

# Guide de dimensionnement

## La maîtrise des vitesses hydrauliques

BOÎTE À OUTILS

JEAN ROUSSEAU<sup>1</sup>

La Boîte à outils du précédent numéro de Technologie traitait du choix d'un distributeur pour l'actionneur hydraulique. Nous continuons ici avec un guide pratique de détermination (choix et dimensionnement) des composants auxiliaires pour la maîtrise des vitesses de cet actionneur.

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

La fonction de la maîtrise des vitesses est d'assurer un temps d'action du récepteur d'une chaîne électrohydraulique et la régularité du déplacement. La vitesse de l'actionneur dépend directement du débit l'atteignant. Pour satisfaire cette condition, il faudrait trouver une pompe donnant exactement le débit souhaité dans les conditions de fonctionnement; ceci constituerait un hasard miraculeux avec les pompes standard. La solution consiste alors à choisir une pompe ayant un débit légèrement supérieur au besoin et à détourner le surplus de flux vers le réservoir avant qu'il n'atteigne le récepteur.

À partir de ce principe de base, il existe une offre de quatre solutions de performances progressives qui répondent à des spécifications graduées du point de vue de leurs exigences (tableau 1).

### La maîtrise des vitesses par étrangleur

#### Le principe

Le principe de la maîtrise des vitesses a déjà été développé dans le numéro 100 de Technologie. Sur la figure 1 est rappelé le principe du réglage de vitesse par étrangleur ou limiteur de débit.

Le vérin 4 doit élever la charge F à la vitesse V. Cet actionneur demande donc la pression p nécessaire telle que

$$p = F/S_{\text{eff}} \cdot \eta_{\text{HM}}$$

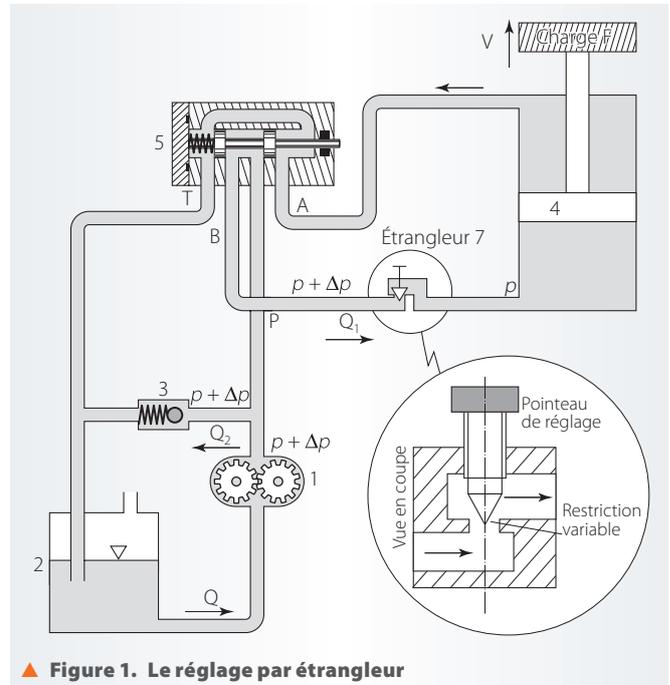
et le débit Q<sub>1</sub> tel que

$$Q_1 = V \cdot S_{\text{eff}}$$

Tableau 1. Quatre solutions aux performances croissantes

Spécifications	Solutions technologiques
Réglage prédéfini perturbable par des variations de charges extérieures	Étrangleur
Réglage prédéfini constant quelles que soient les charges extérieures	Régulateur
Réglage prédéfini avec sélection d'une vitesse parmi deux (cas fréquent en automatisation)	Bloc régulateur avec by-pass
Pilotage de variation de vitesse indépendamment de la charge	Régulateur à commande proportionnelle

