

# **Formation de Technicien de Maintenance en Equipements Thermiques**

## **Tome 2**

- Pertes de Charge
- Kv et Autorité d'une vanne
- Circulateurs et Pompes
- Vase d'Expansion Fermé (*Calculs*)
- Vanne 3 Voies



*Sept. 2010 - Sept. 2011*

# Pertes de Charge

## Définition

Dans une installation de chauffage, l'eau circule dans la tuyauterie afin de véhiculer l'énergie thermique (la chaleur) jusqu'aux émetteurs de chaleur (radiateurs, aérothermes, etc...). Toute canalisation présente une certaine "résistance" au passage de l'eau. Cette "résistance" au mouvement de l'eau dépend d'un certain nombre de paramètres:

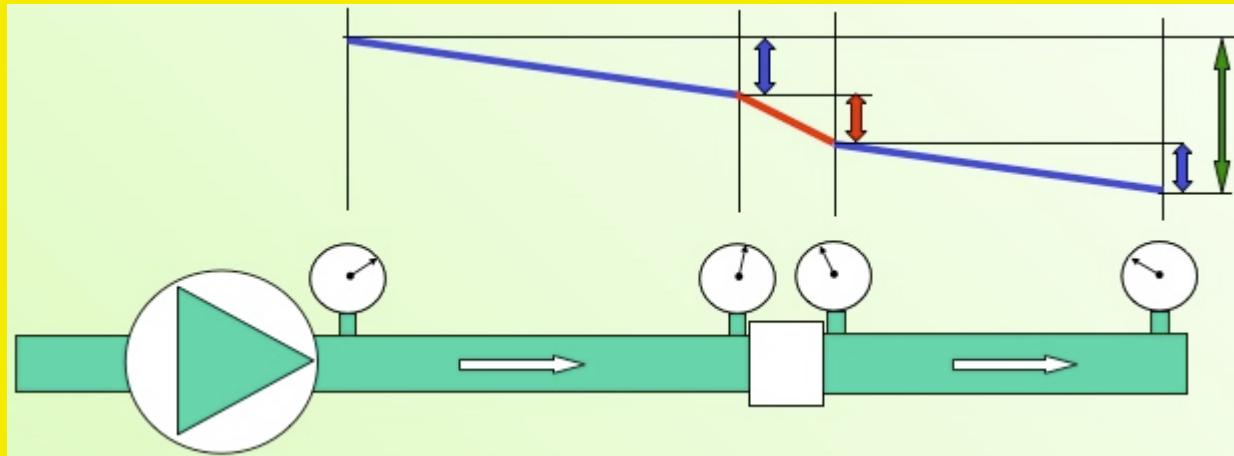
### Paramètres liés au fluide transporté:

- type de fluide: Densité, Viscosité
- Température du fluide

### Paramètres liés à la tuyauterie:

- Matériau constituant la tuyauterie (acier, PVC, ...)
- Longueur de la tuyauterie
- Diamètre de la tuyauterie
- "Accidents" présents sur le parcours: coudes, tés, vannes, etc. ...

La "Perte de Charge" représente la différence de pression du fluide en mouvement entre un point A et un point B **pour un débit donné**:



Les "Perte de Charge" s'expriment en bar, mbar, kPa, mmCE, mCE, etc...

Dès qu'il y a différence de pression dans une tuyauterie, il y a obligatoirement déplacement de fluide (et inversement). (= *Pression Dynamique*)

**Conclusion:** Les "Pertes de Charge" n'existent que si le fluide dans la tuyauterie est en mouvement. Si il n'y a pas de mouvement (pas de débit), alors les "Pertes de Charges" sont nulles. *Il ne subsiste alors que les pressions dues aux hauteurs d'eau dans l'installation.*(= *Pression Statique*)

# Pertes de Charge

## Relation “Pertes de Charge” ↔ Débit

Nous avons vu que les pertes de charge dépendent du débit. En fait, plus on veut faire circuler le fluide rapidement dans l'installation (augmentation de débit) et plus il faudra le “pousser”. En d'autres termes, plus on augmente le débit et plus les pertes de charge augmentent également.

La relation entre “Perte de charge” et Débit d'un circuit fermé est donné par la formule suivante:

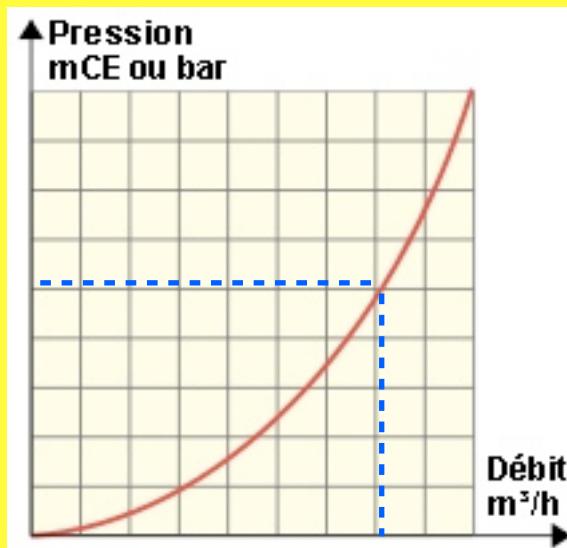
$$P_{\text{de charge}} = K \cdot Q^2$$

$P_{\text{dc}}$ : Perte de charge (bar, kPa, mCE, etc...)

