu par le régulateur. Le positionneur corrige les erreurs dues à des facteurs tels que les variations du frottement de la garniture (dus à la saleté, à la corrosion ou à l'absence de lubrification), les variations des forces dynamiques d'un procédé, la zone morte ou les non-linéarités. Il fonctionne comme la boucle esclave (généralement un régulateur proportionnel à gain élevé) d'un régulateur en cascade qui mesure la position de la tige et la compare à la position souhaitée (le point de consigne). Pour cette raison, un positionneur est adéquat lorsque la constante de temps de la boucle esclave est beaucoup plus courte que la constante de temps de la boucle maître. Cela signifie que le positionneur doit être capable de répondre beaucoup plus rapidement que la variable principale du procédé que la vanne régule.

DVC : DVC est l'abréviation de Digital Valve Controller (régulateur de vanne numérique). Il s'agit d'un dispositif courant-pression équipé d'un microprocesseur. Ce type d'accessoire permet un étalonnage et une configuration automatiques ainsi qu'un positionnement numérique. Certains modèles sont capables de communiquer via les protocoles de communication HART ou Fieldbus.

Booster : Un booster est un dispositif qui amplifie un signal pneumatique afin d'améliorer les performances d'une vanne de régulation. Il s'agit essentiellement d'un amplificateur à anticipation et il est généralement utilisé en association avec un positionneur.

Types de positionneurs de vanne

Les positionneurs de vanne sont disponibles dans une grande variété de modèles, en fonction du type de signaux d'entrée et de sortie utilisés pour actionner la tige de la vanne.

- Pneumatique (les deux signaux sont pneumatiques). C'est le cas du positionneur Fisher 3660.
- Électropneumatique
- Numérique-pneumatique. Un DVC utilise ce type de positionneur.
- Électrohydraulique
- Électrique (les deux signaux sont électriques). La vanne de régulation électrique est un exemple de vanne dotée d'un positionneur électrique.

Avantages et inconvénients des positionneurs de vanne

Les positionneurs de vanne présentent les avantages suivants :

- Leur capacité à convertir le type de signal de commande.
- Leur capacité à réduire le frottement et, par conséquent, l'hystérésis et la zone morte. La résolution et le temps de réponse sont également améliorés.
- Leur capacité à augmenter la stabilité du fonctionnement de la vanne en présence d'un fluide visqueux ou collant.
- Leur capacité à modifier le comportement d'une vanne en fonction des exigences d'un procédé, ou à corriger la non-linéarité d'une vanne.
- La possibilité de les équiper de dispositifs de sécurité pour protéger l'équipement en cas de panne du signal ou de situations anormales.

Les inconvénients des positionneurs de vanne sont les suivants :

- Leur coût élevé.
- Ils ne sont pas aussi utiles pour un procédé avec un temps de réponse rapide (procédé de débit ou de pression par exemple).
- Ils peuvent produire des oscillations indésirables dans certains systèmes mal réglés.

Plus d'information à propos des vannes

Cavitation

Le phénomène de cavitation (du verbe latin *cavitare*, qui signifie creuser) est un processus indésirable et destructeur dans les vannes. La cavitation se produit lorsqu'un fluide est amené à s'évaporer localement, créant ainsi des cavités (petites bulles remplies de vapeur). Ces cavités sont formées dans les zones où la vitesse du fluide devient si élevée que la pression hydrostatique locale devient inférieure à la pression de vapeur du fluide (c.-à-d. que la pression au niveau de la vena contracta de la vanne est inférieure à la pression de vapeur). Les cavités sont entraînées par le débit et s'effondrent rapidement (implosion) lorsqu'elles atteignent des zones où la pression est plus élevée. En s'effondrant, les cavités produisent des ondes de choc qui peuvent endommager les surfaces avoisinantes.

La cavitation est reconnaissable à son bruit caractéristique, qui ressemble à celui de l'eau en ébullition. À des niveaux de cavitation plus élevés, le son peut faire penser à du gravier essayant de passer à travers la vanne. Les dommages résultant de la cavitation pouvant être très graves, il est important de les éviter autant que possible. Pour ce faire, il convient de concevoir correctement la vanne et d'éviter les situations où la chute de pression due à la vanne est importante (c.-à-d. les situations où la vanne de régulation est presque fermée).

Ce phénomène ne se manifeste pas beaucoup, voire pas du tout, avec le Système didactique en instrumentation et régulation de procédés, même si les vannes de régulation sont presque fermées. Il est néanmoins crucial de reconnaître la cavitation dans un environnement industriel afin d'en minimiser les effets. Pour plus d'information et d'illustrations de la cavitation en action, veuillez vous référer au cours Mesure.

Flashing

Le flashing, aussi connu sous le nom de vaporisation instantanée, est similaire à la cavitation car il se produit lorsque la pression locale tombe en dessous de la pression de vapeur du fluide, formant des bulles gazeuses. La différence est que la pression reste inférieure à la pression de vapeur après la restriction. Les bulles n'implosent donc pas comme dans le cas de la cavitation, mais persistent et sont entraînées avec le débit à des vitesses élevées. Cela peut causer des dommages semblables à un sablage sur la surface de l'équipement.

Débit étranglé

Le passage d'un liquide incompressible dans une vanne de régulation peut entraîner l'étranglement de la vanne, car la chute de pression causée par la restriction dans la vanne ramène la pression du liquide en dessous de sa pression de vapeur. À cette pression, le liquide commence à former des bulles qui prennent de la place dans la vena contracta de la vanne et forcent les molécules à s'agglutiner. Cela permet d'éviter des augmentations supplémentaires du débit lorsque la pression en aval diminue davantage (la pression en amont reste constante).

La chute de pression du débit étranglé est un paramètre souvent indiqué dans les publications techniques sur les vannes de régulation, qui indique la chute de pression minimale nécessaire pour provoquer l'étranglement. Au débit maximal, cette chute de pression minimale est d'environ 240 kPa (35 psi). Cette valeur est très proche de la hauteur de pression totale fournie par la pompe, de sorte que la vanne ne s'étrangle pas à moins d'être presque fermée. Un débit étranglé produit également de la cavitation ou du flashing.

Considérations de sécurité

	 ATTENTION
	Pour éviter de vous blesser ou de blesser vos coéquipiers et pour éviter d'endommager l'équipement, respectez toujours les consignes de sécurité indiquées ci-dessous : • Portez toujours un équipement de protection individuelle, en particulier des chaussures à embout en acier, lorsque vous manipulez la vanne de régulation. • Les vannes de régulation sont lourdes. Demandez l'aide de vos coéquipiers pour en soulever et en installer une. • Déconnectez les connexions électriques, la connexion pneumatique et relâchez la pression dans la vanne avant de la déplacer.

Utilisation de la vanne de régulation

Pour garantir de bonnes performances, certaines précautions doivent être prises lors de l'installation et de l'utilisation des vannes de régulation présentées dans ce cours.

Les procédures détaillées dans les sous-sections suivantes soulignent les aspects les plus importants.

Installation sur le poste de travail de procédés

Suivez les directives ci-dessous lors de l'installation de la vanne sur le poste de travail de procédés :

- Assurez-vous que le profilé sur lequel vous prévoyez d'installer la vanne de régulation est fermement fixé à la structure du poste de travail.
- Fixez toujours l'ensemble de la vanne de régulation à un profilé à l'aide de vis et d'écrous à ressort.

	 ATTENTION
	La vanne de régulation peut tomber et vous blesser, vous ou vos coéquipiers, ou endommager l'équipement si elle n'est pas fixée à l'aide d'écrous et de vis à ressort.

- Assurez-vous que le corps de la vanne ne tourne pas librement. S'il tourne, serrez le contre-écrou qui fixe le corps à l'étrier.

Sens du débit

Remarquez la flèche de direction du débit située sur le corps de la vanne en laiton (regardez derrière la vanne si vous ne la voyez pas). Cette flèche doit toujours être orientée dans la direction du débit. Il peut être nécessaire de tourner le corps de la vanne pour orienter correctement la flèche. Pour ce faire, localisez le contre-écrou le long de la tige de la vanne de régulation (vous devrez peut-être utiliser une fenêtre d'accès à l'arrière de la vanne de régulation) et :

	 ATTENTION
	Ne tournez jamais une vanne normalement ouverte lorsqu'une pression est appliquée à l'entrée d'air, car cela pourrait causer des dommages permanents et importants au siège de la vanne. Déconnectez toujours la source d'air sous pression d'une vanne de régulation normalement ouverte avant d'effectuer cette procédure. Pour la même raison, une vanne normalement fermée doit être ouverte avec le signal de commande approprié lorsqu'elle change de direction de débit. Notez que les vannes à trois voies sont différentes. Ces vannes reposent sur l'un ou l'autre de leurs sièges lorsque la pression est maximale (100 %) ou minimale (0 %). Par conséquent, il est obligatoire d'envoyer une pression de 50 % à l'actionneur lorsque la direction du débit doit être modifiée. Cela permet d'éviter d'endommager la vanne en raison du frottement des sièges.

1. Utilisez un marteau et un tournevis approprié pour dévisser le contre-écrou de l'actionneur qui fixe le corps de la vanne à l'étrier, comme le montre la figure suivante. Il est recommandé de placer un morceau de chiffon sur le contre-écrou pour éviter d'endommager sa finition avec le tournevis et de ne donner que de légers coups de marteau.
2. Tournez manuellement le corps de la vanne jusqu'à ce que la flèche pointe dans la même direction que le débit.
3. Serrez le contre-écrou jusqu'à ce que le corps de la vanne ne puisse plus tourner.



Figure 10 : Dévisser le contre-écrou de l'actionneur pour desserrer le corps de la vanne.

Vanne de régulation de base (46950-B)

Description de la vanne de régulation de base

La vanne de régulation de base, modèle 46950-B0, est une vanne de régulation à commande pneumatique et à soupape équipée d'un actionneur à ressort et membrane. L'actionneur est commandé par un convertisseur I/P qui reçoit un signal analogique d'un régulateur, lequel est converti linéairement en un signal pneumatique. Ce signal est appliqué à la surface du diaphragme pour vaincre la force de retenue du ressort.

Les détails de construction de la vanne de régulation de base sont présentés ci-dessous :

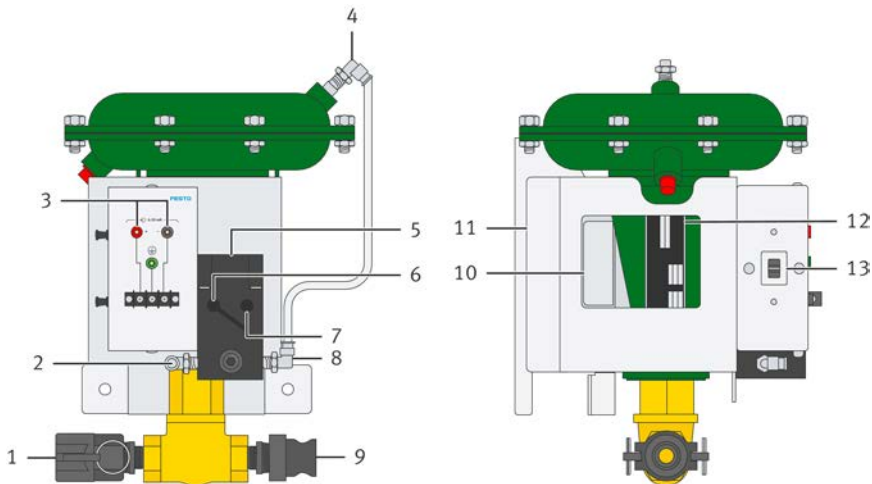


Figure 11 : Vanne de régulation pneumatique, modèle 46950-B.

- 1. Sortie :** Le fluide doit sortir par le raccord femelle (la vanne est directionnelle).
- 2. Entrée I/P d'air sous pression :** Cet orifice se connecte à une sortie d'air sous pression sur l'unité pneumatique.

	 ATTENTION La pression maximale autorisée à cette entrée est de 550 kPa (80 psi). Une pression supérieure à cette valeur peut endommager l'I/P.
---	--

3. **Connecteurs 4-20 mA :** Le signal de commande est capté par ces connecteurs. Pour un exemple de câblage typique impliquant la vanne de régulation, voir la section Exemple de boucle de courant.
4. **Entrée d'air sous pression de l'actionneur :** Le signal pneumatique de la sortie d'air sous pression de l'I/P est capté à cette entrée.

	 ATTENTION
	La pression maximale autorisée à cette entrée est de 240 kPa (35 psi). Une pression supérieure à cette valeur peut endommager l'actionneur.

5. **Convertisseur courant-pression (I/P) :** Convertit linéairement le signal de commande 4-20 mA en un signal pneumatique 20-100 kPa (3-15 psi).
6. **Vis de réglage RANGE :** Permet de régler la plage de pression correspondant au signal de commande 4-20 mA. Retirez le couvercle en plastique en forme de V pour accéder à la vis de réglage.
7. **Vis de réglage du ZÉRO :** Permet de régler la valeur de la pression correspondant à un signal de 4 mA. Les vis de réglage du ZÉRO et de RANGE sont en interaction.
8. **Sortie I/P d'air sous pression :** Cet orifice se connecte à l'entrée d'air sous pression de l'actionneur.
9. **Entrée :** Le fluide doit entrer par le raccord mâle (la vanne est directionnelle).
10. **Miroir :** Ce miroir permet de visualiser la position de l'indicateur de déplacement et de l'échelle.
11. **Support de montage :** Utilisez toujours le support de montage pour installer solidement l'ensemble de la vanne de régulation sur un profilé du poste de travail de procédés.
12. **Plaque signalétique :** Indique les principales informations techniques relatives à la vanne de régulation. Notez que la plaque signalétique peut être située à un autre endroit de la vanne, par exemple sur le dessus de l'actionneur.
13. **Commutateur d'insertion de panne :** Un commutateur d'insertion de panne peut être activé par l'instructeur pour insérer une panne électrique. La panne est activée lorsque le commutateur est en position activation (I). Assurez-vous que la panne est en position désactivation (O) si vous n'effectuez pas un exercice de dépannage.

Voici un résumé des principales caractéristiques de la vanne de régulation et du convertisseur de courant-pression :

Tableau 4 : Vanne de régulation.

Type de vanne	vanne à clapet de type soupape, pourcentage égal
Actionneur	normalement ouvert (air à la fermeture), à ressort et membrane
Taille de la vanne	13 mm (0,5 po)
C _v (complètement ouverte)	6
Plage de pression de l'actionneur	20-90 kPa (3-13 psi)
Pression maximale à l'entrée de l'actionneur	240 kPa (35 psi)

Tableau 5 : I/P.

Plage de courant d'entrée	4-20 mA
Plage de pression de sortie	20-100 kPa (3-15 psi)
Pression maximale à l'entrée	550 kPa (80 psi)
Réglages de pression disponibles	plage et zéro

Connexions et réglages de la vanne

Connexions de pression

La vanne de régulation de base comporte trois points de connexion de pression. Suivez la procédure décrite ci-dessous pour effectuer toutes les connexions nécessaires à l'aide des lignes d'impulsion. N'alimentez pas la vanne de régulation en courant électrique pendant cette procédure.

1. Connectez la sortie d'air sous pression 0-200 kPa (0-30 psi) située sur l'unité pneumatique à l'entrée I/P d'air sous pression.

	 ATTENTION
	N'utilisez pas la sortie d'air sous pression 0-700 kPa (0-100 psi) de l'unité pneumatique. Cela garantit que la pression fournie ne dépasse jamais la pression maximale que l'I/P peut supporter : 550 kPa (80 psi).

2. Utilisez le régulateur de l'unité pneumatique pour régler la pression à environ 170 kPa (25 psi).
3. Si ce n'est pas déjà fait, interconnectez la sortie I/P d'air sous pression avec l'entrée d'air sous pression de l'actionneur à l'aide de conduites d'impulsion.

	 ATTENTION
	La pression à ces orifices ne doit jamais dépasser 240 kPa (35 psi).

Réglages de la plage et du zéro

Après une longue période d'arrêt, ou si c'est la première fois que l'I/P est utilisé, il doit être ajusté pour s'assurer que la conversion entre les signaux de commande électriques et pneumatiques est linéaire et similaire à la courbe illustrée ci-dessous :

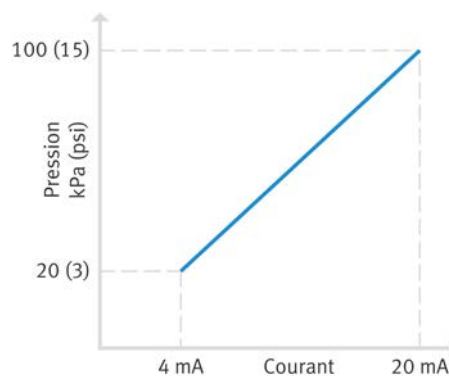


Figure 12 : Conversion entre les signaux de commande électriques et pneumatiques.

Suivez la procédure décrite ci-dessous pour régler l'I/P :

1. Connectez la ligne d'impulsion de la sortie I/P d'air sous pression au manomètre numérique 0-700 kPa (0-100 psi), modèle 46761-B0, fourni avec le système.
2. Connectez la sortie d'air sous pression 0-200 kPa (0-30 psi) située sur l'unité pneumatique à l'entrée I/P d'air sous pression. Réglez la pression à 170 kPa (25 psi).
3. Réglez votre étalonneur pour qu'il fonctionne comme une source de courant. Connectez les fils aux connecteurs 4-20 mA situés à gauche de l'I/P.

4. Retirez la pièce plastique de protection en forme de V pour accéder aux vis de réglage RANGE et ZÉRO.
5. Réglez la sortie de l'étalonneur à 4 mA et tournez la vis de réglage ZÉRO pour obtenir une lecture de 20 kPa (3 psi) sur le manomètre numérique.



Tournez la vis de réglage ZÉRO en sens antihoraire pour augmenter la pression ou en sens horaire pour diminuer la pression à la sortie I/P d'air sous pression.

6. Réglez la sortie de l'étalonneur à 20 mA et ajustez la vis de réglage RANGE, située dans le trou d'accès de la plage, pour obtenir une lecture de 103,4 kPa (15 psi) sur le manomètre numérique.



Il peut être nécessaire de répéter les deux dernières étapes plusieurs fois en raison de l'interaction entre les réglages de ZÉRO et de RANGE.

Exemple de boucle de courant (HART uniquement)

La procédure suivante détaille les étapes d'une connexion typique impliquant la vanne de régulation de base (toute vanne de régulation correctement étalonnée peut être utilisée), l'enregistreur sans papier (également connu sous le nom d'enregistreur de tendance) et un étalonneur de courant. Ici, l'étalonneur de courant simule un régulateur.

1. Localisez l'icône 4-20 mA sur la partie supérieure de la boîte de connexion noire de l'ensemble de la vanne de régulation. Les connecteurs situés ci-dessous recevront le signal 4-20 mA de l'étalonneur.
2. Connectez le connecteur + de votre étalonneur au connecteur + du connecteur VO1 sur la façade de l'enregistreur sans papier.
3. Connectez le connecteur – de VO1 au connecteur + de la boîte de connexion noire de l'ensemble de la vanne de régulation.
4. La boucle de courant doit être fermée pour obtenir un circuit complet. Pour ce faire, connectez le connecteur – de la boîte de connexion noire au connecteur – de votre étalonneur.
5. Connectez l'enregistreur à une source de 24 V sur l'unité électrique.
6. Allumez l'unité électrique. L'enregistreur sans papier devrait démarrer.
7. Pour tester votre connexion, configurez l'enregistreur pour mesurer et afficher un courant de 4-20 mA sur VO1. Reportez-vous au cours Familiarisation pour plus de détails.
8. Utilisez l'étalonneur pour envoyer un courant de 12 mA au transducteur I/P.

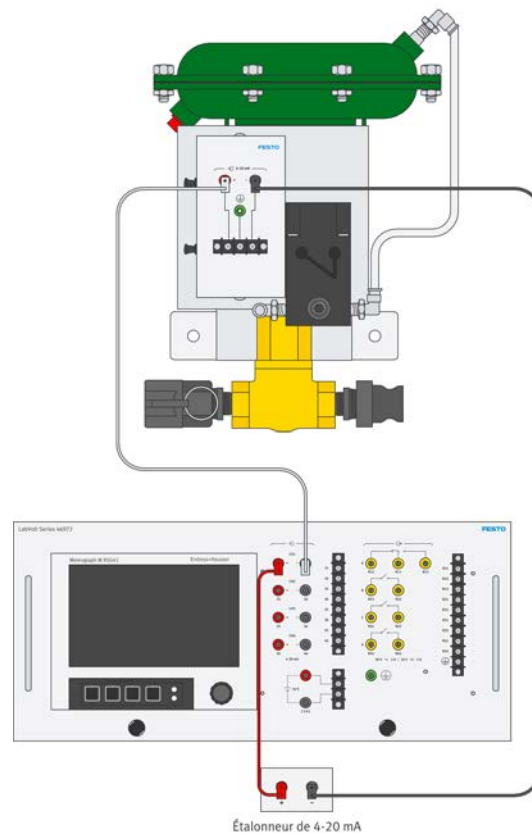


Figure 13 : Boucle de courant typique avec la vanne de régulation et l'enregistreur.

