

LES VANNES DE REGULATION

1. Rôle des vannes de régulation

Une vanne permet de varier le débit d'un fluide par modification de la section de passage, ce qui entrainera une évolution de la résistance hydraulique de vanne (perte de charge). Cela permettra de régler la puissance à émettre en fonction des besoins.

Cette puissance pourra être ajustée soit par variation de :

- **Température**
- **Débit**

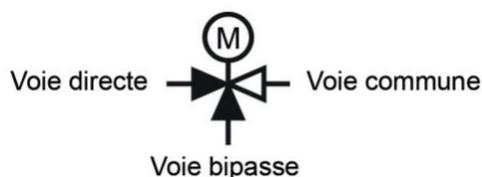
Afin d'obtenir cette variation, on définit **deux mode de régulation** :

- **Tout ou rien (TOR) : essentiellement utilisé pour des vannes 2 voies commandées automatiquement**
- **Progressif (P) : Utilisé avec des vannes 3 voies, mais très peu avec des vannes 4 voies.**

2. Technologie

Le choix de la technologie des vannes utilisées dépendra du rôle de celles-ci sur un circuit hydraulique, et du type de circuit sur lequel elles seront placées.

Technologie	Type de vanne
Boisseau sphérique	V2V
Soupape	V2V – V3V
Secteur/ Papillon	V2V – V3V – V4V



Il est possible de trouver sur le marché des V3V fonctionnant en TOR

Il existe d'autres types de vanne telle qu'à palette mais non utilisées en régulation.

Quelle que soit la technologie des émetteurs, et le type de réseau de distribution, on régle ceux-ci en **température** en fonction de la puissance appelée. On emploie en tête de distribution **une vanne trois voies** à soupape **montée en mélange** (débit convergents dans le corps de vanne).

Un organe de réglage, qu'il soit à 2,3 ou 4 voies, est un des interfaces entre le système de régulation et le système énergétique régulé. C'est le seul organe actif vis-à-vis du réseau qu'il contrôle. De ce fait, son ouverture provoque une modification de la résistance du circuit et donc du débit véhiculé.

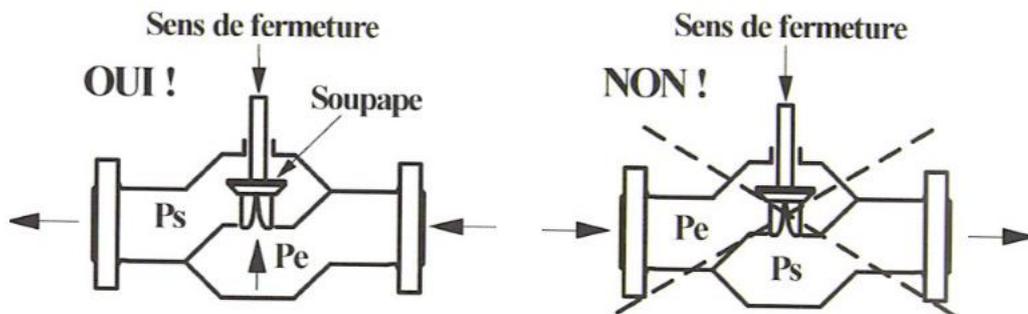
3. Vanne de régulation à deux voies (V2V)

Les vannes de régulation à deux voies sont très souvent à soupape (clapet).

La forme de la soupape fait souvent l'objet d'une attention toute particulière de la part des constructeurs.

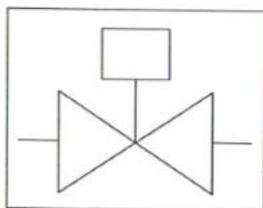
L'entrée et la sortie de la vanne définissent ses deux voies qui ne sont généralement pas permutable.

Une vanne de régulation deux voies possède donc un sens d'écoulement préférentiel à respecter, conformément aux schémas ci-dessous :



Le sens d'écoulement dans une vanne de régulation à soupape doit toujours être tel que la pression d'entrée s'oppose à sa fermeture.

Les vannes ayant un accouplement entre le servomoteur et la tige ne permettent pas l'ouverture, la fermeture. Ces dernières étant assurées par un ressort de rappel, des phénomènes de coups de « béliet » sont à redouter en cas d'inversion du sens d'écoulement.



