

Guide de dimensionnement

La maîtrise des efforts hydrauliques

BOÎTE À OUTILS

JEAN ROUSSEAU¹

Dernier d'une longue série sur la technologie hydraulique appliquée aux automatismes, cet article présente les différentes techniques permettant de contrôler l'effort développé par l'actionneur. L'auteur complète cette présentation avec une démarche pour aider le technicien à faire les choix les plus judicieux de dimensionnement en phase de conception.

MOTS-CLÉS automatismes, préactionneur, énergie, partie opérative, hydraulique, actionneur

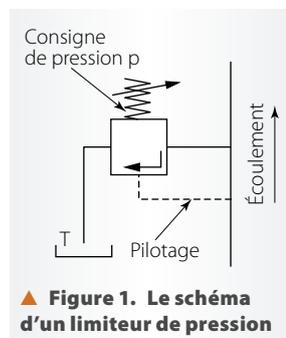
La fonction de la maîtrise des efforts est d'assurer que l'effort développé par l'effecteur d'une chaîne électrohydraulique reste constant pendant la phase d'action. L'effort développé par un actionneur hydraulique dépend essentiellement de la pression régnant dans celui-ci. On maîtrisera donc les efforts en agissant sur la pression. Dans les chaînes électrohydrauliques, deux cas sont à discerner pour définir la solution matérielle à employer :

- Les efforts devront être maintenus sans qu'il y ait déplacement de l'actionneur ; il suffit dans ce cas de maintenir une pression motrice consignée dans l'actionneur. C'est un effet statique. On emploiera alors la **limitation de pression**.
- Les efforts devront être consignés pendant le déplacement de l'actionneur ; celui-ci continuant d'être alimenté par la pompe, la pression doit être maintenue au niveau nécessaire. La pompe devra donc délivrer une pression supérieure permettant l'écoulement. C'est un effet dynamique. On emploiera alors la **réduction de pression**.

Ces cas étant établis, il est possible de définir des degrés d'exigence pour chacun (tableau 1).

La maîtrise des efforts par limiteur

Le limiteur à réglage prédéfini



▲ **Figure 1. Le schéma d'un limiteur de pression**

Le limiteur est monté en dérivation sur l'écoulement ; il est normalement en position fermé (figure 1).

L'effort demandé à l'actionneur appelle une pression qui lui est proportionnelle. La pression correspondant à l'effort souhaité est réglable par action sur le ressort qui maintient le limiteur fermé. La pression est appliquée au clapet de pilotage par le conduit

traversant le clapet principal (« Constitution interne », annexe 1). Quand la pression de consigne est atteinte dans

Tableau 1. Les solutions en fonction des spécifications

Spécifications fonctionnelles		Solutions technologiques
Effet statique	Effort prédéfini constant	Limiteur de pression
	Effort variable piloté	Limiteur à commande proportionnelle
Effet dynamique	Effort prédéfini constant	Réducteur de pression
	Effort variable piloté	Réducteur à commande proportionnelle

l'écoulement, le clapet de pilotage s'ouvre, la pression chute sur la face arrière du clapet principal. Celui-ci n'est plus en équilibre et s'ouvre légèrement, créant une très forte perte de charge entre le circuit et le réservoir. Cela permet d'évacuer le débit de la pompe tout en maintenant la pression dans le circuit.

Tout le débit de la pompe traverse le limiteur ; il faut régler la pression de consigne pour ce débit (« Courbes caractéristiques », annexe 1).

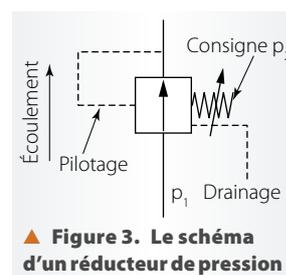
Cet appareil est utilisé en organe de sécurité obligatoire en sortie de pompe par limitation de pression dans tout le circuit. Il peut être aussi utilisé localement si l'on veut maîtriser l'effort d'un actionneur particulier ou même l'effort dans un sens d'un actionneur. L'appareil se place sur les voies de commande de l'actionneur, avant le distributeur si l'on veut agir sur les deux sens, après le distributeur pour n'agir que sur la voie correspondant au sens de la limitation (voir les positions possibles en annexe 1).

