

→ J. Marsot, Département
Ingénierie des équipements
de travail, INRS, Centre de Lorraine,
Neuves-Maisons
et J.L. Lannier, service Actionneurs,
Département Machines
et commandes, CETIM, Senlis

Electrovannes « double-corps »

Analyse fonctionnelle.
Résultats d'essais

→ J. Marsot, Département
Ingénierie des équipements
de travail, INRS, Centre de Lorraine,
Neuves-Maisons
et J.L. Lannier, service Actionneurs,
Département Machines
et commandes, CETIM, Senlis

Electrovannes « double-corps »

Analyse fonctionnelle. Résultats d'essais

DOUBLE BODIED VALVES. FUNCTIONAL ANALYSIS AND TEST RESULTS

This article presents the findings of a study carried out in cooperation with the French Technical centre for mechanical industries (CETIM) on matched electrically operated valves, which are one of the most important safety items in friction-clutch presses. A functional analysis is first made of all of the electrically operated valve types of a given dimension on the French market, and then their performance is characterized in normal operation and when one of the flap valves is out of adjustment. Press users, refurbishers and designers can use the resulting objective figures as a guide in their choice of components. The findings can also be used by checking and testing organisations to evaluate conformity with the essential safety requirements applicable to mechanical friction-clutch presses.

- friction clutch press
- double bodied valves
- testing
- performance

Cet article présente les résultats d'une étude, réalisée en collaboration avec le Centre technique des industries mécaniques (CETIM), sur les électrovannes double-corps qui sont, pour les presses à embrayage à friction, l'un des éléments les plus importants pour la sécurité des opérateurs.

Après avoir réuni, pour une dimension donnée, tous les types d'électrovannes disponibles sur le marché français, cette étude a consisté dans un premier temps en une analyse fonctionnelle de ces électrovannes, puis dans un deuxième temps, en une détermination de leurs performances tant en fonctionnement normal qu'en cas de discordance de l'un des clapets. En apportant des données chiffrées et objectives, ces résultats permettent de guider les utilisateurs, les rénovateurs et les concepteurs de presses dans le choix de ces composants. Ils peuvent également être utilisés par les organismes de contrôle et de vérification pour évaluer la conformité aux exigences essentielles de sécurité applicables aux presses mécaniques à embrayage à friction.

- presse à embrayage à friction
- électrovanne double-corps
- essai
- performance

Sur une presse mécanique à embrayage à friction, l'embrayage et le frein lorsqu'ils sont combinés ne nécessitent pour leur commande qu'une électrovanne simple à trois orifices et deux positions, également dénommée « électrovanne 3/2 » (figure 1).

Les trois orifices ⁽¹⁾ sont d'une part celui d'alimentation en air *P* et d'autre part ceux connectés à l'actionneur ; la sortie *A* et l'échappement *R*.

Les deux positions sont la « position travail » qui correspond à l'opération d'embrayage et la « position repos », relative au freinage.

Il n'est pas possible, sur ce type d'électrovanne, d'exclure avec certitude toutes les pannes qui, en maintenant l'embrayage en fonction, présenteraient un danger pour l'opérateur (par exemple : défaillance du pilote, du clapet, blocage du piston, etc.). Il est cependant possible de pallier à ce type de panne en appliquant le principe de *redondance* ⁽²⁾.

C'est pour répondre à ce principe qu'ont été développées des électrovannes intégrant dans un même corps les clapets de deux électrovannes 3/2, normalement fermées, chacun d'eux possédant son propre pilote électropneumatique, d'où la dénomination d'« électrovannes double-corps ».

(1) L'utilisation des lettres *P* (alimentation en air du réseau), *A* (alimentation en air de l'actionneur) et *R* (échappement) se réfère à la dénomination adoptée par la majorité des constructeurs.

(2) Voir le glossaire (page suivante).

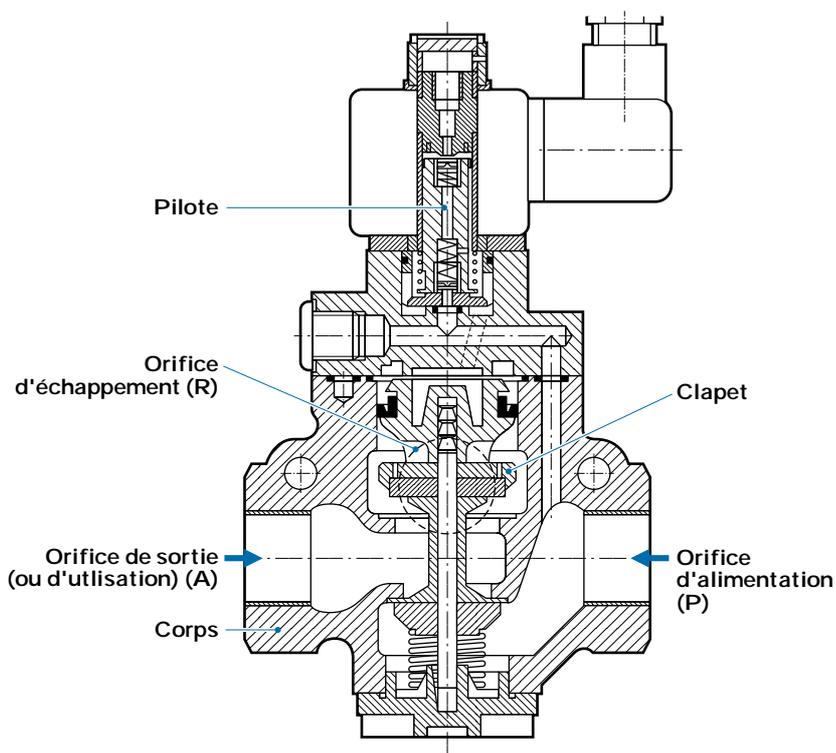


Fig. 1. Représentation d'une électrovanne trois orifices, 2 positions (3/2)
- Three-way two-position electrically operated valve