Le symbole le plus fréquent d'une vanne de régulation à deux voies est représenté ci-contre

Application des vannes 2 Voies :

Elles sont peu utilisées en régulation progressive, mais beaucoup en TOR

Quelques utilisations des vannes 2 voies	
Régulation TOR :	Régulation Progressive :
Electrovannes sur circuit frigorifique	Réglage de débit sur un échangeur
Electrovannes sur circuit hydraulique	

4. Vannes de régulation à trois voies (V3V)

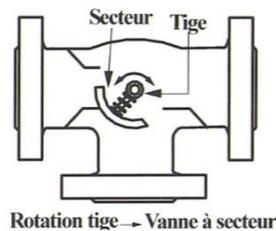
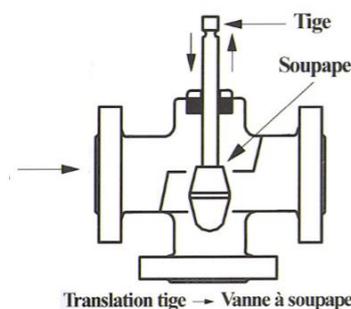
Deux principaux types de vanne de régulation à trois voies sont disponibles :

- Vannes à trois voies à soupape.
- Vanne à trois voies à secteur.

La plupart du temps elles seront à soupape bien que certains montages hydrauliques préconisent des vannes à secteur.

En pratique, dès que la pression différentielle appliquée sur la vanne est importante, on évitera de placer des vannes à secteur pour des raisons technologiques (décollement du secteur lors de sa fermeture ce qui implique un débit de fuite non négligeable et non réglable).

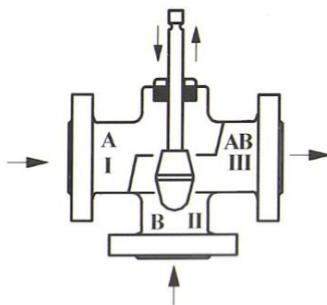
La nature du mouvement qui permet de manoeuvrer détermine sans équivoque leur type, soit :



Vanne à soupape : mouvement de **translation** de la tige.

Vanne à secteur : mouvement de **rotation** de la tige.

Vanne de régulation à trois voies à soupape



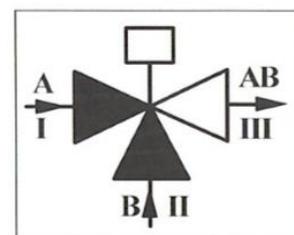
Les sens d'écoulement dans une vanne à trois voies à soupape doivent respecter la même règle évoquée précédemment pour les vannes à deux voies (sauf dérogation spéciale du constructeur).

Les sens d'écoulement doivent donc être tels que la pression d'entrée d'une voie s'oppose à sa fermeture.

L'application de cette règle ne laisse plus guère de choix quant au sens de circulation possible dans chacune des voies de la vanne.

Le symbole le plus fréquent d'une vanne à trois voies à soupape est représenté ci-contre.

Le sens d'écoulement obligatoirement convergent détermine deux voies d'entrée (I ou A et II ou B) et une voie de sortie (III ou AB).



La voie I ou A est nommée **voie directe**.

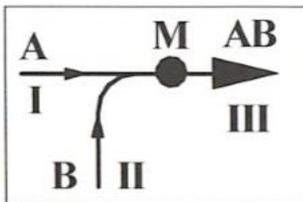
Sa fonction est primordiale puisque c'est elle qui régule la puissance thermique en modulant le débit d'eau à la température de la production.

La voie II ou B est nommée **voie de bypass**.

Sa fonction est de maintenir, quelle que soit la position de la voie directe, un débit sensiblement constant dans la voie commune.

La voie III ou AB est nommé **voie commune**.

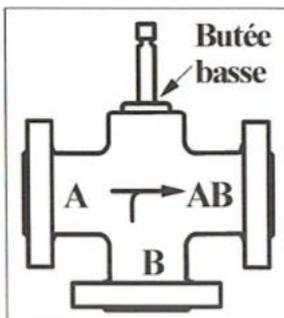
Son débit est la somme des débits des voies directe et bypass.



En position intermédiaire, le nœud de débits dans la voie commune (III ou AB) détermine un point de mélange M entre du fluide provenant de la voie directe (I ou A) et de la voie de bypass (II ou B).