K: Constante liée au conduit

(*si le conduit est modifié (ex: on bride une vanne), alors la constante K change*)

Q: Débit ( $m^3/h$ , l/h, ...)



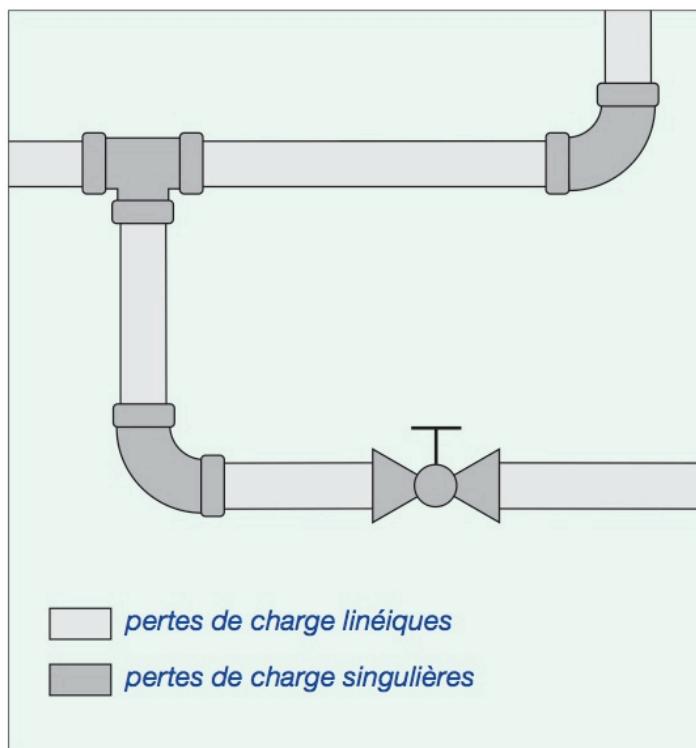
Avec cette formule, si on connaît le débit et la  $P_{\text{dc}}$  d'un circuit, il est simple de calculer la nouvelle  $P_{\text{dc}}$  si on augmente par exemple le débit: On calcule la constante K et ensuite on peut calculer les nouvelles valeurs de  $P_{\text{dc}}$  correspondant aux nouveaux débits.

# Pertes de Charge

---

## Calcul des Pertes de Charge d'un circuit

Dans un circuit, pour calculer sa perte de charge totale, on considère la somme des pertes dues aux tuyaux droits (= **pertes linéaires**) et la somme des pertes dues aux "accidents" de parcours (= **pertes singulières**)



La perte de charge total d'un circuit se calcule ainsi:

$$\Delta P = \sum \Delta P \text{ linéaires} + \sum \Delta P \text{ singulières}$$

$$\Delta P = \sum (L \cdot J) + \sum Z$$

$\Delta P$  : Perte de charge totale du circuit

$L$  : Longueur droite de tuyauterie

$J$  : Perte de charge au **mètre linéaire** de tuyauterie

$Z$  : Perte de charge singulière de chaque incident de parcours

# Pertes de Charge

## Les pertes de charge linéiques:

Ces pertes de charge se calcule mathématiquement grâce à la formule suivante:

$$J = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

- type d'écoulement et de la qualité du tube: ( $\lambda$ ) sans dimension
- diamètre de la conduite: ( $1/d$ ) en mètre
- pression dynamique: ( $v^2 / 2g$ ) en mètre
- $J$  est exprimé en mètre de colonne de fluide (mCE/m si c'est de l'eau)

En pratique, on préfère utiliser des abaques (avec échelle logarithmique) qui permettent d'obtenir directement la valeur de  $J$  recherchée.

Ces abaques sont établis en fonction de :

- la viscosité et la masse volumique de l'eau (donc de sa température)
- la rugosité des conduites (donc leurs natures)

Nous choisirons donc d'utiliser un de ces abaques en fonction de la température de l'eau (15, 60 ou 80 °C) et du type de canalisation (acier ou cuivre).