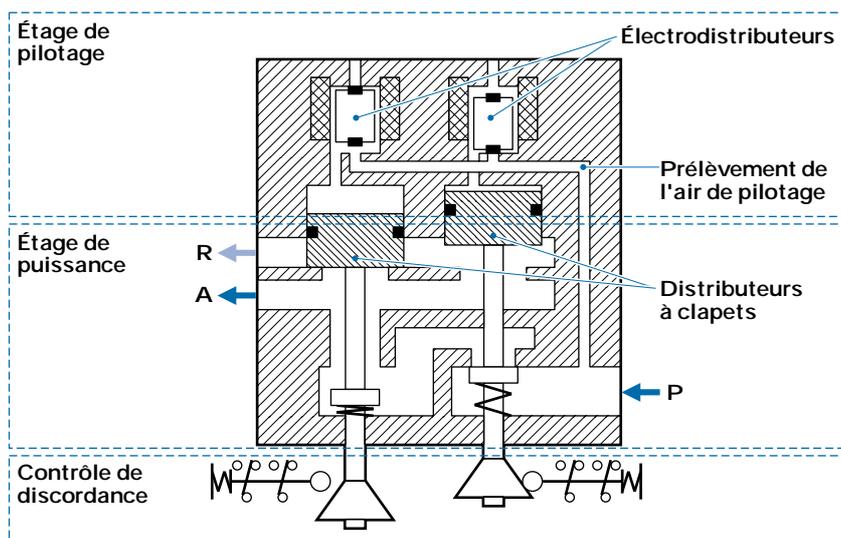


Fig. 2. Exemple d'une électrovanne double-corps
- Example of matched electrically operated valve

GLOSSAIRE

Redondance (d'après NF EN 60204-1 [6])

Duplication de dispositifs ou systèmes, visant à garantir que, dans l'éventualité d'une défaillance dans l'exécution de sa fonction, un autre est disponible pour exécuter ladite fonction.

Composant de sécurité (d'après Directive 98/37/CE [3])

Aux fins de la présente directive, on entend par composant de sécurité, un composant, pour autant qu'il n'est pas un équipement interchangeable, que le fabricant, ou son mandataire établi dans la Communauté, met sur le marché dans le but d'assurer, par son utilisation, une fonction de sécurité et dont la défaillance ou le mauvais fonctionnement met en cause la sécurité ou la santé des personnes exposées.

Action mécanique positive (d'après NF EN 292-2 [7])

Si un organe en mouvement entraîne inévitablement un autre organe, par contact direct ou par l'intermédiaire d'éléments rigides, on dit que ces organes sont liés suivant le mode positif (ou positivement). Il en est de même lorsqu'un organe s'oppose uniquement par sa présence à tout mouvement d'un autre organe.

Dans le cas contraire, lorsqu'un organe mécanique, en se déplaçant, en laisse un autre libre de se déplacer (par gravité, sous l'effet d'un ressort, etc.), il n'y a pas d'action mécanique positive du premier sur le second.

1. Principe de fonctionnement

Une électrovanne double-corps (*figure 2*) est composée d'un étage de pilotage qui commande la commutation de l'étage de puissance. Ce dernier assure l'alimentation en air de l'actionneur (l'embrayage-frein dans le cas d'une presse).

L'étage de pilotage est constitué de deux électrodistributeurs 3/2 à rappel par ressort, chargés d'admettre, ou d'échapper, l'air nécessaire au déplacement des deux clapets de l'étage de puissance. Cet air de pilotage est généralement prélevé sur l'orifice d'alimentation de l'étage de puissance, on parle alors de pilotage interne.

L'étage de puissance est constitué de deux distributeurs 3/2 à clapets. Ceux-ci sont généralement à commande par pression d'air et à rappel par ressort. Ils sont chargés d'admettre, ou d'échapper, l'air nécessaire au fonctionnement de l'actionneur (embrayage-frein par exemple).

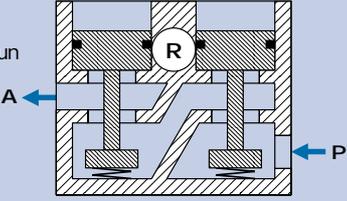
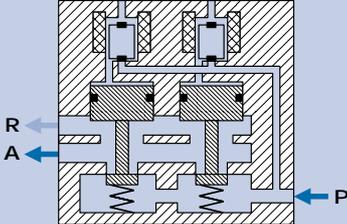
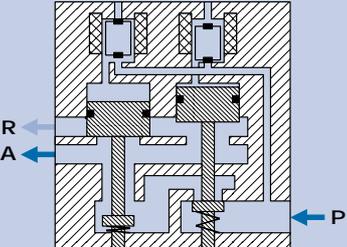
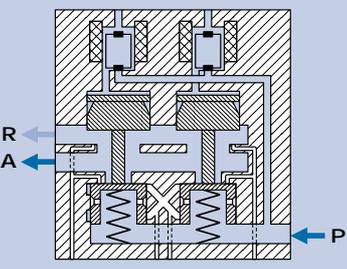
Si dans leur principe (redondance), les électrovannes double-corps présentent un niveau de sécurité supérieur à celui d'une simple électrovanne, il est toutefois utile de détecter le fonctionnement défectueux d'un clapet, avant qu'un incident intervenant sur l'autre n'entraîne un risque pour les opérateurs. C'est dans ce but que les fabricants proposent des électrovannes double-corps équipées de dispositifs capables de détecter la discordance des clapets, qu'elle soit permanente ou passagère. Des prescriptions de sécurité relatives à ces contrôleurs de discordance sont données dans une brochure éditée par l'INRS [1]. Ils doivent notamment pouvoir détecter une discordance des clapets dont la durée ne devrait pas excéder 100 ms.

2. Evolution des électrovannes double-corps

La technologie des électrovannes double-corps est définie par :

- le type de liaison réalisé entre l'orifice d'admission en air *P*, les clapets de l'étage de puissance et l'orifice d'échappement *R*,
- le mode de contrôle de discordance des clapets.

Afin de toujours améliorer la sécurité d'utilisation des presses mécaniques équi-

Type d'électrovannes double-corps		Commentaires
Dénomination	Schémas (*)	
<i>Vanne série</i> Alimentation en série et échappement commun		Cette vanne de construction simple ne permet pas de contrôle de l'étanchéité ; seul un contrôle extérieur de la position des clapets est réalisable. En cas de discordance, elle ne présente pas de pression résiduelle sur l'orifice de sortie <i>A</i> , mais le temps de vidange est dépendant de la position du clapet en discordance.
<i>Vanne parallèle</i> Alimentation et échappement en parallèle		Cette vanne permet une vidange rapide de l'actionneur. En cas de discordance, elle présente une pression résiduelle sur l'orifice de sortie <i>A</i> et le temps de vidange, bien que pratiquement insensible à la position des clapets, est nettement augmenté. En cas de blocage en position ouvert, ou d'une détérioration d'un clapet, la fuite permanente permet une signalisation sonore du défaut.
<i>Vanne série-parallèle</i> Alimentation en série et échappement en parallèle		Cette vanne permet une vidange rapide de l'actionneur. Par contre, le temps de remplissage est relativement En cas de discordance, elle ne présente pas de pression résiduelle sur l'orifice de sortie <i>A</i> .
<i>Vanne série-parallèle distribution en X</i> Alimentation en X (interconnexion entre les deux clapets) et échappement en parallèle		Cette vanne se comporte en fonctionnement normal comme une vanne parallèle (vidange et remplissage rapide). En discordance, elle se comporte comme une vanne série (pas de pression résiduelle sur l'orifice de sortie <i>A</i>).