Une telle vanne est tout naturellement nommée **vanne trois voies mélangeuses**.

Notons que les vannes à trois voies à soupape sont, sauf rares exceptions, des **vannes mélangeuses**.

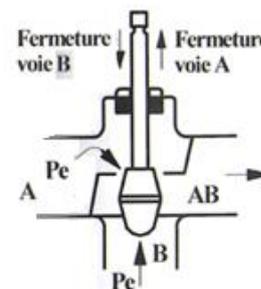


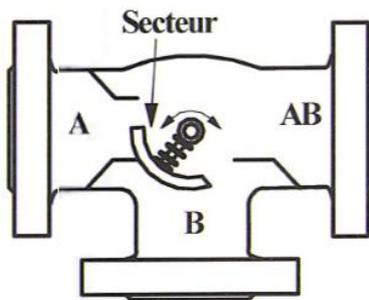
La tige de manoeuvre de la vanne ci-contre est en butée basse.

Dans quelle position se trouve la voie directe (A) ?

Le sens d'écoulement doit être tel que la pression d'entrée d'une voie s'oppose à sa fermeture.

Le respect de cette règle ne laisse plus guère de choix à la détermination de la position de la voie directe qui, lorsque la tige de manoeuvre se trouve en butée basse, est donc complètement ouverte.



Vanne de régulation à trois voies à secteur.

La rotation de la tige entraîne un secteur qui obstrue la voie directe tout en libérant celle de bypass et vice versa.

Que les vannes trois voies soient à secteur ou à soupape, elles réalisent les mêmes fonctions.

Leurs symboles graphiques sont identiques.

Les vannes à soupape et à secteur se différencient toutefois essentiellement par les aspects suivants :

- Une vanne à secteur est généralement moins chère qu'une vanne à soupape et ce d'autant plus que son diamètre nominal est important.
- Une vanne à secteur présente des caractéristiques de régulation nettement moins performantes qu'une vanne à soupape.
- Contrairement à une vanne à soupape (sauf très rares exceptions), une vanne à secteur offre le choix du sens d'écoulement (convergent ou divergent).

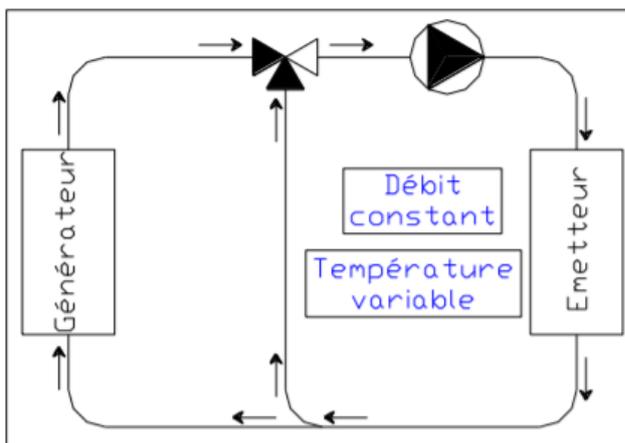
Lorsque les sens de circulation dans la vanne sont divergents, la voie commune devient alors celle d'entrée, les deux autres étant des sorties.

La vanne est alors dite **diviseuse**.

Les différents types de montage de la vanne trois voies :

a) Le montage en MELANGE :

Fonctionnement: Ce montage permet le réglage de **la température de départ** d'une installation de chauffage ou de climatisation par mélange entre **la température de retour** de l'émetteur et **la température de départ** du générateur. La vanne trois voies est placée sur **le départs** émetteurs.



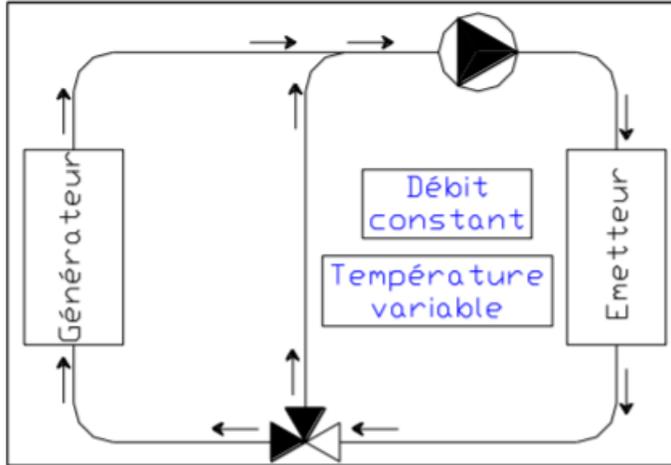
Ce montage est généralement utilisé pour réguler **des circuits radiateurs ou planchers chauffants** par l'intermédiaire de vannes trois voies à secteur.

