

## Introduction

Toute action sur le débit hors de la pompe d'un circuit ne peut être qu'une **réduction de ce débit**. La pompe est le seul organe permettant de l'augmenter. La maîtrise du débit en un point du circuit hydraulique conditionne la **maîtrise de la vitesse** de l'actionneur à partir de ce point.

Pour un circuit élémentaire, le débit peut être obtenu directement à la valeur souhaitée par le pilotage d'une pompe à cylindrée variable (ou à cylindrée fixe avec une variation de vitesse sur l'entraînement). Mais dans la plupart des cas, il faut être capable de **réguler le débit** pour un récepteur et à un instant donné avec **indépendance** par rapport aux autres actionneurs.

Les organes permettant cette maîtrise du débit dans le circuit sont :

- les **clapets anti-retour** qui permettent la circulation du fluide dans un sens (débit nul dans le 2<sup>ème</sup> sens),
- les **réducteurs-régulateurs** de débit qui permettent de réduire et maintenir constant le débit.

### 1. Clapets anti-retour

Un clapet anti-retour permet la circulation du fluide dans un seul sens (Fig. 1) :

- le **fluide peut s'écouler de A vers B**
- l'écoulement est interdit de B vers A

On peut les monter de 2 façons différentes :

- montage en **série** :
  - maintien d'un circuit sous pression à l'arrêt
  - Protection d'un organe contre d'éventuelles surpressions
  - évite la vidange d'un circuit lors du démontage d'un appareil
- Montage en **parallèle** :
  - le fluide à traverser l'appareil dans le sens A vers B
  - le fluide contourne l'appareil en passant dans le clapet de A vers B

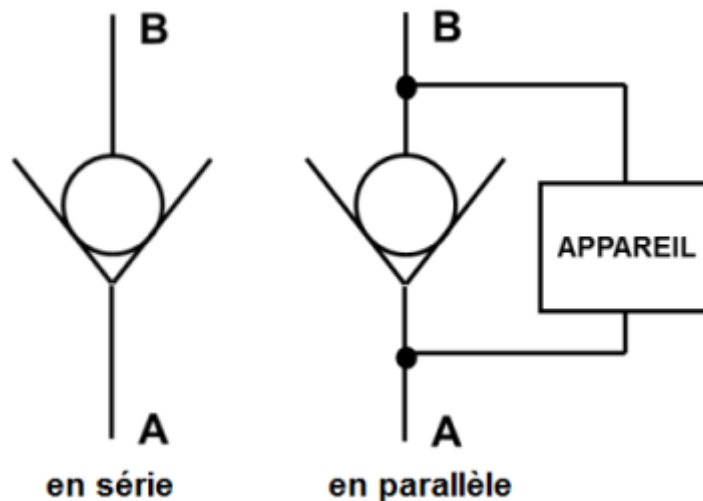
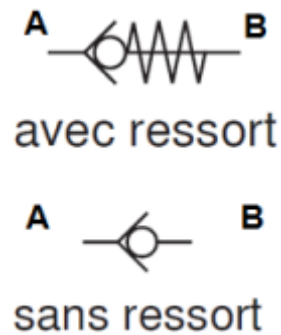


Fig. 1

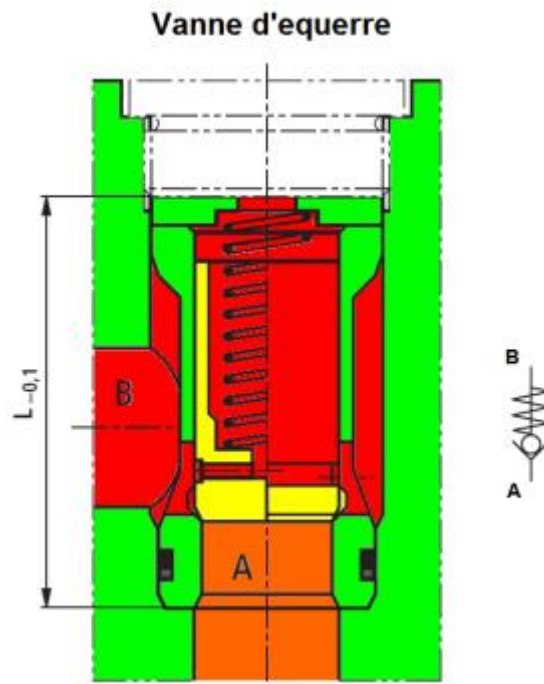
Les clapets anti-retour sont souvent équipés d'un ressort dont le tarage permet d'autoriser le passage du fluide de A vers B à partir d'une pression minimale (Fig. 2) :



**Fig. 2**

### 1.1. Clapets anti-retour à action directe

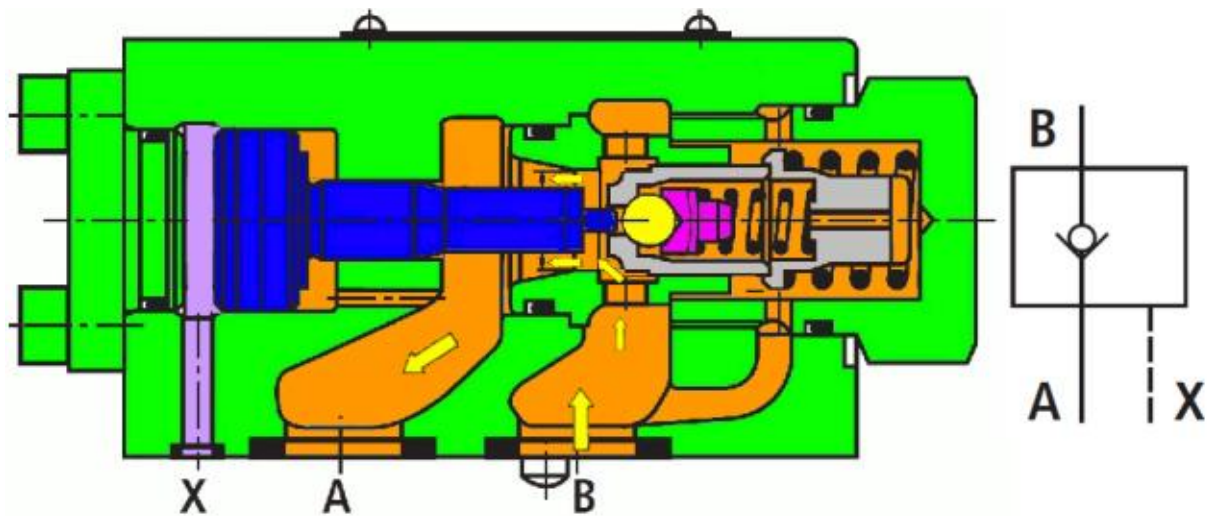
C'est la version la plus simple d'un clapet anti-retour (avec ou sans ressort) qui assure la fonction de base : écoulement uniquement dans un sens. Certains appareils permettent un changement de direction de l'écoulement (vanne d'équerre) (Fig. 3) :