(*) Schémas de principe tirés de la documentation technique Héron.

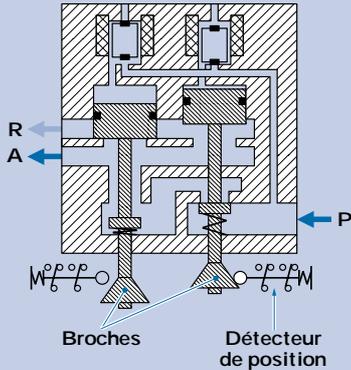
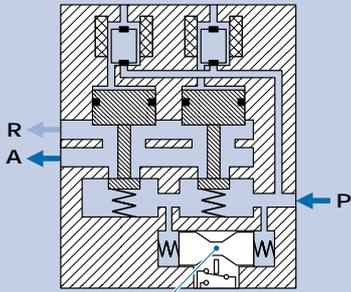
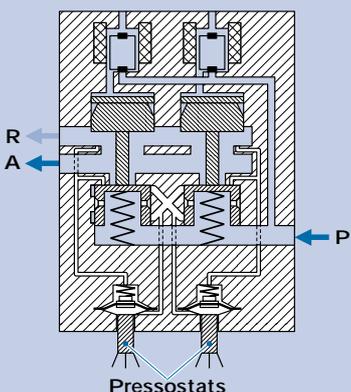
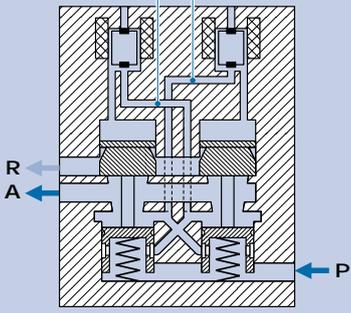
pées d'embrayage-frein à friction, cette technologie n'a jamais cessé d'évoluer.

Cette évolution est résumée dans les *tableaux I et II (page suivante)*.

Entre 1996 et 1997, période sur laquelle s'est déroulée cette étude, il a été procédé à un recensement exhaustif des électrovannes double-corps alors commercialisées. Par rapport à l'étude antérieure de l'INRS [2], la principale évolution est l'ap-

TABLEAU II

PRINCIPAUX MODES DE CONTRÔLE DE DISCORDANCE DES ÉLECTROVANNES DOUBLE-CORPS
 - MAIN MISMATCH CONTROL MODES FOR MATCHED ELECTRICALLY OPERATED VALVES

Mode de contrôle de discordance		Commentaires
Dénomination	Schémas (*)	
Détection du déplacement des broches	 <p>Broches Détecteur de position</p>	<p>Le décalage en position d'une broche par rapport à l'autre est détecté par une discordance dans la commutation des contacts électriques qui leur sont associés.</p> <p>Ce type de détection permet un contrôle à chaque cycle (contrôle dynamique). En revanche, la rupture d'un clapet peut ne pas être détectée (contrôle de la broche et non pas du clapet).</p>
Balance pneumatique	 <p>Balance pneumatique</p>	<p>La dissymétrie des pressions est signalée par la commutation du contact électrique associé à la balance pneumatique. Celle-ci est intégrée au corps de l'électrovanne.</p> <p>Ce type de contrôle n'est activé qu'en cas de discordance (contrôle statique). Il existe donc un risque de non-fonctionnement (phénomène de gommage) de la balance du fait de son faible taux de sollicitation.</p>
Pressostats incorporés	 <p>Pressostats</p>	<p>La dissymétrie des pressions est signalée par la discordance entre les signaux électriques émis par les pressostats incorporés au corps de la vanne. Ce principe permet un contrôle dynamique de la pression et de l'étanchéité des clapets. Cependant, le contrôle de discordance nécessite un traitement de ces signaux extérieur à l'électrovanne (bloc logique ou circuit de commande de la machine).</p>
Autocontrôle	 <p>Liaisons croisées</p>	<p>En cas de discordance des clapets, les liaisons pneumatiques entre l'étage de pilotage et l'étage de puissance interdisent la mise en pression de l'orifice d'alimentation A.</p> <p>Ce principe permet un contrôle dynamique de la pression et de l'étanchéité des clapets. Il n'y a pas de circuit électrique de contrôle, il est donc impossible de l'inhiber.</p>

(*) Schémas de principe tirés de la documentation technique Héron.

partition d'électrovannes double-corps autocontrôlées, également appelées à sécurité intrinsèque. Les résultats de l'analyse fonctionnelle de ce principe sont présentés dans le chapitre suivant.

3. Analyse fonctionnelle

Sur une électrovanne double-corps dite à sécurité intrinsèque (figure 3), l'air de pilotage du clapet 3a n'est plus prélevé directement sur l'orifice d'alimentation en air P mais par l'intermédiaire du piston 4b, solidaire du clapet 4a, et via les canaux C1 et C3. De même, l'air de pilotage du clapet 4a est acheminé au travers du piston 3b et via les canaux C2 et C4.

3.1. Fonctionnement normal (cf. fig. 3)

Position « Repos » (bobines hors tension)

Les noyaux magnétiques 1 et 2 obturent les canaux d'entrée C1 et C2 et mettent à l'échappement les canaux de pilotage C3 et C4.

Sous l'action combinée des ressorts et de la pression de l'air d'alimentation, les ensembles clapet/piston 3a/3b et 4a/4b de l'étage de puissance sont positionnés de façon à :

- empêcher le passage de l'air entre l'orifice d'alimentation P et celui de sortie A,
- relier l'orifice de sortie A à celui d'échappement R.