Ces abaques permettent de déterminer graphiquement :

- le débit volumique (en L/h ou en m<sup>3</sup>/h)
- le débit massique (en kg/h ou en t/h)
- la vitesse de circulation (en m/s)
- la tuyauterie (diamètre intérieur ou diamètre extérieur et épaisseur)
- la perte de charge linéaire (en mmCE/m)

### Vitesse d'écoulement dans la tuyauterie:

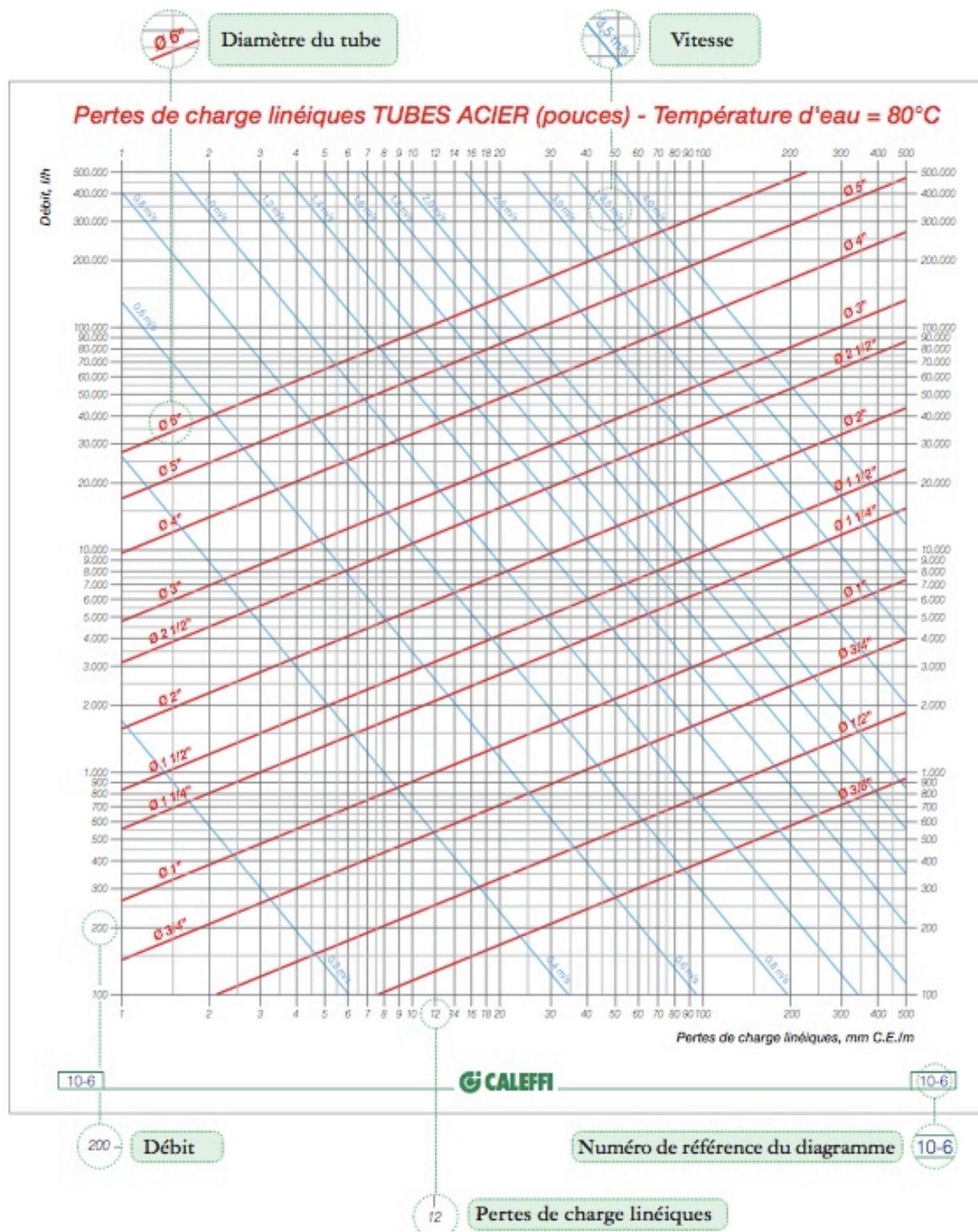
Selon la puissance à fournir à un bâtiment, on en déduit un débit (m<sup>3</sup>/h) dans les tuyauteries. En fonction du diamètre de cette tuyauterie, la vitesse d'écoulement de l'eau (m/s) sera plus ou moins importante. Pour éviter les bruits dans l'installation, et l'abrasion, il ne faut pas avoir des vitesses trop élevées:

- Dans les locaux d'habitation: **0,5 m/s** maximum
- Dans les couloirs et dégagements: **0,8 m/s** maximum
- En chaufferie et locaux techniques: **1 m/s** maximum

# Pertes de Charge

Lecture d'abaque:

EXEMPLE DE DIAGRAMME PROPOSÉ POUR  
LES PERTES DE CHARGE LINÉIQUES - TUBES ACIER



# Pertes de Charge

## Les pertes de charge singulières:

Comme nous l'avons déjà dit, ces pertes de charge sont dues à des pièces spéciales qui modifient la direction ou la section de passage du fluide. Pour calculer la valeur des pertes de charge singulières, on utilise en général la formule suivante :

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81}$$

Z = Perte de charge singulière en mmCE

$\xi$  = Coefficient **dzêta** de perte singulière (sans unité)