**Fig. 3 - Clapet anti-retour à action directe (vanne d'équerre)**

### 1.2. Clapets anti-retour à action pilotée

Dans ce cas, on retrouve les mêmes fonctions que dans le cas de l'action directe avec la possibilité de piloter l'ouverture du clapet dans le sens B vers A. On utilise un orifice de commande X par lequel il est possible d'amener du fluide sous pression qui permet de déplacer une tige de vérin qui déverrouille le clapet : la bille est repoussée de son siège pour laisser le passage au fluide (Fig. 4).

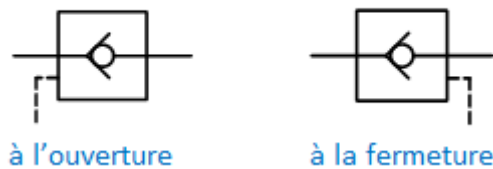


**Fig. 4 - Exemple de clapet anti-retour piloté (position ouvert) avec son schéma**

Clapets anti-retour pilotés à la fermeture

Il existe aussi des clapets anti-retour pilotés à la fermeture. Le pilotage externe est alors du côté de l'orifice B.

clapets anti-retour à ouverture pilotée

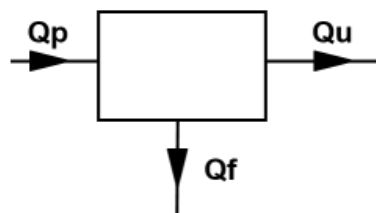


Clapets anti-retour : pilotage à l'ouverture ou à la fermeture

## 2. Régulateurs de débits

La fonction de ces appareils est de diminuer le débit et le maintenir constant en un point du circuit. La pompe fournit un débit  $Q_p$  pour un débit utile  $Q_u$ .

L'excédent de débit  $Q_f = Q_p - Q_u$ , est évacué soit sous forme de **fuites** (réducteur régulateur de débit à **2 voies**) ou vers le réservoir par un orifice spécifique si ce débit à évacuer est important (réducteur régulateur de débit à **3 voies**).



**Fonction d'une régulation de débit**

## Remarque

Le seul organe permettant d'augmenter le débit est la pompe. Le pilotage d'une pompe à cylindrée variable permet de réguler le débit fourni au circuit.

Les limiteurs de débit sont de 2 types :

- à orifice en paroi longue,
- à orifice en paroi mince.

On les distingue en général sur les schémas des circuits hydrauliques. La flèche indique que la section de passage du fluide est réglable (Fig. 5) :

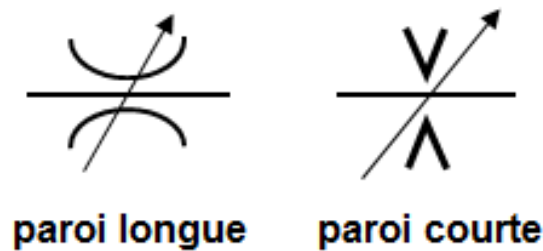


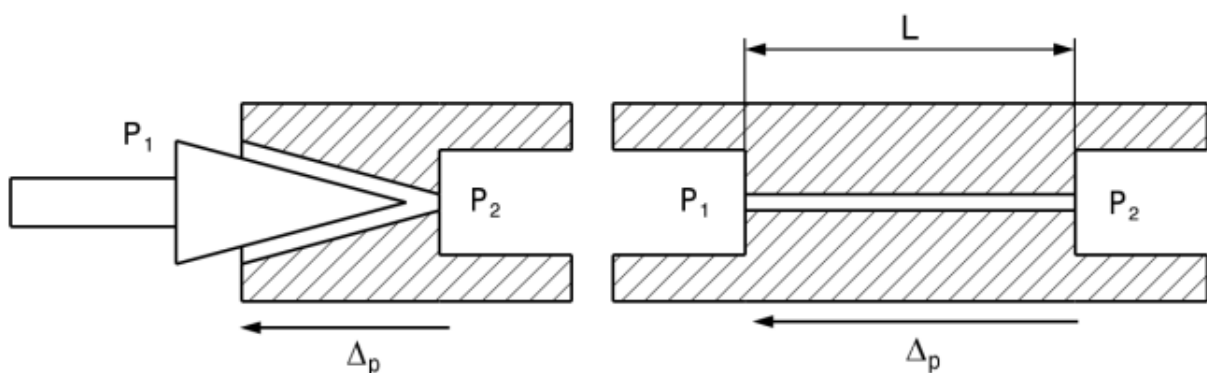
Fig. 5 - Types de limiteurs de débit (schémas)

### - Principe d'une réduction de débit

#### - Orifice en paroi longue

La limitation de débit est obtenue avec par exemple avec un pointeau ajusté sur un siège conique. La longueur parcourue par le fluide est grande par rapport à la section de passage. On peut donc, en première approximation, modéliser ce limiteur comme un **tube de longueur L et de diamètre D**. En faisant l'hypothèse que l'écoulement est laminaire, on peut calculer la perte de charge entre l'entrée et la sortie de ce tube :

#### Perte de charge dans un orifice à paroi longue



$$P_1 - P_2 = \Delta P = \lambda \frac{L}{D} \rho \frac{V^2}{2}$$
$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{avec } Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$
$$\Rightarrow \Delta P = 32 \mu \frac{L}{D^2} V = 128 \frac{\mu}{\pi} \frac{L}{D^4} Q$$