Le limiteur pilotable

Il existe des appareils de fonctionnement hydraulique similaire dont la consigne n'est plus assurée par un système manuel, mais par un système pilotable. Ce sont alors des limiteurs de pression à commande proportionnelle. Un appareil de ce type est présenté en figure 2 page suivante.

La maîtrise des efforts par réducteur

Le réducteur à réglage prédéfini



▲ **Figure 3. Le schéma d'un réducteur de pression**

Le réducteur est monté en ligne sur l'écoulement ; il est normalement en position ouverte (figure 3).

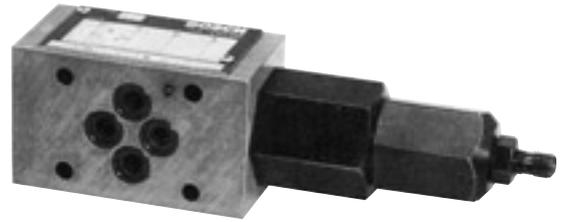
L'effort que doit fournir l'actionneur appelle une pression qui lui est proportionnelle. La pression dans l'actionneur correspondant à l'effort souhaité est réglable par action sur le ressort, qui la maintient à la valeur de consigne.

Cette pression doit être inférieure à celle fournie par la pompe, car dans ce cas l'écoulement doit être maintenu.

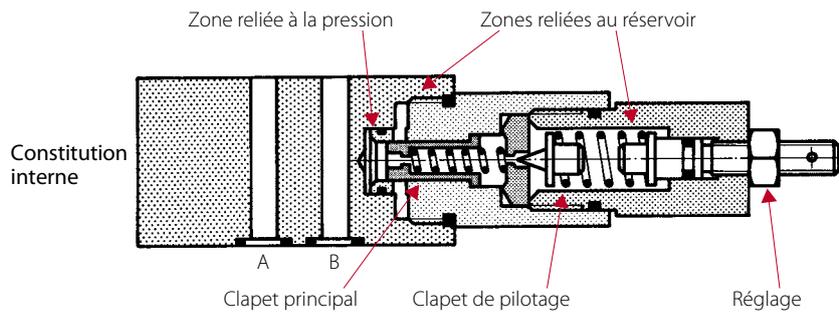
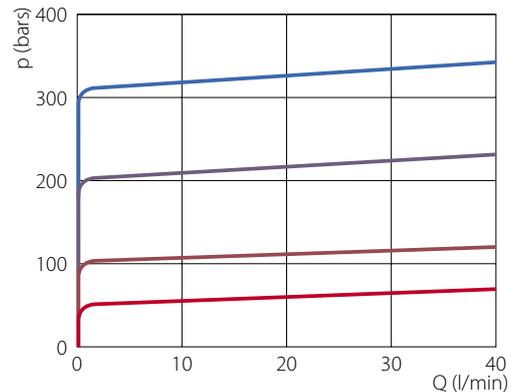
1. Professeur de construction mécanique en STS MAI au lycée Gustave-Eiffel de Cachan.

Limiteur de pression NG 6

Symbole	p (bars)	Réglage
	10 ... 70 50 ... 140 100 ... 250	
	3,5... 70 50 ... 140	
	100 ... 250 3,5... 70	
	3,5... 140	



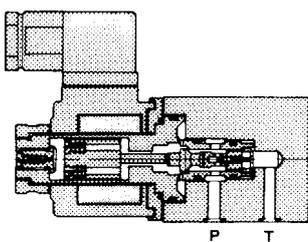
Courbes caractéristiques
 $\nu = 22 \text{ mm}^2/\text{s}$