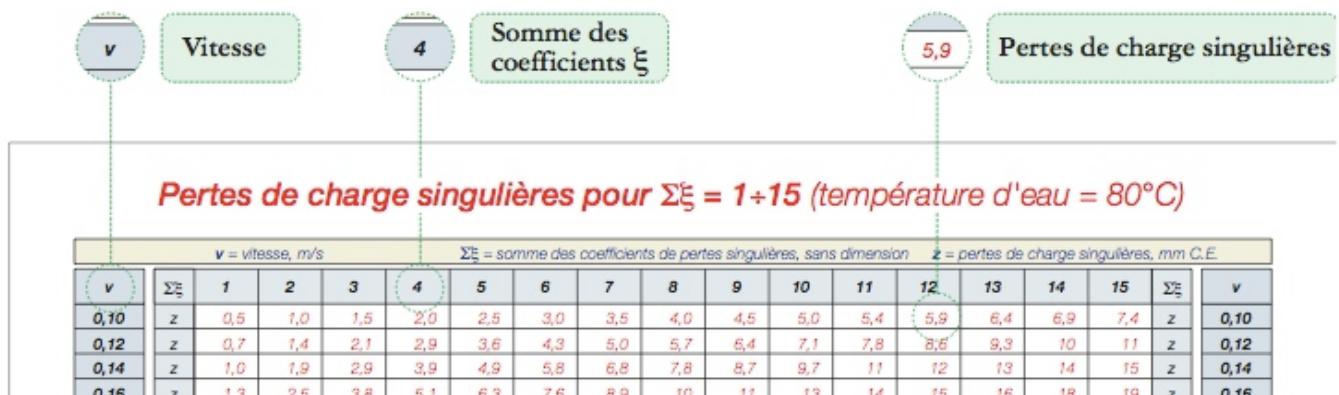
$\rho$  = Masse volumique de l'eau ( $\text{kg/m}^3$ )

$v =$  Vitesse moyenne de l'eau (m/s)

On peut calculer la valeur des coefficients [  $\xi$  ] avec des formules (dans les cas de géométrie simple) ou la déterminer par des essais en laboratoire.

En pratique, on utilise des tables qui donnent la valeur des coefficients de perte singulière [  $\xi$  ] pour les raccords et les composants les plus utilisés dans les installations hydrauliques (Té, Coude, Elargissement, ...).

Une fois ce coefficient [  $\xi$  ] connu, on calcule facilement la perte singulière  $Z$  en fonction de la vitesse  $V$  de l'eau (il existe également des tables qui donnent directement  $Z$  en fonction de [  $\xi$  ] et de  $V$ ):



## Pertes de Charge

La détermination des coefficients dzêta [  $\xi$  ] n'est pas simple. Il est préférable de se fier aux indications données par le constructeur du raccord car même pour des raccords apparemment identiques, les coefficients [  $\xi$  ] peuvent être différents.

Les tables suivantes donnent néanmoins une bonne estimation de la valeur du coefficient [  $\xi$  ] pour les principaux raccords rencontrés dans les installations hydrauliques:

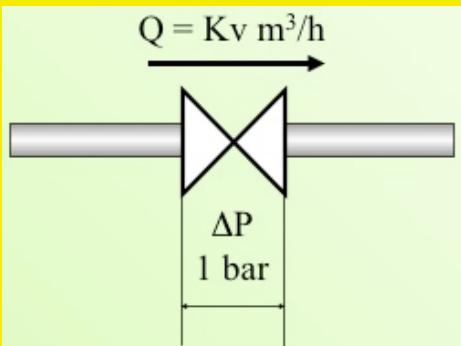

La flèche indique l'endroit où la vitesse doit être prise en compte, ceci permet de définir à quel tronçon appartient la perte de charge singulière.

D mm		CUIVRE	8	10	12	14	16	20 25	30 32	36	40	50	> 50
		ACIER	8	12		15	21	25	33	40	50	> 50	
COUDE D'EQUERRE		90°	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,3
		45°	1	1	1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3	0,2
COUDE ARRONDI		90°	2	2	1,5	1,5	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,5
		45°	1,3	1,3	1	1	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,3
VANNE PAPILLON		OUVERTE	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
ROBINET VANNE			1,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2
ROBINET A SOUPAPE		→	16	16	15	14	14	12	10	8	6		
		└→	10	10	9	8	8	7	6	5	4		
ROBINET A DOUBLE REGLAGE		→	à biseau	4		4	3	2	2				
		└→	à soufflet ou pointeau	14		14	12	10	8				
		→	à biseau	7		7	6	4	4				
		└→	à soufflet ou pointeau	9		7	7	5	5				
COUDE DE REGLAGE					9		8	7					
TE DE REGLAGE					15		14	12					

# Kv et Autorité d'une vanne

## Définition du Kv d'une Vanne de Régulation

Le Kv d'une vanne est le **débit en m<sup>3</sup>/h** qui occasionnerait dans la vanne grande ouverte une perte de charge de **1 bar**.