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



▲ Figure 1. Le réglage par étrangleur

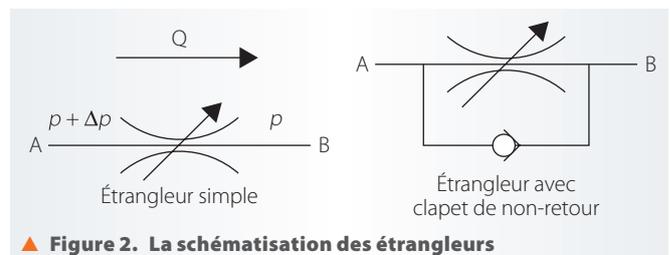
Le limiteur de pression de sécurité 3 est réglé à la pression de début d'ouverture p<sub>1</sub> supérieure à la pression p demandée. La pompe délivre le débit Q supérieur au débit Q<sub>1</sub> nécessaire. Il faut donc dériver par le limiteur 3 un débit Q<sub>2</sub> tel que

$$Q_2 = Q - Q_1.$$

Pour obtenir ce résultat il suffit d'appliquer en entrée de limiteur une pression p<sub>2</sub> telle que

$$p_2 = p + \Delta p.$$

afin d'obtenir son ouverture partielle. Cet accroissement de pression Δp est obtenu par l'étrangleur 7 traversé par le débit Q<sub>1</sub> devant atteindre le vérin pour répondre à la consigne de vitesse. La schématisation de ces éléments est rappelée en figure 2.



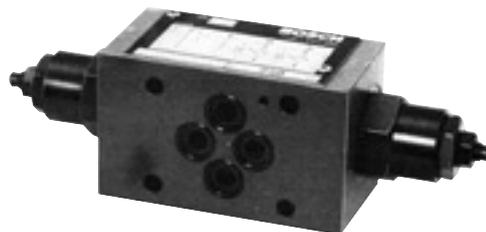
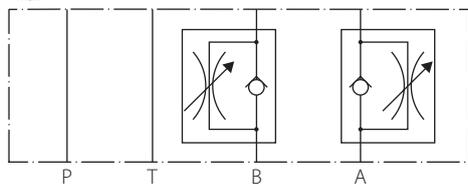
▲ Figure 2. La schématisation des étrangleurs

Nous constatons ce qui suit :

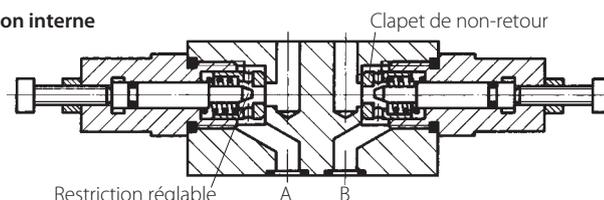
- La maîtrise des vitesses se fait par association de deux appareils : le limiteur de pression et l'étrangleur. Si l'effort F varie, la pression p demandée varie. Le système prendra une autre position d'équilibre, avec des valeurs différentes de Δp, Q<sub>1</sub> et donc de la vitesse V.