Repérons le sens de passage de l'eau dans le circuit radiateur.

Remarque : Les débits convergent dans la vanne trois voies et la pompe est placée sur le circuit secondaire

b) Le montage en MELANGE INVERSE :

Fonctionnement : Ce montage permet le réglage de la température de départ d'une installation de chauffage ou de climatisation par mélange entre la température de retour de l'émetteur et la température de départ du générateur. La vanne trois voies est placée sur le retour émetteurs.

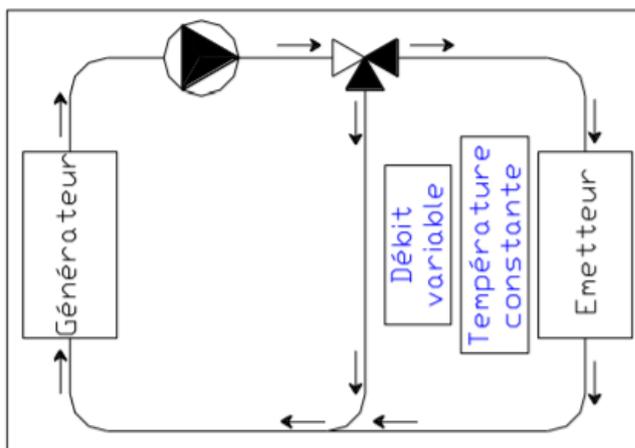


Ce montage est généralement utilisé pour réguler des circuits radiateurs ou planchers chauffant par l'intermédiaire de vannes trois voies **à soupape**. Il permet également de **limiter la température** du fluide la traversant.

Remarque : Les débits divergent dans la vanne trois voies et la pompe est placée sur le circuit secondaire.

c) Le montage en REPARTITION:

Fonctionnement: Ce montage permet le réglage du **débit de départ** d'une installation de chauffage ou de climatisation par répartition du débit traversant le générateur. Une partie du débit traverse **les émetteurs**, tandis que l'autre partie est **bi passée** vers le retour générateur. La vanne trois voies est placée sur **le départ** émetteurs.

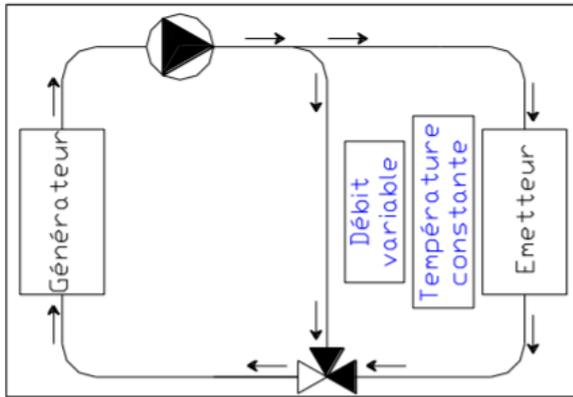


Ce montage est généralement utilisé pour réguler des circuits d'alimentation de **batterie de CTA** par l'intermédiaire de vanne trois voies **à soupape**.

Remarque : Les débits divergent dans la vanne trois voies et la pompe est placée sur le circuit primaire.

d) Le montage en REPARTITION INVERSEE:

Fonctionnement : Ce montage permet le réglage du débit de départ d'une installation de chauffage ou de climatisation par répartition du débit traversant le générateur. Une partie du débit traverse les émetteurs, tandis que l'autre partie est bi passé vers le retour générateur. La vanne trois voies est placée sur le retour émetteurs.



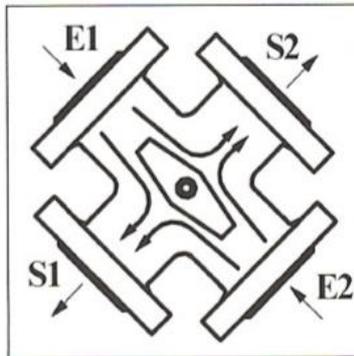
Ce montage est généralement utilisé pour réguler des circuits d'alimentation de **batterie de CTA** par l'intermédiaire de vanne trois voies **à secteur**. Il permet également de **limiter la température du fluide** la traversant.