La connaissance du Kv permet donc de connaître la constante K de la formule donnant les pertes de charge (voir paragraphe précédent):  $P_{dc} = K \cdot Q^2$ :

$$Kv = K \cdot (1 \text{ bar})^2$$

*Pour avoir la  $P_{dc}$  en mmCE, on convertit  
1 bar par sa valeur exacte soit 10200 mmCE*

Pour une vanne, le rapport entre 2 débits correspondant à 2 pertes de charge peut s'écrire ainsi (sous réserve qu'on ne touche pas au réglage de la vanne):

$$\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \left[ \frac{Q_1}{Q_2} \right]^2$$

Il est facile de faire apparaître le Kv dans cette formule:

$$\frac{\Delta P}{1 \text{ bar}} = \left[ \frac{Q}{Kv} \right]^2$$

## Kv et Autorité d'une vanne

Il est donc facile de répondre aux questions suivantes qui peuvent se poser au technicien:

- Quel est le Kv d'une vanne qui engendre une perte de charge  $\Delta P$  pour un débit Q ?

$$Kv = \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{\Delta P}} \cdot Q$$

ou

$$Kv = \sqrt{\frac{10200 \text{ mmCE}}{\Delta P}} \cdot Q$$

- Quelle est le débit Q d'une vanne de Kv donné provoquant une perte de charge  $\Delta P$ ?

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta P}{1 \text{ bar}}} \cdot Kv$$

ou

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta P}{10200 \text{ mmCE}}} \cdot Kv$$

- Quelle est la perte de charge  $\Delta P$  d'une vanne de Kv donné traversée par un débit Q?

$$\Delta P = \left[ \frac{Q}{Kv} \right]^2 \cdot 1 \text{ bar}$$

ou

$$\Delta P = \left[ \frac{Q}{Kv} \right]^2 \cdot 10200 \text{ mmCE}$$

Le terme Kv est un terme général. On peut également parler de:

<u>Kvs</u>	Kv vanne grande ouverte
<u>Kvn</u> ou <u>Qn</u>	Kv nominal des robinets thermostatiques (Kv à la levée nominale)
<u>Kvo</u>	Kv vanne fermée aussi appelé « débit de fuite » Le taux de fuite ( <u>Kvo</u> / <u>Kvs</u> ) doit être inférieur à 0,05 % pour une vanne neuve.
<u>Cv</u>	Utilisé aux États-Unis, débit en USg/h occasionnant dans une vanne grande ouverte une perte de charge de 1 PSI $Kv = 0,86 \text{ Cv}$ $Cv = 1,16 \text{ Kv}$

# **K<sub>v</sub> et Autorité d'une vanne**

## **Autorité d'une Vanne**

Le rôle d'une vanne de régulation est de modifier le débit. Idéalement, lorsque la vanne est ouverte à 100%, elle laisse passer 100% du débit. Quand on la ferme de 20%, on s'attend à ce qu'elle laisse passer 80% du débit et ainsi de suite. Cela sera vrai si la vanne possède une bonne "**autorité**". Une vanne aura une bonne autorité si elle peut modifier le débit sur toute sa levée.

Mais si ce n'est pas le cas, alors il sera difficile, voir impossible de régler finement le débit. Par exemple, en fermant un peu la vanne, le débit ne changera pas et il faudra continuer à fermer la vanne pour voir le débit chuter brusquement.

L'autorité d'une vanne de régulation (a) aussi appelée "perte de charge relative" est définie ainsi:

$$a = \frac{\Delta P_v}{\Delta P_v + \Delta P_r}$$

$\Delta P_v$  = Perte de charge de la **Vanne de régulation**

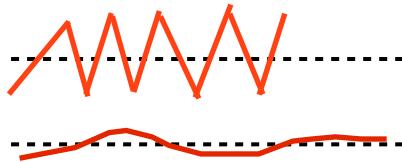
$\Delta P_r$  = Perte de charge du **Réseau à débit variable**

**L'autorité de la vanne doit être comprise entre 0,3 et 0,7, l'idéal se situant à 0,5**

C'est aussi la raison pour laquelle il faut installer une vanne de réglage sur la voie de recyclage de la vanne afin d'obtenir en la fermant un peu une perte de charge plus ou moins équivalente à la perte de charge du réseau à débit variable.

Un mauvais choix de vanne (c.a.d avec une mauvaise autorité) provoquera une régulation qui "pompe".

C'est à dire que la régulation se fera par à coup:



au lieu de se faire de manière beaucoup plus lisse:

Une V3V qui "pompe" constamment finira par lâcher ou fuir.