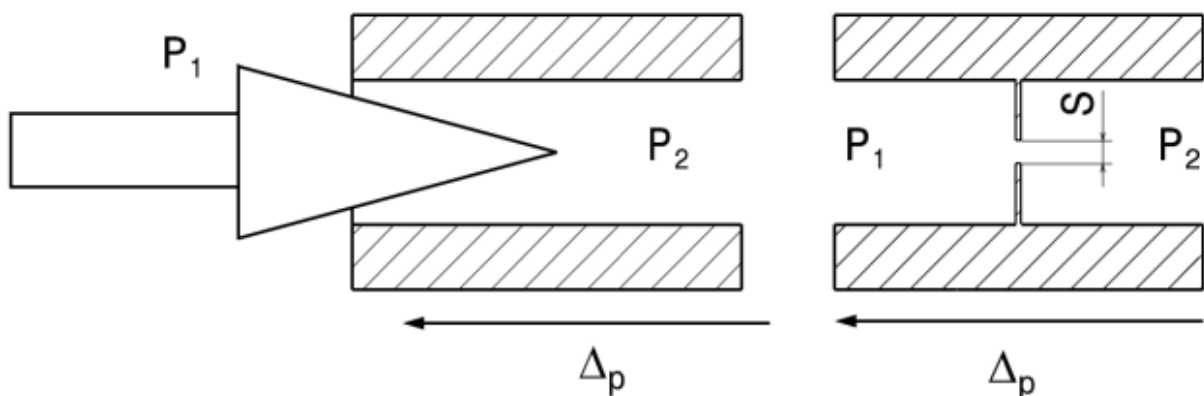
Le débit **Q** dépend donc de la perte de charge  **$\Delta P$**  entre l'entrée et la sortie de l'orifice ainsi que de la **viscosité** du fluide. Cette viscosité étant fonction de la température du fluide, le débit **Q dépend de  $\Delta P$  et de la température** du fluide :

$$Q = \frac{\pi \cdot D^4}{128 \cdot L} \cdot \frac{\Delta P}{\mu} = f(\Delta P, \mu)$$

#### - Orifice en paroi courte

Dans ce cas, la longueur d'écoulement est faible devant la section de l'orifice. L'écoulement est ici de type turbulent et on peut calculer la perte de charge avec un coefficient de perte de charge singulière. On en déduit une expression du débit **Q** en fonction de la perte de charge  **$\Delta P$** .

#### Perte de charge dans un orifice à paroi courte



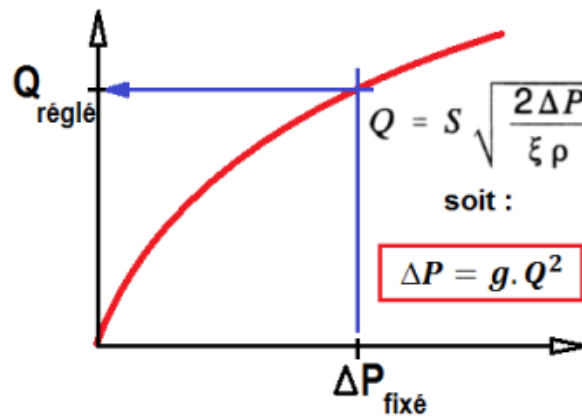
$$P_1 - P_2 = \Delta P = \xi \rho \frac{V^2}{2} = \xi \frac{\rho}{2} \left( \frac{Q}{S} \right)^2 \quad \Rightarrow \quad Q = S \sqrt{\frac{2\Delta P}{\xi \rho}}$$

Dans ce cas, le débit **Q ne dépend** donc **que de la perte de charge  $\Delta P$** .

#### - Principe d'une régulation de débit

Pour régler un débit constant (REGULATION de DEBIT) , il faut :

- Utiliser un limiteur de débit avec un orifice à paroi courte pour que le débit soit indépendant de la température,
- Maintenir constante la perte de charge  **$\Delta P$**  aux bornes de l'orifice.



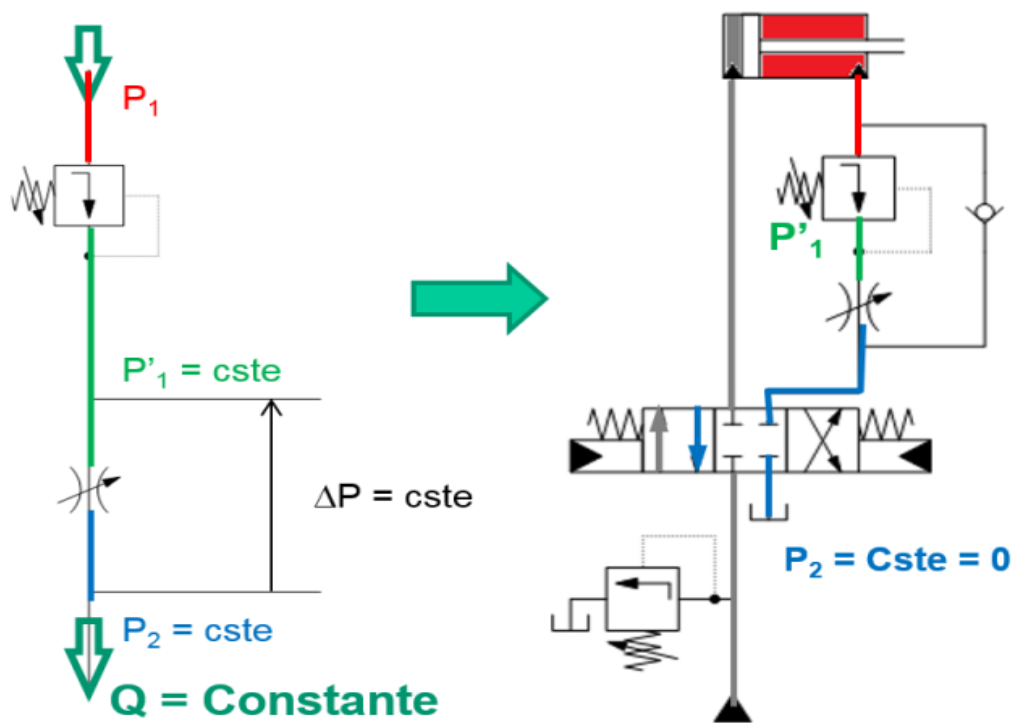
**Fig. 6 - Caractéristique d'un simple réglage de débit**

Un simple limiteur de débit ne permet donc pas de régler ce débit. Il est nécessaire d'utiliser des appareils permettant de s'assurer que la différence de pression entre l'entrée et la sortie du limiteur reste constante.