9. Observez l'indicateur de déplacement sur la vanne. Il devrait indiquer environ un demi (1/2), ce qui signifie que la vanne est à moitié fermée. Assurez-vous que l'écran de l'enregistreur indique 12 mA.
10. Envoyez maintenant un courant de 4 mA, puis un courant de 20 mA. La vanne devrait être respectivement complètement ouverte et complètement fermée.
11. Éteignez l'étalonneur et déconnectez-le de l'ensemble de la vanne de régulation. Dans une boucle de procédé réelle, vous remplacerez l'étalonneur par un régulateur et l'utiliserez en mode manuel pour vérifier la position de la vanne.

Vanne de régulation pneumatique avec positionneur (46950-A)

Description de la vanne de régulation

La vanne de régulation pneumatique avec positionneur, modèle 46950-A, est une vanne de régulation à commande pneumatique de type soupape équipée d'un actionneur à ressort et membrane. La vanne elle-même est identique à la vanne de régulation de base présentée dans l'unité d'apprentissage 1, mais elle comprend également un positionneur et un régulateur de pression.

Les détails de construction de la vanne de régulation pneumatique avec positionneur sont illustrés ci-dessous :

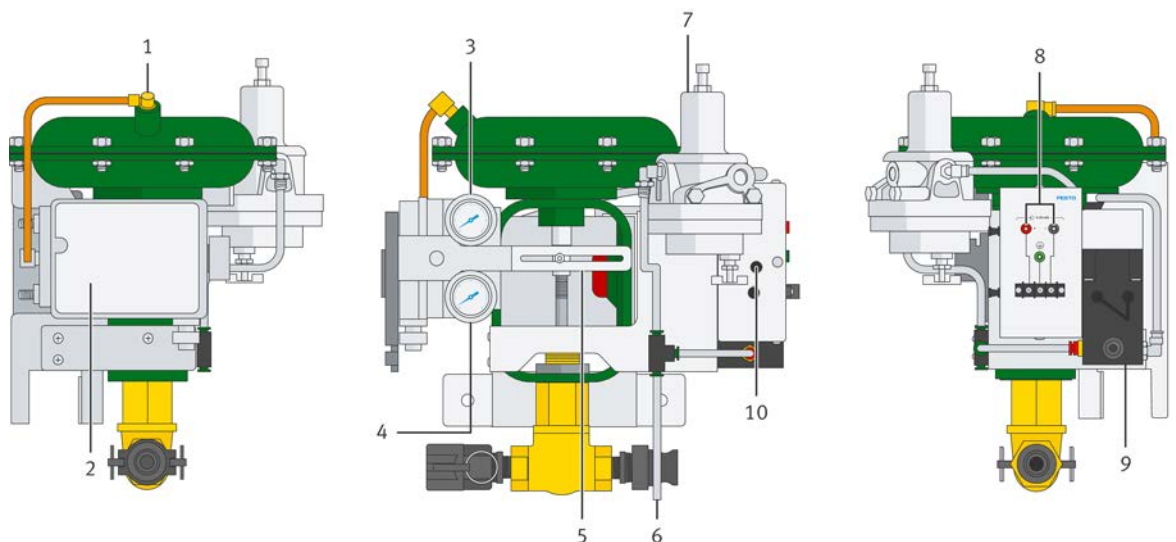


Figure 14 : Vanne de régulation pneumatique avec positionneur, modèle 46950-A.

- 1. Entrée d'air sous pression de l'actionneur.** Le signal pneumatique provenant de la sortie I/P d'air sous pression est capté à cette entrée et est utilisé pour actionner la position de la tige.

	⚠ ATTENTION
	La pression maximale permise à cette entrée est de 240 kPa (35 psi). Une pression supérieure à cette valeur peut endommager l'actionneur.

2. **Positionneur pneumatique.** Le positionneur est un dispositif mécanique qui fournit une pression à l'actionneur de la vanne en fonction de la pression d'entrée et de la rétroaction qu'il reçoit de la tige de la vanne.
3. **Manomètre du signal d'entrée.** Fournit une lecture de la pression envoyée par le convertisseur I/P qui correspond à la position souhaitée de la tige de la vanne.
4. **Manomètre du signal de sortie.** Indique la pression réelle envoyée à l'actionneur de la vanne par le positionneur.
5. **Plaque de rétroaction.** La plaque de rétroaction et l'échelle graduée fournissent une référence visuelle de la position de la tige. Remarquez comment le levier du positionneur est relié à la plaque de rétroaction.
6. **Entrée d'alimentation en air.** Connecte l'alimentation en air au connecteur en forme de T. L'air fourni est acheminé vers le convertisseur I/P et vers le régulateur de pression.

	 ATTENTION
	La pression maximale permise à cette entrée est de 550 kPa (80 psi). Une pression supérieure à cette valeur peut endommager l'I/P. Une pression de 170 kPa (25 psi) est recommandée.

7. **Régulateur de pression.** Le régulateur nettoie l'air fourni à la vanne avec ses filtres et assure une pression d'air continue au positionneur.
8. **Connecteurs 4-20 mA.** Le signal de commande est capté par ces connecteurs. Pour un exemple de câblage typique impliquant la vanne de régulation, voir la section Exemple de boucle de courant dans l'unité d'apprentissage 2.
9. **Convertisseur courant-pression (I/P).** Convertit linéairement le signal de commande 4-20 mA en un signal pneumatique 20-100 kPa (3-15 psi).
10. **Panneau de commutateur d'insertion de panne.** Il y a un commutateur d'insertion de panne derrière le panneau qui peut être activé par l'instructeur pour insérer une panne électrique. La panne est activée lorsque le commutateur est en position activation (I). Assurez-vous que la panne est en position désactivation (O) si vous n'effectuez pas un exercice de dépannage.

Cette vanne de régulation est **directionnelle** : Le fluide doit entrer par le raccord mâle et sortir par le raccord femelle. Voici un résumé des principales caractéristiques de la vanne de régulation et de son convertisseur de courant-pression :

Tableau 6 : Vanne de régulation.

Type de vanne	vanne à clapet de type soupape, pourcentage égal
Actionneur	normalement ouvert (air à la fermeture), à ressort et membrane
Taille de la vanne	13 mm (0,5 po)
C_v (complètement ouverte)	6
Plage de pression de l'actionneur	20-90 kPa (3-13 psi)
Pression maximale à l'entrée de l'actionneur	240 kPa (35 psi)

Tableau 7 : I/P.

Plage de courant d'entrée	4-20 mA
Plage de pression de sortie	20-100 kPa (3-15 psi)
Pression maximale à l'entrée	550 kPa (80 psi)
Réglages de pression disponibles	plage et zéro

Positionneur de vanne

Cette vanne de régulation est équipée d'un positionneur Fisher 3660. Un positionneur est un dispositif mécanique et pneumatique qui permet le positionnement précis de la tige de l'actionneur. En résumé, un positionneur de vanne peut être considéré comme un régulateur proportionnel à gain élevé qui compare la position souhaitée de la tige de la vanne à sa position réelle et apporte les modifications nécessaires pour corriger toute erreur entre les deux.

Un positionneur de vanne fonctionne de la manière suivante :

- Un signal pneumatique provenant du convertisseur I/P est envoyé au positionneur et correspond à la position souhaitée de la vanne. Ce signal est le point de consigne de position.
- Le positionneur envoie un signal de pression proportionnel au point de consigne à l'actionneur de la vanne. Cela force la tige de la vanne à se déplacer vers le haut ou vers le bas.
- En même temps, un signal indiquant la position réelle de la tige est renvoyé au positionneur par l'intermédiaire du levier de rétroaction. Tant qu'il existe une erreur entre le signal de rétroaction et le point de consigne, la pression

envoyée à l'actionneur est réajustée. Cela est effectué jusqu'à ce que la position de la tige corresponde au point de consigne.

Les deux figures suivantes montrent les différents composants externes d'un positionneur et la manière dont le positionneur est connecté à la vanne de régulation.

Dans la figure 15, le manomètre supérieur indique la pression envoyée par le convertisseur I/P. Cette pression correspond à une ouverture spécifique de la vanne de régulation. Le manomètre inférieur indique la pression envoyée à l'actionneur pour atteindre le déplacement de tige souhaité.

Une plaque est fixée perpendiculairement à la tige de la vanne et est reliée au levier de rétroaction par une tige. Cette tige repose sous la plaque et peut être déplacée le long du levier pour régler la plage du positionneur. La vis de réglage du zéro est située sous un capot de protection et permet de modifier le zéro du positionneur.



Figure 15 : Vue de face d'une vanne avec positionneur.

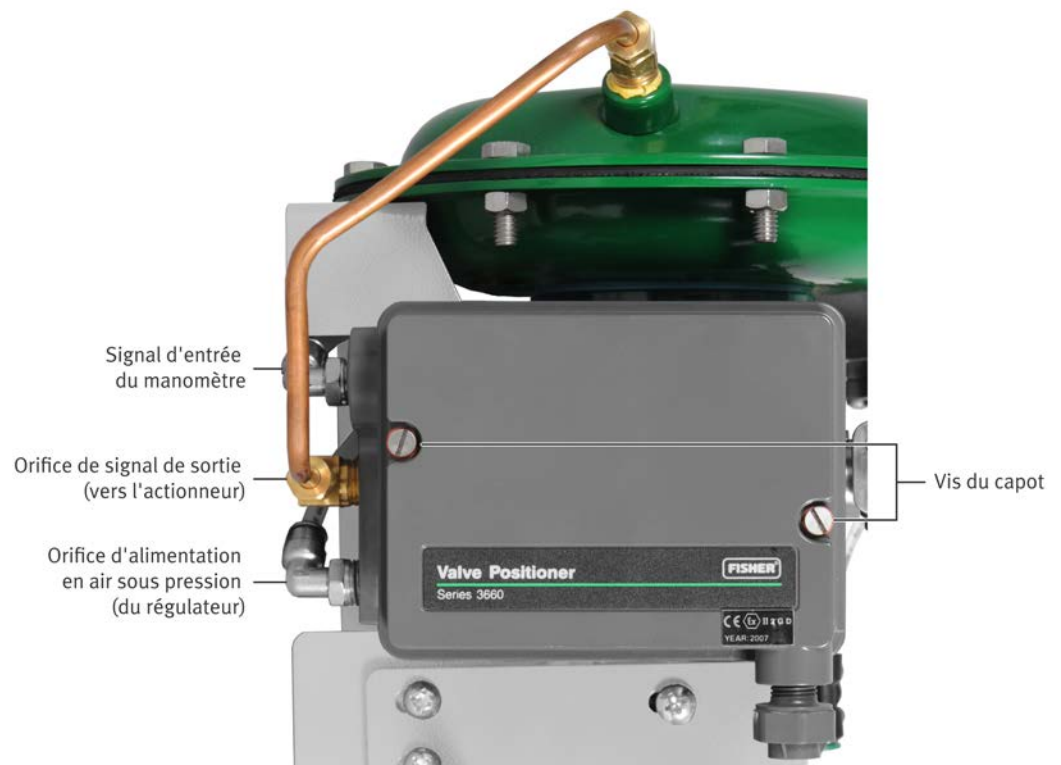


Figure 16 : Vue extérieure du positionneur.

Fonctionnement d'un positionneur

La figure suivante montre des détails du positionneur avec son couvercle enlevé. Dévissez les deux vis du capot pour accéder au mécanisme intérieur.

La première chose à noter est que le relais reçoit une pression d'entrée constante fournie par le régulateur. La pression de sortie du relais est régie par l'ouverture d'une buse. Ce débit est maximal lorsque la buse est complètement fermée et il diminue lorsque l'air peut s'écouler de la buse. Ce signal de sortie est envoyé à l'actionneur de la vanne et régule finalement l'ouverture de la vanne. Il existe cependant un mécanisme élégant qui agit sur la buse pour réguler le signal de pression envoyé à la vanne.

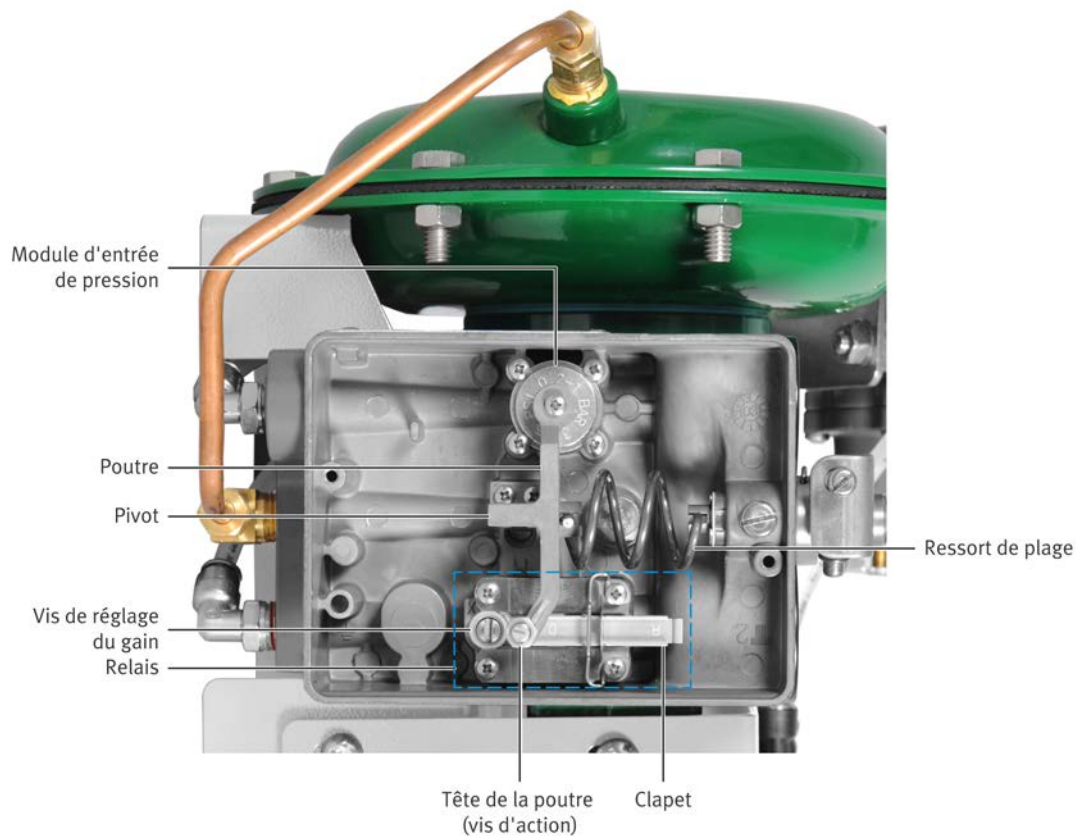


Figure 17 : Vue interne du positionneur.

Le signal de consigne provenant de l'I/P entre dans le positionneur et est appliqué à un module d'entrée qui se déplace vers le haut et vers le bas en fonction de la pression appliquée. Lorsque la tête du module d'entrée se déplace, elle fait tourner une poutre autour du pivot. La poutre a une tête (vis d'action) à son autre extrémité qui déplace le système de clapet-buse.

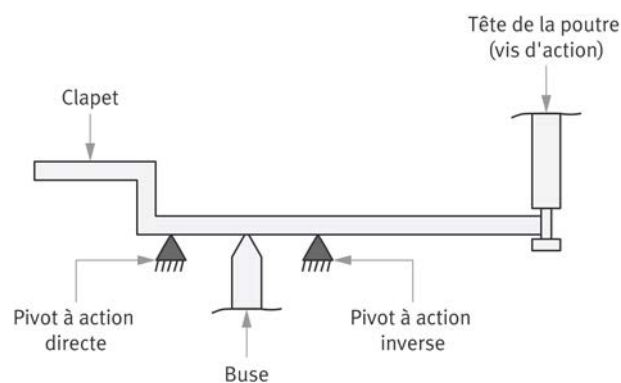


Figure 18 : Coupe transversale du système clapet/buse.

Le mouvement du clapet modifie la pression de sortie envoyée à l'actionneur. Il en est ainsi parce que l'obstruction de la buse dépend de la position du clapet. Notez que le clapet utilise l'un des deux pivots disponibles. Lorsque le symbole D (direct) du clapet est proche de la tête de la poutre, le pivot à action directe est utilisé. Le pivot à action inverse est utilisé lorsque le clapet est tourné de manière à ce que le symbole R (inverse) soit le plus proche de la tête de la poutre.

En principe, l'action de la vanne de régulation peut être inversée avec le positionneur. Pour ce faire, il suffit de tourner le clapet de manière à ce que le symbole R soit le plus proche de la tête du faisceau. Cela modifie le sens de rotation du clapet et, par conséquent, inverse l'action sur la buse et, en fin de compte, l'action de la vanne. Pour inverser le mouvement du levier de rétroaction, il est nécessaire de déplacer l'ensemble du positionneur de l'autre côté de la structure de l'actionneur. Pour cette raison, l'inversion de l'action n'est pas possible sur le modèle 46950-A, car le support utilisé pour fixer la vanne sur le poste de travail ne peut pas accueillir un positionneur à un emplacement différent de celui prévu.

L'aspect le plus important d'un positionneur réside dans le fait qu'il utilise la rétroaction pour faire correspondre la position réelle de la tige à la position souhaitée. Cette opération est réalisée par une autre partie du mécanisme illustré dans la figure 17 qui s'accouple à la poutre et ajoute son effet à l'action globale. Un levier de rétroaction est fixé à une plaque qui suit à tout moment le déplacement de la tige. Le levier transmet un couple au ressort de plage qui est ensuite relayé à la poutre. Ce couple est proportionnel à l'erreur entre le déplacement de la tige et sa position désirée, et il agit pour forcer la tige vers le point de consigne.

Connexions et réglages de la vanne

La vanne peut être connectée à une boucle de procédé de la même manière que la vanne de régulation de base. La connexion de pression et l'étalonnage du convertisseur I/P doivent être effectués comme expliqué dans la sous-section intitulée Connexions et réglages de la vanne dans l'unité d'apprentissage 1. La seule différence est que l'alimentation en air sous pression provenant du Panneau pneumatique à 170 kPa (25 psi) doit être connectée au connecteur en forme de T, qui envoie l'air à la fois au régulateur et au convertisseur I/P.

La vanne de régulation pneumatique équipée d'un positionneur pneumatique peut être utilisée dans une boucle de régulation une fois qu'elle a été étalonnée. Elle fonctionne de la même manière que la vanne de régulation de base et pourrait être utilisée dans des situations telles que celle présentée dans la figure 13.

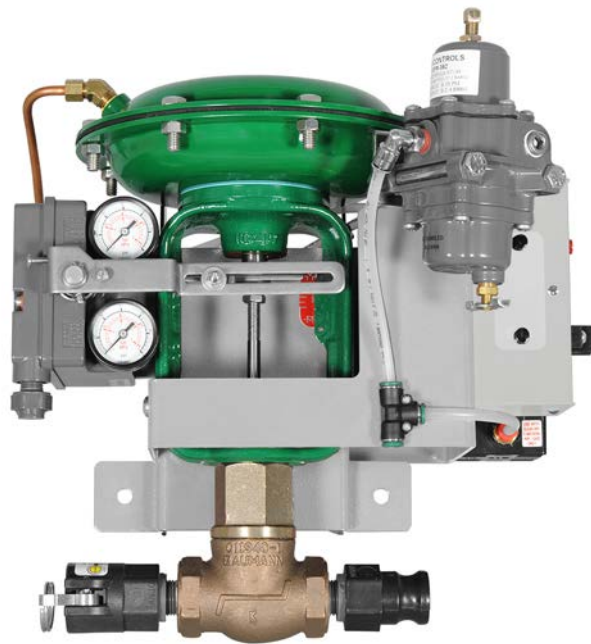


Figure 19 : Connexion de la ligne d'alimentation en air sous pression à la vanne.

Étalonnage du zéro et de la plage du positionneur

Le positionneur pneumatique doit être étalonné lors de la première utilisation de la vanne ou à chaque modification de sa configuration. L'étalonnage ne dérive généralement pas beaucoup avec le temps, mais il est toujours bon de surveiller l'étalonnage et de prendre des mesures correctives si nécessaire. La procédure ci-dessous décrit les étapes à suivre pour effectuer un étalonnage du zéro et de la plage d'un positionneur Fisher 3660. Notez que l'on suppose que le convertisseur I/P est correctement étalonné.

1. Fixez la vanne sur un support du poste de travail à l'aide de boulons et d'écrous à ressort. Connectez l'alimentation en air sous pression (170 kPa (25 psi)) à la vanne de régulation et mettez le panneau pneumatique en marche. Il n'est pas nécessaire de connecter la vanne à un procédé pour l'étalonnage. N'activez pas la pompe pendant cette procédure.
2. Retirez le capot du positionneur. Assurez-vous que le clapet est positionné de manière à ce que la lettre gravée « D » pour directe (et non « R » pour reverse ou inverse) soit la plus proche de la vis de réglage de l'action (voir la figure 17). Lorsque l'action est réglée à directe, la pression de sortie du positionneur augmente à mesure que le signal 4-20 mA envoyé à la vanne augmente. Il s'agit du seul mode d'action pris en charge sur ce modèle.
3. Localisez la vis de réglage du gain, qui se trouve à côté de la vis de réglage de l'action (voir la figure 17). Tournez la vis de réglage du gain complètement en sens horaire (sans forcer la vis !), puis tournez-la de trois tours en sens antihoraire. Cela permet de régler un gain qui est généralement adéquat pour la plupart des configurations.