Position « travail » (bobines sous tension)

Les noyaux magnétiques 1 et 2 libèrent le passage de l'air de pilotage vers les clapets 3a et 4a. Les ensembles clapets/pistons 3a/3b et 4a/4b se positionnent alors de façon à :

- relier l'orifice d'alimentation P à celui de sortie A via les canaux C5 et C6,
- empêcher le passage entre l'orifice de sortie A et celui d'échappement R.

3.2. Fonctionnement en cas de discordance

Sur une électrovanne double-corps, la discordance (figure 4) peut se produire soit au niveau de l'étage de pilotage (maintien sous tension d'une bobine, blo-

cage d'un noyau magnétique en position ouvert), soit au niveau de l'étage de puissance (blocage d'un clapet en position ouvert). Cette discordance peut survenir :

- soit lors du passage de l'état repos à l'état travail ; dans ce cas, ce sont surtout les performances d'embrayage qui sont altérées,
- soit lors du passage de l'état travail à l'état repos ; dans ce cas, ce sont les performances de freinage, et de ce fait le niveau de sécurité de l'opérateur, qui sont altérées.

C'est donc ce second cas de figure qui a été retenu pour expliquer le fonctionnement en discordance de ces électrovannes dites autocontrôlées.

Dans cette configuration, il est important de s'assurer d'une part que l'orifice de sortie *A* est bien relié à celui d'échappement *R* de façon à commander l'opération de freinage et d'autre part qu'il n'est plus possible, tant que la discordance est présente, de commander l'opération d'embrayage.

Discordance au niveau de l'étage de pilotage

Le pilote *1* est supposé bloqué (maintenu sous tension). Le pilote *2* qui fonctionne normalement obture le canal d'entrée *C1* et met à l'échappement le canal de pilotage *C3* du clapet *3a*.

Sous l'action de son ressort de rappel, le clapet *3a* relie à l'échappement *R* l'orifice de sortie *A*. Le piston *3b* empêche le passage de l'air entre l'orifice d'alimentation *P* et celui de sortie *A* en obturant les canaux *C5* et *C6*.

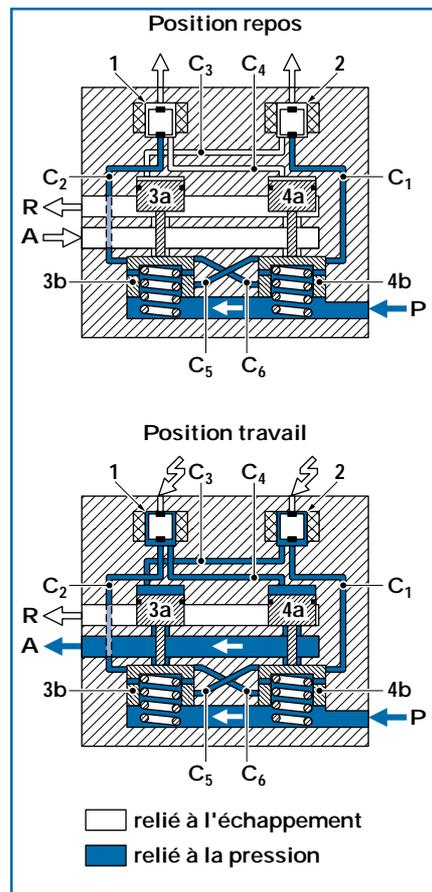
La position du piston *4b* permet la mise à l'échappement des canaux *C1* et *C5*.

Discordance au niveau de l'étage de puissance

L'ensemble clapet/piston *4a/4b* est supposé bloqué en position travail.

Les canaux *C3* et *C4* sont mis à l'échappement par les pilotes qui fonctionnent normalement.

Sous l'action de son ressort de rappel, le clapet *3a*, qui n'est pas bloqué, relie à l'échappement *R* l'orifice de sortie *A*. Le piston *3b* empêche le passage de l'air entre l'orifice d'alimentation *P* et celui de sortie *A* en obturant les canaux *C5* et *C6*.



La position du piston *4b* permet la mise à l'échappement des canaux *C1* et *C5*.

Dans les deux cas de discordance décrits ci-dessus, une nouvelle excitation des bobines reste sans effet par manque d'énergie pneumatique (canaux de pilotage mis à l'échappement). Pour commander un nouveau cycle de fonctionnement, il est nécessaire de rétablir la position repos des deux corps de l'électrovanne.

Fig. 3. Fonctionnement normal (schémas de principe)
- Normal operation (diagram)

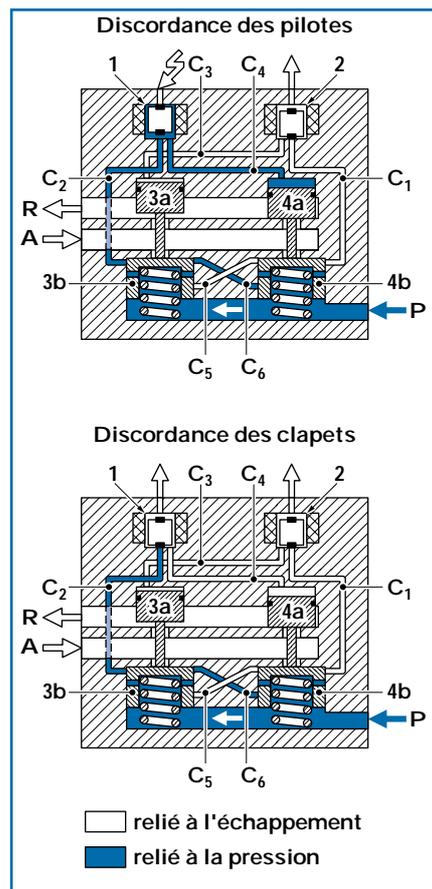


Fig. 4. Fonctionnement en discordance (schémas de principe)
- Faulty operation (diagram)

4. Etude expérimentale

4.1. Nature des essais

Un échantillon représentatif des électrovannes double-corps pneumatiques a été approvisionné auprès des trois fabricants recensés (*tableau III*).

L'objectif de cette étude expérimentale était de mesurer, en fonctionnement normal et en cas de discordance, les caractéristiques de ces électrovannes susceptibles d'avoir une influence sur la sécurité des opérateurs en modifiant le fonctionnement de l'organe commandé (embrayage-frein combiné dans le cas d'une presse).