# K<sub>v</sub> et Autorité d'une vanne

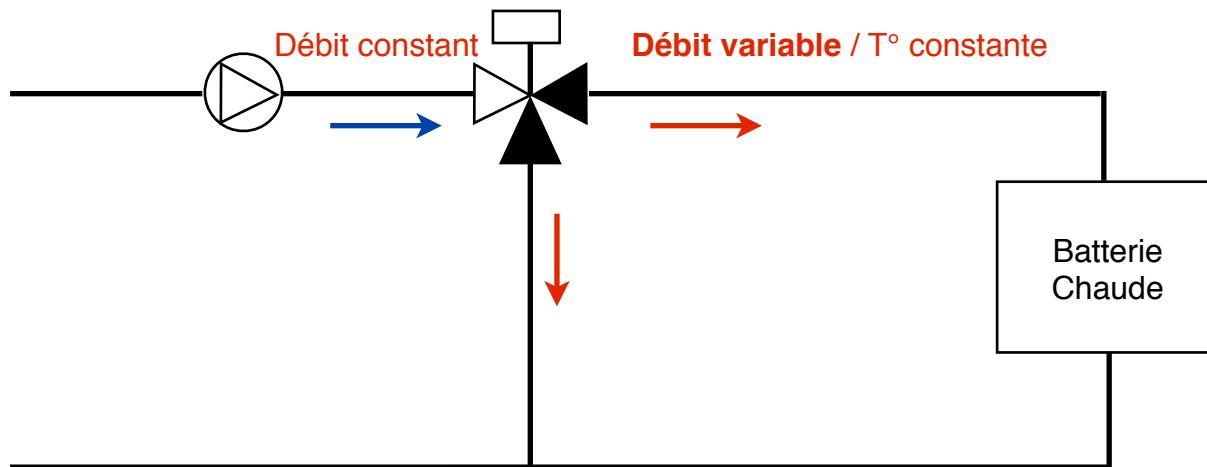
## Exercice de Calcul de K<sub>v</sub> et Choix d'une Vanne

Soient 2 batteries avec les caractéristiques suivantes:

- Batterie Froide: Eau glacée 5°/10°  
Pdc = 19,9 kPa (= 1,99 mCE = 1990 mmCE)  
Puissance = 16,9 KW (chaleur sensible + chaleur latente)
- Batterie Chaude: Eau 80°/60°  
Pdc = 1,1 kPa (= 0,11 mCE = 110 mmCE)  
Puissance = 12 KW

### 1) Vérifier que la V3V installée pour la batterie chaude est correcte (K<sub>v</sub> = 4)

Pour alimenter des batteries, la V3V est en général toujours montée en "mélange":



- Débit nécessaire:  $P = D \cdot 1,16 \cdot 20$   
 $D = P / (1,16 \cdot 20) = 12 \text{ kW} / 23,20 = 0,52 \text{ m}^3/\text{h}$
- La V3V idéale pour le circuit d'eau chaude doit présenter à 0,52 m<sup>3</sup>/h de débit **la même perte de charge** que la batterie (*on néglige les Pdc dues aux longueurs de tuyaux car la vanne est placée très proche de la batterie*). Ainsi, on aura bien une autorité de 0,5.

$$Kv (\text{idéal}) = \sqrt{(10200 \text{ mmCE} / 110 \text{ mmCE})} \times 0,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Kv = 5**

## K<sub>v</sub> et Autorité d'une vanne

---

- En regardant dans le catalogue de Trend, on s'aperçoit qu'on a le choix entre une vanne de K<sub>v</sub> = 4 et une de K<sub>v</sub> = 6,3.

Quelle vanne choisir?  $\Leftrightarrow$  On va choisir celle qui à l'autorité la plus proche de 0,5:

Calcul de la Pdc d'une vanne de K<sub>v</sub> = 4 lorsqu'elle est traversée par un débit de 0,52 m<sup>3</sup>/h:

$$\begin{aligned} Pdc &= (Q/Kv)^2 \cdot 1 \text{ bar} = (0,52/4)^2 = 0,0169 \text{ bar} \\ &= 1,69 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Autorité de cette vanne: } a &= \Delta PV / (\Delta PV + \Delta PR) \\ a &= 1,69 / (1,69 + 1,1) \\ a &= 0,6 \end{aligned}$$

Calcul de la Pdc d'une vanne de K<sub>v</sub> = 6,3 lorsqu'elle est traversée par un débit de 0,52 m<sup>3</sup>/h:

$$\begin{aligned} Pdc &= (Q/Kv)^2 \cdot 1 \text{ bar} = (0,52/6,3)^2 = 0,0068 \text{ bar} \\ &= 0,68 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Autorité de cette vanne: } a &= \Delta PV / (\Delta PV + \Delta PR) \\ a &= 0,68 / (0,68 + 1,1) \\ a &= 0,3 \end{aligned}$$

- On choisira donc la vanne avec un K<sub>v</sub> = 4 car c'est elle qui a l'autorité la plus proche de 0,5.

## 2) Calculer maintenant le K<sub>v</sub> de la vanne 3 voies du circuit d'eau froide

Le montage est le même que pour la batterie d'eau chaude (montage en "répartition").