## Limiteur de débit avec clapet de non-retour, taille NG 6, plaque modulaire

$P_{max} = 250 \text{ bars}$

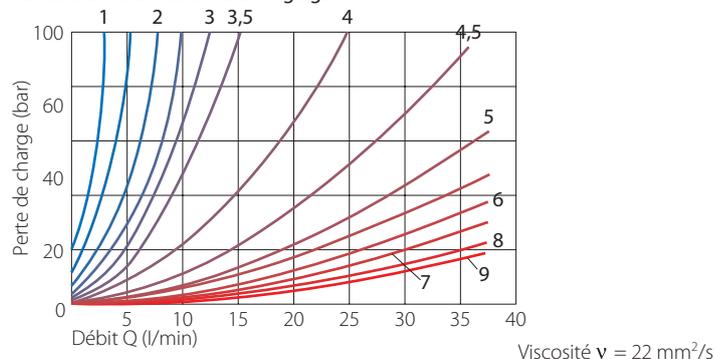


Constitution interne

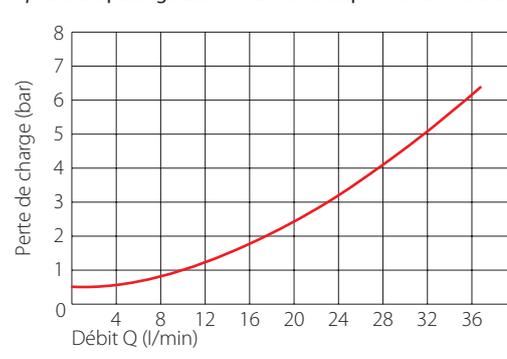


### Diagrammes de fonctionnement

Nombre de tours de la vis de réglage



$\Delta p$  lors du passage libre à travers le clapet de non-retour



- La maîtrise des vitesses n'est possible que s'il y a appel de pression. Pour cela, l'étrangleur doit être placé correctement, c'est-à-dire :
  - indifféremment sur l'admission ou l'échappement si la charge est réceptrice ;
  - obligatoirement sur l'échappement si la charge peut être motrice.

- La puissance hydraulique perdue

$$P_H = (p + \Delta p) \cdot Q_2$$

peut être importante, on fera en sorte que le débit de la pompe soit juste supérieur au besoin.

### Le dimensionnement

Le choix de la taille ou du calibre de l'appareil sera fonction du débit qui le traversera et des pressions qui lui sont appliquées en entrée ( $p + \Delta p$ ). Il faudra vérifier que les débits de retour (par le clapet de non-retour) ne génèrent pas de pertes de charges importantes (voir le document constructeur en annexe 1). Attention, les vérins à l'échappement côté fond produisent des débits pouvant atteindre deux fois celui de la pompe. Toutefois, si l'on utilise des éléments empilables, le choix de l'appareil sera imposé par le calibre du distributeur sélectionné.

### Conclusions

La maîtrise des vitesses par étrangleur est un procédé simple et économique. Le réglage obtenu est non constant si la charge est variable.

L'emploi de réducteur de débit est donc limité aux cas où les contraintes sur la régularité des déplacements sont relativement faibles. Les différents cas d'utilisation de ce procédé sont rappelés dans la fiche-outil «La maîtrise des vitesses» (page 18).

### La maîtrise des vitesses par régulateur de débit

#### Le principe

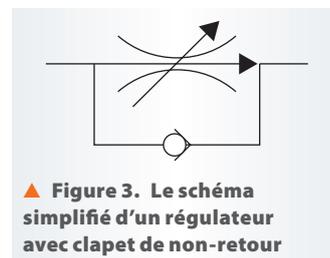
Avec un limiteur de débit, toute variation de l'effort résistant appliqué à l'effecteur induira une variation de la vitesse de l'actionneur.

Pour que la vitesse soit stable, il faut que le débit soit constant ! Il suffit que la perte de charge dans l'étrangleur reste constante quelle que soit la charge appliquée à l'actionneur. C'est le rôle du régulateur de débit, constitué de deux éléments successifs :

- un équilibreur de pression, qui fait que, quelle que soit la pression amont, le  $\Delta p$  dans l'étrangleur reste constant ;
- un étrangleur réglable.

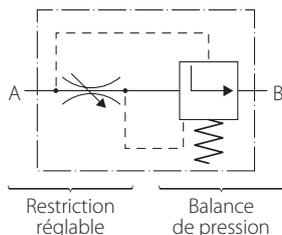
La perte de charge dans la restriction étant maintenue constante, à réglage donné le débit le traversant reste constant.