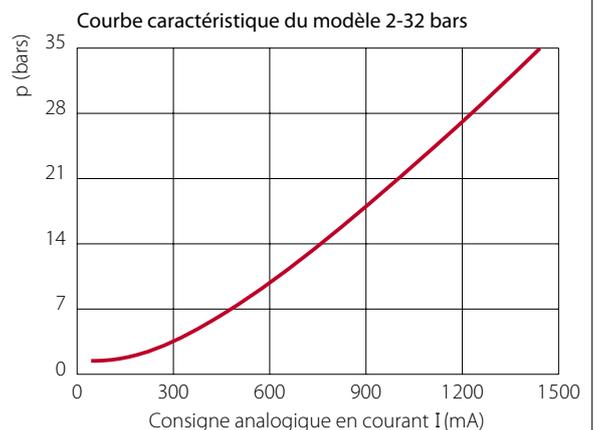
La pression d'utilisation est appliquée au tiroir de commande par le conduit de pilotage. Quand la pression de consigne est atteinte, le tiroir de commande n'est plus en équilibre et se déplace vers la droite, fermant la restriction dans l'écoulement. Cela provoque la perte de charge nécessaire entre l'alimentation à la pression de la pompe et l'utilisation à la pression de consigne (« Constitution interne », annexe 2).

Cet appareil est utilisé en organe général de commande d'un actionneur par réduction de pression dans tout le circuit s'il est situé avant le distributeur. Il faudra alors en amont un limiteur

de pression de sécurité permettant d'obtenir la pression d'alimentation et l'évacuation du surplus de débit; on utilise dans ce cas un réducteur à deux voies (alimentation, utilisation). Il peut être aussi utilisé localement si l'on veut maîtriser l'effort d'un actionneur particulier ou même l'effort dans un sens d'un actionneur. L'appareil se place sur les voies de commande de l'actionneur et évacue lui-même le surplus de débit; on utilise dans ce cas un réducteur à trois voies (alimentation, utilisation, réservoir). Les positions d'implantation possibles figurent sur la documentation constructeur, en annexe 2.



Symbole	Débit recommandé l/min		Plage de régulation (bars)
	mini	maxi	
	1	4	2 → 32 5 → 350



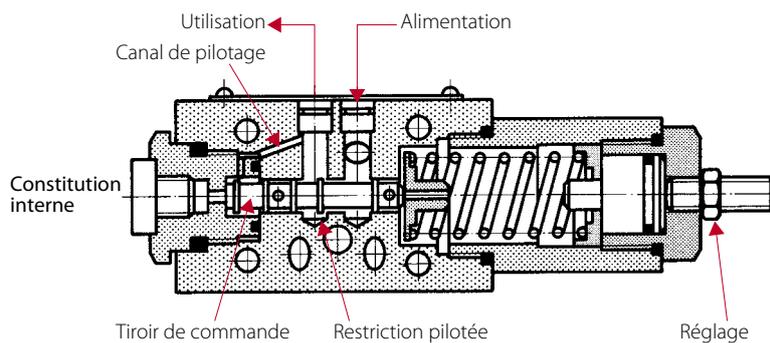
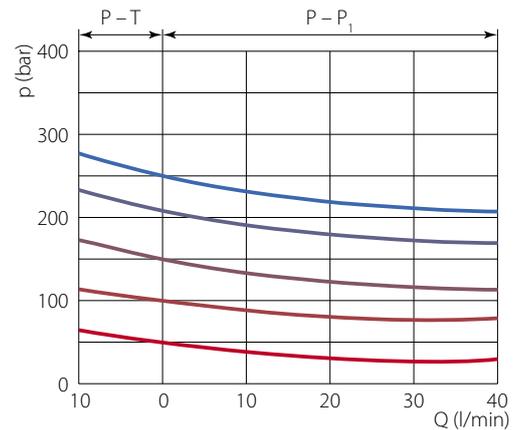
▲ Figure 2. Un exemple de limiteur à commande proportionnelle (Atos)

Réducteur de pression NG 6

Symbole	p (bars)	Réglage
	3,5... 30 50 ...140 20 ... 70 100 ...250	
	3,5... 30 50 ...140 20 ... 70	
	3,5... 70	
	3,5...100	



Courbes caractéristiques
 $\nu = 35 \text{ mm}^2/\text{s}$



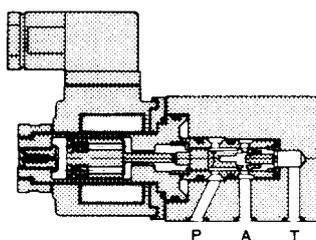
Le réducteur pilotable

Il existe des appareils similaires dont la consigne n'est plus réglée manuellement mais pilotée électriquement.