Ces caractéristiques sont :

■ **Le temps de remplissage** : c'est le temps écoulé depuis la mise sous tension des électro-aimants de commande des clapets jusqu'à ce que la pression dans la capacité soit égale à (ou atteigne) 90 % de la pression d'alimentation.

■ **Le temps de vidange** : c'est le temps écoulé depuis la mise hors tension des électro-aimants de commande des clapets jusqu'à ce que la pression restante dans la capacité soit égale à 10 % de la pression d'alimentation.

■ **Le seuil d'ouverture partielle des clapets** : c'est la pression pour laquelle l'étanchéité des clapets n'est plus assurée, sans qu'il y ait pour autant une montée sensible de la pression côté utilisation.

■ **Le seuil de commutation complète des clapets** : c'est la pression à partir de laquelle les deux clapets autorisent le passage de l'air vers l'orifice d'utilisation tout en assurant l'étanchéité vers l'orifice d'échappement.

■ **Le seuil de maintien des clapets ouverts** : c'est la pression en dessous de laquelle l'effort de pilotage des clapets est inférieur à l'effort de rappel en position « repos ».

■ **La pression résiduelle à l'orifice d'utilisation** : c'est la pression qui subsiste dans la capacité lorsqu'un des deux clapets est en discordance.

■ **Le temps de réponse du dispositif de contrôle de discordance** : c'est le temps écoulé entre l'apparition de la discordance et le signal de sortie délivré par le dispositif de contrôle de discordance.

4.2. Matériel d'essais

Pour effectuer cette étude expérimentale, le CETIM, a conçu un banc d'essais spécifique (*figure 5*).

L'alimentation en air est assurée à partir d'un réseau de type industriel (pression maximum de 7 bars).

Un détendeur situé en aval d'une capacité tampon d'un volume de 100 litres, permet le réglage de la pression d'admission dans l'électrovanne en essai (*figure 6*).

Celle-ci alimente une capacité de volume variable (0 - 17 litres) qui simule le volume de l'actionneur (embrayage-frein combiné dans le cas d'une presse).

La mise en fonction de l'électrovanne est réalisée à partir d'un pupitre de commande qui permet d'obtenir :

- un fonctionnement normal en alimentant et en coupant simultanément les deux électro-aimants de commande des clapets,
- un fonctionnement avec discordance d'un clapet en mettant hors tension électrique l'un de ces électro-aimants. Cette mise hors tension est réalisée par l'intermédiaire d'une temporisation réglable.

La pression d'alimentation et la pression de l'orifice d'utilisation sont mesurées à l'aide de capteurs de pression relative à jauge de contrainte.

Ces pressions, les tensions électriques aux bornes des électro-aimants et le signal délivré par l'unité de contrôle de discordance sont enregistrés sur un analyseur graphique. Les courbes ainsi obtenues ont permis de déterminer, pour chacune des électrovannes testées, les caractéristiques recherchées.

4.3. Conditions expérimentales

La pression d'alimentation en air des électrovannes testées a été réglée à 6 bars. Cette pression est celle généralement donnée dans les fiches techniques de ces composants.

La mesure des caractéristiques de fonctionnement normal a été réalisée pour des capacités allant de 1 dm³ à celle maximale figurant dans la fiche technique de l'électrovanne.

TABLEAU III

TECHNOLOGIES DES ÉLECTROVANNES DOUBLE-CORPS APPROVISIONNÉES - TECHNOLOGIES OF THE MATCHED ELECTRICALLY OPERATED VALVES PROVIDED

Fabricant	Référence	Taille (*)	Technologies
GPA	316 MEP-A 50	25,4 mm	Liaison « parallèle ». Autocontrôle de la discordance (sécurité intrinsèque).
Hérion	SIVEX XSZ 20	12,7 mm	Liaison « série-parallèle croisée ». Autocontrôle de la discordance (sécurité intrinsèque)
	SIVEX XSZ 32	25,4 mm	
	SIVEX XSE 32	25,4 mm	Liaison « série-parallèle croisée ». Balance pneumatique différentielle pour le contrôle de discordance.
	SIVEX XS 32	25,4 mm	Liaison « série-parallèle croisée ». Pressostats incorporés et contrôleur de discordance externe.
Ross-Dimafluid	SERPAR CF 8 série D 3500	25,4 mm	Liaison « série-parallèle croisée ». Pressostats incorporés et contrôleur de discordance externe.
	SERPAR CF 12 série 35	25,4 mm	Liaison « série-parallèle croisée ».
	SERPAR CF 30 série 35	38,1 mm	Balance pneumatique pour le contrôle de discordance.

(*) Diamètre de l'orifice d'alimentation en air de l'électrovanne.

La détermination des temps de remplissage et de vidange a été conduite avec et sans le silencieux d'échappement fournis avec les électrovannes.

La mesure des caractéristiques en cas de discordance a été réalisée uniquement pour la capacité maximale figurant dans la fiche technique de l'électrovanne.

4.4. Principaux résultats

Essais en fonctionnement normal

a) Temps de remplissage et de vidange d'une capacité

Les mesures réalisées sur des électrovannes de technologie identique mais de taille différente confirment l'influence de ce paramètre sur les temps de vidange et de remplissage d'une capacité ; plus la taille est grande, plus ces temps diminuent.

A taille équivalente, les temps de vidange des électrovannes testées sont très proches les uns des autres (cf. figs A-1a et A-1b en annexe). L'écart est inférieur à 10 % pour les électrovannes de taille 25,4 mm (1" anglo-saxon) et d'environ 25 % pour celles de 38,1 mm (1 1/2").

En ce qui concerne les temps de remplissage, on note, pour les électrovannes de taille 25,4 mm (1"), que l'une d'elles possède un temps de remplissage nettement supérieur aux autres (cf. figs A-2a et A-2b en annexe). Cette différence de comportement s'explique par le type de liaison entre les orifices P et A, qui est de type « parallèle » pour cette électrovanne et « série - parallèle croisée » pour les autres.

b) Seuils de commutation des clapets

Pour les électrovannes qui ne sont pas dites à « sécurité intrinsèque », le seuil d'ouverture partiel des clapets est de l'ordre de 0,1 bar et leur commutation complète est obtenue à partir d'une pression de 0,3 bar.

Sur les électrovannes à « sécurité intrinsèque », le seuil d'ouverture partiel des clapets n'a pu être mis en évidence. En effet, une montée lente en pression est perçue par ce type d'électrovanne, comme une défaillance (fuite sur l'un des clapets) ce qui empêche la mise en pression de la capacité réceptrice (cf § 3.2).