Le schéma simplifié d'un régulateur est donné en figure 3 ; le schéma de principe complet et les éléments

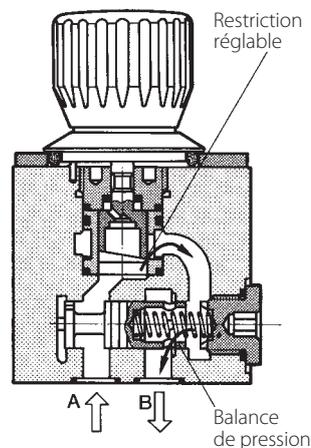


▲ Figure 3. Le schéma simplifié d'un régulateur avec clapet de non-retour

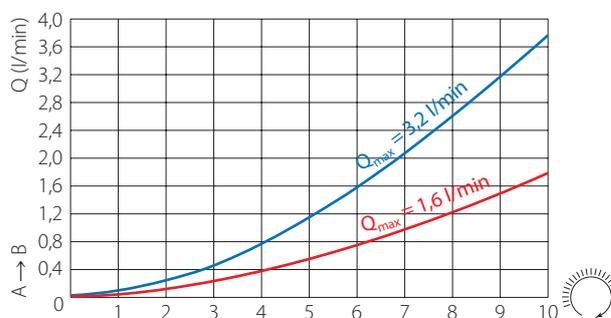
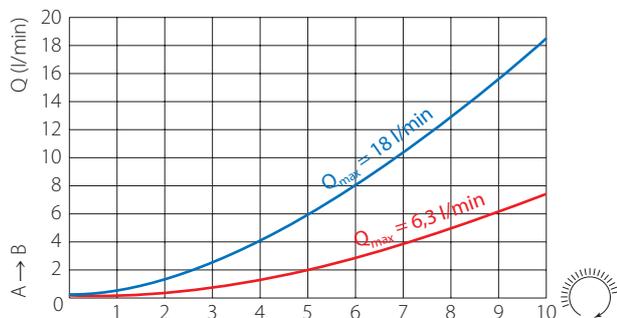
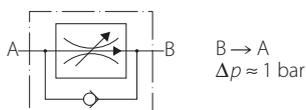
## Régulateur ou valve de réglage de débit NG 6



$Q_{max}$ (l/min)				
1,6		•	•	•
3,2	•	•	•	•
6,3	•	•	•	•
18	•	•	•	•



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



internes, dans la fiche constructeur en annexe 2. Ces appareils peuvent être munis ou non d'un clapet de non-retour suivant les besoins.

Nous constatons ce qui suit :

- La maîtrise des vitesses se fait ici encore par association de deux appareils : Le limiteur de pression et le régulateur de débit.
- Si l'effort  $F$  varie, la pression  $p$  demandée varie, le système compense automatiquement ces variations et la vitesse  $V$  reste constante. Cependant, la perte de charges reste au moins égale à celle apportée par la balance de pression (environ 10 bars) même s'il n'y a pas réduction du débit.

### Le dimensionnement

Le choix de la taille ou du calibre de l'appareil se fera toujours en fonction du débit qui le traversera et des pressions qui lui sont appliquées (voir le document constructeur en annexe 2).

### Conclusions

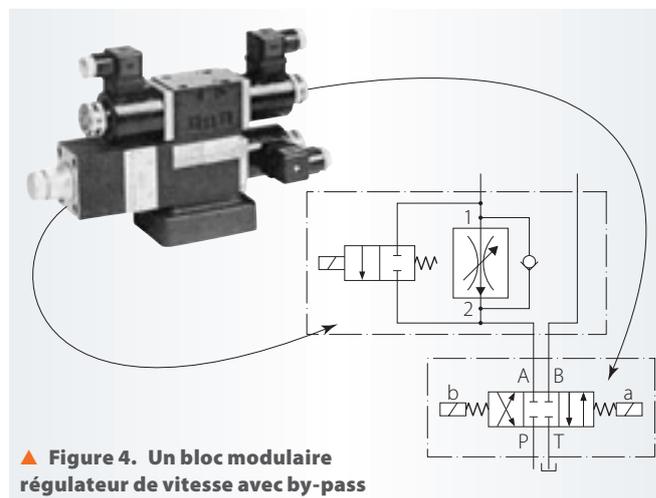
La maîtrise des vitesses par régulateur de débit est un procédé plus onéreux que celui par étrangleur. Le réglage est stable même si la charge est variable.