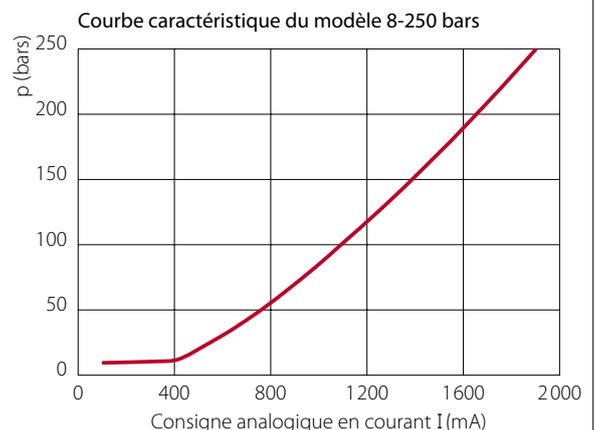
Le réglage de la pression de sortie (indépendante de la pression d'entrée) est obtenu par commande électrique proportionnelle en courant d'un solénoïde. Ce sont alors des réducteurs de pression à commande proportionnelle (figure 4).

La méthodologie de choix et le dimensionnement

Pour faciliter le choix de la solution appropriée, on utilisera la fiche-outil «La maîtrise des efforts» qui permet, en fonction des besoins fonctionnels, de cibler le composant à employer et de définir son implantation. Il est possible de s'aider des fiches constructeur pour bien choisir la position de l'appareil dans le circuit.



Symbole	Débit recommandé l/min		Plage de régulation (bars)
	mini	maxi	
	1	12	3 → 32 8 → 250



▲ Figure 4. Un exemple de réducteur à commande proportionnelle (Atos)

Fiche-outil « La maîtrise des efforts »

(d'après Bourgogne-Hydro)

C

	Effort statique (limiteur de pression) Les actionneurs exercent des efforts statiques contrôlés Il n'y a pas de mouvement	Effort dynamique (réducteur de pression) Les actionneurs exercent des efforts dynamiques contrôlés Il peut y avoir des mouvements
Maîtrise générale pour les deux sens de déplacement de l'actionneur	Limiteur de pression de sécurité Limite la pression, donc les efforts dans tout le circuit S'ouvre quand la pression de consigne p est atteinte	Réducteur de pression Réduit la pression à la pression de consigne p_2 dans tout le circuit aval. Un débit Q peut traverser l'appareil, le surplus de débit reste disponible en amont de l'appareil
Maîtrise locale pour un sens de déplacement de l'actionneur	Limiteur local Limite la pression dans la voie A à la pression de consigne p_2 , donc l'effort sur un sens de l'actionneur (sens A)	Réducteur local La réduction de pression est assurée ici sur la voie A (B à l'échappement). En alimentant la voie B, la pression bloque l'appareil en position ouverte, la pression n'est pas réduite
Maîtrise proportionnelle	Limiteur proportionnel Cet appareil permet de faire varier la pression de consigne; l'effort statique de l'actionneur est piloté. Le montage peut être général ou local	Réducteur proportionnel Mêmes usages que précédemment, mais la consigne de pression est pilotée. La pression amont est maîtrisée par le limiteur de pression. Les surplus de débit peuvent être gérés par l'appareil

Il faudra ensuite dimensionner le composant pour qu'il soit capable :

- de passer les débits imposés ;
- de supporter les pressions demandées pour les efforts souhaités (ne pas oublier de vérifier la pression à l'échappement, généralement faible pour les chaînes électrohydrauliques courantes).