Pour toutes les électrovannes testées, le retour, de la pression nominale de fonctionnement (6 bars) à une pression nulle s'est effectué sans palier. En conséquence, le seuil de maintien des clapets ouverts n'a pas pu être mis en évidence.

c) Silencieux d'échappement

Le silencieux d'échappement n'a pas d'influence visible sur le temps de remplissage. Par contre, il a pour effet d'augmenter le temps de vidange. Selon les électrovannes, cette augmentation est comprise entre 5 et 30 % du temps obtenu sans silencieux.

Essais de fonctionnement en cas de discordance

a) Conditions expérimentales

Pour simuler une discordance au niveau de l'étage de pilotage des électrovannes double-corps testées, l'alimentation ou la coupure électrique de l'une ou l'autre des bobines est retardée par une temporisation réglable.

Le temps de réponse du dispositif de discordance est mesuré entre le changement d'état du signal de commande de la première bobine et celui émis par le dispositif de détection de discordance.

b) Résultats

En cas de discordance, le temps de vidange d'une capacité est toujours supérieur à celui obtenu en fonctionnement normal (tableau IV, page suivante). Cette augmentation est comprise entre 17 % et 48 % pour les électrovannes qui permettent une vidange complète de la capacité réceptrice (pression résiduelle nulle).

Pour deux des électrovannes testées, cette augmentation est beaucoup plus importante (67 % et 87 %). Ceci est dû au fait que, même en cas de discordance, de l'air continue à être admis. Cela se traduit par une pression résiduelle dans la capacité réceptrice (cf. tableau IV).

Pour les électrovannes qui ne sont pas à sécurité intrinsèque, ces essais ont également permis de mesurer le temps de réponse de leur dispositif de détection de discordance. Il est compris entre 48 et 96 ms à la mise sous tension (remplissage) et entre 64 et 152 ms à la mise hors tension (vidange).

Fig. 5. Banc d'essai
- Test bench

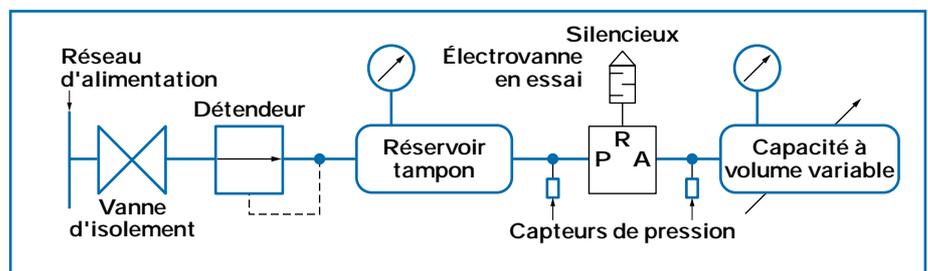


Fig. 6. Schéma de principe du banc d'essai
- Test bench schematic

TABLEAU IV

CARACTÉRISTIQUES DES ÉLECTROVANNES EN CAS DE DISCORDANCE
- CHARACTERISTICS OF ELECTRICALLY OPERATED VALVES IN CASE OF MISMATCH

Fabricant	Référence	Capacité (*)	Pression résiduelle	Augmentation du temps de vidange	Temps de réponse du dispositif de contrôle	
					sous tension (ms)	hors tension (ms)
GPA	316 MEP-A 50	5 dm ³	0,2 à 0,3 bar	67 %	-	-
	<i>Hérion</i>					
	SIVEX XSZ 20	5 dm ³	0 bar	27 %	-	-
	SIVEX XSZ 32	8 dm ³	0 bar	2 %	-	-
	SIVEX XSE 32	8 dm ³	0 bar	30 %	-	152
	SIVEX XS 32	8 dm ³	0 bar	-	-	-
	SIVEX XSZ 50	17 dm ³	0 bar	23 %	-	-
<i>Ross-Dimafluid</i>						
	CF 4 -série D 3500	4 dm ³	0 bar	48 %	96	144
	CF 8 -série D 3500	5 dm ³	0 bar	20 %	-	112
	CF 12 -série 35	8 dm ³	0 bar	17 %	48	64
	CF 30 -série 35	8 dm ³	0,1 bar	87 %	72	80

(*) Capacité maximale indiquée par le fabricant.

■ : Electrovanne à sécurité intrinsèque.

5. Contexte législatif et normatif

Depuis le 1^{er} janvier 1997 (3), il appartient au fabricant de décider d'attribuer ou non au produit qu'il met sur le marché, le qualificatif de « composant de sécurité (4) » au sens de la Directive « Machines » 98/37/CE [3].

Dans le cas d'une électrovanne double-corps déclarée comme tel (5), le fabricant doit alors établir, sous sa seule responsabilité, une déclaration « CE » de conformité (procédure d'autocertification). Par cette procédure, il déclare que le composant mis sur le marché respecte toutes les exigences essentielles de sécurité et de santé, qui lui sont applicables, exprimées à l'annexe I de la Directive « Machines » n° 98/37/CE.

Selon qu'elles sont destinées à équiper des presses en service ou des presses neuves, ces électrovannes doivent notamment répondre aux spécifications suivantes :

- Pour les presses en service : la note technique du 15 avril 1994 [4] stipule que les électrovannes double-corps doivent être soit autocontrôlées, soit équipées d'un dispositif de contrôle de discordance.

- Pour les presses neuves : la norme EN

692 [5], qui fournit des moyens de se conformer aux exigences essentielles de la Directive « Machines », définit également des prescriptions de sécurité applicables aux électrovannes double-corps. Il s'agit principalement des paragraphes détaillés dans l'*encadré 1*.

DISCUSSION - CONCLUSION

L'un des principaux critères de choix (ou de remplacement) d'une électrovanne double-corps est son adaptation au mode de protection choisi notamment lorsque la sécurité exige l'arrêt de la presse en un temps donné.

Ce critère doit également être respecté en cas de discordance des clapets. Pour une capacité donnée, ce temps d'arrêt est directement lié au temps de vidange d'une capacité (embrayage-frein) par l'électrovanne.

L'étude expérimentale a permis de définir de façon objective et comparable (en conditions expérimentales identiques pour toutes les électrovannes testées) cette caractéristique, en fonctionnement normal et en cas de discordance de l'un des clapets.

Par rapport à l'étude antérieure de l'INRS [2], la principale évolution est l'ap-

parition d'électrovannes double-corps autocontrôlées, également appelées à sécurité intrinsèque.