La position recommandée ci-dessous pour l'écrou de réglage de la plage n'est valable que pour le gain suggéré. Il est possible d'utiliser un gain différent pour une application, mais cela implique un réajustement complet des réglages du zéro et de la plage.

4. La plage (déplacement) du positionneur de la vanne doit maintenant être réglée. Localisez l'écrou de réglage de la plage sur l'ensemble du levier de rétroaction. Desserrez l'écrou et faites glisser la tige le long du levier jusqu'à ce que le centre de la tige se trouve à environ 2 cm (0,8 po) du point de référence.

Réglez la pression d'entrée à 100 kPa (15 psi). Cela peut se faire soit en connectant une ligne de pression à la pression appropriée du panneau pneumatique à l'entrée du positionneur, soit en envoyant un signal de 20 mA à l'I/P (en supposant qu'il soit correctement étalonné). La pression d'entrée est lue à l'aide du manomètre de pression d'entrée.

Vérifiez que la lecture du manomètre de pression de sortie est égale ou légèrement supérieure à 100 kPa (15 psi).

- Si c'est le cas, la plage est correctement réglée. La vanne est complètement fermée et la plaque de rétroaction du positionneur est au niveau du repère le plus bas de l'indicateur de position. Serrez l'écrou de réglage de la plage et passez à l'étape suivante.
- Si ce n'est pas le cas, réajustez l'écrou de réglage de la plage de manière à ce que le manomètre de pression de sortie indique une pression égale ou légèrement supérieure à 100 kPa (15 psi). Serrez l'écrou de réglage de la plage et passez à l'étape suivante.

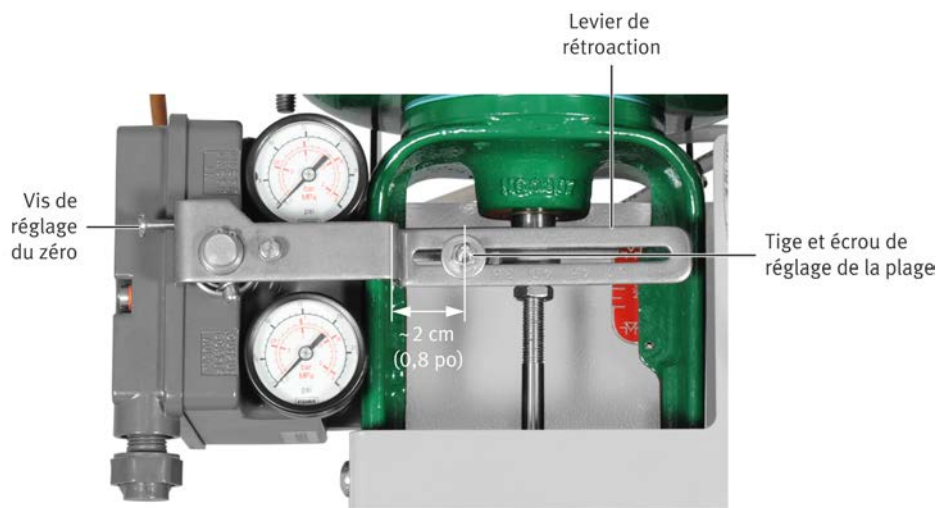


Figure 20 : Position suggérée de la tige et de l'écrou de réglage de la plage.

5. Le zéro du positionneur peut maintenant être réglé. Commencez par localiser la vis de réglage du zéro. Elle est située à l'extrême gauche du levier de rétroaction et est normalement protégée contre les modifications involontaires par un capot de protection. Retirez le capot de protection à l'aide d'un tournevis plat.

Réglez la pression appliquée à l'entrée du positionneur à 20 kPa (3 psi). Vous pouvez le faire soit en réglant la ligne de pression du panneau pneumatique à la valeur appropriée, soit en envoyant un signal de 4 mA à l'I/P (en supposant qu'il soit correctement étalonné).

Augmentez très lentement la pression appliquée à l'entrée du positionneur jusqu'à 24 kPa (3,5 psi) – vous pouvez envoyer un signal d'environ 4,6 mA si vous utilisez un I/P pour générer la pression requise. Vérifiez que l'aiguille du manomètre de sortie passe de presque zéro à une valeur légèrement plus élevée :

- Si c'est le cas, le zéro est correctement réglé. La vanne est complètement ouverte et la plaque de rétroaction du positionneur est au niveau de la marque la plus haute de l'indicateur de position. Passez à l'étape suivante.
 - Si ce n'est pas le cas, le zéro doit être ajusté en tournant la vis de réglage du zéro (en sens horaire ou antihoraire, selon la situation). Réglez la vis jusqu'à ce que l'aiguille du manomètre de sortie du positionneur commence à passer de la valeur minimale à une valeur légèrement supérieure. Passez à l'étape suivante.
6. Ramenez la pression d'entrée envoyée au positionneur à 100 kPa (15 psi) pour voir si la pression de sortie du positionneur est encore égale ou légèrement supérieure à 100 kPa (15 psi). Si ce n'est pas le cas, déplacez l'écrou de réglage de la plage pour atteindre cette condition.
 7. Ramenez la pression d'entrée envoyée au positionneur à 20 kPa (3 psi) pour voir si la pression de sortie est encore légèrement supérieure à la graduation zéro. Si ce n'est pas le cas, réajustez la vis de réglage du zéro jusqu'à ce que cette condition soit atteinte.
 8. Si nécessaire, répétez les étapes 6 et 7 jusqu'à ce que les réglages de la plage et du zéro soient correctement effectués.



Les réglages du gain, du zéro et de la plage interagissent. Par conséquent, si vous modifiez le réglage du zéro, vous devrez réajuster le réglage de la plage, et vice-versa. Ces réajustements doivent être effectués jusqu'à ce que les deux paramètres convergent vers le comportement souhaité. De plus, la modification du gain nécessite un réajustement des réglages du zéro et de la plage.

9. Remplacez les capots de protection sur la vis de réglage du zéro et sur le positionneur de vanne. Si vous avez connecté une ligne d'impulsion du panneau pneumatique directement à l'entrée du positionneur, déconnectez la ligne d'impulsion (ce faisant, éteignez l'alimentation en air) et reconnectez la sortie de l'I/P à l'entrée du positionneur.

Le positionneur est maintenant étalonné et la vanne est prête à être utilisée.

Vanne de régulation avec DVC2000 (46950-0)

Description de la vanne de régulation

La vanne de régulation avec régulateur de vanne numérique (DVC2000), modèle 46950-0, est une vanne de régulation à commande pneumatique de type soupape équipée d'un actionneur à ressort et membrane. La vanne elle-même est identique à la vanne de régulation de base, mais elle comprend également un régulateur numérique et un régulateur de pression.

Les détails de construction de la vanne de régulation avec un DVC2000 sont illustrés ci-dessous :

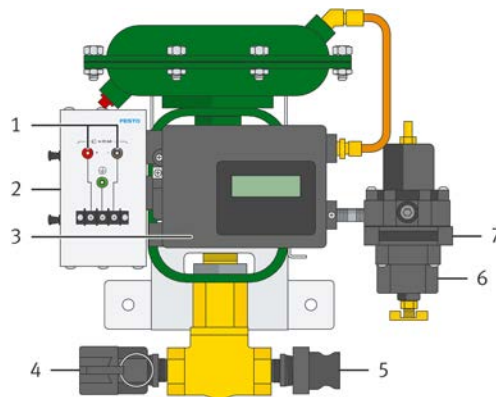


Figure 21 : Vanne de régulation avec un régulateur de vanne numérique (DVC2000), modèle 46950-0.

1. **Connecteurs 4-20 mA :** Le signal de commande est capté par ces connecteurs. Un minimum de 4 mA est nécessaire pour alimenter le DVC. Cette vanne peut utiliser la communication HART.
2. **Commutateur d'insertion de panne :** Un commutateur d'insertion de panne peut être activé par l'instructeur pour insérer une panne électrique. La panne est activée lorsque le commutateur est en position activation (I). Assurez-vous que la panne est en position désactivation (O) si vous n'effectuez pas un exercice de dépannage.
3. **DVC2000 :** Le DVC2000 est un régulateur de vanne numérique. Il est l'équivalent numérique d'un positionneur pneumatique et peut être programmé manuellement ou via le protocole HART. Il est relié à une plaque de rétroaction fixée sur la tige de la vanne. Les touches de commande sont accessibles en retirant le capot de protection.

4. **Sortie** : Le fluide doit sortir par le raccord femelle (la vanne est directionnelle).
5. **Entrée** : Le fluide doit entrer par le raccord mâle (la vanne est directionnelle).
6. **Régulateur** : Le régulateur nettoie l'air fourni à la vanne avec ses filtres et assure qu'une pression d'air continue est fournie à l'entrée d'alimentation en air du DVC.
7. **Entrée d'air sous pression de l'actionneur** : Le signal pneumatique provenant du panneau pneumatique est capté à cette entrée. Une pression de 175 kPa (25 psi) est recommandée.

	 ATTENTION
	Une pression de 175 kPa (25 psi) est suffisante. Le régulateur et le DVC peuvent supporter des pressions plus élevées (jusqu'à 690 kPa (100 psi) pour le DVC), mais l'actionneur de la vanne n'a besoin que de 90 kPa (13 psi) pour se fermer et sera endommagé par une pression supérieure à 240 kPa (35 psi).

Voici un résumé des principales caractéristiques de la vanne de régulation et de son régulateur :

Tableau 8 : Vanne de régulation.

Actionneur	normalement ouvert (air à la fermeture), à ressort et membrane
Taille de la vanne	13 mm (0,5 po)
C_v (complètement ouverte)	6
Plage de pression de l'actionneur	20-90 kPa (3-13 psi)
Pression maximale à l'entrée de l'actionneur	240 kPa (35 psi)

Tableau 9 : DVC2000.

Plage de courant d'entrée	4-20 mA
Plage de pression de sortie	0-140 kPa (0-20 psi)
Pression maximale à l'entrée	690 kPa (100 psi)

Régulateur de vanne numérique (DVC2000)

Cette vanne de régulation est équipée d'un régulateur de vanne numérique. Un régulateur de vanne numérique est un positionneur de vanne courant-pression basé sur un microprocesseur, conçu pour remplacer les dispositifs mécaniques et pneumatiques. Sa nature numérique permet le positionnement précis de la tige de l'actionneur et offre de nombreux réglages ainsi que la possibilité de communiquer directement avec le régulateur via le protocole HART.

Les sous-sections suivantes expliquent comment étalonner et modifier les options du DVC2000. Avant d'utiliser la vanne, effectuez toujours les étapes suivantes :

1. Fixez la vanne sur un support du poste de travail à l'aide de boulons et d'écrous à ressort. Connectez l'alimentation en air sous pression (170 kPa (25 psi)) à la vanne de régulation et mettez le panneau pneumatique en marche. Il n'est pas nécessaire de connecter la vanne à un procédé pour l'étalonnage. N'activez pas la pompe pendant cette procédure.
2. Retirez le capot de protection pour accéder aux touches de commande.
3. Connectez un étalonneur à la vanne de régulation. L'envoi d'une sortie de 4 mA alimente la vanne et l'écran LCD affiche son écran principal.

Si la vanne est étalonnée correctement, vous pouvez utiliser un signal 4-20 mA pour commander son ouverture.

Changement de la langue d'utilisation

1. Sur l'écran principal, appuyez sur les quatre touches de flèche et maintenez-les enfoncées pendant trois secondes.
2. Lorsque vous relâchez les touches de flèche, vous serez invité à choisir la langue que vous souhaitez utiliser. Faites défiler la liste des langues à l'aide des flèches haut et bas et appuyez sur la flèche droite pour sélectionner celle qui est en surbrillance.

Effectuer une configuration rapide

L'option de configuration rapide permet d'effectuer automatiquement un étalonnage et un réglage de l'instrument. Le résultat est généralement satisfaisant. Il est toutefois possible d'effectuer séparément un étalonnage du déplacement de la vanne ou un réglage de la réponse du régulateur (voir ci-dessous). Pour effectuer une configuration rapide :

1. Sur l'écran principal, appuyez une fois sur la flèche bas pour mettre en évidence l'option de configuration rapide. Appuyez sur la flèche droite.
2. Le DVC indiquera un avertissement vous rappelant que la vanne se déplacera au cours de cette procédure. S'il est possible d'effectuer cette procédure en toute sécurité à ce stade (c.-à-d. si le procédé n'est pas en cours), appuyez sur la flèche droite et maintenez-la enfoncée pendant trois secondes. (Appuyez sur la flèche gauche pour revenir au menu).

3. La vanne effectuera automatiquement la configuration (cela devrait durer environ 2 minutes). Vous pouvez appuyer sur les flèches gauche et droite pendant trois secondes si vous souhaitez interrompre cette procédure.

Une fois la procédure terminée, le régulateur vous invitera à appuyer sur la flèche droite, ce qui vous ramènera à l'écran principal.

La vanne de régulation devrait maintenant être correctement configurée.

Étalonnage du déplacement

Vous pouvez utiliser cette procédure si vous souhaitez étalonner l'instrument sans modifier les valeurs des réglages. Cette opération peut être effectuée manuellement ou automatiquement.

1. Sur l'affichage principal, appuyez deux fois sur la touche flèche vers le bas pour mettre en évidence l'option d'étalonnage du déplacement. Appuyez sur la flèche droite.
2. Le DVC vous demandera de choisir entre automatique et manuel (à l'aide des flèches vers le haut et vers le bas). Faites votre sélection et appuyez sur la flèche droite.
3. Le DVC indiquera un avertissement vous rappelant que la vanne se déplacera au cours de cette procédure. S'il est possible d'effectuer cette procédure en toute sécurité à ce stade (c.-à-d. si le procédé n'est pas en cours), appuyez sur la flèche droite et maintenez-la enfoncée pendant trois secondes. (Appuyez sur la flèche gauche pour revenir au menu).
4. Si vous choisissez le mode automatique, le régulateur effectuera automatiquement les réglages nécessaires. Cela dure environ deux minutes. Un message indique si la procédure a réussi ou échoué.

Si vous choisissez le mode manuel, il vous sera demandé d'envoyer un courant de 4 mA pour que la vanne se déplace jusqu'à sa position complètement ouverte. Appuyez sur la touche flèche droite. Il vous sera ensuite demandé d'amener la vanne en position de fermeture complète en envoyant un courant de 20 mA. Appuyez sur la touche flèche droite une fois que la vanne s'est stabilisée dans sa position de fermeture complète. Le DVC termine alors la procédure (cela peut durer une minute ou deux). Vous serez invité à sauvegarder et à quitter ou à quitter sans sauvegarder. Mettez votre choix en surbrillance (touches flèches vers le haut et vers le bas) et appuyez sur la touche flèche droite.

L'étalonnage du déplacement de la tige est maintenant terminé.

Réglage du régulateur de vanne numérique

Cette procédure permet de modifier la réponse du régulateur sans modifier l'étalonnage. Cette opération peut être effectuée manuellement ou automatiquement.

1. Sur l'affichage principal, appuyez trois fois sur la touche flèche vers le bas pour mettre en évidence l'option de réglage. Appuyez sur la flèche droite.

2. Le DVC vous demandera de choisir entre automatique et manuel (à l'aide des flèches vers le haut et vers le bas). Faites votre sélection et appuyez sur la flèche droite.
3. Le DVC indiquera un avertissement vous rappelant que la vanne se déplacera au cours de cette procédure. S'il est possible d'effectuer cette procédure en toute sécurité à ce stade (c.-à-d. si le procédé n'est pas en cours), appuyez sur la flèche droite et maintenez-la enfoncée pendant trois secondes. (Appuyez sur la flèche gauche pour revenir au menu).
4. Si vous choisissez le mode automatique, le régulateur effectuera automatiquement les réglages nécessaires. Cela dure environ deux minutes. Un message indique si la procédure a réussi ou échoué.

Si vous choisissez le mode manuel, vous serez invité à sélectionner l'un des onze ensembles de réglage. Chaque ensemble de réglage fournit des réglages de gain spécifiques pour la vanne. Ils vont de l'ensemble C (le plus lent) à l'ensemble M (le plus rapide). Il est normalement recommandé de commencer à partir de C et d'aller vers le haut en fonction des besoins. Un ensemble de réglages est activé dès qu'il est affiché dans le menu (à l'aide des flèches vers le haut et vers le bas). Testez le réglage en modifiant le signal 4-20 mA envoyé à la vanne. Appuyez sur la flèche droite pour confirmer votre choix.

Sélectionnez le niveau d'amortissement que vous souhaitez utiliser. En appuyant sur les touches flèches vers le haut ou vers le bas, vous augmentez ou diminuez l'amortissement. Appuyez sur la flèche droite pour confirmer votre choix. Vous serez alors invité à sauvegarder et à quitter ou à quitter sans sauvegarder. Mettez votre choix en surbrillance (touches flèches vers le haut et vers le bas) et appuyez sur la touche flèche droite.

Le réglage du régulateur de vanne est maintenant terminé.

Configuration détaillée

Cette procédure vous permet de modifier un certain nombre de caractéristiques importantes telles que les unités de pression, l'état par défaut de la vanne, la plage d'entrée et la caractéristique.

1. Sur l'affichage principal, appuyez quatre fois sur la touche flèche vers le bas pour mettre en évidence l'option de configuration détaillée. Appuyez sur la flèche droite.
2. Le DVC vous invite à sélectionner le paramètre Zero Control Signal (Signal de commande du zéro). Ce paramètre permet de spécifier si la vanne est complètement ouverte ou complètement fermée lorsque l'entrée est à 0 %. Vous pouvez choisir entre ouverte et fermée (à l'aide des flèches vers le haut et vers le bas) – la valeur par défaut pour cette vanne est ouverte. Faites votre sélection et appuyez sur la flèche droite.
3. Le DVC vous demande alors de sélectionner les unités de pression qu'il affichera. Choisissez entre bar, psi ou kPa (à l'aide des flèches vers le haut et vers le bas). Faites votre sélection et appuyez sur la flèche droite.
4. Le DVC vous demande alors de spécifier le paramètre Input Range Low (Minimum de la plage d'entrée). Il s'agit de la valeur de courant qui correspond au déplacement minimal (4 mA par défaut). Faites votre sélection (à l'aide des flèches vers le haut et vers le bas) et appuyez sur la flèche droite.

5. Vous êtes ensuite invité à spécifier le paramètre Input Range High (Maximum de la plage d'entrée). Il s'agit de la valeur de courant qui correspond au déplacement maximal (20 mA par défaut). Faites votre sélection (à l'aide des flèches vers le haut et vers le bas) et appuyez sur la flèche droite.

6. Le paramètre suivant à spécifier est le paramètre Characteristic (Caractéristique). Il spécifie la relation entre le déplacement de la tige et le signal de 4-20 mA envoyé au régulateur. Faites votre sélection parmi les options disponibles : Quick Open (Ouverture rapide), Linear (Linéaire), Equal % (Pourcentage égal) ou Custom (Personnalisée) à l'aide des flèches vers le haut et vers le bas. Puis, appuyez sur la flèche droite. La valeur par défaut est Linear (Linéaire).

Notez que la fonction Custom (Personnalisée) nécessite une connexion HART pour être reconfigurée.

7. Vous serez alors invité à sauvegarder et à quitter ou à quitter sans sauvegarder. Mettez votre choix en surbrillance (touches flèches vers le haut et vers le bas) et appuyez sur la touche flèche droite.

Si vous sauvegardez, le DVC indiquera un avertissement vous rappelant que la vanne peut se déplacer au cours de cette procédure. S'il est sécuritaire d'effectuer cette procédure à ce stade (c.-à-d. si le processus n'est pas en cours), appuyez sur la flèche droite et maintenez-la enfoncée pendant trois secondes.

Étalonnage de l'entrée analogique

Cette procédure permet d'étalonner la mesure de courant du régulateur avec un étalonneur précis. Cette procédure est effectuée sur votre vanne à l'usine et ne devrait pas nécessiter d'ajustements. S'il s'avère nécessaire de procéder à un réétalonnage, suivez les étapes ci-dessous :

1. Sur l'affichage principal, appuyez cinq fois sur la touche flèche vers le bas pour mettre en évidence l'option de configuration détaillée. Appuyez sur la flèche droite.
2. Le DVC indiquera un avertissement vous rappelant que la vanne se déplacera au cours de cette procédure. S'il est possible d'effectuer cette procédure en toute sécurité à ce stade (c.-à-d. si le procédé n'est pas en cours), appuyez sur la flèche droite et maintenez-la enfoncée pendant trois secondes. (Appuyez sur la flèche gauche pour revenir au menu).
3. Appliquez un signal précis de 4 mA. Appuyez sur la flèche droite.
Appliquez un signal précis de 20 mA. Appuyez sur la flèche droite.
4. Vous serez alors invité à sauvegarder et à quitter ou à quitter sans sauvegarder. Mettez votre choix en surbrillance (touches flèches vers le haut et vers le bas) et appuyez sur la touche flèche droite.