Un exemple

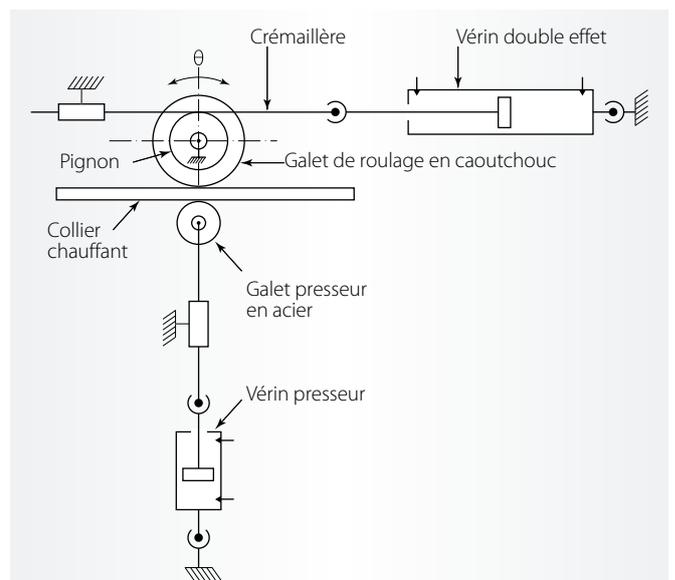
Nous allons reprendre l'étude du poste de roulage d'une machine à réaliser les colliers chauffants. Cet exemple a servi de support au calcul des vérins hydrauliques, paru dans le numéro 113 de *Technologie*, et à l'étude de la maîtrise des vitesses, dans le numéro 128. La constitution du système est rappelée en figure 5.

La déformation doit se faire progressivement, et nécessite un nombre important de passes avec un effort presseur F_p croissant à chaque aller-retour. Il est possible de donner une image du fonctionnement par le graphique de la figure 6 : la position angulaire du galet de roulage est repérée par θ ; en correspondance est donnée l'image de l'effort presseur. L'effort maximal souhaité atteint 5 000 daN.

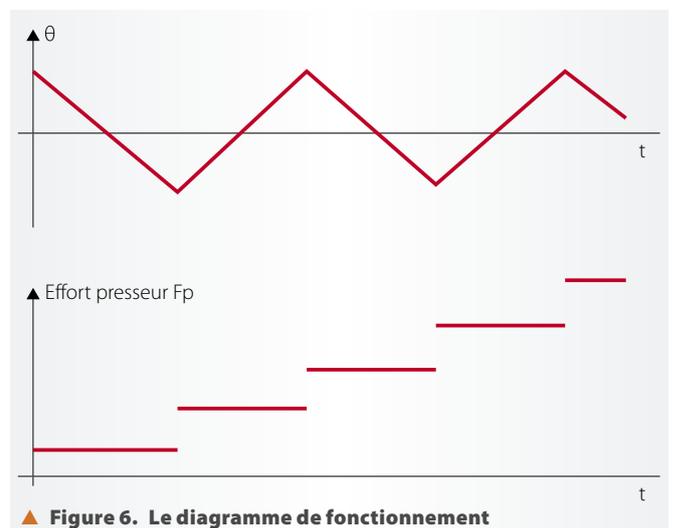
Nous voyons qu'à chaque inversion du sens de rotation l'effort presseur augmente. Cet effort est statique, le galet est en appui. Il faut donc utiliser la limitation de pression (colonne C de la fiche-outil). Il faut que cet effort soit programmable en fonction du déroulement du cycle de roulage.

Il dépendra aussi du modèle de collier à fabriquer. Il faut utiliser pour remplir ces conditions un limiteur pilotable à commande proportionnelle (ligne L de la fiche-outil).