Dans ce cas, le contrôle de discordance ne nécessite plus de câblage électrique supplémentaire (pas de risque de pontage de la sécurité et/ou de mauvais raccordement).

En revanche, lors de l'utilisation de deux électrovannes de ce type pour la commande d'un dispositif « embrayage-frein » séparé, il est nécessaire de les équiper d'un dispositif complémentaire de détection de discordance afin d'empêcher soit :

- un embrayage et un freinage simultané en cas de discordance de l'électrovanne de freinage,

- un embrayage intempestif, ou un maintien en position embrayée, dans le cas où l'électrovanne correspondante présente une pression résiduelle suffisante en cas de discordance.

Ce dispositif complémentaire est également préconisé pour la commande d'embrayage-frein combiné, afin de signaler la discordance et ainsi faciliter les opérations de maintenance.

Toutes les électrovannes étudiées sont soit autocontrôlées, soit prévues pour être équipées d'un dispositif de contrôle de discordance, permettant d'interdire tout nouveau cycle de fonctionnement de l'électrovanne, donc de la presse en cas de discordance de l'un des clapets.

Celles qui sont équipées d'un contrôle de discordance par balance pneumatique (cf. tableau II), donc statique, ne répondent pas à l'une des prescriptions applicables aux électrovannes double-corps énoncées dans la norme EN 692 - § 5.4.2.3-e) qui demande un contrôle dynamique (ou cyclique) de l'électrovanne.

(3) Du 1^{er} janvier 1995 au 31 décembre 1996, les fabricants pouvaient, pendant cette période dite « transitoire », appliquer au choix la réglementation européenne ou française en vigueur à cette date.

(4) Voir glossaire en début d'article.

(5) Selon la recommandation n° 7 du 14 décembre 1994 de la Coordination européenne des organismes notifiés (VG3), pour qu'une électrovanne double-corps puisse être considérée comme un composant de sécurité, elle doit être équipée d'un dispositif de contrôle de discordance (interne ou externe).

Deux des électrovannes testées (cf. tableau IV) présentent une pression résiduelle en cas de discordance de l'un des clapets. Cette caractéristique est également très importante dans le choix d'une électrovanne notamment lorsqu'elle doit équiper une presse fonctionnant à basse pression, ou munie d'un dispositif d'embrayage-frein comportant des ressorts de faible raideur. Dans ce cas, une absence de freinage ou un mauvais débrayage pourrait survenir.

Cette pression résiduelle doit donc être indiquée dans la notice d'instructions accompagnant l'électrovanne.

Remarque

Il est actuellement préconisé que, pour les presses en service, cette pression résiduelle ne dépasse pas 6 % de la pression d'alimentation ou que le temps de mise à l'arrêt de la presse soit toujours inférieur au temps d'accès de l'opérateur [1]. Pour les presses neuves, il est préconisé qu'il y ait au moins un rapport de 3,5 à 1 entre la pression due aux ressorts du frein et cette pression résiduelle [5].

Enfin, il est important de rappeler que les silencieux d'échappement ont une influence directe sur le temps de vidange de l'électrovanne, donc sur le temps d'arrêt de la presse.

Pour des applications de sécurité, ces silencieux doivent être à échappement direct et non colmatables [1, 5].

En conséquence, il serait souhaitable que seul ce type de silencieux puisse être raccordé à une électrovanne double-corps (bride de fixation particulière, détrompeur).

En tout état de cause, le choix et l'installation de ces silencieux doivent être effectués selon les instructions du fabricant de l'électrovanne double-corps.

ENCADRE 1

(Extraits de la norme [5])

PRESCRIPTIONS DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX ÉLECTROVANNES DOUBLE-CORPS DANS LA NORME EN 692

§ 5.2.4.8 - Les vannes de commande ne doivent pas être uniquement soutenues par les tuyauteries de liaison, ceci pour éviter les effets néfastes des vibrations à la fois sur les vannes et les tuyauteries.

§ 5.2.4.9 - Les vannes de commande doivent être conçues de manière à assurer au repos un échappement suffisant vers l'atmosphère et de manière à empêcher la mise en pression du vérin d'embrayage.

§ 5.2.4.10 - Les vannes de commande doivent être conçues de manière à empêcher la fermeture simultanée de l'orifice d'entrée et des orifices de sortie.

§ 5.2.4.11 - Les orifices et tuyauteries d'évacuation entre les vérins d'embrayages et les vannes doivent être de capacité suffisante pour que le fluide puisse évacuer rapidement les vérins d'embrayage. Des précautions doivent être prises pour assurer que les sorties des vannes de commande soient de taille suffisante pour empêcher toute pression résiduelle dans le vérin. La vanne doit être choisie de telle manière que le rapport des pressions entre l'embrayage et le frein interdise que la pression résiduelle ne devienne excessive en cas de défaillance de la vanne.

NOTE : Normalement, un rapport d'au moins 3,5 à 1 entre la pression due aux ressorts de frein et la pression résiduelle dans le vérin est satisfaisant.

§ 5.2.4.12 - Les vannes de commande doivent être montées dans des endroits qui sont correctement accessibles et non générateurs de dommages.

§ 5.2.4.13 - Lorsque les vannes sont actionnées à la main ou par des moyens mécaniques (mais pas électriques), la commutation des vannes dans la position correspondant au débrayage en fin de cycle doit être le résultat d'une *action positive* (4).

§ 5.2.5.2 - Si des silencieux sont prévus, ils doivent être installés et fournis suivant les instructions des fabricants de vannes pour usage dans les systèmes de sécurité et leurs effets sur les performances de freinage doivent être pris en compte.

Seuls les silencieux à échappement direct non colmatables sont permis selon les spécifications du fabricant de freins/embrayages.