Cet appareil sera installé systématiquement sur l'échappement.

L'emploi de régulateurs de débit est obligatoire pour les cas où les contraintes sur la régularité des déplacements sont fortes. Les différents cas d'utilisation de ce procédé sont rappelés dans la fiche-outil « La maîtrise des vitesses ».

### La maîtrise des vitesses par bloc régulateur avec by-pass

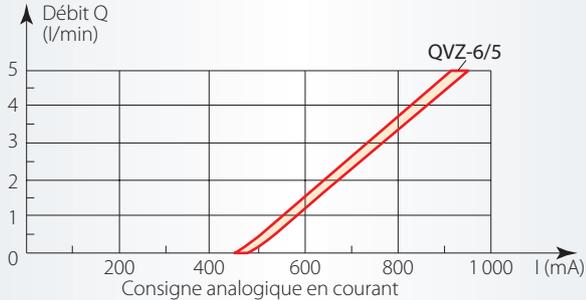
Dans les éléments modulaires de distribution, il existe un composant qui permet sur une voie d'effectuer une restriction (étrangleur ou régulateur) ou de laisser plein passage. Cet appareil autorise donc deux vitesses de l'actionneur dans le même sens. Le cas courant d'utilisation est le cas des approches rapides suivies d'une avance travail. La figure 4 présente en exemple le bloc modulaire de réglage de vitesse du constructeur Atos.



▲ Figure 4. Un bloc modulaire régulateur de vitesse avec by-pass



Type	Symbole	Débit max régulé (l/min)
QVZ-6/2,5		2,5
QVZ-6/5		5
QVZ-6/12		12



▲ Figure 5. Un régulateur proportionnel de contrôle de débit

### La maîtrise des vitesses par régulateur à commande proportionnelle

Cet appareil est simplement le développement des systèmes précédents. Les commandes manuelles sont remplacées par des commandes par solénoïdes à pilotage proportionnel. La figure 5 présente en exemple le régulateur proportionnel de contrôle de débit du constructeur Atos.

### Fiche-outil « La maîtrise des vitesses »

(d'après Bourgogne-Hydro)

		C1				
		Charges constantes sur l'actionneur		Charges pouvant être variables sur l'actionneur		
		1 vitesse par sens	1 vitesse par sens	2 vitesses par sens	vitesse variable	
L1	Moteur 1 sens		Limiteur de débit sur l'échappement	Régulateur de débit sur l'échappement	Bloc 2 vitesses sur l'échappement	Régulateur proportionnel sur l'échappement
	Vérin simple effet et charge réceptrice		Limiteur de débit avec clapet dans le sens de l'écoulement	Régulateur de débit avec clapet dans le sens de l'écoulement	Bloc 2 vitesses dans le sens de l'écoulement	Régulateur proportionnel avec clapet dans le sens de l'écoulement
L2	Vérin ou vireur double effet et charge quelconque		Limiteur de débit avec clapet sur l'échappement du sens réglé	Régulateur de débit avec clapet sur l'échappement du sens réglé	Blocs 2 vitesses sur l'échappement du sens réglé	Régulateur proportionnel 1 sens Distributeur proportionnel 2 sens
	Moteur 2 sens		Limiteur de débit avec clapet sur l'échappement du sens réglé	Régulateur de débit avec clapet sur l'échappement du sens réglé	Bloc 2 vitesses sur l'échappement du sens réglé	Régulateur proportionnel 1 sens Distributeur proportionnel 2 sens

### La méthodologie de choix et de dimensionnement

Pour faciliter le choix de la solution appropriée, nous utilisons la fiche-outil « La maîtrise des vitesses » qui permet, en fonction du type et de la situation de l'actionneur, du besoin fonctionnel et de l'environnement, de cibler le composant et son implantation.