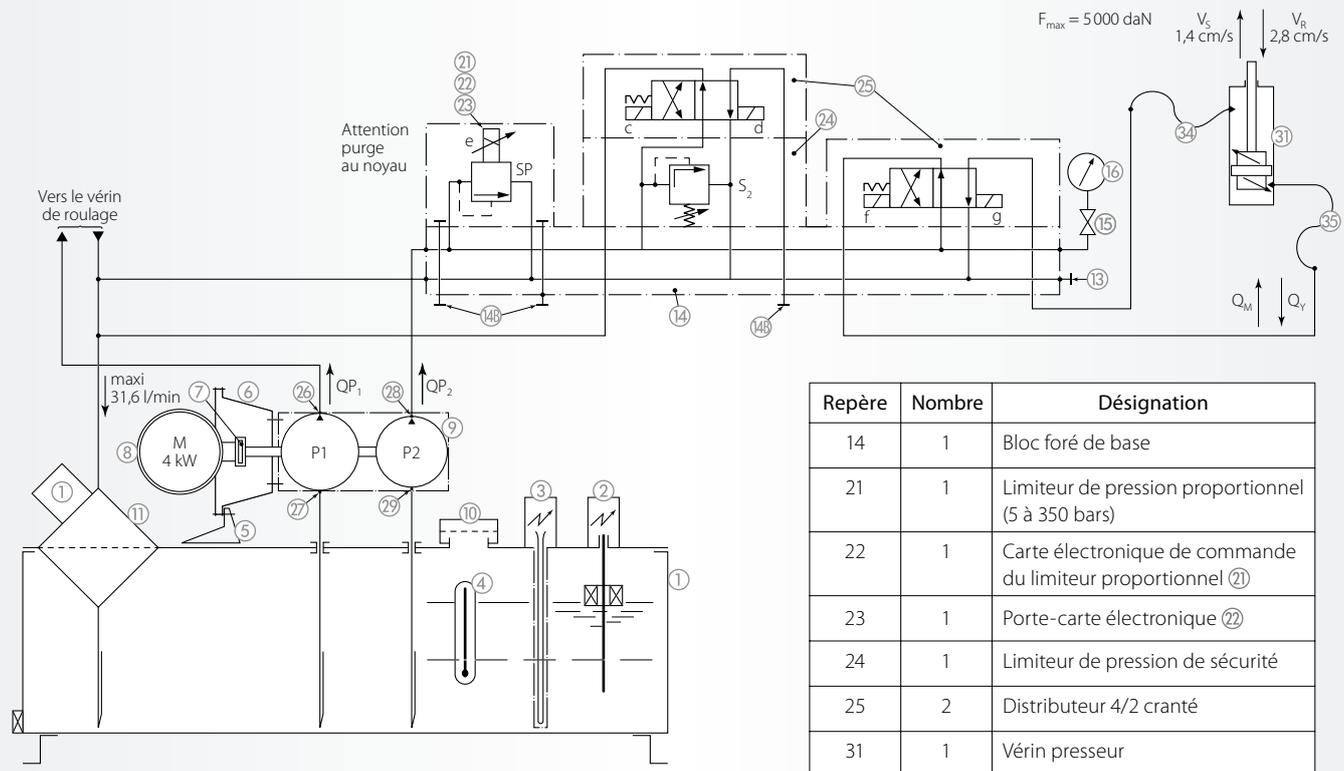
Le circuit d'alimentation est donné par le schéma de la figure 7. On peut voir la présence du limiteur à commande proportionnelle, repéré (21) avec sa carte électronique repère (22) (non représentée). Le concepteur a conservé un limiteur à consigne fixe de sécurité (24). Il a séparé les fonctions « conjonction » et « commande du vérin » en utilisant deux distributeurs indexables (25), ce qui évite d'avoir à maintenir l'alimentation des bobines sur de longues périodes.