Remarque : Les débits convergent dans la vanne trois voies et la pompe est placée sur le circuit primaire.

Tableau récapitulatif :

	Réglage de la puissance : Par variation de débit	Réglage de la puissance : Par variation de Temperature	
<p>Vanne à Soupape</p> <p>Débits dans la vanne : convergent</p>	<p>Montage décharge inversé</p>	<p>Vanne à Soupape</p> <p>Débits dans la vanne : convergent</p>	<p>Montage Mélange</p>
<p>Vanne à Secteur</p> <p>Débits dans la vanne : Divergent</p>	<p>Montage Décharge ou répartition</p>	<p>Vanne à Secteur</p> <p>Débits dans la vanne : Divergent</p>	<p>Montage Mélange inversé</p>

5. Vanne de régulation à quatre voies (V4V)

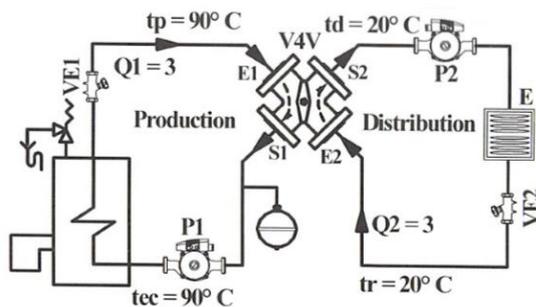


Les vannes à quatre voies sont des vannes exclusivement à secteur.

Ce type de vanne ne se rencontre guère plus que sur d'anciennes installations de chauffage individuel.

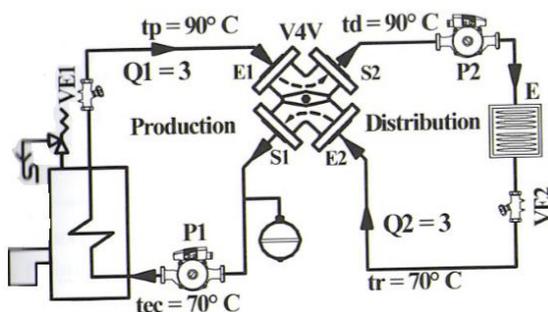
La vanne 4 voies permet de réaliser un double mélange, ce qui la destine à être utilisée sur les circuits plancher chauffant et lorsque on souhaite un retour plus chaud vers la chaudière. (Système anti-condensation dans les échangeurs principaux des chaudières).

Fonctionnement à charge thermique nulle d'une chaudière classique équipée d'une V4V :



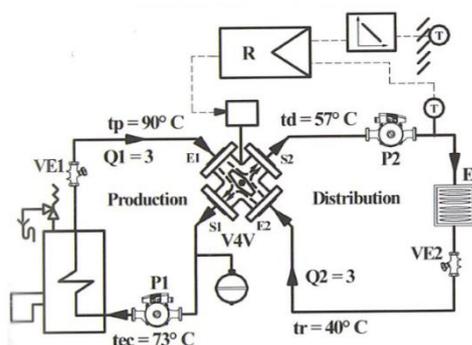
Lorsque la puissance thermique à transmettre est nulle, le secteur de la V4V se positionne de façon à isoler la production de la distribution.

Fonctionnement à pleine charge thermique d'une chaudière classique équipée d'une V4V :



A pleine charge thermique, le secteur de la V4V se positionne de sorte à associer en série les réseaux de production et de distribution.