- Débit nécessaire:  $P = D \cdot 1,16 \cdot 5$   
 $D = P / (1,16 \cdot 5) = 16,9 \text{ kW} / 5,8 = 2,91 \text{ m}^3/\text{h}$

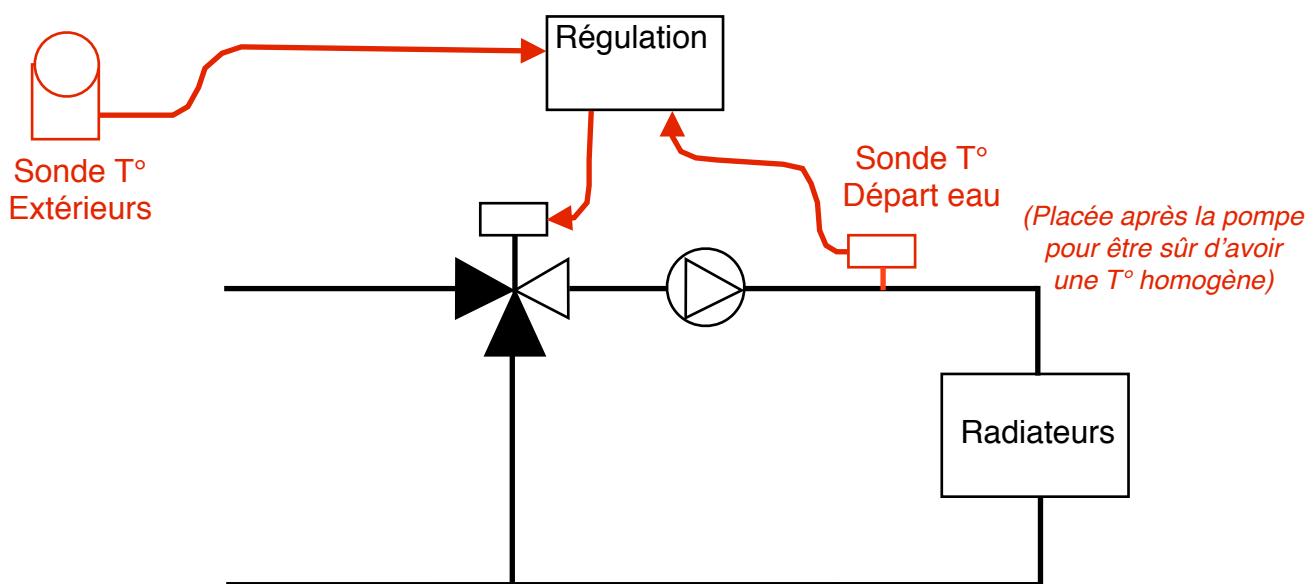
- La V3V idéale pour le circuit d'eau froide doit présenter à 2,91 m<sup>3</sup>/h de débit **la même perte de charge** que la batterie. Ainsi, on aura bien une autorité de 0,5.

$$\begin{aligned} K_v (\text{idéal}) &= \sqrt{(10200 \text{ mmCE} / 1990 \text{ mmCE})} \times 2,91 \text{ m}^3/\text{h} \\ K_v &= 6,58 \end{aligned}$$

# K<sub>v</sub> et Autorité d'une vanne

## Remarques Pratiques sur les vannes 3 voies

- Une vanne 3 voies (ou 2 voies) est pilotée par un servomoteur qui lui même est piloté par la régulation. Cette régulation décide de l'action de la vanne en fonction de la "Loi de Chauffe" programmée, de la sonde de température extérieure et de la sonde de température de départ d'eau:



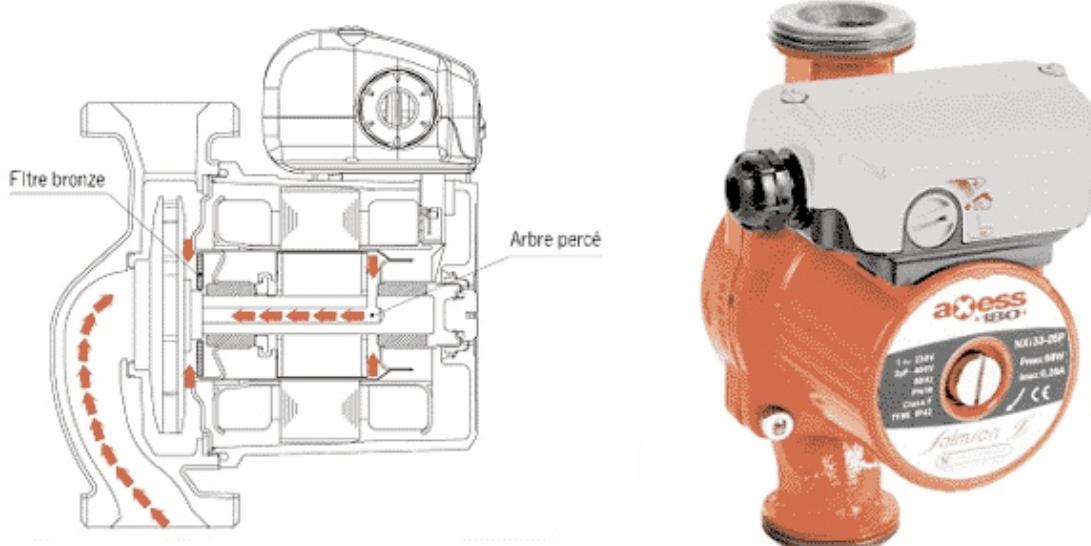
- Pour avoir une autorité correcte, le diamètre des conduits de la vanne est inférieur à celle des tuyaux de l'installation. Plus les conduits sont étroits par rapport aux tuyaux et plus la vanne aura de l'autorité.
- La vitesse d'ouverture / fermeture d'une vanne 3 voies est importante. Si elle est trop rapide, alors la vanne risque de pomper sans que les radiateurs chauffent correctement. En effet: la vanne s'ouvre rapidement et provoque un brusque et important apport d'eau chaude. La sonde de T° départ eau monte très rapidement ce qui provoque la fermeture de la vanne alors que l'eau chaude n'est pas encore parvenue aux radiateurs.