Cela conclut la procédure d'étalonnage de l'entrée analogique.

Inverser l'action de la vanne de régulation (en utilisant le protocole HART)

Le DVC2000 offre la possibilité d'utiliser le protocole de communication HART pour accéder à tous les paramètres du DVC, y compris de nombreux paramètres avancés non accessibles manuellement. L'une des caractéristiques les plus intéressantes du protocole HART est la possibilité d'inverser l'action de la vanne. Cette opération est entièrement réalisée par le régulateur et fait fonctionner la vanne comme une vanne air pour ouvrir (p. ex., complètement fermée pour un signal de 4 mA et complètement ouverte pour un signal de 20 mA). Bien entendu, la vanne s'ouvre complètement si le régulateur n'est plus alimenté à tout moment.

La procédure suivante suppose que vous soyez familiarisé avec le protocole HART et avec le logiciel Fieldcare. Pour plus de détails, reportez-vous au cours intitulé HART Device Configuration (P/N 86050).

1. Connectez le DVC2000 sur une boucle de courant avec une source 4-20 mA et le Commubox. Connectez le Commubox à un ordinateur et lancez le logiciel Fieldcare. Effectuez les étapes nécessaires pour communiquer avec le DVC2000.
2. Il est obligatoire de mettre la vanne en mode hors service avant d'essayer de modifier un paramètre quelconque. Pour ce faire, il suffit d'accéder au menu Instrument Mode (Mode de l'instrument). Ce menu est accessible en suivant le chemin suivant : Online -> Setup & Diag -> Basic Setup -> Manual Setup -> Instrument Mode (En ligne -> Configuration et diagnostic -> Configuration de base -> Configuration manuelle -> Mode de l'instrument). Cliquez sur le bouton et choisissez Out of Service (Hors service).
3. Vous pouvez maintenant aller dans le menu suivant : Online -> Setup & Diag -> Detailed Setup -> Measured Var (En ligne -> Configuration et diagnostic -> Configuration détaillée -> Var mesurées) pour modifier les paramètres Input Range Hi (Maximum de la plage d'entrée) et Input Range Lo (Minimum de la plage d'entrée). L'astuce pour régler la vanne en action inverse consiste à régler le paramètre Input Range Hi à une valeur inférieure à celle du paramètre Input Range Lo.

Pour inverser l'action de la vanne, vous pouvez régler les paramètres Input Range Hi (Maximum de la plage d'entrée) à 4 mA et Input Range Lo (Minimum de la plage d'entrée) à 20 mA. Notez que les valeurs par défaut pour l'action normale de la vanne sont les suivantes :

Input Range Hi: 20 mA

Input Range Lo: 4 mA

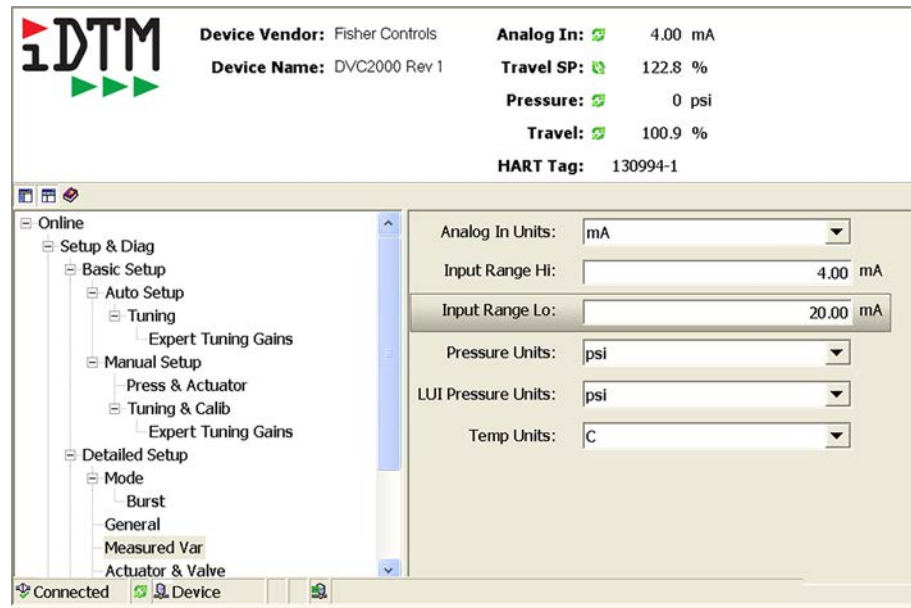


Figure 22 : Configurer le DVC2000 pour inverser l'action de la vanne.

4. Assurez-vous que le paramètre Control Mode (Mode de commande) est réglé à Analog (Analogique). Ce paramètre se trouve dans ce menu : Online -> Setup & Diag -> Detailed Setup -> Mode (En ligne-> Configuration et diagnostic -> Configuration détaillée -> Mode).
5. Remettez la vanne en mode In Service (En service) en accédant au menu Instrument Mode (Mode d'instrument). Ce menu est accessible en suivant le chemin suivant : Online -> Setup & Diag -> Basic Setup -> Manual Setup -> Instrument Mode (En ligne -> Configuration et diagnostic -> Configuration de base -> Configuration manuelle -> Mode de l'instrument). Cliquez sur le bouton et choisissez In Service (En service).

La vanne est maintenant inversée.

Vanne de régulation avec DVC6000 – HART/FF (46950-E/-D)

Description de la vanne de régulation

La vanne de régulation avec régulateur de vanne numérique (DVC6000), modèle 46950-D ou -E, est une vanne de régulation à commande pneumatique de type soupape équipée d'un actionneur à ressort et membrane. La vanne elle-même est identique à la vanne de régulation de base présentée dans l'unité d'apprentissage 1, mais elle comprend également un régulateur numérique et un régulateur de pression.

Notez que la version FOUNDATION Fieldbus, bien que presque identique à la version HART, nécessite une certaine connaissance du protocole de communication FOUNDATION Fieldbus pour pouvoir l'utiliser. Reportez-vous à cette section pour une description de base de la vanne et aux cours 86002 et 86003-E0 pour plus d'informations sur le protocole Fieldbus.

Les détails de construction de la vanne de régulation avec un DVC6000 sont illustrés ci-dessous :

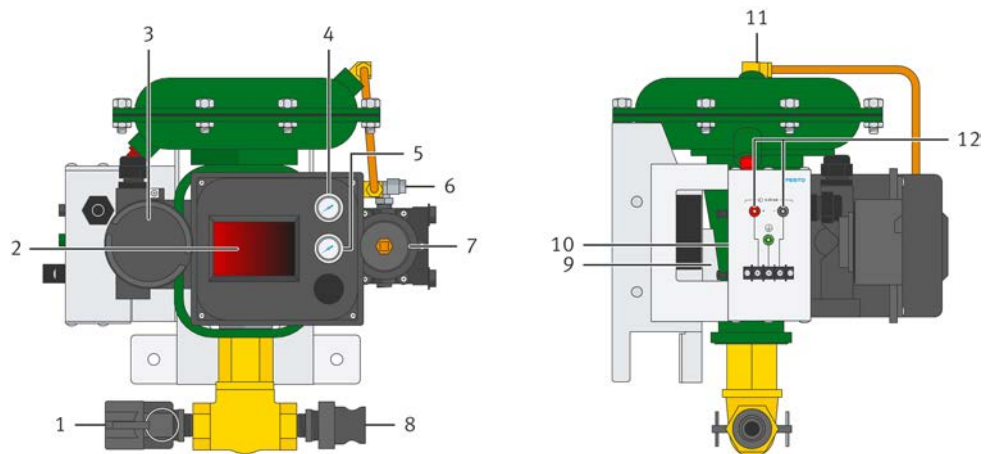


Figure 23 : Vanne de régulation avec un régulateur de vanne numérique (DVC6000), modèle 46950-E.

1. **Sortie** : Le fluide doit sortir par le raccord femelle (la vanne est directionnelle).
2. **DVC6010** : Le DVC6010 est un régulateur de vanne numérique de la famille DVC6000 conçu pour les vannes à tige coulissante. Il est l'équivalent numérique d'un positionneur pneumatique et peut être programmé via le protocole HART. Un DVC est relié à une plaque de rétroaction fixée à la tige de la vanne et peut ainsi suivre l'ouverture de la vanne de régulation.

3. **Boîte à bornes :** La boîte à bornes contient les bornes électriques pour l'alimentation du DVC (Loop +/- ou Boucle +/-). Il y a également une boucle auxiliaire (Aux. +/-) qui permet de désactiver le mode Protection.
4. **Manomètre supérieure :** Mesure la pression de sortie envoyée à l'actionneur de la vanne.
5. **Manomètre inférieur :** Mesure la pression fournie au DVC à la sortie du régulateur de pression.
6. **Entrée d'alimentation en air sous pression :** Le signal pneumatique provenant du panneau pneumatique est capté à cette entrée. Une pression de 175 kPa (25 psi) est recommandée.

	 ATTENTION
	Une pression de 175 kPa (25 psi) est suffisante. Le régulateur et le DVC peuvent supporter des pressions plus élevées (jusqu'à 1000 kPa (145 psi) pour le DVC6010), mais l'actionneur de la vanne n'a besoin que de 69 kPa (10 psi) pour se fermer et sera endommagé par une pression supérieure à 240 kPa (35 psi).

7. **Régulateur :** Le régulateur nettoie l'air fourni à la vanne avec ses filtres et assure qu'une pression d'air continue est fournie à l'entrée d'alimentation en air du DVC.
8. **Entrée :** Le fluide doit entrer par le raccord mâle (la vanne est directionnelle).
9. **Échelle graduée :** Une échelle graduée est visible à travers le hublot et sert d'indicateur d'ouverture de la vanne.
10. **Commutateur d'insertion de panne :** Un commutateur d'insertion de panne peut être activé par l'instructeur pour insérer une panne électrique. La panne est activée lorsque le commutateur est en position activation (I). Assurez-vous que la panne est en position désactivation (O) si vous n'effectuez pas un exercice de dépannage.
11. **Entrée d'air de l'actionneur :** Le signal d'air sous pression provenant de la sortie DVC6000 entre dans l'actionneur par cet orifice.
12. **Connecteurs 4-20 mA :** Le signal de commande est capté par ces connecteurs.

Version HART : L'unité est alimentée et commandée par une boucle de courant 4-20 mA et dispose des connecteurs + et - nécessaires. Un minimum de 4 mA est nécessaire pour alimenter le DVC.

Version FOUNDATION Fieldbus : Les bornes rouge et noire de l'unité doivent être connectées aux bornes de segment H1 correspondantes sur le pont FF. La paire de câbles H1 fournit 24 V cc et permet le transfert de données numériques avec la vanne de régulation.

Voici un résumé des principales caractéristiques de la vanne de régulation et de son régulateur.

Tableau 10 : Vanne de régulation.

Type de vanne	vanne à clapet de type soupape, pourcentage égal
Actionneur	normalement ouvert (air à la fermeture), à ressort et membrane
Taille de la vanne	13 mm (0,5 po)
C_v (complètement ouverte)	6
Plage de pression de l'actionneur	20-69 kPa (3-10 psi)
Pression maximale à l'entrée de l'actionneur	240 kPa (35 psi)

Tableau 11 : DVC6010.

Plage de courant d'entrée	4-20 mA
Plage de pression de sortie	0-69 kPa (0-10 psi)
Pression maximale à l'entrée	1000 kPa (145 psi)

Régulateur de vanne numérique (DVC6000)

Cette vanne de régulation est équipée d'un régulateur de vanne numérique. Un régulateur de vanne numérique est un positionneur de vanne courant-pression basé sur un microprocesseur, conçu pour remplacer les dispositifs mécaniques et pneumatiques. Sa nature numérique permet le positionnement précis de la tige de l'actionneur et offre l'accès à un grand nombre de réglages ainsi que la possibilité de communiquer directement avec le régulateur via un protocole de communication tel que HART (le protocole FOUNDATION Fieldbus est pris en charge avec le modèle 46950-D).

Les paragraphes suivants expliquent comment étalonner et modifier les options pertinentes du DVC6000. Les procédures supposent que vous soyez familiarisé avec le protocole HART utilisé avec le logiciel Fieldcare. Reportez-vous au cours approprié pour plus de détails (intitulé Configuration de dispositif HART, P/N 86050).

Les étapes suivantes doivent toujours être respectées lors de l'utilisation de la vanne :

1. Fixez la vanne sur un support du poste de travail à l'aide de boulons et d'écrous à ressort. Connectez l'alimentation en air sous pression (170 kPa (25 psi)) à la vanne de régulation et mettez le panneau pneumatique en marche. Il n'est pas nécessaire de connecter la vanne à un processus pour l'étalonnage.
2. Connectez le DVC6000 à une boucle de courant avec une source de 4-20 mA et envoyez un signal de 4-20 mA pour alimenter le DVC6000.

Si la vanne est étalonnée correctement, vous pouvez utiliser un signal 4-20 mA pour commander son ouverture.

Utilisation d'un protocole de communication et mise hors service de la vanne

Le DVC doit bénéficier d'un protocole de communication pour modifier l'un de ses paramètres. Il est également nécessaire de mettre la vanne en mode Out of Service (Hors service) avant de pouvoir modifier les réglages de la vanne. Notez que la vanne doit être remise en mode In Service avant que les opérations de commande normales ne puissent reprendre. Cette procédure est expliquée dans les étapes suivantes.

1. Connectez le DVC6000 à une boucle de courant avec une source de 4-20 mA qui comprend également le Commubox HART si votre vanne est compatible avec HART. Si votre vanne fonctionne avec le protocole FOUNDATION Fieldbus, assurez-vous de connecter correctement la vanne au pont Fieldbus.

Connectez le dispositif de communication à un ordinateur et lancez le logiciel Fieldcare. Effectuez les étapes nécessaires pour communiquer avec le DVC6000.

2. Il est obligatoire de mettre la vanne en mode hors service avant d'essayer de modifier un paramètre quelconque. Pour ce faire, il suffit d'accéder au menu Instrument Mode (Mode de l'instrument). Ce menu est accessible en suivant le chemin suivant : Online -> Configure/Setup -> Detailed Setup -> Mode and Protection -> Instrument Mode (En ligne -> Configuration -> Configuration détaillée -> Mode et protection -> Mode de l'instrument). Cliquez sur le bouton et choisissez Out of Service (Hors service).
3. Vous pouvez maintenant modifier les différents paramètres du DVC6000. Consultez l'une des procédures décrites ci-dessous pour effectuer une modification spécifique ou simplement explorer les différents menus et paramètres du régulateur.
4. Une fois les modifications effectuées, remettez la vanne en mode In Service (En service) en accédant au menu Instrument Mode (Mode de l'instrument). Ce menu est accessible en suivant le chemin suivant : Online -> Configure/Setup -> Detailed Setup -> Mode and Protection -> Instrument Mode (En ligne -> Configuration -> Configuration détaillée -> Mode et protection -> Mode de l'instrument). Cliquez sur le bouton et choisissez In Service (En service).

Les modifications apportées seront alors prises en compte par le DVC6000.

Utilisation de l'assistant de configuration

L'assistant de configuration peut être utilisé à tout moment pour rétablir les valeurs d'origine des paramètres. L'assistant vous guidera à travers une série de questions pour ajuster les paramètres du DVC.

1. Cliquez sur le bouton Setup Wizard (Assistant de configuration) à partir de Online -> Configure/Setup -> Basic Setup (En ligne -> Configuration -> Configuration de base) pour lancer l'assistant. Une fenêtre s'affichera, vous rappelant qu'il faut mettre la vanne hors service pour pouvoir modifier la configuration. Accédez à cette demande si votre vanne n'est pas déjà hors service.
2. L'assistant vous posera une série de questions. Il peut vous demander (après une réinitialisation, par exemple) quel type de commande vous souhaitez utiliser (répondez Analog (Analogique) si la question est posée). Voici une liste de réponses aux questions de l'assistant de configuration :

L'assistant vous informera que la configuration est prête à être envoyée. Choisissez Send (Envoyer) ou Review (Revoir) si vous souhaitez examiner la configuration (une fois que c'est fait, envoyez la configuration au DVC ou modifiez vos réponses).

Tableau 12 : Réponses recommandées à l'assistant de configuration.

Question de l'assistant	Réponse recommandée
Tvl/Press Select ? (Sélection de déplacement/pression)	Travel Control (Commande du déplacement)
Pressure Units? (Unités de pression ?)	Au choix : kPa, psi ou bar
Maximum Supply Pressure? (Pression d'alimentation maximale ?)	138 kPa (20 psi) – Il s'agit de la pression de sortie du régulateur
Actuator Manufacturer? (Fabricant de l'actionneur ?)	Baumann
Actuator Model? (Modèle d'actionneur ?)	Air pour l'extension
Actuator Size? (Taille de l'actionneur ?)	32
Is a Volume Booster or Quick Release present? (Y a-t-il un amplificateur de volume ou un relâchement rapide ?)	No (Non)

3. L'assistant vous demande ensuite si vous souhaitez utiliser plusieurs paramètres d'usine par défaut pour le DVC. Il est recommandé de sélectionner Yes (Oui). Vous pouvez examiner les différents paramètres en sélectionnant Review (Revoir). Vous pouvez ensuite décider de les accepter ou de les modifier.

L'assistant de configuration a alors terminé sa tâche. Cliquez sur Ok.

4. Vous serez ensuite informé que la procédure Auto Tvl Calib (Étalonnage automatique du déplacement) doit être exécutée pour terminer la configuration. Cliquez sur Ok, puis choisissez Yes (Oui).

Il vous sera demandé de régler le paramètre Crossover Adjust (Ajustement du crossover). Sélectionnez Default (Défaut).

La tige de la vanne doit être déplacée pour régler les paramètres Pressure Range Hi (Maximum de la plage de pression) et Pressure Range Lo (Minimum de la plage de pression). Signalez votre accord à l'assistant et attendez que la vanne déplace automatiquement sa tige et s'étalonne.

5. La configuration est maintenant terminée. N'oubliez pas de remettre la vanne en mode **In Service** (En service) si vous n'avez pas l'intention de modifier d'autres paramètres à ce stade.

Réglage de la réponse du régulateur

La réponse du DVC peut être ajustée pour optimiser le comportement de la vanne de régulation. Vous devez choisir entre la régulation du déplacement ou de la pression.

1. Mettez la vanne en mode **Out of Service** (Hors service).
2. Allez dans le menu Tvl/Press Control (Régulation de déplacement/pression) et choisissez soit Régulation de déplacement, soit Régulation de pression. Ce menu est accessible en suivant le chemin suivant : Online -> Configure/Setup -> Detailed Setup -> Response Control -> Tvl/Press Control (En ligne -> Configuration -> Configuration détaillée -> Régulation de réponse -> Régulation de déplacement/pression).
 - Si vous avez choisi Travel Control (Régulation de déplacement), allez dans le sous-menu Travel Limits (Limites de déplacement) et vérifiez que les limites Tvl Hi (Limite de déplacement supérieure) et Tvl Lo (Limite de déplacement inférieure) sont réglées à 125 % et -25 %, respectivement. Cela désactive les limites de déplacement. Allez dans le sous-menu Tvl/Press Cutoffs (Coupsures de déplacement/pression) et réglez les paramètres Tvl/Press Cut Hi (Coupsure de déplacement/pression supérieure) et Tvl/Press Cut Lo (Coupsure de déplacement/pression inférieure) à 99,5 % et 0,5 %.
 - Si vous avez choisi Pressure Control (Régulation de pression), allez dans le sous-menu Pressure Control (Régulation de pression) et vérifiez que Press Range Lo (Minimum de la plage de pression) and Press Range Hi (Maximum de la plage de pression) sont réglées au taux de pression approprié, c.-à-d. 20-69 kPa (3-10 psi). Allez dans le sous-menu Tvl/Press Cutoffs (Coupsures de déplacement/pression) et réglez les paramètres Tvl/Press Cut Hi (Coupsure de déplacement/pression supérieure) et Tvl/Press Cut Lo (Coupsure de déplacement/pression inférieure) à 99,5 % et 0,5 %.
3. Accédez au menu correspondant au type de régulation que vous avez choisi à l'étape précédente (déplacement ou pression) : Online -> Configure/Setup -> Detailed Setup -> Response Control -> Tuning-> Travel or Pressure Tuning (En ligne -> Configuration -> Configuration détaillée -> Régulation de réponse -> Réglages -> Réglage de déplacement ou pression).

À partir de là, vous pouvez définir le paramètre de réglage utilisé par le DVC pour réguler soit le déplacement, soit la pression. Choisissez une lettre de B (C dans le cas du déplacement) à M (B étant le réglage le plus lent et M le plus rapide).