Principaux avantages du montage d'une V4V avec une chaudière classique :

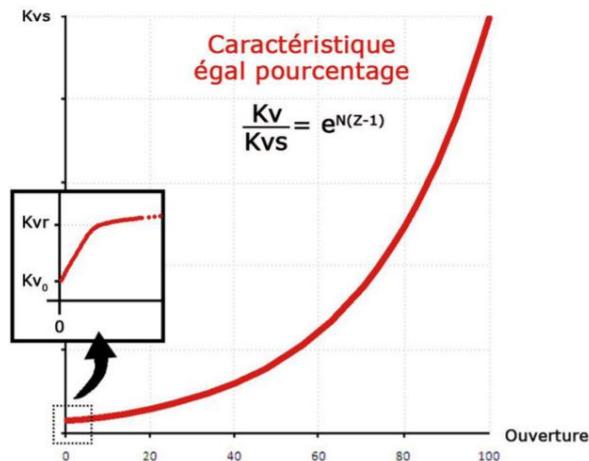


Pour les températures extérieures plus clémente, le régulateur (R) détermine les températures de départ distribution plus basses ($td = 57^\circ\text{C}$ par exemple)

Cette température est obtenue en positionnant en conséquence le secteur de la V4V conformément au schéma ci-contre.

6. KV et caractéristique de vanne

Le KV d'une vanne correspond, par définition, au débit en m³ /h la parcourant lorsqu'elle est soumise à une pression différentielle de 1 bar. Il permet de caractériser une vanne indépendamment du circuit dans lequel elle sera installée. La caractéristique d'une vanne désigne la courbe d'évolution du KV en fonction de son réglage, de 0 à 100 % d'ouverture (Figure ci-contre).



Les modèles proposés par les fabricants sont de type « linéaire » ou « égal pourcentage ». Seul ce type de vanne permet de compenser la non linéarité des émetteurs et d'assurer une régulation satisfaisante. Le KVS correspond au KV de la vanne à 100 % d'ouverture. Cette valeur est utilisée lors du dimensionnement de la vanne et figure dans les documents des fabricants. Le KV0, ou débit de fuite, est le KV de la vanne lorsqu'elle est fermée. Il résulte de contraintes de fabrication. Il est exprimé en pourcentage de KVS (rapport KV0/KVS). La valeur de KV0 doit être la plus faible. Le KVR est la valeur de KV au-dessus de laquelle la caractéristique correspond à la définition « égal pourcentage ».

D'après la formule d'évolution exponentielle on fait apparaître un coefficient N, spécifique au modèle de vanne. Il est quelquefois précisé dans la notice (de l'ordre de 3). Dans la formule, z est l'ouverture de la vanne comprise entre 0 et 1 (0 à 100 %).

Une vanne présentant une caractéristique « égal pourcentage » est requise pour compenser la non-linéarité des émetteurs.

La relation entre le débit et la perte de charge d'une vanne caractérisée par son KV s'exprime par la formule suivante :

$$q = Kv \times \sqrt{\Delta p}$$

Avec :

- KV, le débit en m³ /h parcourant la vanne soumise à une pression différentielle de 1 bar
- q, le débit de fluide traversant la vanne en [m³ /h]
- Δp, la perte de charge de la vanne en [bar]

Si le fluide n'a pas une masse volumique de 1000 kg/m³, la formule est la suivante (avec ρ en [kg/m³]) :

$$q = Kv \times \sqrt{\Delta p \times \frac{1000}{\rho}}$$

Avec :

- KV, le débit en m³ /h parcourant la vanne soumise à une pression différentielle de 1 bar
- q, le débit de fluide traversant la vanne en [m³ /h]
- Δp, la perte de charge de la vanne en [bar]
- ρ : Masse volumique du fluide en [kg/m³]

Nota : **KV = K** en [m³/h] sous **Δp = 1 bar**

Que l'on peut écrire :

$$\Delta p_{v100} = \left(\frac{q}{Kvs} \right)^2$$

Le Zêta (Z) :

Il définit la résistance hydraulique de la vanne en fonction de sa configuration. Il est exprimé en mCE / (m³/h)².

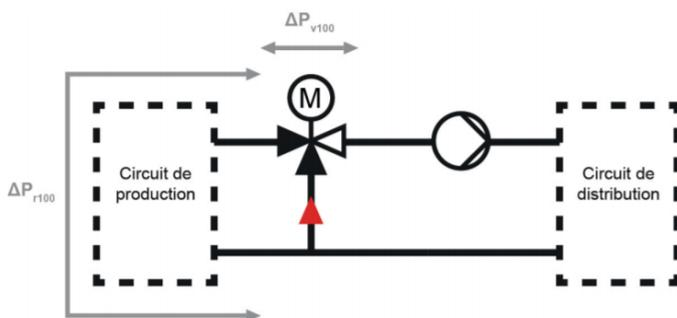
7. L'autorité d'une vanne de régulation

Le choix d'un modèle adapté, présentant une caractéristique « égal pourcentage », ne suffit pas. Lorsque la vanne est en place sur le réseau, elle doit avoir une perte de charge suffisante afin que sa caractéristique ne soit pas déformée. En effet, l'évolution du débit en fonction du KV doit être proche d'une droite. Cet impératif est obtenu par une vanne présentant une perte de charge suffisante par rapport au réseau dont elle règle le débit. La vanne doit s'imposer, être « autoritaire ». L'autorité d'une vanne de régulation, définie à son ouverture maximale, s'exprime par :