Deux cas peuvent alors se présenter.

**Premier cas : la pression en sortie du limiteur est constante**

Si la pression  $P_2$  en sortie du limiteur de débit est maintenue constante (par exemple parce que c'est celle du retour au bac), il suffit de maintenir constante la pression  $P'_1$  en amont du limiteur. On peut alors simplement utiliser un réducteur-régulateur de pression monté en série devant le limiteur de débit (Fig.7) :



**Fig. 7- Limiteur de débit relié au réservoir : utilisation d'un réducteur de pression**

## Deuxième cas : les pressions en amont et aval du limiteur peuvent varier

Il est ici trop délicat de stabiliser séparément les pressions en amont et en aval. On utilisera alors un régulateur de différence de pressions dont la fonction est de maintenir la valeur  $\Delta P = P_2 - P_1$  constant. Cet appareil est appelé balance de pression (Fig. 8).

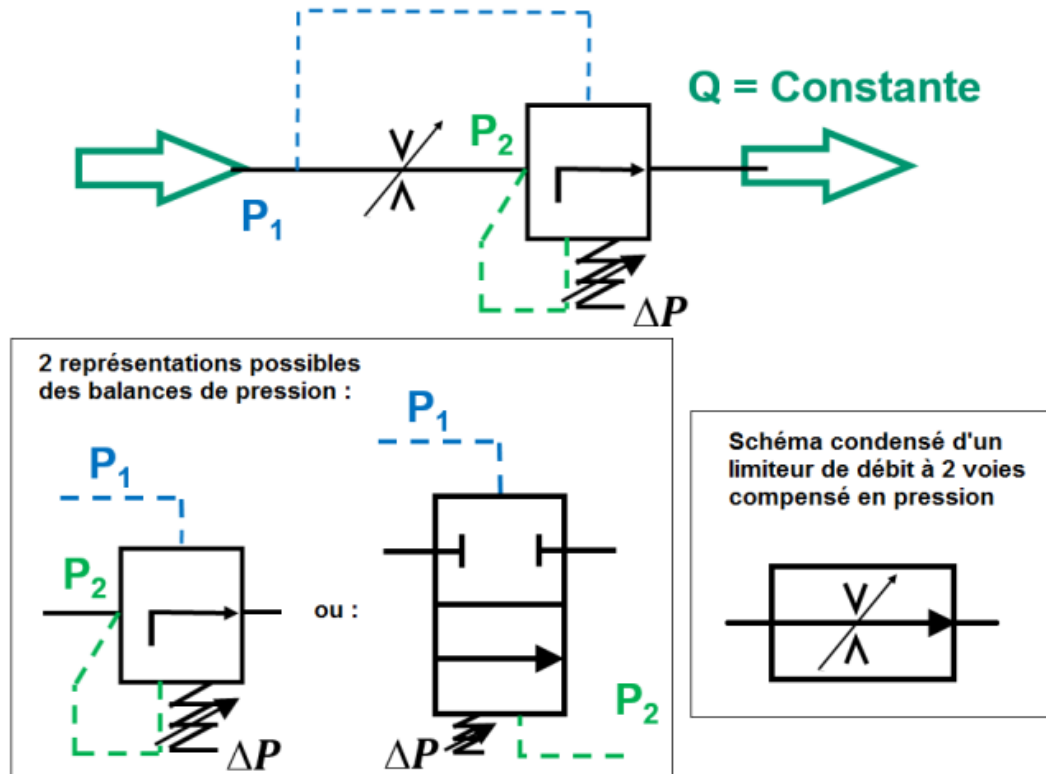


Fig. 8 - Utilisation d'une balance de pression

Lorsque le maintien de cette valeur de  $\Delta P$  ne nécessite pas d'évacuer une grande quantité de fluide, cette balance de pression montée en série avec le limiteur de débit est appelée régulation de débit à 2 voies. Ce montage est utilisé pour des circuits dont l'alimentation est assurée par des pompes à cylindrée variable ou à cylindrée fixe avec accumulateur et conjoncteur-disjoncteur. En effet, la diminution de débit par rapport au débit entrant restera faible. Il n'y aura donc pas une grosse quantité de fluide à évacuer.