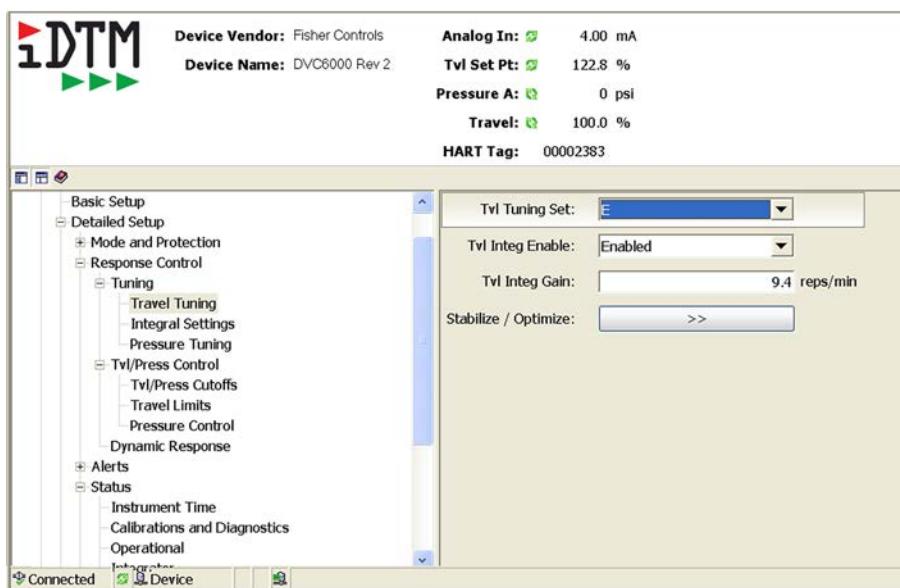


Figure 24 : Réglage de la régulation de déplacement sur un DVC6000.

Vous pouvez également spécifier si le gain intégral est utilisé ainsi que la valeur de ce gain.

4. Remettez la vanne en mode In Service (En service).

Une série d'options de réglage plus avancées sont disponibles avec un DVC6000. Consultez la documentation du fabricant pour tous les détails.

Inversion de l'action de la vanne

L'action de la vanne de régulation peut être inversée avec l'aide du DVC en modifiant les paramètres appropriés. L'inversion est entièrement réalisée par le régulateur et fait fonctionner la vanne comme une vanne air pour ouvrir (p. ex., complètement fermée pour un signal de 4 mA et complètement ouverte pour un signal de 20 mA). Bien entendu, la vanne s'ouvre complètement si le régulateur n'est plus alimenté à tout moment.

1. Le cas échéant, mettez la vanne en mode Out of Service (Hors service).
2. Vous pouvez maintenant aller dans le menu suivant : Online -> Configure/Setup -> Detailed Setup -> Instrument -> Analog Input Range (En ligne -> Configuration -> Configuration détaillée -> Instrument -> Plage d'entrée analogique) pour modifier les paramètres Input Range Hi (Maximum de la plage d'entrée) et Input Range Lo (Minimum de la plage d'entrée). L'astuce pour régler la vanne en action inverse consiste à régler le paramètre Input Range Hi à une valeur inférieure à celle du paramètre Input Range Lo.

Pour inverser l'action de la vanne, vous pouvez régler les paramètres comme indiqué dans la figure suivante (Input Range Hi : 4 mA et Input Range Lo : 20 mA). Notez que les valeurs par défaut pour l'action normale de la vanne sont les suivantes :

Input Range Hi: 20 mA

Input Range Lo: 4 mA

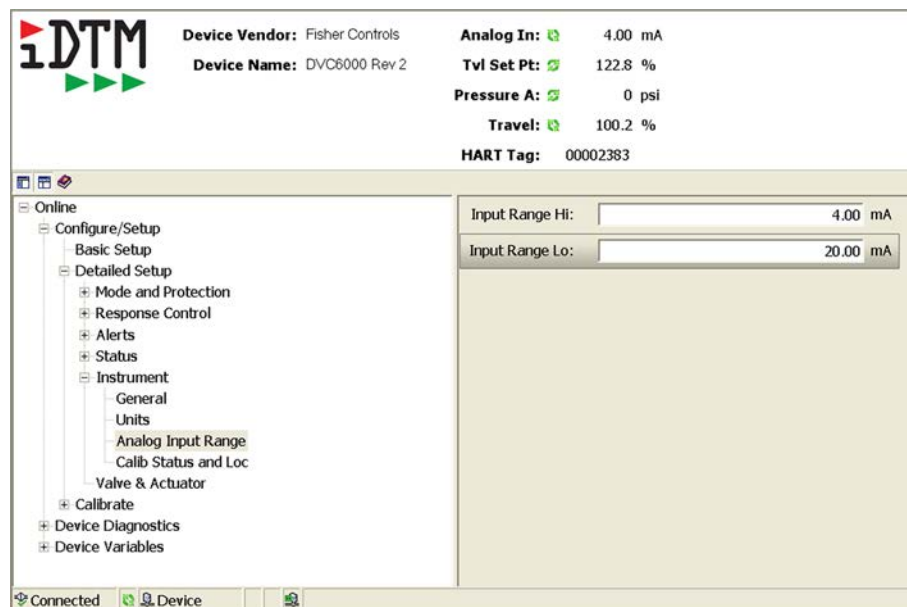


Figure 25 : Configurer le DVC6000 pour inverser l'action de la vanne.

3. Assurez-vous que le paramètre Control Mode (Mode de commande) est réglé à Analog (Analogique). Ce paramètre se trouve dans ce menu : Online -> Configure/Setup-> Detailed Setup -> Mode and Protection -> Control Mode (En ligne -> Configuration -> Configuration détaillée -> Mode et protection -> Mode de régulation).

4. Remettez la vanne en mode **In Service** (En service).

La vanne est maintenant inversée.

Mode de protection du DVC

Le DVC dispose d'un mode qui peut être activé pour empêcher toute modification des paramètres du DVC. Cela peut s'avérer très utile dans un contexte industriel pour éviter les manipulations, mais ce n'est pas le cas lorsque la configuration doit être modifiée fréquemment. Il est également utile de savoir que si le mode de protection est facilement activé, il faut brancher un cavalier dans la boîte à bornes pour le désactiver.

Pour activer le mode de protection, accédez au menu Protection en suivant ce chemin : Online -> Configure/Setup -> Detailed Setup -> Mode and Protection -> Protection (En ligne -> Configuration -> Configuration détaillée -> Mode et protection -> Protection). Cliquez sur le bouton, suivez les instructions et choisissez Config. & Calib (Configuration et étalonnage).. Le mode de protection est maintenant activé.

Pour désactiver le mode de protection, cliquez sur le même bouton, mais choisissez None (Aucun). Vous devrez ensuite retirer le capot de la boîte à bornes pour accéder aux bornes de la boucle auxiliaire. Tournez le capot en sens antihoraire pour le retirer. La fenêtre de dialogue vous demandera de vous assurer que la boucle auxiliaire est ouverte (que rien n'est connecté aux bornes). Assurez-vous que c'est bien le cas et cliquez sur Ok. Il vous sera ensuite demandé de connecter un cavalier aux bornes auxiliaires. Connectez les deux bornes à l'aide d'un court câble électrique et cliquez sur Ok. La dernière étape consiste à déconnecter le cavalier et à cliquer sur Ok. Le mode de protection sera ensuite désactivé.

Vanne de régulation avec DVC6200 – HART/FF (46950-E/-D)

Description de la vanne de régulation

La vanne de régulation avec régulateur de vanne numérique (DVC6200), modèle 46950-D ou -E, est une vanne de régulation à commande pneumatique de type soupape équipée d'un actionneur à ressort et membrane. La vanne elle-même est identique à la vanne de régulation de base présentée dans l'unité d'apprentissage 1, mais elle comprend également un régulateur numérique et un régulateur de pression.

Notez que la version FOUNDATION Fieldbus, bien que presque identique à la version HART, nécessite une certaine connaissance du protocole de communication FOUNDATION Fieldbus pour pouvoir l'utiliser. Reportez-vous à cette section pour une description de base de la vanne et aux cours 86002 et 86003-E0 pour plus d'informations sur le protocole Fieldbus.

Les détails de construction de la vanne de régulation avec un DVC6200 sont illustrés ci-dessous :

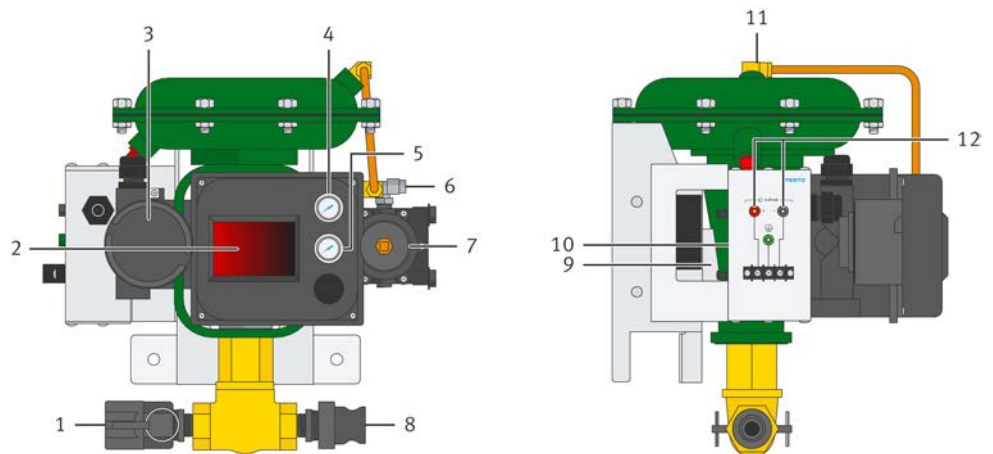


Figure 26 : Vanne de régulation avec un régulateur de vanne numérique (DVC6200), modèle 46950-E.

1. **Sortie** : Le fluide doit sortir par le raccord femelle (la vanne est directionnelle)
2. **DVC6200** : Le DVC6200 est un régulateur de vanne numérique conçu pour les vannes à tige coulissante. Il est l'équivalent numérique d'un positionneur pneumatique et peut être programmé via le protocole HART. Le DVC6200 utilise un assemblage magnétique pour mesurer la position sans lien et sans contact et est ainsi capable de suivre l'ouverture de la vanne de régulation.

3. **Boîte à bornes :** La boîte à bornes contient les bornes électriques pour l'alimentation du DVC (Loop +/- ou Boucle +/-). Il y a également une boucle auxiliaire (Aux. +/-) qui permet de désactiver le mode Protection.
4. **Manomètre supérieure:** Mesure la pression de sortie envoyée à l'actionneur de la vanne.
5. **Manomètre inférieur :** Mesure la pression fournie au DVC à la sortie du régulateur de pression.
6. **Entrée d'alimentation en air sous pression :** Le signal pneumatique provenant du panneau pneumatique est capté à cette entrée. Une pression de 175 kPa (25 psi) est recommandée.

	 ATTENTION
	Une pression de 175 kPa (25 psi) est suffisante. Le régulateur et le DVC peuvent supporter des pressions plus élevées (jusqu'à 1000 kPa (145 psi) pour le DVC6200), mais l'actionneur de la vanne n'a besoin que de 69 kPa (10 psi) pour se fermer et sera endommagé par une pression supérieure à 240 kPa (35 psi).

7. **Régulateur :** Le régulateur nettoie l'air fourni à la vanne avec ses filtres et assure qu'une pression d'air continue est fournie à l'entrée d'alimentation en air du DVC.
8. **Entrée :** Le fluide doit entrer par le raccord mâle (la vanne est directionnelle).
9. **Échelle graduée :** Une échelle graduée est visible à travers le hublot et sert d'indicateur d'ouverture de la vanne.
10. **Commutateur d'insertion de panne :** Un commutateur d'insertion de panne peut être activé par l'instructeur pour insérer une panne électrique. La panne est activée lorsque le commutateur est en position activation (I). Assurez-vous que la panne est en position désactivation (O) si vous n'effectuez pas un exercice de dépannage.
11. **Entrée d'air de l'actionneur :** Le signal d'air sous pression provenant de la sortie DVC6200 entre dans l'actionneur par cet orifice.
12. **Connecteurs 4-20 mA :** Le signal de commande est capté par ces connecteurs.

Version HART : L'unité est alimentée et régulée par une boucle de courant 4-20 mA et dispose des connecteurs + et – nécessaires. Un minimum de 4 mA est nécessaire pour alimenter le DVC.

Version FOUNDATION Fieldbus : Les bornes rouge et noire de l'unité doivent être connectées aux bornes de segment H1 correspondantes sur le pont FF. La paire de câbles H1 fournit 24 V cc et permet le transfert de données numériques avec la vanne de régulation.

Voici un résumé des principales caractéristiques de la vanne de régulation et de son régulateur :

Tableau 13 : Vanne de régulation.

Type de vanne	vanne à clapet de type soupape, pourcentage égal
Actionneur	normalement ouvert (air à la fermeture), à ressort et membrane
Taille de la vanne	13 mm (0,5 po)
C_v (complètement ouverte)	6
Plage de pression de l'actionneur	20-69 kPa (3-10 psi)
Pression maximale à l'entrée de l'actionneur	240 kPa (35 psi)

Tableau 14 : DVC6200.

Plage de courant d'entrée	4-20 mA
Plage de pression de sortie	0-69 kPa (0-10 psi)
Pression maximale à l'entrée	1000 kPa (145 psi)

Régulateur de vanne numérique (DVC6200)

Cette vanne de régulation est équipée d'un régulateur de vanne numérique. Un régulateur de vanne numérique est un positionneur de vanne courant-pression basé sur un microprocesseur, conçu pour remplacer les dispositifs mécaniques et pneumatiques. Sa nature numérique permet le positionnement précis de la tige de l'actionneur et offre l'accès à un grand nombre de réglages ainsi que la possibilité de communiquer directement avec le régulateur via un protocole de communication tel que HART (le protocole FOUNDATION Fieldbus est pris en charge avec le modèle 46950-D).

Les paragraphes suivants expliquent comment étalonner et modifier les options pertinentes du DVC6200. Les procédures supposent que vous soyez familiarisé avec le protocole HART utilisé avec le logiciel Fieldcare. Reportez-vous au cours approprié pour plus de détails (intitulé Configuration de dispositif HART, P/N 86050).

Les étapes suivantes doivent toujours être respectées lors de l'utilisation de la vanne :

1. Fixez la vanne sur un support du poste de travail à l'aide de boulons et d'écrous à ressort. Connectez l'alimentation en air sous pression (170 kPa (25 psi)) à la vanne de régulation et mettez le panneau pneumatique en marche. Il n'est pas nécessaire de connecter la vanne à un processus pour l'étalonnage.
2. Connectez le DVC6200 à une boucle de courant avec une source de 4-20 mA et envoyez un signal de 4-20 mA pour alimenter le DVC6200.

Si la vanne est étalonnée correctement, vous pouvez utiliser un signal 4-20 mA pour commander son ouverture.

Utilisation d'un protocole de communication et mise hors service de la vanne

Le DVC doit bénéficier d'un protocole de communication pour modifier l'un de ses paramètres. Il est également nécessaire de mettre la vanne en mode Not in Service (Pas en service) avant de pouvoir modifier les réglages de la vanne. Notez que la vanne doit être remise en mode In Service avant que les opérations de commande normales ne puissent reprendre. Cette procédure est expliquée dans les étapes suivantes.

1. Connectez le DVC6200 à une boucle de courant avec une source de 4-20 mA qui comprend également le Commubox HART si votre vanne est compatible avec HART. Si votre vanne fonctionne avec le protocole FOUNDATION Fieldbus, assurez-vous de connecter correctement la vanne au pont Fieldbus.

Connectez le dispositif de communication à un ordinateur et lancez le logiciel Fieldcare. Effectuez les étapes nécessaires pour communiquer avec le DVC6200.

2. Il est obligatoire de mettre la vanne en mode Not in Service (Pas en service) avant d'essayer de modifier un paramètre quelconque. Pour ce faire, il suffit d'accéder au menu Instrument Mode (Mode de l'instrument). Ce menu est accessible en suivant le chemin suivant : Setup -> Detailed Setup -> Overview -> Overview -> Mode (Configuration -> Configuration détaillée -> Vue d'ensemble -> Vue d'ensemble -> Mode). Cliquez sur le bouton et choisissez Not in Service (Pas en service).
3. Vous pouvez maintenant modifier les différents paramètres du DVC6200. Consultez l'une des procédures décrites ci-dessous pour effectuer une modification spécifique ou simplement explorer les différents menus et paramètres du régulateur.
4. Une fois les modifications effectuées, remettez la vanne en mode In Service (En service) en accédant au menu Instrument Mode (Mode de l'instrument). Ce menu est accessible en suivant le chemin suivant : Setup -> Detailed Setup -> Overview -> Overview -> Mode (Configuration -> Configuration détaillée -> Vue d'ensemble -> Vue d'ensemble -> Mode). Cliquez sur le bouton et choisissez In Service (En service).

Les modifications apportées seront alors prises en compte par le DVC6200.

Utilisation de l'assistant de configuration

L'assistant de configuration peut être utilisé à tout moment pour rétablir les valeurs d'origine des paramètres. L'assistant vous guidera à travers une série de questions pour ajuster les paramètres du DVC.

1. Cliquez sur le bouton Setup Wizard (Assistant de configuration) à partir de Setup -> Basic Setup -> Basic Setup -> Step 1 (Configuration -> Configuration de base -> Configuration de base -> Étape 1 pour lancer l'assistant). Une fenêtre s'affichera, vous rappelant qu'il faut mettre la vanne hors service pour pouvoir modifier la configuration. Accédez à cette demande si votre vanne n'est pas déjà hors service.
2. L'assistant vous posera une série de questions. Il peut vous demander (après une réinitialisation, par exemple) quel type de commande vous souhaitez utiliser (répondez Analog (Analogique) si la question est posée). Voici une liste de réponses aux questions de l'assistant de configuration :

L'assistant vous informera que la configuration est prête à être envoyée. Choisissez Send (Envoyer) ou Review (Revoir) si vous souhaitez examiner la configuration (une fois que c'est fait, envoyez la configuration au DVC ou modifiez vos réponses).

Tableau 15 : Réponses recommandées à l'assistant de configuration.

Question de l'assistant	Réponse recommandée
Type de relais	A ou C
Famille d'instruments	DVC6200
Tvl/Press Select ? (Sélection de déplacement/pression)	Travel Control (Commande du déplacement)
Pressure Units? (Unités de pression ?)	Au choix : kPa, psi ou bar
Travel Limit Hi (Limite de déplacement supérieure) ?	138 kPa (20 psi) – Il s'agit de la pression de sortie du régulateur
Actuator Manufacturer? (Fabricant de l'actionneur ?)	Baumann
Actuator Model? (Modèle d'actionneur ?)	Air pour l'extension
Actuator Size? (Taille de l'actionneur ?)	32
Is a Volume Booster or Quick Release present? (Y a-t-il un amplificateur de volume ou un relâchement rapide ?)	No (Non)

3. L'assistant vous demande ensuite si vous souhaitez utiliser plusieurs paramètres d'usine par défaut pour le DVC. Il est recommandé de sélectionner Yes (Oui). Vous pouvez examiner les différents paramètres en sélectionnant Review (Revoir). Vous pouvez ensuite décider de les accepter ou de les modifier.

L'assistant de configuration a alors terminé sa tâche. Cliquez sur Ok.

4. Vous serez ensuite informé que la procédure Auto Tvl Calib (Étalonnage automatique du déplacement) doit être exécutée pour terminer la configuration. Cliquez sur Ok, puis choisissez Yes (Oui).

La tige de la vanne doit être déplacée pour régler les paramètres Pressure Range Hi (Maximum de la plage de pression) et Pressure Range Lo (Minimum de la plage de pression). Signalez votre accord à l'assistant et attendez que la vanne déplace automatiquement sa tige et s'étalonne.

5. La configuration est maintenant terminée. N'oubliez pas de remettre la vanne en mode **In Service** (En service) si vous n'avez pas l'intention de modifier d'autres paramètres à ce stade.

Réglage de la réponse du régulateur

La réponse du DVC peut être ajustée pour optimiser le comportement de la vanne de régulation. Vous devez choisir entre la régulation du déplacement ou de la pression.

1. Mettez la vanne en mode **Not in Service** (Pas en service).
2. Allez dans le menu Travel or Pressure Select (Sélection de déplacement ou pression) et choisissez soit Travel Control (Régulation de déplacement), soit Pressure Control (Régulation de pression). Ce menu est accessible en suivant le chemin suivant : Setup -> Detailed Setup -> Response Control -> Travel or Pressure Control -> Travel/Pressure Select (Configuration -> Configuration détaillée -> Régulation de réponse -> Régulation de déplacement ou de pression -> Sélection de déplacement/pression).
 - Si vous avez choisi la régulation de déplacement, allez dans le sous-menu Travel Control (Régulation de déplacement) et vérifiez que Travel Limit Hi (Limite de déplacement supérieure) et Travel Limit Lo (Limite de déplacement inférieure) sont réglés à 125 % et -25 %, respectivement. Cela désactive les limites de déplacement. Allez dans le sous-menu Tvl/Press Cutoffs (Coupsures de déplacement/pression) et réglez les paramètres Tvl/Press Cut Hi (Coupsure de déplacement/pression supérieure) et Tvl/Press Cut Lo (Coupsure de déplacement/pression inférieure) à 99,5 % et 0,5 %.
 - Si vous avez choisi Pressure Control (Régulation de pression), allez dans le sous-menu Pressure Control (Régulation de pression) et vérifiez que Press Range Lo (Minimum de la plage de pression) and Press Range Hi (Maximum de la plage de pression) sont réglées au taux de pression approprié, c.-à-d. 20-69 kPa (3-10 psi). Allez dans le sous-menu Travel or Pressure Control (Régulation de déplacement ou pression) et réglez les paramètres Cutoff Hi (Coupsure supérieure) et Cutoff Lo (Coupsure inférieure) à 99,5 % et 0,5 %.