Avec :

$$a = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v100} + \Delta p_{r100}}$$

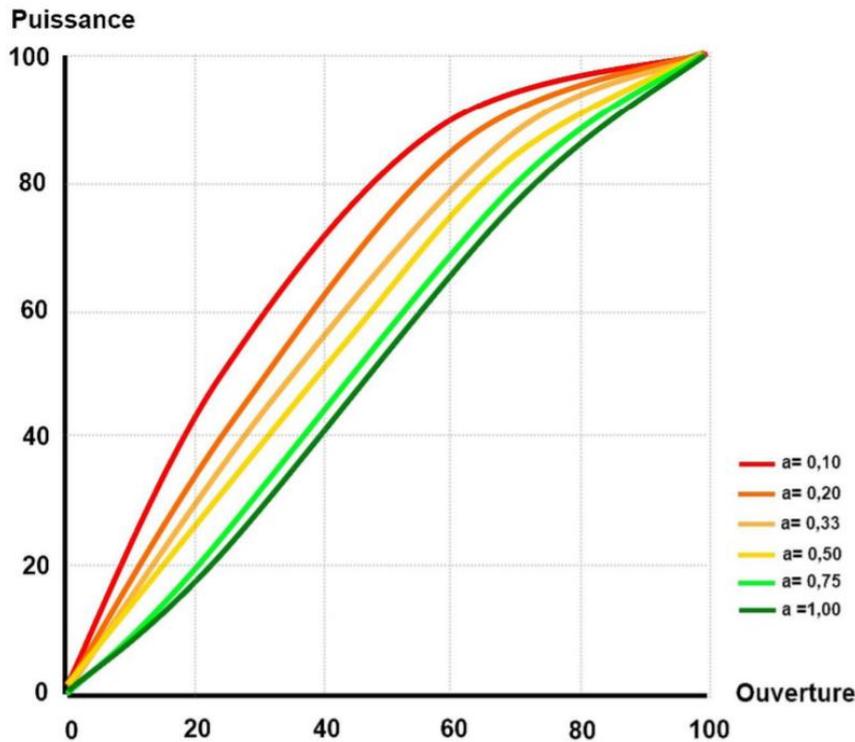
Δp_{v100} = perte de charge de la vanne à 100% ouverte
 Δp_{r100} = perte de charge de la vanne à débit variable
 a = autorité



L'autorité d'une vanne influence la progressivité de la variation de débit et donc de puissance. Comme le montrent les tracés (figure ci-après)

Pour différentes valeurs d'autorité, la courbe d'émission s'éloigne d'autant plus d'une droite que l'autorité de la vanne est faible.

L'autorité d'une vanne doit être comprise entre 0,33 et 0,5 pour garantir une régulation satisfaisante. Le choix d'une autorité supérieure à 0,5 augmentera inutilement le coût de la vanne et la consommation du circulateur. Une autorité inférieure à 0,33 dégradera trop fortement la progressivité de la régulation du débit.



Incidence de l'autorité de la vanne de régulation sur l'évolution de la puissance émise (pour une vanne « égal pourcentage »)

8. Le dimensionnement d'une vanne de régulation

Le dimensionnement d'une vanne de régulation consiste à rechercher une autorité de 0,5 c'est-à-dire une vanne dont la perte de charge est équivalente à la perte de charge du réseau parcouru par le débit variable.

$$\Delta p_{v100} = \Delta p_{r100}$$

Le débit et la perte de charge de la vanne étant connus, il s'agit :

- soit de calculer le KVS à partir de la formule ci-dessous
- soit d'utiliser l'abaque fourni par le fabricant