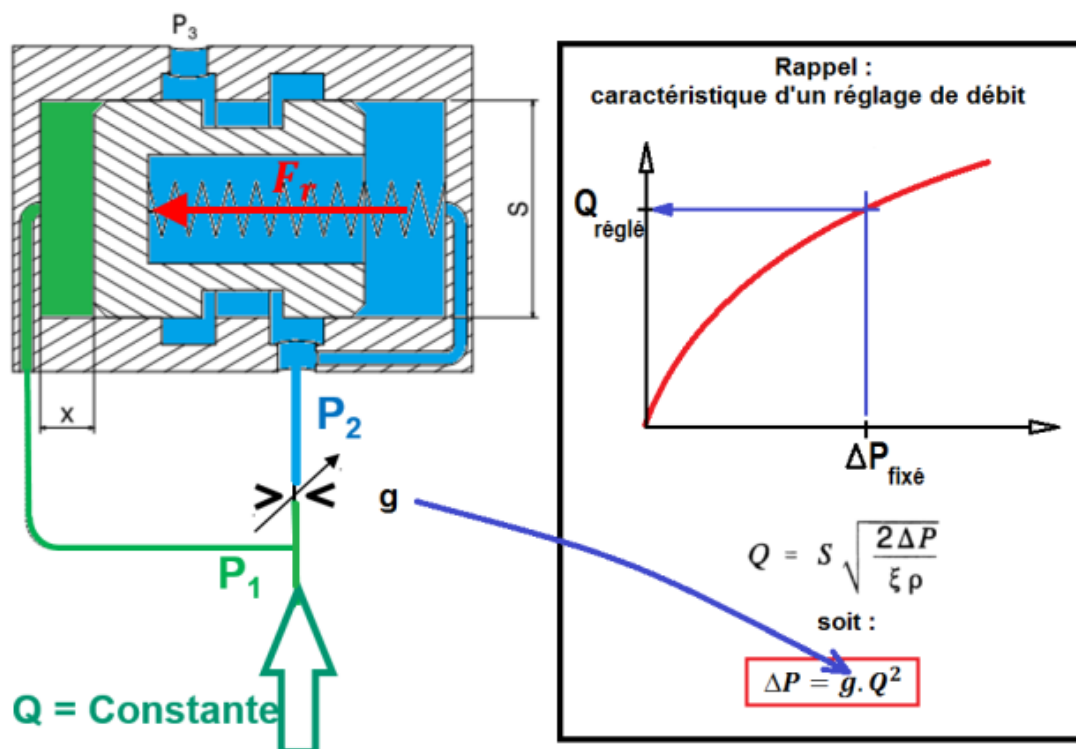
### - Régulation de débit à 2 voies

La balance de pression est donc montée en série. Le débit, réglé par la taille de l'orifice du limiteur de débit, traverse cet appareil et les pressions en amont ( $P_1$ ) du limiteur de débit et en aval ( $P_2$ ) sont prélevées grâce à de petits conduits et appliquées de part et d'autre d'un tiroir. Du côté de la pression la plus faible, le tiroir de la balance subit une force  $F_R$  dont la valeur correspond à la différence de pression  $\Delta P$  souhaitée. Cette force est obtenue grâce au tarage d'un ressort.

En fonction de ces pressions, la position de ce tiroir peut légèrement changer et modifier une restriction supplémentaire du débit au sein de la balance :

Si  $P_1$  augmente, pour que  $\Delta P$  sur le limiteur de débit reste constant il faut que  $P_2$  augmente également. Ceci est obtenu en diminuant l'orifice de passage dans la balance (tiroir se déplace légèrement vers la droite) ce qui augmente la perte de charge dans la balance.

Si  $P_1$  diminue, pour que  $\Delta P$  reste constant il faut que  $P_2$  diminue également. Ceci est obtenu en augmentant l'orifice de passage dans la balance (tiroir se déplace légèrement vers la gauche) ce qui diminue la perte de charge dans la balance.



**Fig. 9 - Principe d'une régulation de débit à 2 voies**

On peut montrer que le débit  $Q$  ne dépend alors que du tarage  $F_0$  du ressort en étudiant l'équilibre du tiroir de la balance.

On isole donc le tiroir et on applique le Principe Fondamentale de la Statique. Le tiroir subit les efforts :

- du à la pression  $P_1$  à sa gauche :  $P_1 \cdot S$
- du à la pression  $P_2$  à sa droite :  $P_2 \cdot S$
- du au ressort à sa droite :  $F_R = F_0 + k \cdot x$ ,  $k$  est la raideur du ressort,  $F_0$  est la valeur de tarage, et  $x$  est le déplacement du tiroir par rapport à sa position initiale après tarage.

On peut écrire donc :



$$P_1 \cdot S - P_2 \cdot S = F_R = F_0 + k \cdot x$$

$$\text{soit: } P_1 - P_2 = \frac{F_0 + k \cdot x}{S} = g \cdot Q^2$$

En considérant la raideur  $k$  faible :

$$F_0 + k \cdot x \approx F_0$$

On peut donc calculer  $Q$  :

$$Q = \sqrt{\frac{F_0 + k \cdot x}{g \cdot S}} \approx \sqrt{\frac{F_0}{g \cdot S}} = \text{Constante}$$

### Exemple d'appareil industriel à 2 voies

Des limiteurs de débit intégrant directement la balance de pression sont proposés par différents constructeurs. Le réglage du débit se fait ici en agissant sur la vis (2) pour modifier la section de passage du fluide. Le tiroir (5) de la **balance de pression** se déplace en fonction des modifications des pressions amont et aval pour adapter la taille de l'orifice de sortie en B pour **maintenir  $\Delta P$  constant** et réguler le débit.

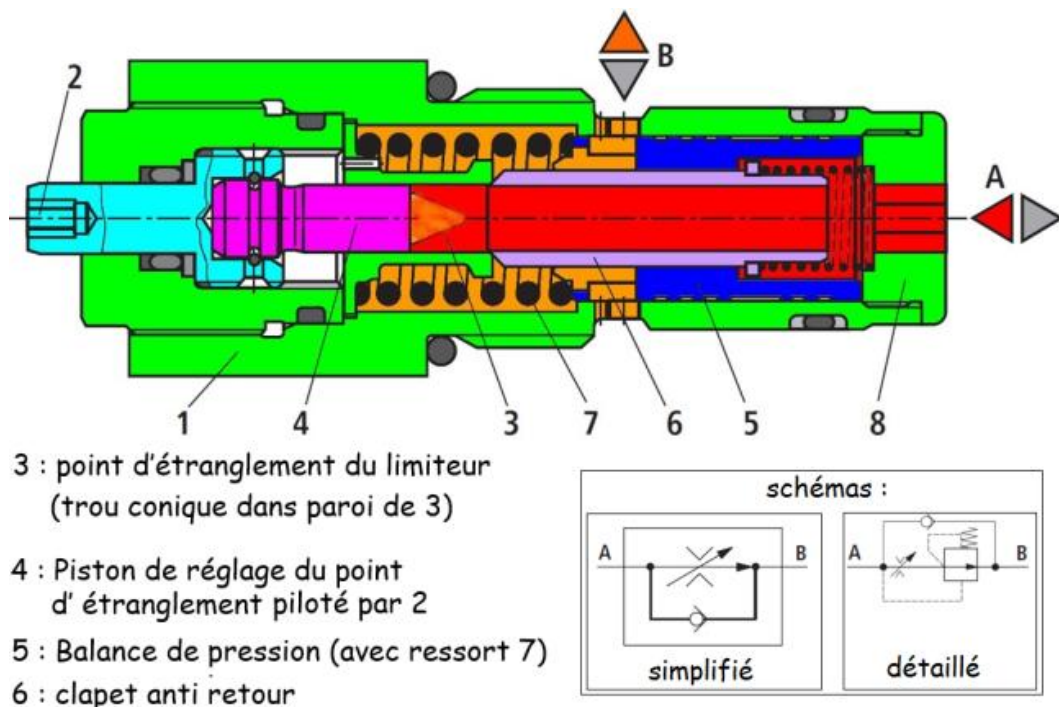


Fig. 10 - Limiteur de débit compensé en pression (Bosh-Rexroth)

### - Régulation de débit à 3 voies

#### Principe de fonctionnement

Il faut toujours maintenir une perte de charge  $\Delta P$  constante entre les 2 extrémités du limiteur de débit. Ce type de régulation à 3 voies est utilisé avec des pompes à cylindrée constante. Le système régulateur accepte tout le débit de la pompe en entrée et ne laisse passer vers l'utilisation que la partie souhaitée. Le fluide excédentaire, qui peut ici être important, est dérivé vers le bac de manière à maintenir la pression en sortie proche de celle imposée par la charge.