3. Accédez au menu correspondant au type de régulation que vous avez choisi à l'étape précédente (déplacement ou pression) : Setup -> Detailed Setup -> Response Control -> Tuning-> Travel or Pressure Tuning (Configuration -> Configuration détaillée -> Régulation de réponse -> Réglages -> Réglage de déplacement ou pression).

À partir de là, vous pouvez définir le paramètre de réglage utilisé par le DVC pour réguler soit le déplacement, soit la pression. Choisissez une lettre de B (C dans le cas du déplacement) à M (B étant le réglage le plus lent et M le plus rapide).

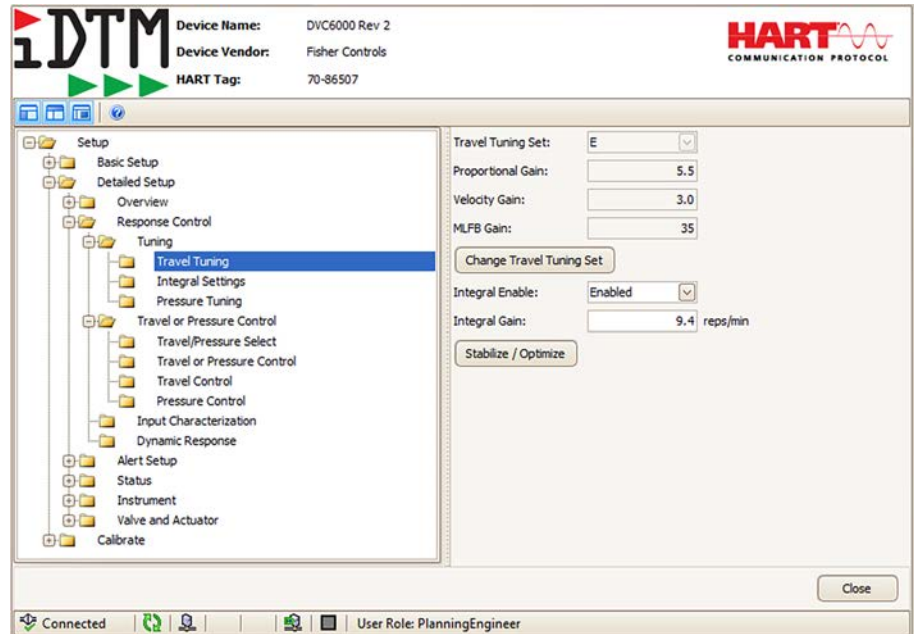


Figure 27 : Réglage de la régulation de déplacement sur un DVC6200.

Vous pouvez également spécifier si le gain intégral est utilisé ainsi que la valeur de ce gain.

4. Remettez la vanne en mode **In Service** (En service).

Une série d'options de réglage plus avancées sont disponibles avec un DVC6200. Consultez la documentation du fabricant pour tous les détails.

Inversion de l'action de la vanne

L'action de la vanne de régulation peut être inversée avec l'aide du DVC en modifiant les paramètres appropriés. L'inversion est entièrement réalisée par le régulateur et fait fonctionner la vanne comme une vanne air pour ouvrir (p. ex., complètement fermée pour un signal de 4 mA et complètement ouverte pour un signal de 20 mA). Bien entendu, la vanne s'ouvre complètement si le régulateur n'est plus alimenté à tout moment.

1. Le cas échéant, mettez la vanne en mode Not in Service (Pas en service).
2. Vous pouvez maintenant aller dans le menu suivant : Setup -> Detailed Setup -> Instrument -> Instrument -> Analog Input Range (Configuration -> Configuration détaillée -> Instrument -> Instrument -> Plage d'entrée analogique) pour modifier

les paramètres Input Range Hi (Maximum de la plage d'entrée) et Input Range Lo (Minimum de la plage d'entrée). L'astuce pour régler la vanne en action inverse consiste à régler le paramètre Input Range Hi à une valeur inférieure à celle du paramètre Input Range Lo.

Pour inverser l'action de la vanne, vous pouvez régler les paramètres Input Range Hi (Maximum de la plage d'entrée) à 4 mA et Input Range Lo (Minimum de la plage d'entrée) à 20 mA. Notez que les valeurs par défaut pour l'action normale de la vanne sont les suivantes :

Input Range Hi: 20 mA

Input Range Lo: 4 mA

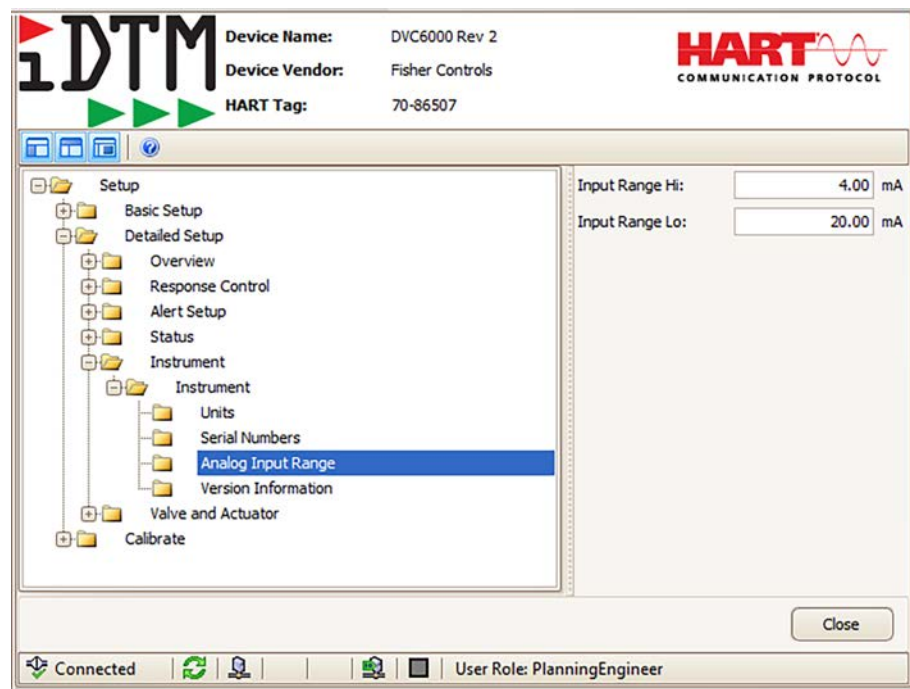


Figure 28 : Configuration du DVC6200 pour inverser l'action de la vanne.

3. Assurez-vous que le paramètre Control Mode (Mode de commande) est réglé à Analog (Analogique). Ce paramètre se trouve dans ce menu : Setup -> Detailed Setup -> Overview -> Overview -> Mode (Configuration -> Configuration détaillée -> Vue d'ensemble -> Vue d'ensemble -> Mode).

4. Remettez la vanne en mode In Service (En service).

La vanne est maintenant inversée.

Mode de protection du DVC

Le DVC dispose d'un mode qui peut être activé pour empêcher toute modification des paramètres du DVC. Cela peut s'avérer très utile dans un contexte industriel pour éviter les manipulations, mais ce n'est pas le cas lorsque la configuration doit être modifiée fréquemment. Il est également utile de savoir que si le mode de protection est facilement activé, il faut brancher un cavalier dans la boîte à bornes pour le désactiver.

Pour activer le mode de protection, accédez au menu Protection en suivant ce chemin : Setup -> Detailed Setup -> Overview -> Overview -> Protection (Configuration -> Configuration détaillée -> Vue d'ensemble -> Vue d'ensemble -> Protection). Cliquez sur le bouton, suivez les instructions et choisissez Config. & Calib (Configuration et étalonnage).. Le mode de protection est maintenant activé.

Pour désactiver le mode de protection, cliquez sur le même bouton, mais choisissez None (Aucun). Vous devrez ensuite retirer le capot de la boîte à bornes pour accéder aux bornes de la boucle auxiliaire. Tournez le capot en sens antihoraire pour le retirer. La fenêtre de dialogue vous demandera de vous assurer que la boucle auxiliaire est ouverte (que rien n'est connecté aux bornes). Assurez-vous que c'est bien le cas et cliquez sur Ok. Il vous sera ensuite demandé de connecter un cavalier aux bornes auxiliaires. Connectez les deux bornes à l'aide d'un court câble électrique et cliquez sur Ok. La dernière étape consiste à déconnecter le cavalier et à cliquer sur Ok. Le mode de protection sera ensuite désactivé.

Vanne de régulation électrique (46950-C)

Description de la vanne de régulation

La vanne de régulation électrique, modèle 46950-C, est une vanne de régulation à commande électrique du type à soupape équipée d'un actionneur électrique. L'actionneur électrique offre une régulation fiable et précise de la position de la tige de la vanne. Son principal inconvénient est sa lenteur de réaction, surtout par rapport aux actionneurs pneumatiques.

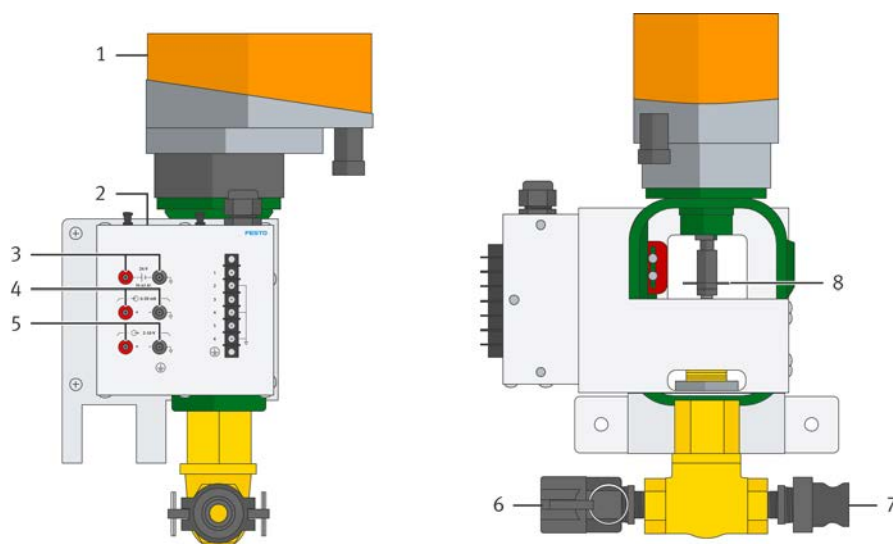


Figure 29 : Vanne de régulation électrique, modèle 46950-C (ancienne variante).

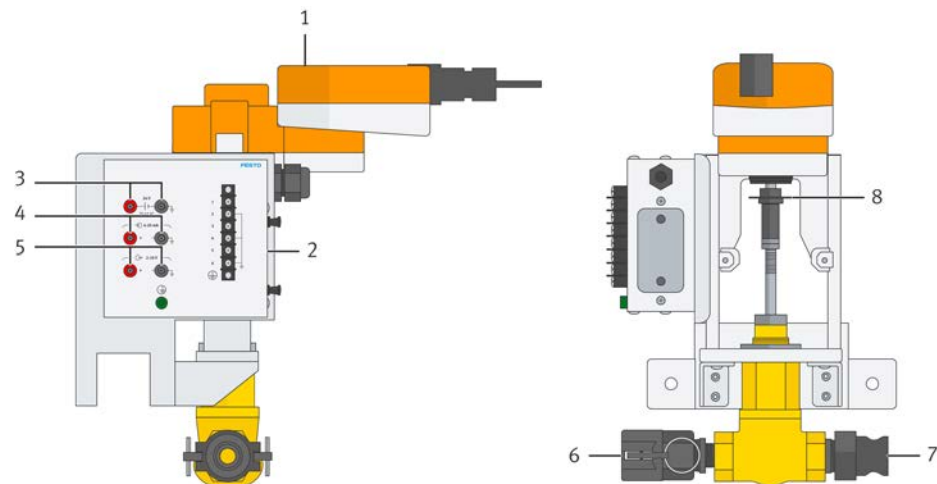


Figure 30 : Vanne de régulation électrique, modèle 46950-C (nouvelle variante).

1. **Actionneur électrique** : L'actionneur électrique (modèle NVF24-MFT-50) contient un moteur électrique qui déplace la tige vers le haut et vers le bas en fonction du signal de commande reçu.

Il est normalement ouvert et est rétabli dans cet état par un ressort en cas de coupure de courant. Une clé hexagonale peut être utilisée pour modifier manuellement la position de la tige. La douille hexagonale est située sur le dessus de l'actionneur électrique.

	 ATTENTION Coupez toujours l'alimentation de la vanne électrique avant d'essayer d'outrepasser manuellement l'actionneur.
---	---

2. **Commutateurs d'insertion de panne** : Deux commutateurs d'insertion de panne sont disponibles et peuvent être activés par l'instructeur pour insérer des pannes électriques. Une panne est activée lorsque le commutateur est en position activation (I). Assurez-vous que les pannes est en position désactivation (O) si vous n'effectuez pas un exercice de dépannage.
3. **Connecteurs d'entrée d'alimentation de 24 V cc** : Connecteurs d'entrée d'alimentation utilisés pour alimenter le moteur de l'actionneur électrique.
4. **Connecteurs de signaux de commande de 4-20 mA** : Le signal de commande est capté par ces connecteurs. Un signal de 4 mA correspond à une vanne complètement ouverte et un signal de 20 mA à une vanne complètement fermée.
5. **Connecteurs de sortie de signal de rétroaction de 2-10 V cc** : Fournissent un signal de 2-10 V cc proportionnel à la position de la tige.
6. **Sortie** : Le fluide doit sortir par le raccord femelle (la vanne est directionnelle).

7. Entrée : Le fluide doit entrer par le raccord mâle (la vanne est directionnelle).

8. Indicateur et plaque de déplacement : Une plaque fixée à la tige de la vanne est utilisée en conjonction avec l'indicateur de déplacement pour obtenir rapidement une mesure visuelle de l'ouverture actuelle de la vanne.

Voici un résumé des principales caractéristiques de la vanne de régulation et de son actionneur :

Tableau 16 : Vanne de régulation.

Type de vanne	Vanne à clapet de type soupape, pourcentage égal
Actionneur	Électrique (ouverture à sécurité intégrée)
Taille de la vanne	13 mm (0,5 po)
C _v (complètement ouverte)	6

Tableau 17 : Actuateur électrique.

Plage de courant d'entrée	4-20 mA
Durée totale du cours (moteur électrique)	75 s (ancienne variante) 35 s (nouvelle variante)
Durée totale du cours (sécurité intégrée)	30 s (ancienne variante) – 35 s (nouvelle variante)

Utilisation de la vanne de régulation électrique

Fonctionnement standard

La vanne électrique est très simple à utiliser :

1. Connexion de l'actionneur à une source d'alimentation de 24 V cc. Cela est nécessaire pour alimenter le moteur électrique qui entraîne le déplacement de la tige. Notez que si l'actionneur n'est plus alimenté à un moment quelconque, un ressort ramènera la vanne à sa position entièrement ouverte (à moins qu'elle ne soit verrouillée manuellement).
2. Envoi d'un signal de commande de 4-20 mA à l'entrée de l'actionneur électrique. Le moteur électrique placera automatiquement la tige dans une position proportionnelle au signal de commande.

Le déplacement total de la position complètement ouverte à la position complètement fermée prend un temps relativement long. Par conséquent, la vanne électrique ne convient pas aux procédés à évolution rapide et est beaucoup plus adaptée à ceux dont les constantes de temps sont longues.

Fonctionnement manuel (ancienne variante uniquement)

Effectuez la procédure suivante pour outrepasser manuellement la vanne :

1. Déconnectez l'alimentation (24 V cc) de la vanne avant de continuer. Le fait que le ressort fonctionne alors que vous essayez d'outrepasser manuellement la vanne peut endommager son mécanisme.
2. Insérez la clé hexagonale de 5 mm (3/16 po) dans la prise d'outrepassement manuel.
3. Le mécanisme est verrouillé lorsque la prise d'outrepassement manuel est abaissée (c.-à-d. qu'elle n'est pas au niveau du capot orange). Pour déverrouiller le mécanisme, tournez la clé hexagonale d'environ 1/8 de tour en sens antihoraire. Laissez la prise se soulever.
Vous pouvez maintenant tourner la clé hexagonale en sens horaire pour fermer la vanne.
4. Si vous lâchez la clé hexagonale alors que le mécanisme est déverrouillé, le ressort reviendra à sa position complètement ouverte. Verrouillez le mécanisme pour le maintenir en place.

Pour verrouiller le mécanisme, tournez la clé d'environ 3/4 de tour en sens antihoraire, appuyez légèrement avec la clé hexagonale pour faire descendre la prise, puis tournez légèrement en sens horaire. Le mécanisme devrait maintenant être verrouillé dans la position souhaitée.
5. Le mécanisme se déverrouille lorsque vous rétablissez l'alimentation de 24 V cc de la vanne, sauf si vous avez verrouillé la vanne en position complètement ouverte. Dans ce cas, vous devez déverrouiller le mécanisme vous-même (débranchez d'abord l'alimentation électrique de la vanne).

Description des principaux boutons et commutateurs (nouvelle variante uniquement)

L'actionneur électrique de la nouvelle variante de la vanne de régulation est illustré dans la figure suivante, avec ses principaux boutons et commutateurs.

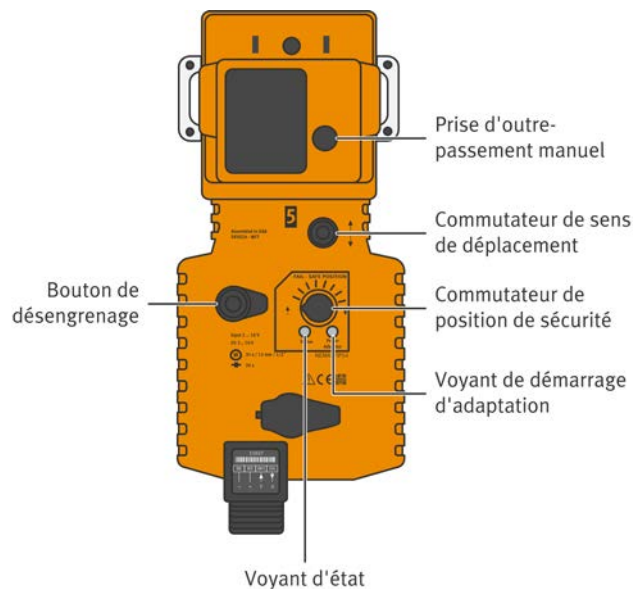


Figure 31 : Actionneur électrique de la nouvelle variante de la vanne de régulation.

Une description sommaire des boutons et commutateurs de l'actionneur électrique est donnée ci-dessous.

- **Bouton de désengrenage** : lorsque ce bouton est enfoncé, l'engrenage est désengrené et le fonctionnement manuel devient possible. Ce bouton est utilisé pour l'outrepassement manuel de l'actionneur électrique. Voir la section Fonctionnement manuel (nouvelle variante uniquement) ci-dessous.
- **Prise d'outrepassement manuel** : utilisée pour l'outrepassement manuel de l'actionneur électrique. Voir la section Fonctionnement manuel (nouvelle variante uniquement) ci-dessous.
- **Commutateur de sens de déplacement** : détermine la direction du déplacement en fonctionnement normal. Par défaut, la flèche est dirigée vers le haut.
- **Commutateur de position de sécurité** : détermine la position de la vanne lorsque la sécurité est activée. La position par défaut est complètement ouverte (flèche pointant vers le haut).
- **Voyant de démarrage d'adaptation** : appuyer sur ce bouton pendant trois secondes active l'adaptation au déplacement, au cours de laquelle les deux butées mécaniques sont détectées (sur toute la plage de réglage). Le voyant indique également l'état de l'actionneur (voir le voyant d'état ci-dessous).
- **Voyant d'état** : indique l'état de l'actionneur électrique. Les différents états sont indiqués ci-dessous.

Tableau 18 : État de l'actionneur électrique.

Voyant jaune	Voyant vert	État
Désactivé	Activé	Prêt au fonctionnement
Désactivé	Flashing	Sécurité intégrée activée
Activé	Désactivé	Précharge du condensateur, panne du condensateur ou erreur d'écriture dans l'alimentation
Désactivé	Désactivé	Pas en fonctionnement
Activé	Activé	Processus d'adaptation en cours

Fonctionnement manuel (nouvelle variante uniquement)

Effectuez la procédure suivante pour outrepasser manuellement la vanne :

1. Déconnectez l'alimentation (24 V cc) de la vanne avant de continuer. Le fait que le ressort fonctionne alors que vous essayez d'outrepasser manuellement la vanne peut endommager son mécanisme.
2. Insérez la clé hexagonale de 5 mm (3/16 po) dans la prise d'outrepassement manuel.
3. Pour déverrouiller le mécanisme, appuyez sur le bouton de désengrenage et maintenez-le enfoncé.
4. Tout en maintenant enfoncé le bouton de désengrenage, tournez la clé hexagonale en sens horaire pour fermer la vanne ou en sens antihoraire pour l'ouvrir.
5. Lorsque la vanne est dans la position souhaitée, relâchez le bouton de désengrenage.