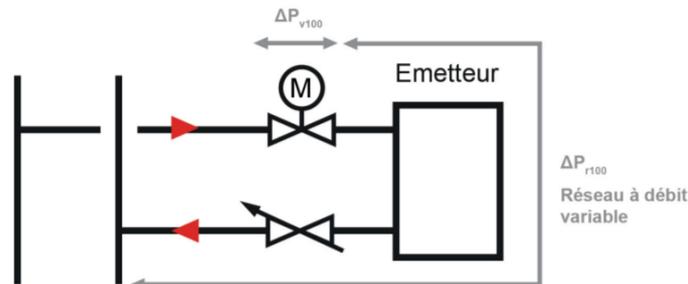
$$K_{vs} = \frac{q}{\sqrt{\Delta p_{v100}}}$$

Le choix doit se porter sur une vanne de KVS ou de diamètre le plus proche, mais plus faible afin d'assurer une autorité supérieure à 0,5. Il convient dans tous les cas de vérifier que l'autorité est supérieure à 0,33

Le diamètre d'une vanne de régulation doit être choisi selon le critère d'autorité, en connaissance du débit et de la perte de charge.

9. Application

On souhaite dimensionner une vanne à deux voies alimentant une batterie froide à eau glacée.



Le débit nominal, vanne ouverte, est de 2,5 m³ /h. La perte de charge du réseau à débit variable, contrôlé par la vanne, repéré en gris sur le schéma est de 1,6 mCE (pour ce débit). Il s'agit des pertes de charge de la batterie, des canalisations et accessoires (dont la vanne d'équilibrage). On fixe l'autorité à 0,50.

- 1) Déterminer Δp_{r100}

on a : $\Delta p_{r100} = \Delta p_{v100} = 1,6 \text{ m eau, soit } 0,16 \text{ bar}$

- 2) Déterminer le Kvs sous 1 bar.

$$K_{vs} = \frac{q}{\sqrt{\Delta p_{v100}}} = \frac{2,5}{\sqrt{0,16}} = 6,25 \text{ m}^3/\text{h sous 1 bar}$$

- 3) Déterminer Δp_{v100}

On choisit une vanne de diamètre DN20 dont le Kvs est de 6,3 m³ /h. La perte de charge de la vanne au débit nominal est de :

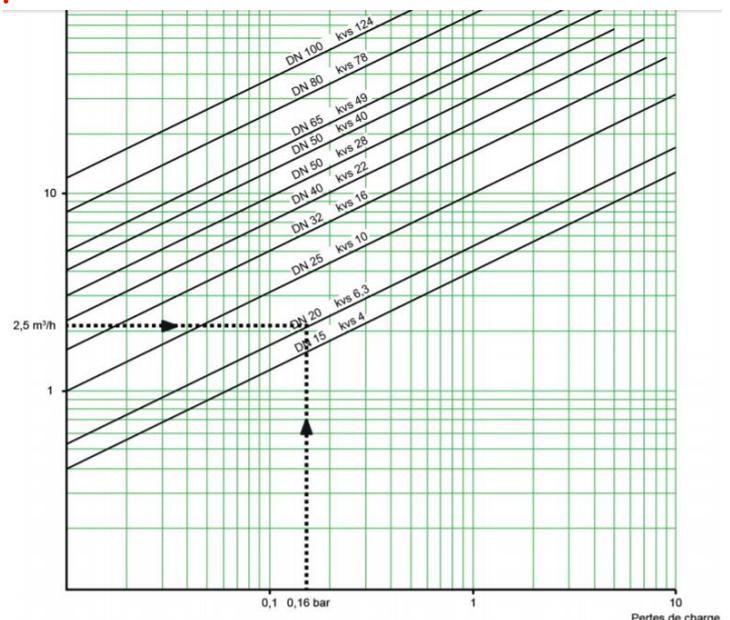
$$\Delta p_{v100} = \left(\frac{q}{K_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{2,5}{6,3} \right)^2 = 0,157 \text{ bar}$$

- 4) Déterminer l'autorité

Au final, l'autorité obtenue est de :

$$a = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v100} + \Delta p_{r100}} = \frac{0,157}{0,157 + 0,16} = 0,49$$

L'abaque de la (Figure ci-contre) est un exemple. Les abaques sont spécifiques au modèle de vanne.



Exemple de choix du diamètre d'une vanne de régulation à partir d'un abaque