On utilise une balance de pression normalement fermée montée en dérivation vers le bac :

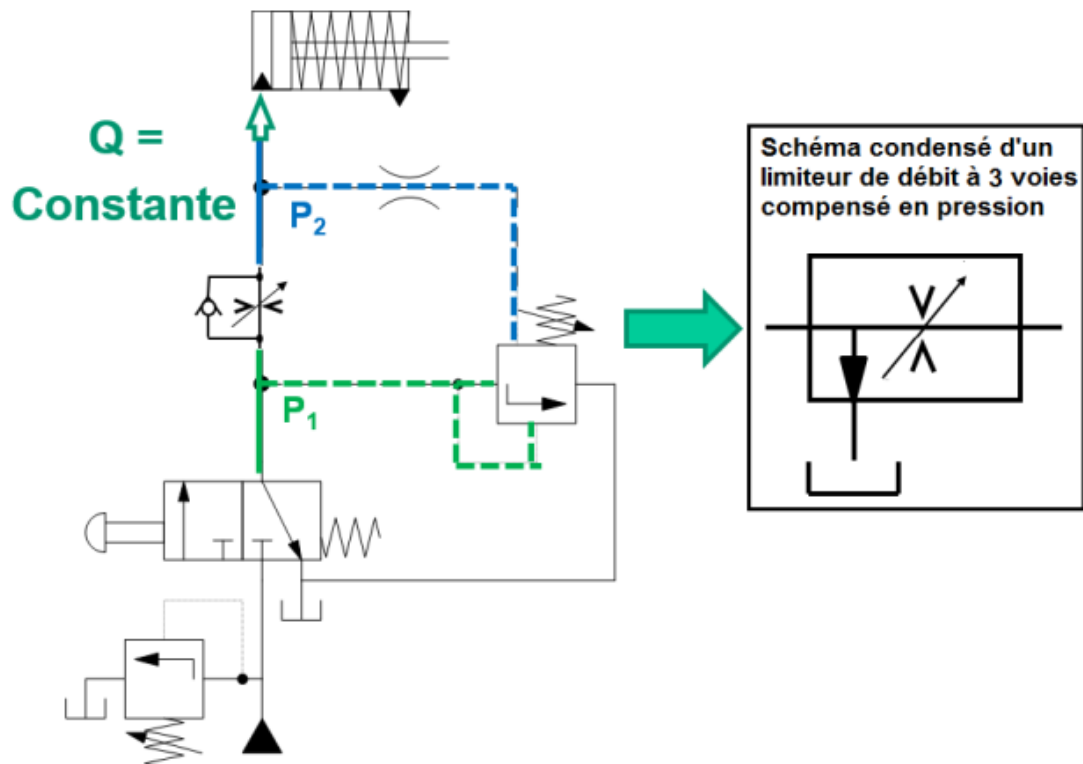
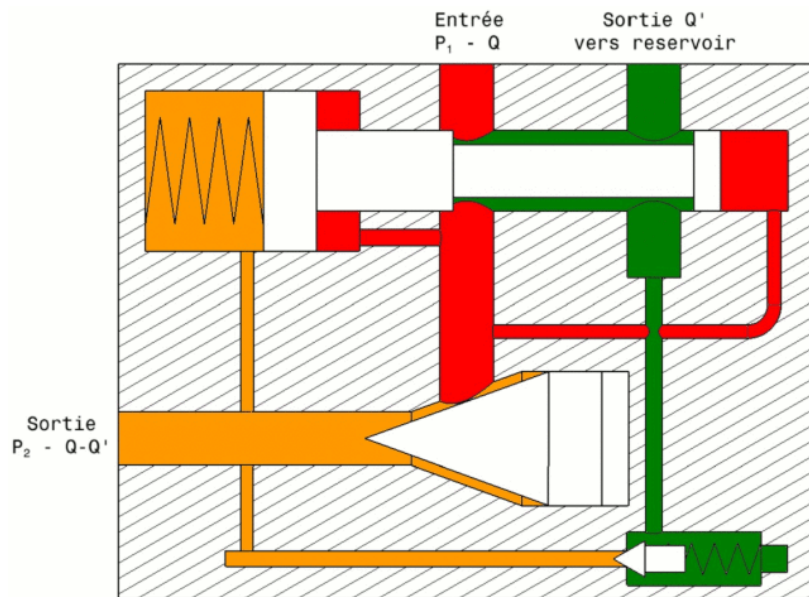


Fig. 11 - Régulation de débit à 3 voie

Le tiroir subit l'action :

- de la pression  $P_1$  à sa droite,
- de la pression  $P_2$  à sa gauche,
- du ressort à sa gauche avec un tarage à une valeur de  $\Delta P$ .