Réinitialisation par défaut (nouvelle variante uniquement)

Effectuez la procédure suivante pour réinitialiser l'actionneur électrique aux valeurs par défaut :

1. Placez le commutateur de sens de déplacement sur la position avec la flèche pointant vers le haut.
2. Placez le commutateur de position de sécurité sur la position avec la flèche pointant vers le haut. Cela correspond à la position d'ouverture totale.
3. Mettez l'actionneur électrique sous tension à l'aide de l'alimentation de 24 V. Attendez que le processus d'adaptation au déplacement se termine, le cas échéant.

4. Si ce n'est pas déjà fait, appuyez sur le voyant d'adaptation de puissance pendant environ trois secondes, puis attendez que le processus d'adaptation au déplacement se termine. Les deux butées mécaniques doivent être détectées (sur toute la plage de réglage).
5. Lorsque le voyant jaune s'éteint et que le voyant vert s'allume, l'actionneur électrique est prêt à fonctionner.

Signal de rétroaction

Une sortie de l'actionneur fournit un signal de rétroaction proportionnel à la position de la tige de la vanne. La rétroaction est fournie sous la forme d'un signal de 2 à 10 V cc, une valeur de 2 V signifiant que la vanne est complètement ouverte et une valeur de 10 V qu'elle est complètement fermée.

Cette rétroaction peut être utilisée pour suivre la position de la tige à distance ou pour fournir des informations à un régulateur. Attention : De nombreux régulateurs utilisent des entrées de 4-20 mA, alors que la rétroaction est un signal de 2-10 V cc.

Listes de pannes sur les vannes de régulation

Tableau 19 : Liste des pannes – Vanne de régulation avec un DVC2000, modèle 46950-0.

Panne	Description des pannes
1	Ouvre le circuit d'entrée analogique.

Tableau 20 : Liste des pannes – Vanne de régulation pneumatique avec positionneur, modèle 46950-A.

Panne	Description des pannes
1	Ouvre le circuit d'entrée analogique.

Tableau 21 : Liste des pannes – Vanne de régulation avec un DVC6010, Modèle 46950-D et -E.

Panne	Description des pannes
1	Ouvre le circuit d'entrée analogique.

Tableau 22 : Liste des pannes – Vanne de régulation de base, modèle 46950-B.

Panne	Description des pannes
1	Ouvre le circuit d'entrée analogique.

Tableau 23 : Liste des pannes – Vanne de régulation électrique, modèle 46950-C.

Panne	Description des pannes
1	Ouvre le circuit d'entrée analogique.
2	Ouvre le circuit d'entrée de l'alimentation de 24 V cc.

Notez que les pannes des vannes de régulation d'air et des vannes de régulation à trois voies sont les mêmes que celles indiquées ci-dessus. Reportez-vous à la liste des pannes d'une vanne de régulation standard avec un accessoire particulier pour les pannes de la vanne de régulation pneumatique ou à trois voies avec ce même accessoire.

Vannes de régulation d'air

Une version plus petite de la vanne de régulation principale est disponible pour la régulation d'air sous pression sur le Système didactique en instrumentation et régulation de procédés. Bien que les caractéristiques de cette vanne de régulation d'air soient différentes, elle est dotée d'un grand nombre d'options identiques à celles de la vanne présentée dans ce cours. Cette annexe a pour but de présenter les caractéristiques importantes de la vanne sans répéter les instructions d'utilisation qui sont similaires pour les deux modèles. Veuillez vous reporter aux sections principales de ce cours pour obtenir des instructions sur le fonctionnement d'un régulateur de vanne numérique ou d'un positionneur spécifique qui pourrait compléter votre vanne de régulation pour l'air.

La principale différence de la vanne de régulation d'air est son diamètre plus petit (6,35 mm ou 0,25 po). De plus, comme elle est conçue pour réguler l'air sous pression, la vanne est du type normalement fermé. Voici une liste des principales caractéristiques de la vanne de régulation d'air :

Tableau 24 : Vanne de régulation – Caractéristiques principales.

Type de vanne	vanne à clapet de type soupape, pourcentage égal
Actionneur	normalement fermé (air à l'ouverture), à ressort et à membrane
Taille de la vanne	6,35 mm (0,25 po)
C_v (complètement ouverte)	0,2
Plage de pression de l'actionneur	30-90 kPa (4-13 psi)
Pression maximale à l'entrée de l'actionneur	240 kPa (35 psi)

La vanne de régulation de base pour l'air est illustrée ci-dessous. La vanne de régulation de base pour l'air est illustrée ci-dessous. Veuillez vous reporter à le tableau 26 pour obtenir des indications sur la section à consulter pour plus d'informations concernant les différents modèles.

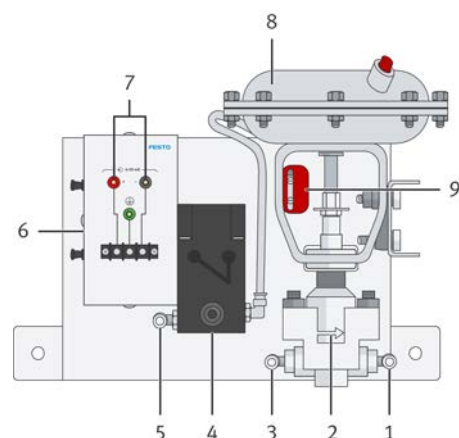


Figure 32 : Vanne de régulation pneumatique pour l'air, modèle 46953-0.

- 1. **Sortie.** Le fluide doit sortir par l'orifice de pression approprié (la vanne est directionnelle). Reportez-vous à la flèche de direction. Seuls des tuyaux pneumatiques doivent être utilisés avec cette vanne.
- 2. **Flèche de direction.** La flèche indique la direction d'écoulement de cette vanne directionnelle.
- 3. **Entrée.** Le fluide doit entrer par le port de pression approprié (la vanne est directionnelle). Reportez-vous à la flèche de direction. Seuls des tuyaux pneumatiques doivent être utilisés avec cette vanne.
- 4. **Convertisseur courant-pression (I/P).** Convertit linéairement le signal de commande de 4-20 mA en un signal pneumatique de 30-90 kPa (4-13 psi).

Le convertisseur I/P doit être étalonné de temps en temps, comme indiqué dans l'unité d'apprentissage 2.

Tableau 25 : Convertisseur courant-pression (I/P).

Plage de courant d'entrée	4-20 mA
Plage de pression de sortie	20-100 kPa (3-15 psi)
Pression maximale à l'entrée	550 kPa (80 psi)
Réglages de pression disponibles	plage et zéro

- 5. **Entrée I/P d'air sous pression.** Cet orifice se connecte à une ligne d'air sous pression provenant de l'unité pneumatique. Une pression de 170 kPa (25 psi) est tout à fait suffisante et assure le bon fonctionnement de l'I/P.

	 ATTENTION
	La pression maximale permise à cette entrée est de 550 kPa (80 psi). Une pression supérieure à cette valeur peut endommager l'I/P. Une pression de 170 kPa (25 psi) est recommandée.

6. **Commutateur d'insertion de panne.** Un commutateur d'insertion de panne peut être activé par l'instructeur pour insérer une panne électrique. La panne est activée lorsque le commutateur est en position activation (I). Assurez-vous que la panne est en position désactivation (O) si vous n'effectuez pas un exercice de dépannage.
7. **Connecteurs 4-20 mA.** Le signal de commande est capté par ces connecteurs. Lorsque le convertisseur I/P ou le régulateur numérique est correctement étalonné, un signal de 4 mA correspond à une vanne fermée, tandis qu'un signal de 20 mA correspond à une vanne complètement ouverte.
8. **Actionneur.** L'actionneur contient le mécanisme (ressorts et membrane) nécessaire pour déplacer la tige de la vanne lorsque de l'air sous pression est appliqué à son entrée.

	 ATTENTION
	La pression maximale autorisée à l'entrée de l'actionneur est de 240 kPa (35 psi). Une pression supérieure à cette valeur peut endommager l'actionneur.

9. Échelle graduée et plaque indicatrice

Échelle graduée et plaque indicatrice. L'échelle graduée et la plaque indicatrice associée peuvent être utilisées comme référence visuelle rapide de l'ouverture de la vanne.

Tableau 26 : Tableau de correspondance des vannes de régulation d'air.

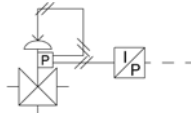
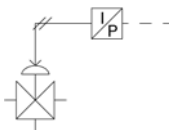
Modèle	Nom	Similaire à	Reportez-vous à
46953-0	Vanne de régulation pneumatique pour l'air	46950-B	L'unité d'apprentissage 2
46953-A	Vanne de régulation pneumatique pour l'air avec un DVC 2000 (HART)	46950-0	L'unité d'apprentissage 4
46953-B	Vanne de régulation pneumatique pour l'air avec positionneur	46950-A	L'unité d'apprentissage 3
46953-C	Vanne de régulation pneumatique pour l'air avec un DVC 6000 (HART)	46950-E	L'unité d'apprentissage 5
46953-D	Vanne de régulation pneumatique pour l'air avec un DVC 6000 (Fieldbus)	46950-D	L'unité d'apprentissage 5

Vannes de régulation à trois voies

Les vannes de régulation à trois voies comportent trois orifices et sont utilisées dans de nombreux procédés industriels pour mélanger des fluides ou pour dévier un fluide vers deux destinations différentes. Elles peuvent être utilisées à de multiples fins dans une usine, mais ces vannes sont généralement utilisées sur le Système didactique en instrumentation et régulation de procédés pour réguler le débit d'eau envoyé à l'échangeur de chaleur lors d'expériences sur la température.

Les caractéristiques des vannes de régulation à trois voies sont légèrement différentes, mais elles offrent un grand nombre d'options identiques à celles de la vanne standard à deux voies présentée dans ce cours. Cette annexe a pour but de présenter les caractéristiques importantes de la vanne à trois voies sans répéter les instructions d'utilisation qui sont similaires pour les deux modèles. Veuillez vous reporter aux sections principales de ce cours pour obtenir des instructions sur le fonctionnement d'un régulateur de vanne numérique ou d'un positionneur spécifique qui pourrait compléter votre vanne de régulation à trois voies.

Tableau 27 : Symboles d'instruments pour les vannes de régulation à trois voies.

 Figure 33 : Standard.	 Figure 34 : Pneumatique avec positionneur.
 Figure 35 : Pneumatique.	 Figure 36 : Électrique.

Principe de fonctionnement d'une vanne de régulation à trois voies

La vanne de régulation à trois voies fonctionne selon le même principe de base que la vanne à deux orifices étudiée dans ce cours : Une tige est déplacée vers le haut et vers le bas par un actionneur, déplaçant ainsi un clapet de vanne biface spécialement conçu. Le point essentiel est que le clapet de vanne a un effet direct sur le débit d'un orifice, alors qu'il a l'effet inverse sur l'autre orifice. Les trois orifices de la vanne sont identifiés par des lettres. Ces lettres sont : C (commun), U (upper ou supérieur) et L (lower ou inférieur).

En (a) de la figure suivante, nous voyons que lorsque la tige est en position haute, le clapet bloque complètement l'accès à l'orifice U alors que la voie C-L est ouverte. Lorsque la tige est abaissée au maximum comme en (b), le clapet repose sur le siège inférieur et bloque l'orifice L, laissant le trajet C-U complètement ouvert. Lorsque le clapet se trouve dans un état intermédiaire comme en (c), les voies C-U et C-L sont ouvertes à des degrés différents.

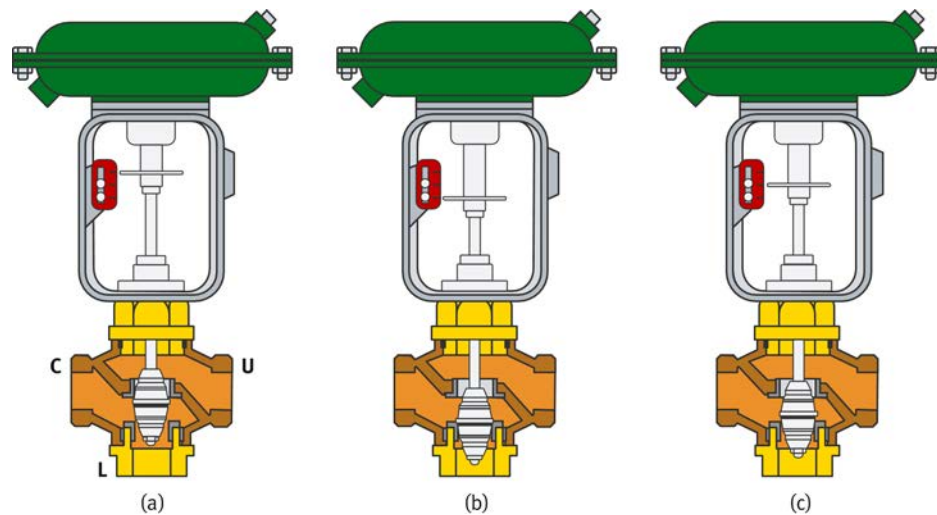


Figure 37 : Fonctionnement d'une vanne de régulation à trois voies.

Modes de fonctionnement

Une vanne de régulation à trois voies peut être utilisée dans l'un des deux modes principaux : détournement ou mélange. La construction des vannes à trois voies diffère légèrement pour les deux modes. La vanne à trois voies sélectionnée pour le système didactique utilise le mode de mélange.

Le mode **détournement** utilise l'orifice commun (C) comme entrée et les orifices inférieur et supérieur comme sorties (L et U). La vanne est utilisée pour réguler les proportions du fluide entrant envoyé à chacune des deux sorties.

Le mode **mélange** utilise les orifices inférieur et supérieur comme entrées (L et U) et l'orifice commun (C) comme sortie unique. La vanne est utilisée pour réguler la composition du fluide de sortie en fixant les proportions des deux fluides entrants qui sont mélangés ensemble.

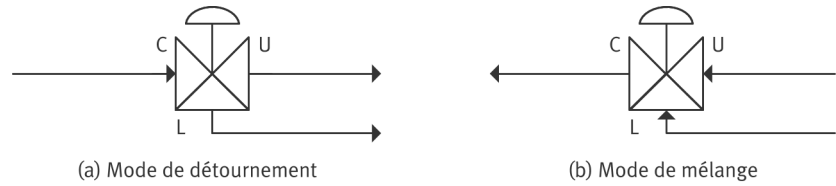


Figure 38 : Modes possibles d'une vanne à trois voies.

La vanne de régulation à trois voies fait évoluer les coefficients C_v des différents orifices en fonction du déplacement de la tige comme illustré dans la figure suivante. Cette figure illustre les résultats expérimentaux dans le cas de la vanne utilisée en mode mélange. Observez comment le coefficient C_v de l'orifice U augmente alors que celui de l'orifice L diminue lorsque la tige passe de 0 % à 100 % de son déplacement. Le coefficient C_v de l'orifice C reste le même tout au long du déplacement de la tige. Cela est dû au fait que le fluide sortant de la vanne au niveau de l'orifice C est la somme des fluides entrant par les orifices U et L.

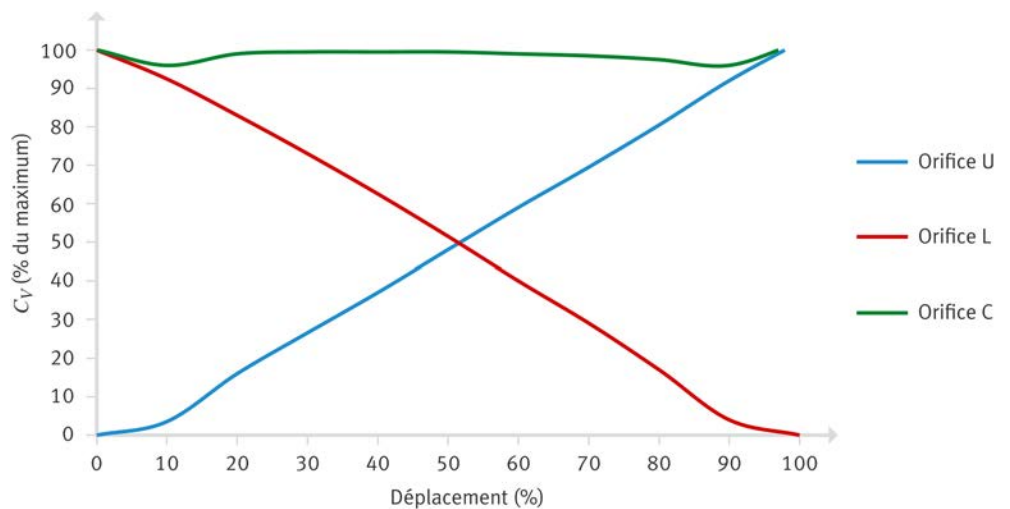


Figure 39 : Caractéristiques de débit de la vanne à trois voies (mode mélange).

Dans le cadre des expériences sur la température, la vanne à trois voies sera utilisée pour réguler le débit d'eau froide allant vers l'échangeur de chaleur. Un montage simplifié, illustré dans la figure suivante, explique comment l'eau chaude circule vers l'échangeur de chaleur. Si la vanne à trois voies est complètement fermée sur L, alors la voie C-U est complètement ouverte et un débit maximal d'eau passe par l'échangeur de chaleur. Si la vanne est complètement ouverte sur L, l'orifice C est fermé et toute l'eau s'écoule par la voie C-L, évitant complètement l'échangeur de chaleur. Notez que l'échangeur de chaleur est toujours soumis à la pression de l'eau (statique et/ou dynamique) dans ce type de configuration.

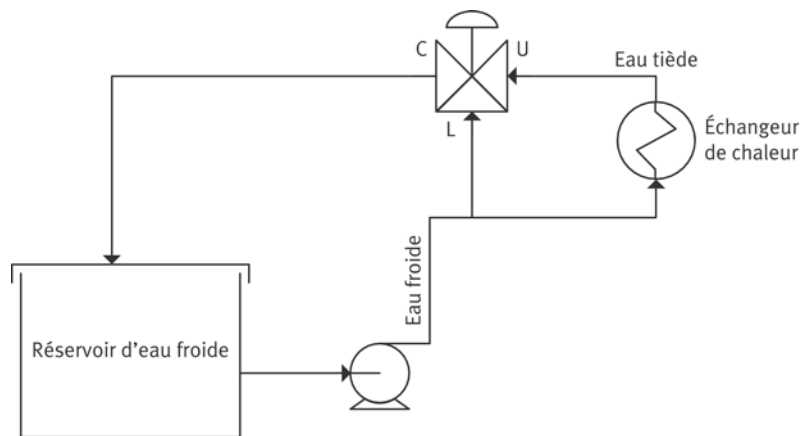


Figure 40 : Mode de mélange tel qu'il est utilisé dans les expériences sur la température.

Description de la vanne de régulation à trois voies de base

La conception et la construction de la vanne à trois voies de base sont similaires à celles de la vanne à deux voies. Les différences les plus notables sont l'utilisation d'un clapet à deux côtés et des trois ports. Le tableau suivant indique les principales caractéristiques de la vanne de régulation à trois voies.

La vanne de régulation à trois voies de base est illustrée ci-dessous. Veuillez vous reporter à le tableau 30 pour des indications sur la section à laquelle se reporter pour plus d'informations concernant les différents modèles.

Tableau 28 : Vanne de régulation.

Type de vanne	vanne à clapet de type soupape, mélange linéaire
Actionneur	Échec à l'ouverture sur l'orifice L, ressort et membrane
Taille de la vanne	12,7 mm (0,5 po)
C _v (Valeur nominale maximale)	4
Plage de pression de l'actionneur	34,5-90 kPa (5-13 psi)
Pression maximale à l'entrée de l'actionneur	240 kPa (35 psi)

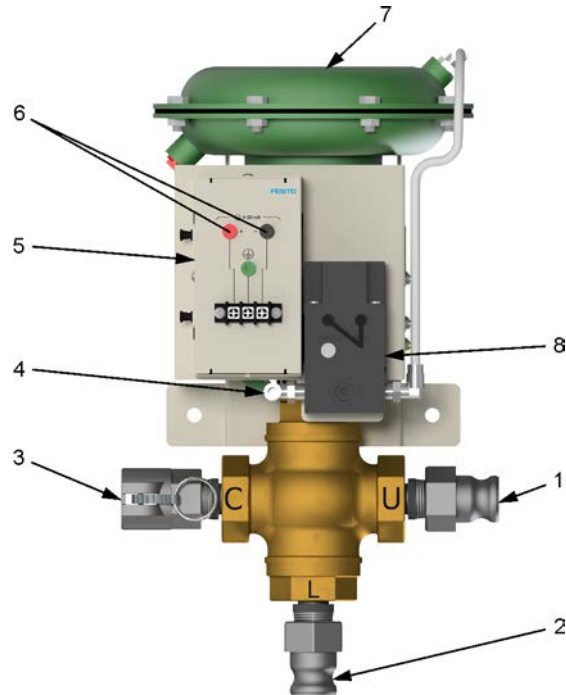


Figure 41 : Vanne de régulation pneumatique à trois voies, modèle 46955-B.