Ensuite, il faudra dimensionner le composant pour qu'il soit capable :

- de passer les débits imposés sans apporter de pertes de charges importantes au retour ;
- de supporter des pressions qui peuvent être élevées dans le cas des vérins verticaux chargés (deux fois la pression motrice).

### Un exemple

Nous allons nous intéresser au poste de roulage d'une machine à réaliser les colliers chauffants (figure 6). Cet exemple a servi de support au calcul des vérins hydrauliques paru dans le numéro 113 de *Technologie*.

Cahier des charges :

- Effort : 670 daN max ; identique dans les deux sens ; toujours dirigé vers l'actionneur ; dépend de la série traitée.
- Vitesse : 0,35 m/s max dans les deux sens ; à réglage donné, doit être identique dans les deux sens ; dépend de la série traitée.

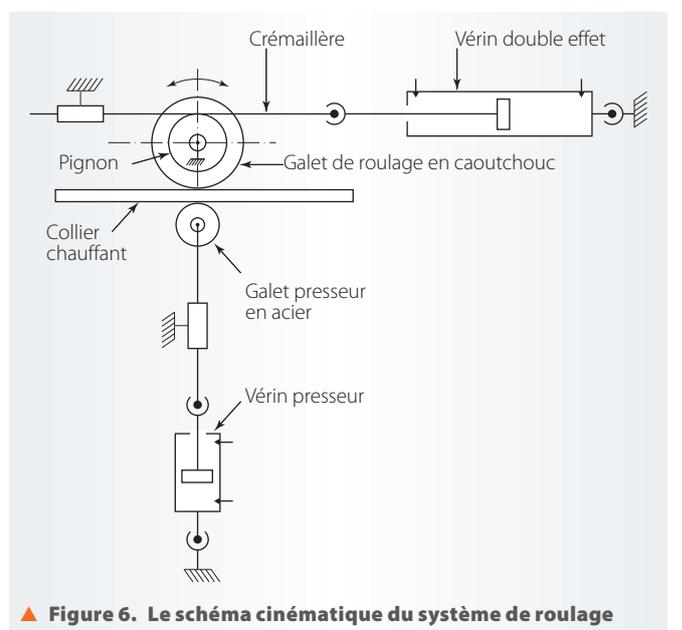
Il avait été défini alors un vérin différentiel pour sa capacité à appliquer des efforts et des vitesses identiques dans les deux sens.

## Le choix du système de réglage de vitesse

Les charges étant constantes sur l'actionneur, nous pouvons utiliser des réducteurs de débits (colonne C1 de la fiche-outil).

Logiquement, le vérin étant double effet, il faudrait implanter deux appareils sur les échappements du vérin (ligne L1 de la fiche-outil). Cette solution classique fonctionne, mais il faut régler indépendamment les réducteurs, et l'équilibrage des vitesses sera délicat. Nous sommes dans le cas particulier d'un vérin différentiel, utilisé pour sa capacité à fonctionner de manière identique dans les deux sens à partir d'une pompe. La charge étant toujours réceptrice, il est possible dans ce cas de régler le débit sur l'admission. Le fonctionnement est analogue, pour chaque sens, à celui d'un vérin simple effet vertical chargé (ligne L2 de la fiche-outil). Il faut implanter un réducteur de débit (19 sur la figure 7) entre la pompe et le distributeur de façon qu'avec un seul réglage l'ajustement de la vitesse se fasse dans les deux sens.