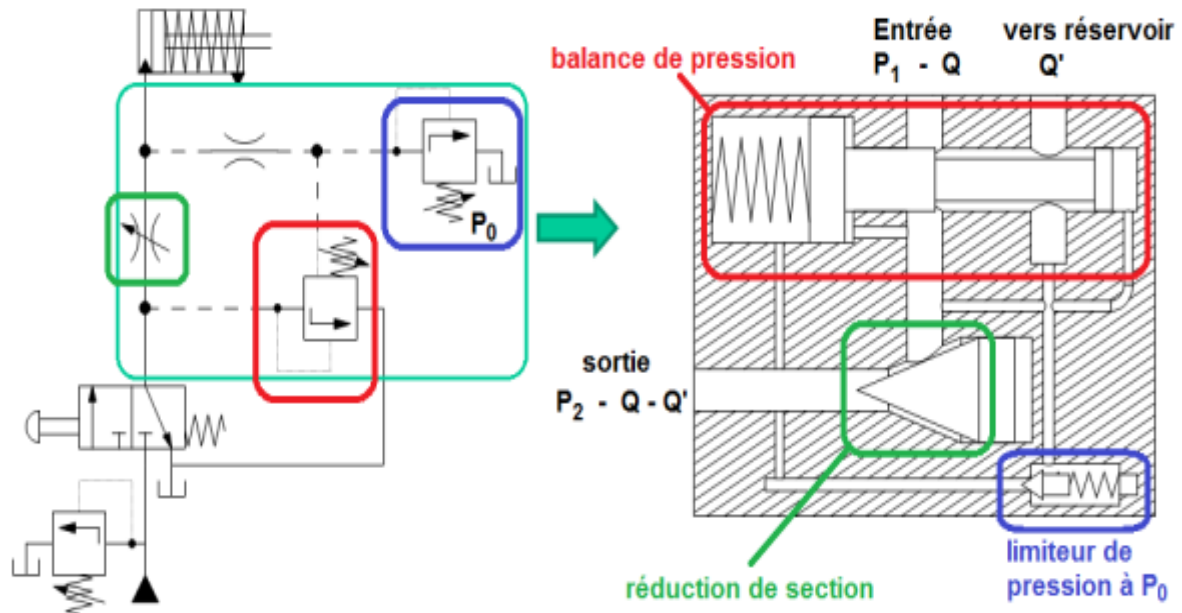
Donc la balance de pression maintient une différence de pression  $\Delta P$  constante entre l'entrée et la sortie du limiteur de débit. Ainsi la pression  $P_1$  à l'entrée de ce limiteur ne peut pas dépasser la valeur de  $(P_2 + \Delta P)$ ,  $P_2$  étant la **pression imposée par la charge** en sortie. En effet, si la pression  $P_1$  à l'entrée augmente, le tiroir se déplace vers la gauche pour évacuer vers le réservoir le volume de fluide nécessaire pour ramener cette pression à  $P_1 = P_2 + \Delta P$ .



**Fig. 12 - Principe de fonctionnement d'une régulation de débit à 3 voies**

Avec un limiteur de pression pilote taré à  $P_0$  coté sortie, on s'assure également que les pressions maximales soient :

- coté sortie :  $P_{2,MAX} = P_0$
- coté entrée :  $P_{1,MAX} = P_0 + \Delta P$



**Fig. 13 - Régulation de débit à 3 voies avec limiteur de pression**

Appareil industriel à 3 voies :

Réducteur Régulateur de débit à 3 voies (Bosh-Rexroth)

## Différence entre un limiteur de débit et un régulateur de débit

On fait parfois une différence entre les limiteurs de débit et les régulateurs de débit en fonction de leurs performances (voir Fig. 14).

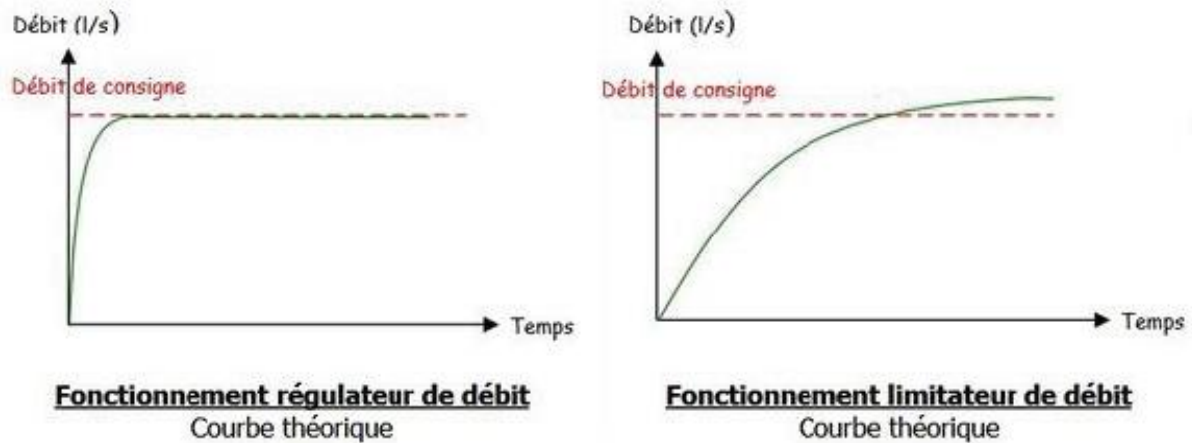
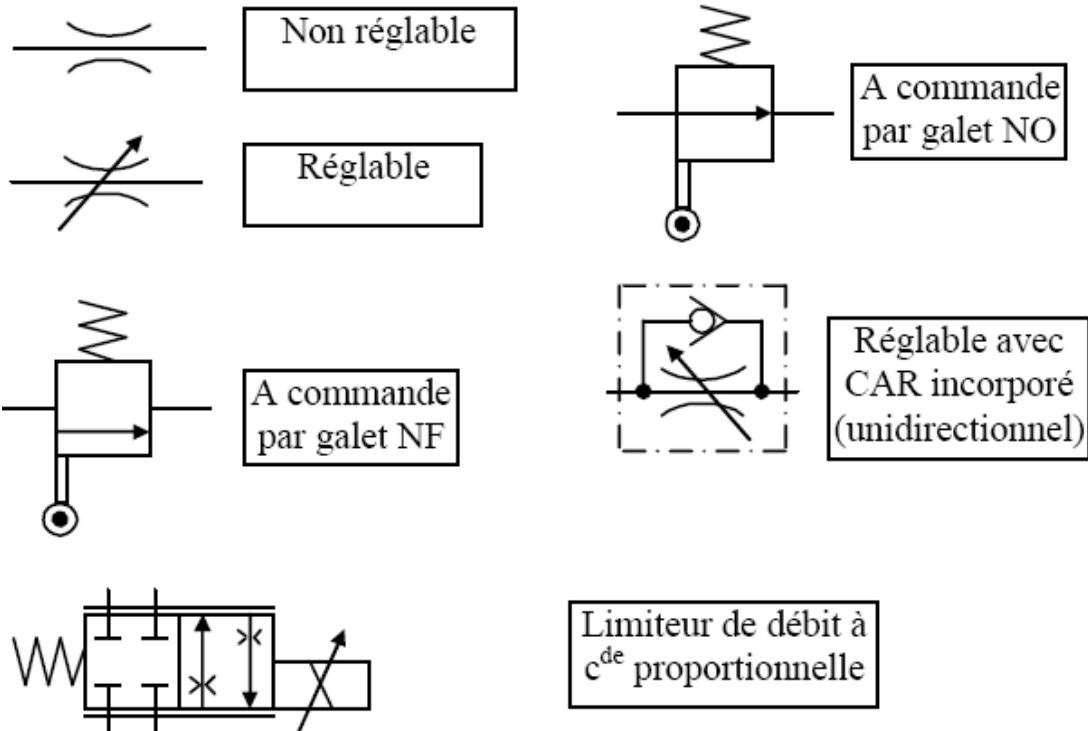