1. **Orifice supérieur (U).** Cet orifice est l'un des deux orifices d'entrée de la vanne. Il est équipé d'un connecteur mâle.
2. **Orifice inférieur (L).** Cet orifice est l'un des deux orifices d'entrée de la vanne. Il est équipé d'un connecteur mâle.
3. **Orifice commun (C).** L'orifice C est la sortie de la vanne et l'orifice où les débits des orifices U et L se mélangent. La somme des débits aux orifices U et L est égale au débit passant par l'orifice C ($|Q_U + Q_L| = |Q_C|$). Cet orifice est équipé d'un connecteur femelle.
4. **Entrée I/P d'air sous pression.** Cet orifice se connecte à une ligne d'air sous pression provenant de l'unité pneumatique. Une pression de 170 kPa (25 psi) est tout à fait suffisante et assure le bon fonctionnement de l'I/P.

⚠ ATTENTION

La pression maximale autorisée à cette entrée est de 550 kPa (80 psi). Une pression supérieure à cette valeur peut endommager l'I/P. Une pression de 170 kPa (25 psi) est recommandée.

5. **Commutateur d'insertion de panne.** Un commutateur d'insertion de panne peut être activé par l'instructeur pour insérer une panne électrique. La panne est activée lorsque le commutateur est en position activation (I). Assurez-vous que la panne est en position désactivation (O) si vous n'effectuez pas un exercice de dépannage.

6. **Connecteurs de 4-20 mA.** Le signal de commande est capté par ces connecteurs. Lorsque le convertisseur I/P ou le régulateur numérique est correctement étalonné, un signal de 4 mA correspond à une vanne entièrement ouverte sur l'orifice L (fermée sur l'orifice U), tandis qu'un signal de 20 mA correspond à une vanne entièrement fermée sur l'orifice L (ouverte sur l'orifice U).
7. **Actionneur.** L'actionneur contient le mécanisme (ressorts et membrane) nécessaire pour déplacer la tige de la vanne lorsque de l'air sous pression est appliqué à son entrée.
8. **Convertisseur courant-pression (I/P).** Convertit linéairement le signal de commande de 4-20 mA en un signal pneumatique de 34,5-90 kPa (5-13 psi).
Le convertisseur I/P doit être étalonné de temps en temps comme indiqué dans l'unité d'apprentissage 2.

Tableau 29 : Convertisseur courant-pression (I/P).

Plage de courant d'entrée	4-20 mA
Plage de pression de sortie	20-100 kPa (3-15 psi)
Pression maximale à l'entrée	550 kPa (80 psi)
Réglages de pression disponibles	plage et zéro

Comme indiqué précédemment, l'orientation de la vanne à trois voies peut être modifiée en tournant le corps de la vanne (suivez les étapes à partir de l'étape 1). Gardez à l'esprit qu'une pression d'environ 62 kPa (9 psi) doit être appliquée à la vanne pendant que vous tournez le corps de la vanne afin d'éviter tout dommage permanent. Cela correspond à un signal de commande de 12 mA.

Tableau 30 : Tableau de correspondance pour les vannes de régulation à trois voies.

Modèle	Nom	Similaire à	Reportez-vous à
46955-0	Vanne de régulation pneumatique à trois voies avec DVC 2000 (HART)	46950-0	L'unité d'apprentissage 4
46955-A	Vanne de régulation pneumatique à trois voies avec positionneur	46950-A	L'unité d'apprentissage 3
46955-B	Vanne de régulation pneumatique à trois voies	46950-B	L'unité d'apprentissage 2
46955-C	Vanne de régulation électrique à trois voies	46950-C	L'unité d'apprentissage 7
46955-D	Vanne de régulation pneumatique à trois voies avec un DVC 6000 (Fieldbus)	46950-D	
46955-E	Vanne de régulation pneumatique à trois voies avec un DVC 6000 (HART)	46950-E	L'unité d'apprentissage 5

Utilisation de Fieldcare via le protocole HART

Le transmetteur de niveau capacitif peut être configuré et utilisé à distance à partir d'un ordinateur, comme la plupart des appareils utilisant le protocole HART. Un ensemble d'outils optionnel (modèle 46982) comprenant le logiciel Fieldcare et le boîtier de communication est nécessaire pour effectuer les opérations décrites dans cette section. Notez que cette section est une vue d'ensemble. La documentation fournie avec l'ensemble d'outils doit être consultée pour obtenir des informations complètes.

1. Allumez l'ordinateur et préparez une boucle de procédé comprenant la vanne de régulation, un étalonneur de 4-20 mA et la commubox. Connectez la commubox (en vous assurant que sa résistance interne est activée) à la boucle de courant comme indiqué dans la figure suivante. Connectez la commubox au port USB de votre ordinateur.

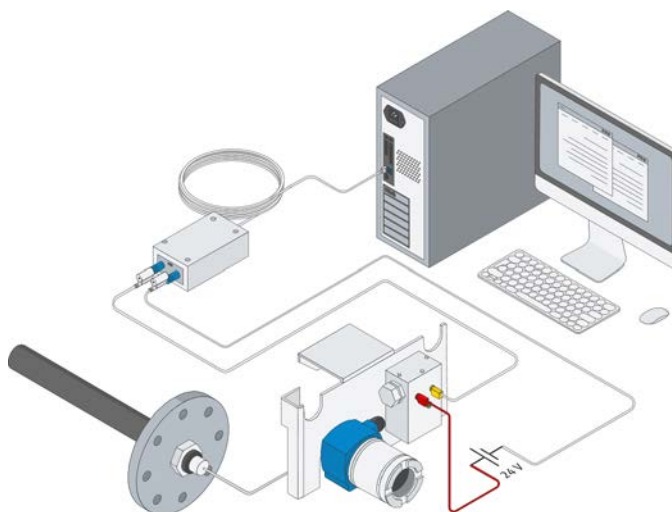


Figure 42 : Connexion du transmetteur de niveau capacitif pour le protocole HART.

2. Lancez le logiciel Fieldcare et sélectionnez la communication HART point à point.

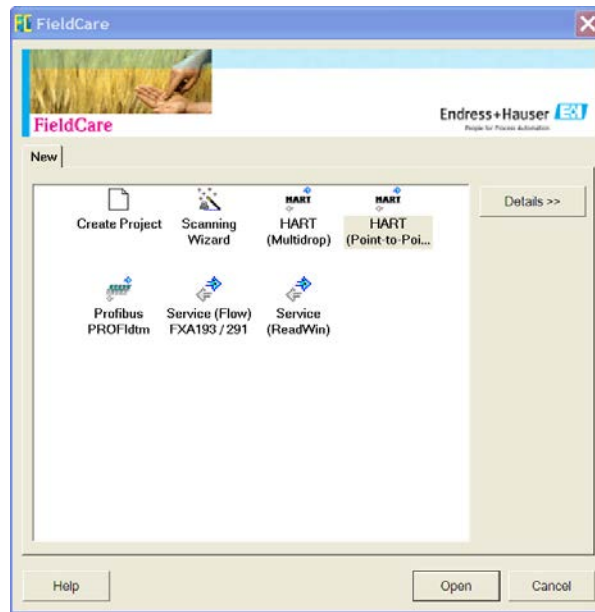


Figure 43 : Sélectionnez HART (Point-to-Point) dans le menu.

3. Le logiciel propose d'exécuter une macro d'analyse pour trouver l'appareil connecté via le protocole HART. Cliquez sur Yes (Oui) pour que le logiciel détecte l'appareil.

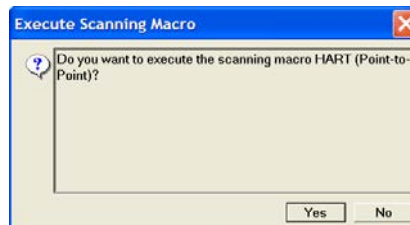


Figure 44 : Sélectionnez Yes (Oui) pour exécuter la macro d'analyse.

4. Le logiciel Fieldcare affiche des informations pertinentes sur l'appareil en haut de sa fenêtre et une liste de menus et de sous-menus sur le côté gauche de la fenêtre Label (Désignation).

L'appareil peut être verrouillé pour empêcher toute modification de la configuration. Dans ce cas, introduisez le code 100 dans safety settings ► code (réglages de sécurité ► code). Pour verrouiller l'appareil, il suffit de changer le code par autre chose que 100.

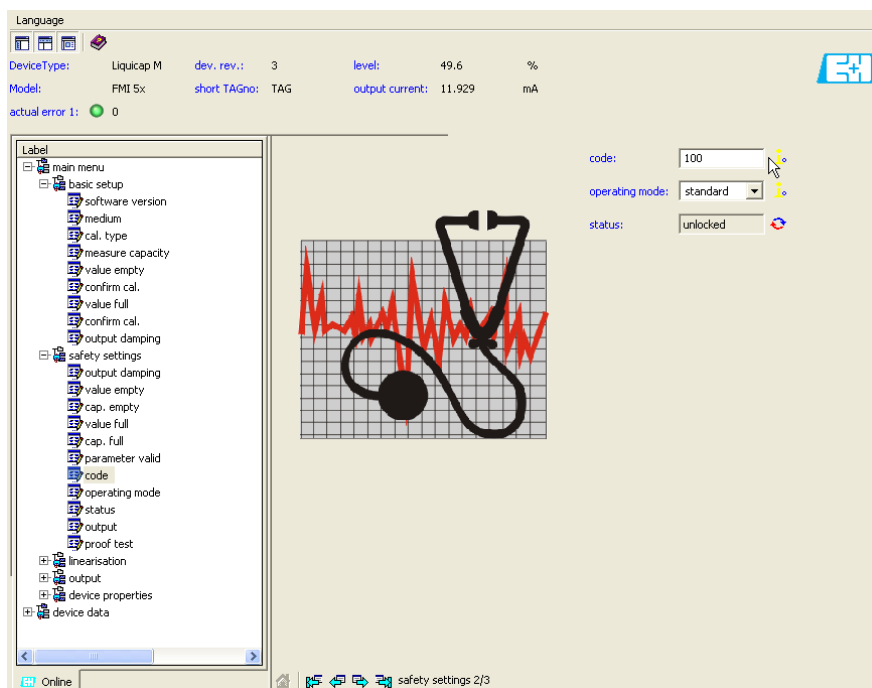


Figure 45 : Verrouillage ou déverrouillage du transmetteur de niveau capacitif.

5. Choisissez le sous-menu de configuration de base dans le menu principal. Réglez les paramètres tel que montré dans la figure suivante.

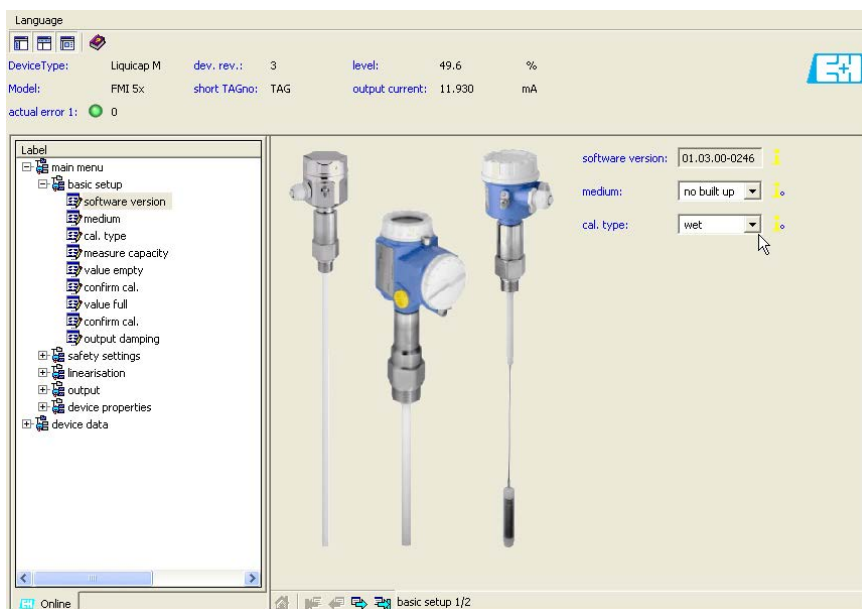


Figure 46 : Le sous-menu de configuration de base, partie I.

6. Passez à la deuxième partie du sous-menu de configuration de base et réglez les différents paramètres comme indiqué dans la figure suivante.

Assurez-vous que la colonne est vide, puis confirmez l'étalonnage de l'appareil pour le paramètre (1) value empty (valeur vide). Ensuite, remplissez la colonne jusqu'au point où vous voulez que la lecture corresponde à 100 % et confirmez la valeur du paramètre (2) value full (valeur pleine).

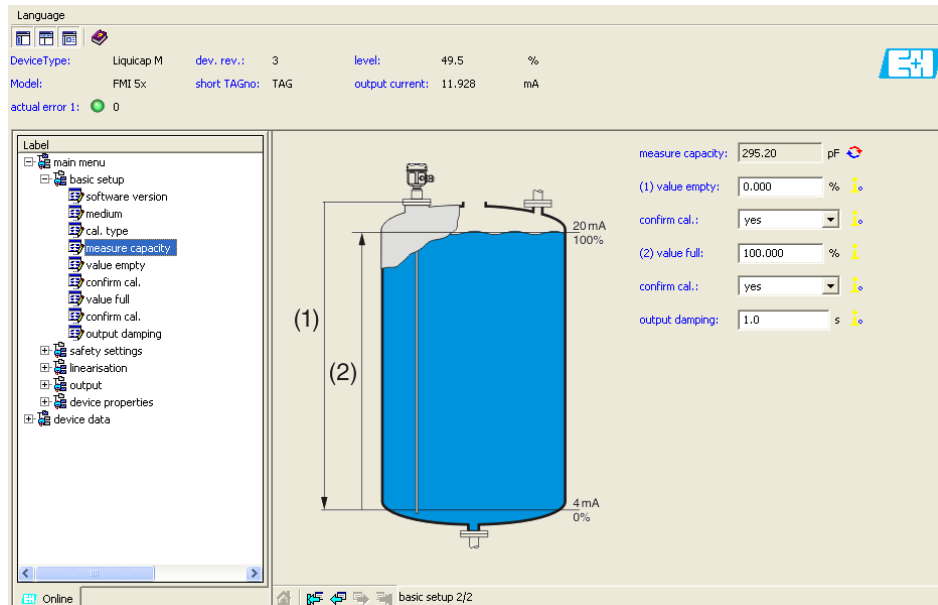


Figure 47 : Le sous-menu de configuration de base, partie II.

7. Accédez au sous-menu de linéarisation pour régler les unités à la valeur de votre choix. Les valeurs par défaut sont indiquées dans la figure suivante.
8. Explorez les menus et sous-menus pour découvrir les différentes possibilités et réglages de l'appareil. De plus amples informations sont disponibles dans la documentation du fabricant pour chaque option.

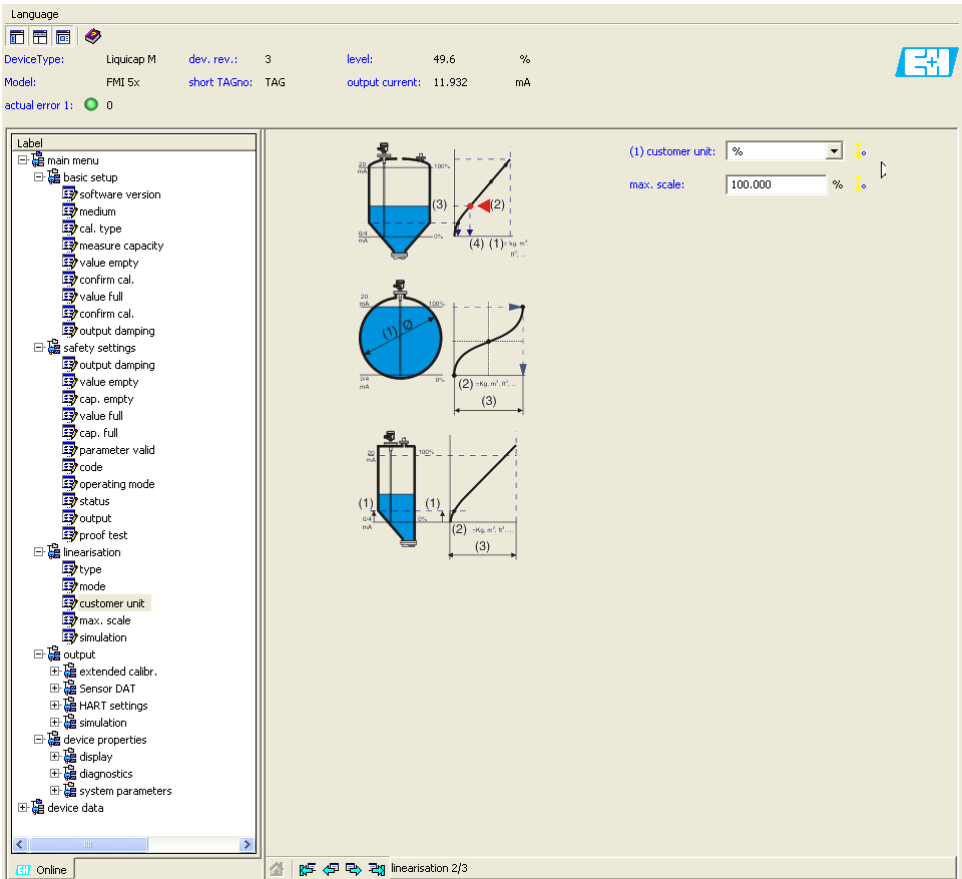


Figure 48 : Le sous-menu de l'unité client.

Tableau de conversion des unités

Tableau 31 : Conversion des unités SI/Métriques en unités de mesure américaines.

Pour convertir	de	en	Multiplier par
Densité	kg/m ³	lb/pi ³	$6,243 \times 10^{-2}$
Taux de transfert de chaleur	W	BTU/h	3,412
Force	N	lbf	$2,248 \times 10^{-1}$
Longueur	m	pi	3,281
Masse	kg	lb	2,205
Pression	Pa	inHg (60 °F)	$2,961 \times 10^{-4}$
	Pa	lbf/po ² (psi)	$1,450 \times 10^{-4}$
Poids spécifique	N/m ³	lbf/pi ³	$6,366 \times 10^{-3}$
Température	°C	°F	$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32$
	K	°F	$T_F = \frac{9}{5} (T_K - 273,15) + 32$
Vélocité	m/s	pi/s	3,281
Viscosité (dynamique)	N·s/m ²	lbf·s/pi ²	$2,089 \times 10^{-2}$
Débit volumétrique	L/min	pi ³ /s	$5,886 \times 10^{-4}$
	L/min	gal/min (gpm)	$2,642 \times 10^{-1}$
	m ³ /s	pi ³ /s	35,31

Pour convertir	de	en	Multiplier par
	m ³ /s	gal/min (gpm)	1,585 x 10 ⁴

Tableau 32 : Conversion des unités SI/Métriques en unités de mesure américaines.

Pour convertir	de	en	Multiplier par
Densité	lb/pi ³	kg/m ³	16,02
Taux de transfert de chaleur	16,02	W	0,293
Force	lbf	N	4,448
Longueur	pi	m	3,048 x 10 ⁻¹
Masse	lb	kg	4,536 x 10 ⁻¹
Pression	inHg (60 °F)	Pa	3,377 x 10 ³
	lbf/po ² (psi)	Pa	6,895 x 10 ³
Poids spécifique	lbf/pi ³	N/m ³	1,571 x 10 ²
Température	°F	°C	$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32)$
	°F	K	$T_K = \frac{5}{9} (T_F - 32) + 273,15$
Vélocité	pi/s	m/s	3,048 x 10 ⁻¹
Viscosité (dynamique)	lbf · s / pi ²	N · s/m ²	47,88
Débit volumétrique	pi ³ /s	L/min	1,699 x 10 ³
	gal/min (gpm)	L/min	3,785
	pi ³ /s	m ³ /s	2,832 x 10 ⁻²
	gal/min (gpm)	m ³ /s	6,309 x 10 ⁻⁵

CE Importateur:

Festo Didactic SE
Rechbergstr. 3
73770 Denkendorf
Allemagne
Tél.: +49 711 3467-0
did@festo.com

US Importateur:

Festo Didactic Inc.
607 Industrial Way West
Eatontown, NJ 07724
États-Unis
Tél.: +1 732 938-2000
Sans frais: +1-800-522-8658
services.didactic@festo.com

CA Fabricant:

Festo Didactic Ltée/Ltd
675, rue du Carbone
Québec (Québec) G2N 2K7
Canada
Tél.: +1 418 849-1000
Sans frais: +1-800-522-8658
services.didactic@festo.com

UK Importateur:

Festo Ltd
Applied Automation Centre
Brackmills
Northampton, NN4 7PY
Royaume-Uni
T +44 800 626 422
info_gb@festo.com

www.festo.com



00082084860000000000100