§ 5.4.2.3 - Quand il y a nécessité d'un système de commande de l'embrayage/frein, il doit respecter les prescriptions suivantes :

a) la presse doit être munie soit d'au moins deux vannes simples ou d'une électrovanne à double corps qui commande directement le fluide pour le fonctionnement de l'embrayage et du frein ou l'équivalent pour d'autres formes d'entraînement ;

b) les bobines de la vanne doivent être reliés au circuit de commande par des conducteurs séparés de façon à ce qu'une défaillance dans le câblage ne puisse activer les deux bobines simultanément ;

c) il est entendu que tout court-circuit entre les raccordements de la vanne de sécurité doit être détecté automatiquement (de bobine à bobine ou de bobine au dispositif d'auto-surveillance) et ne doit pas entraîner un mouvement supplémentaire et inattendu du coulisseau ;

d) lorsque pour assurer la fonction d'auto-surveillance de la vanne, il est fait appel à des capteurs pour détecter l'état de la vanne, ces capteurs doivent faire partie intégrante de ces vannes. Les vannes peuvent posséder un système d'auto-surveillance intrinsèque dans lequel les défaillances de la vanne s'autorévoient ;

e) l'auto-surveillance doit être dynamique et de fréquence au moins égale à une fois par cycle et garantir qu'en cas de défaillance à l'intérieur d'une (des) vanne(s), l'embrayage est débrayé et le frein appliqué ;

f) il ne doit être possible de rétablir le fonctionnement de la presse que par des moyens limités tels qu'outil, clé ou mot de passe électronique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Presses pour le travail à froid des métaux. Amélioration de la sécurité sur les presses en service dans le cadre de leur rénovation. Spécifications techniques à l'usage des préventeurs et des rénovateurs. Paris, INRS, 1995, ED 782, 31 p.
2. MOUGEOT B., IOTTI J.M. - Les électrovannes double-corps dites de sécurité dans leur utilisation sur des presses à embrayage par friction et commande électropneumatique. Détermination de leurs caractéristiques en vue d'un choix. Vandoeuvre, INRS, Rapport interne n°414/RE, fév. 1980, 37 p.
3. Directive 98/37/CE du 22 juin 1998. Rapprochement des législations des états membres relatives aux machines. Journal Officiel des Communautés Européennes, n° L 207 du 23 juillet 1998, 46 p.
4. Note technique DRT du 15 avril 1994 - Prescriptions techniques applicables à la mise en conformité des presses pour le travail à froid des métaux, en application des articles R.233-15 à R.233-30 du Code du travail. Bulletin Officiel - Travail, n° 94/17 du 20 mai 1994, pp. 99-118.
5. EN 692:1996 - Presses mécaniques - sécurité. Bruxelles, CEN, juin 1996, 80 p.
6. NF EN 60204-1 - Sécurité des machines. Equipement électrique des machines. Partie 1 : règles générales. Paris - La Défense, AFNOR, février 1993, 105 p.
7. NF EN 292-2 - Sécurité des machines. Notions fondamentales - Principes généraux de conception. Partie 2 : Principes et spécifications techniques. Paris - La Défense, AFNOR, décembre 1991, 56 p.

ANNEXE

Comparaison des temps de vidange

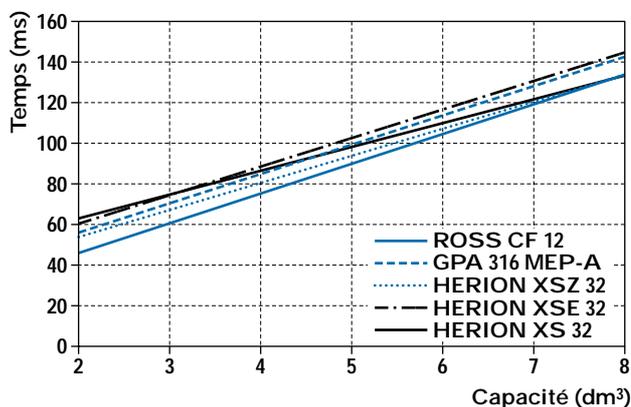


Fig. A-1a. Electrovannes de taille 1'' (25,4 mm)

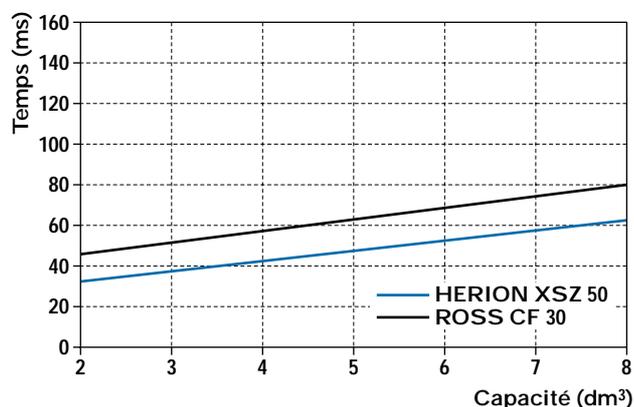


Fig. A-1b. Electrovannes de taille 1'' 1/2 (38,1 mm)

Comparaison des temps de remplissage

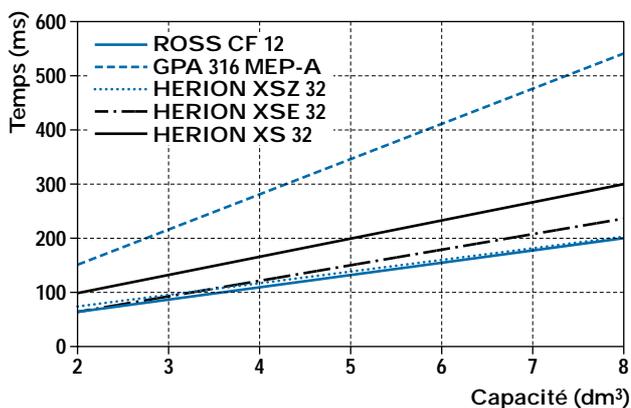


Fig. A-2a. Electrovannes de taille 1'' (25,4 mm)

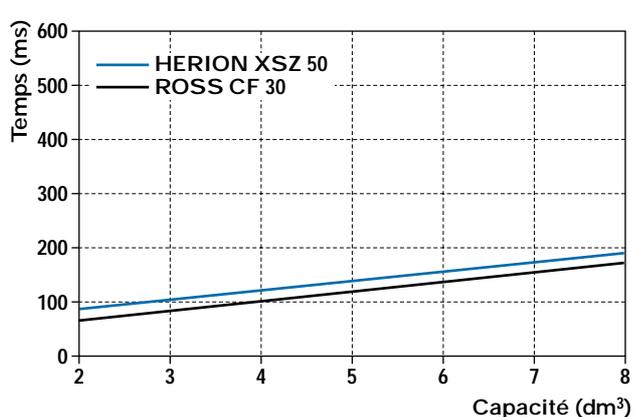


Fig. A-2b. Electrovannes de taille 1'' 1/2 (38,1 mm)