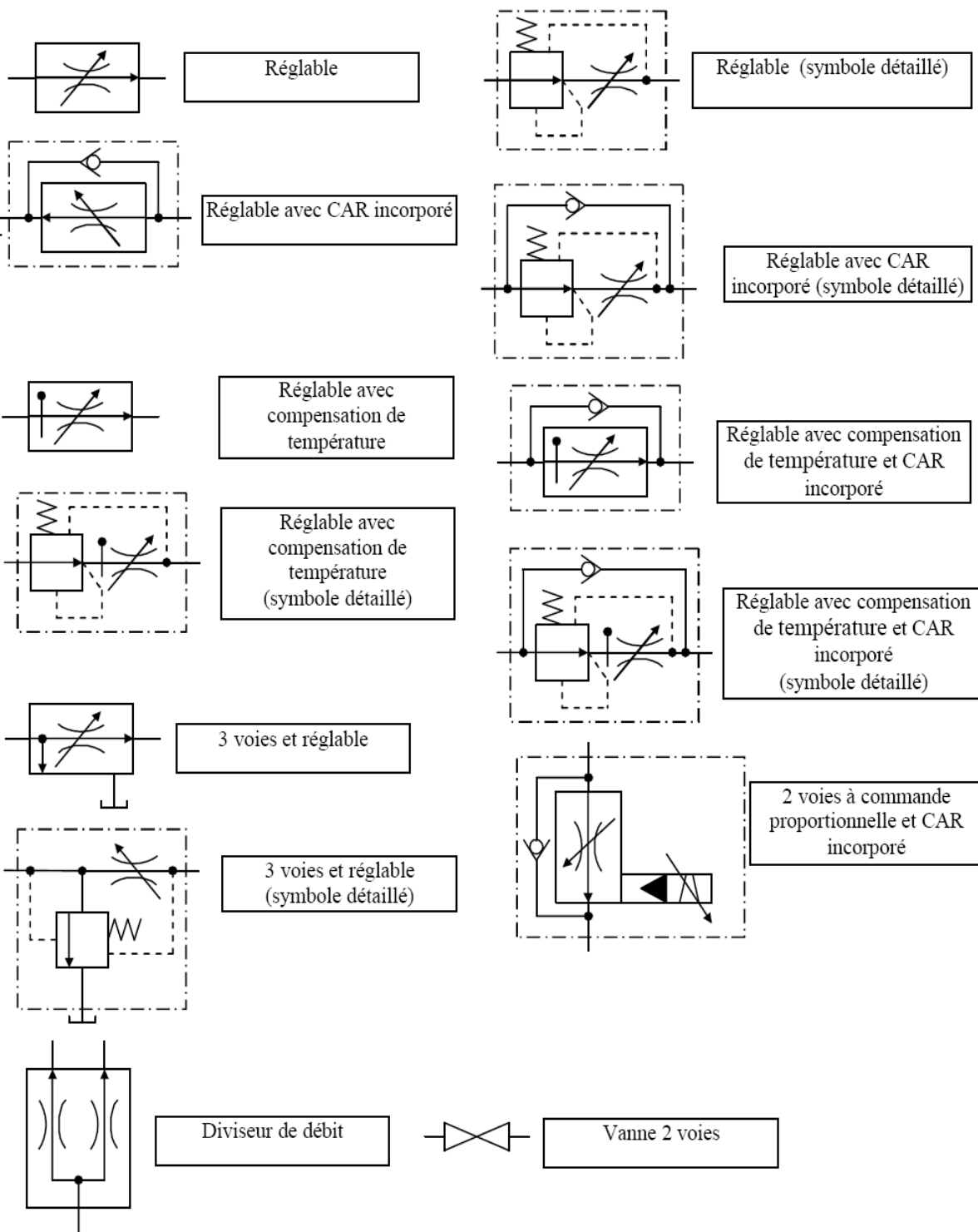
Fig. 14 : Performances comparées d'un limiteur de débit et d'un régulateur de débit selon [Fiche Grand Lyon](#)

## Symboles hydraulique

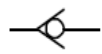
### Limiteurs de débits



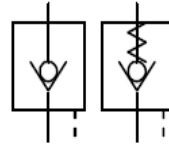
## Régulateurs de débits



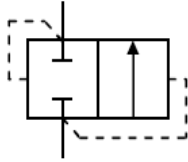
## Clapets



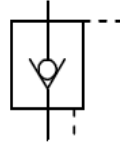
Clapet anti-retour



Clapets anti-retour pilotés



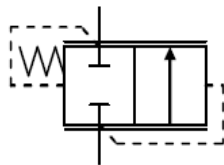
CAR (symbole détaillé)



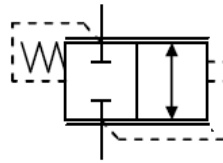
Clapet anti-retour piloté et drain externe



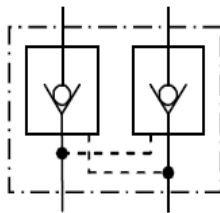
CAR taré



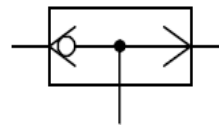
CAR taré (symbole détaillé)



CAR piloté (symbole détaillé)



Double clapet anti-retour piloté



Sélecteur de circuit