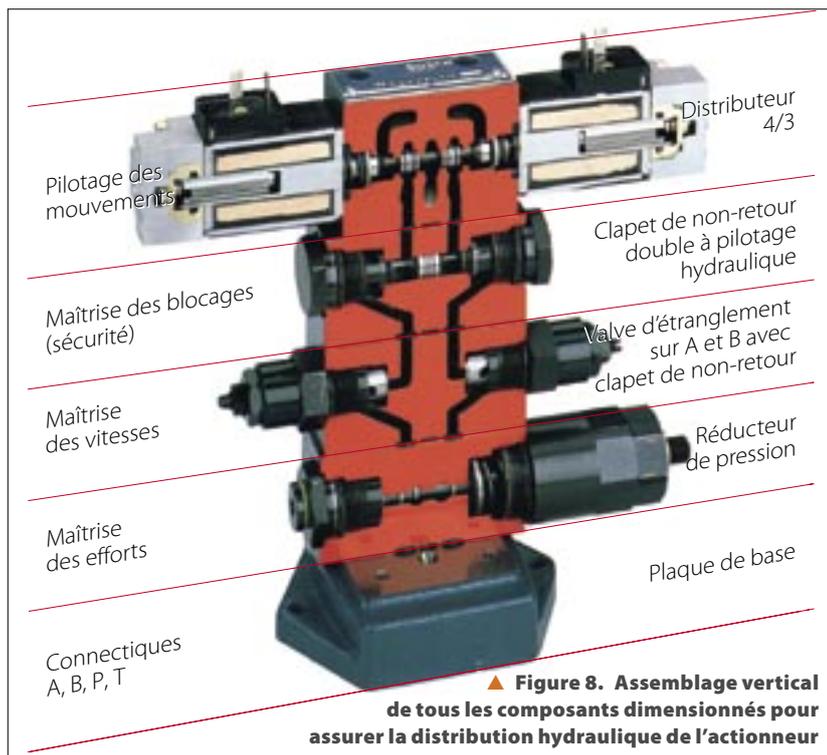
▲ Figure 5. Le schéma cinématique du système de roulage



▲ Figure 6. Le diagramme de fonctionnement



▲ Figure 7. Le schéma du circuit d'alimentation du vérin presseur



Conclusion

La fiche-outil regroupe les cas classiques de fonctionnement en automatisation. Le point clé est de définir s'il s'agit d'un fonctionnement statique ou dynamique : cela permet de choisir la famille d'appareils – limiteurs ou réducteurs. La détermination exacte de la phase de fonctionnement où l'on doit maîtriser les efforts permet de définir la position de l'appareil dans le circuit.

L'aboutissement final des choix et dimensionnements des divers composants assurant les grandes fonctions de contrôle des mouvements, vitesses et efforts, débouche sur une réalisation très semblable à celle donnée en figure 8.

Après avoir étudié la production de l'énergie hydraulique et les actionneurs qui l'utilisent, cette série d'articles a conclu sur la distribution pour répondre aux conditions opérationnelles et fonctionnelles du cahier des charges en termes de mouvement, sécurité, vitesse et effort. ■

Bibliographie

Articles de Jean Rousseau dans *Technologie* :

- « Guide de dimensionnement – La production d'énergie hydraulique », n° 109, septembre-octobre 2000
- « Guide de dimensionnement – Les vérins hydrauliques », n° 113, avril 2001
- « Guide de dimensionnement – Les vireurs hydrauliques », n° 114, mai-juin 2001
- « Guide de dimensionnement – Les moteurs hydrauliques », n° 115, septembre-octobre 2001
- « Guide de dimensionnement – Les préactionneurs hydrauliques », n° 127, septembre-octobre 2003

« Guide de dimensionnement – La maîtrise des vitesses hydrauliques », n° 128, novembre-décembre 2003

Articles de Jean Rousseau et de Philippe Taillard dans *Technologie* :

- « La place de l'hydraulique dans l'automatisme », n° 98, novembre-décembre 1998
- « L'hydraulique petit à petit », n° 99, janvier-février 1999
- « Maîtrise des vitesses, efforts et blocage en hydraulique », n° 100, mars 1999
- « Construction d'un circuit hydraulique, un jeu d'enfant ! », n° 102, mai-juin 1999