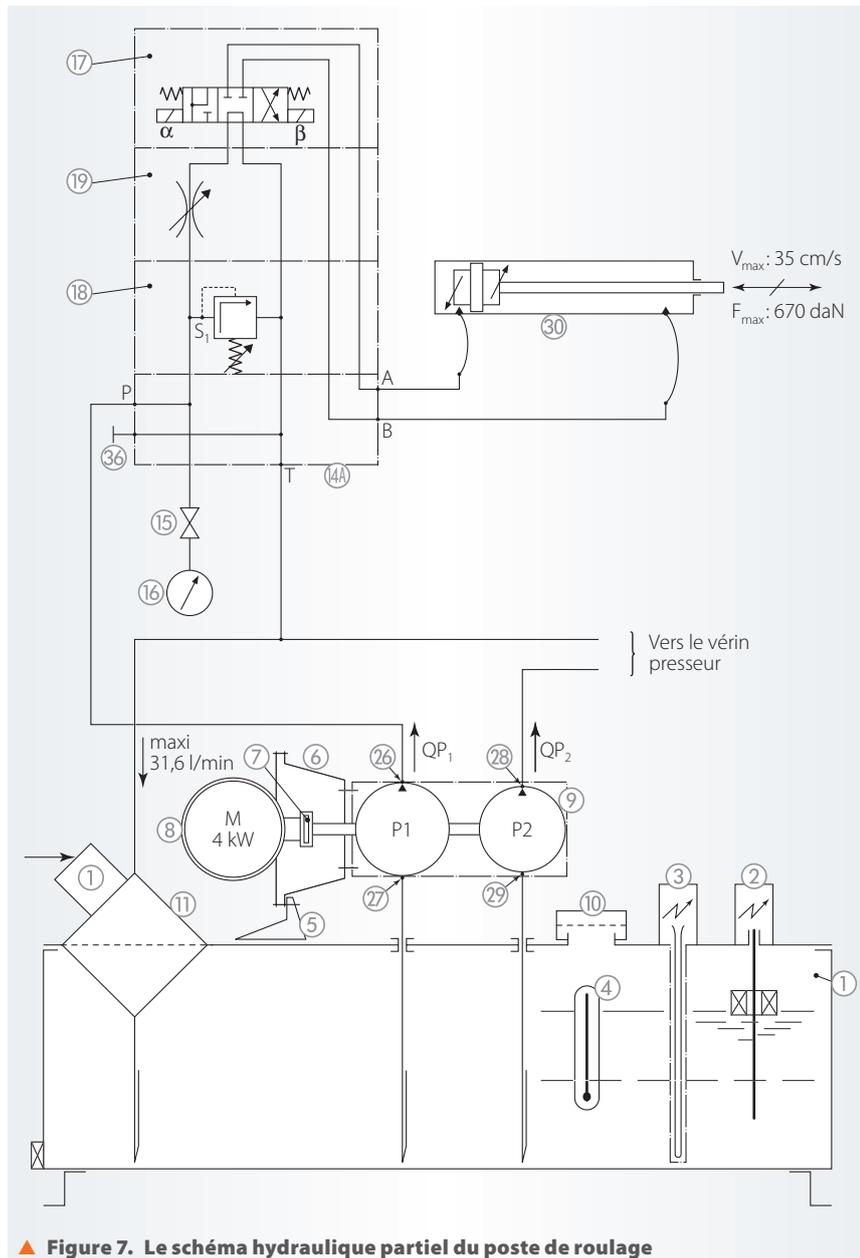
Le schéma du circuit hydraulique est donné en figure 7. Nous pouvons remarquer l'utilisation d'un distributeur spécifique associé au vérin différentiel et d'un groupe à deux pompes : les deux vérins du système fonctionnant simultanément, il faut deux sources d'énergie indépendantes.



▲ Figure 6. Le schéma cinématique du système de roulement

## Conclusion

La fiche-outil regroupe les cas classiques de fonctionnement en automatisation. La maîtrise des vitesses n'est bien souvent qu'un ajustement des conditions définies par le débit de la pompe. L'introduction des données – actionneur, besoin fonctionnel et charges extérieures – dans la fiche-outil permet de définir une solution fonctionnant à coup sûr. Cependant, la technologie n'est pas une science exacte et fait souvent appel à des compromis, un peu de réflexion et de bon sens permettant parfois de trouver des solutions plus simples et plus économiques. ■



▲ Figure 7. Le schéma hydraulique partiel du poste de roulement

## BIBLIOGRAPHIE

### 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

### Articles de Jean Rousseau dans *Technologie* :

« 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