# Circulateurs et Pompes

## Les 2 Types de Circulateurs / Pompes

- **Les pompes équipées de moteur à « rotor noyé »** : il s'agit de petites et moyennes pompes appelées **circulateur** ou **accélérateur**.

Le rotor de leur moteur électrique « baigne » dans l'eau véhiculée qui sert aussi à en lubrifier les paliers. L'intérêt de cette technologie consiste à s'affranchir de l'utilisation d'un ventilateur pour le refroidissement du moteur. Celui-ci est assuré par l'eau véhiculée, ce qui permet d'obtenir un niveau sonore très faible tout en limitant les risques de fuite.



Les pompes à « rotor noyé » sont généralement utilisées sur les installations individuelles ou dans les sous stations.

- **Les pompes « à rotor sec »** : le moteur et le corps de pompe sont parfaitement séparés par un système d'étanchéité de type :

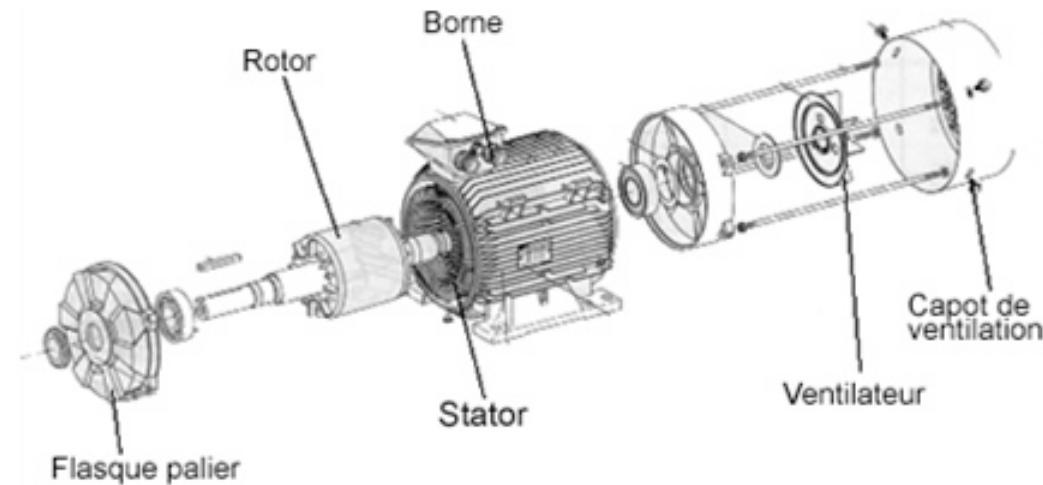
**Presse-étoupe** : l'étanchéité est réalisée par une sorte de joint comprimé ; celle-ci, par principe, ne doit pas être totalement parfaite et impose d'évacuer un goutte à goutte appelé « égouttures ».

**Garniture mécanique** : l'étanchéité est réalisée par un dispositif comprenant une bague de friction et un joint tournant ; les faces sont usinées avec un soin extrême et la mise en œuvre exige des précautions; ce dispositif est totalement étanche

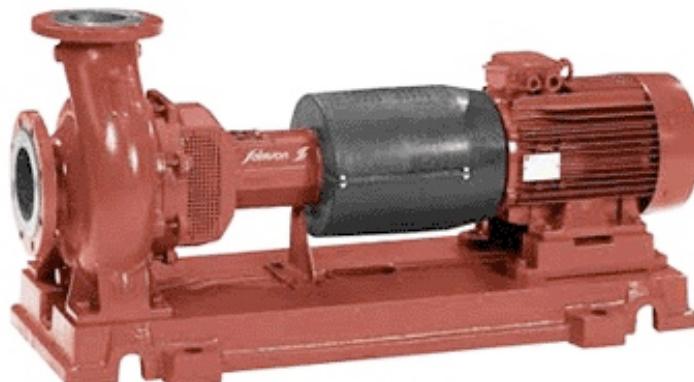
Le moteur des pompes « à rotor sec » est refroidi par un ventilateur installé en bout d'arbre. Dans l'éclaté ci-dessous, le ventilateur dessiné permet le refroidissement du moteur.

# Circulateurs et Pompes

---



Corps de pompe seul



Corps de pompe et son moteur électrique

Les pompes à rotor sec sont utilisées principalement sur **les circuits primaires** des chaufferies où les aspects bruit liés au ventilateur sont moins importants.

## Pompes Normalisée / Pompes en Ligne

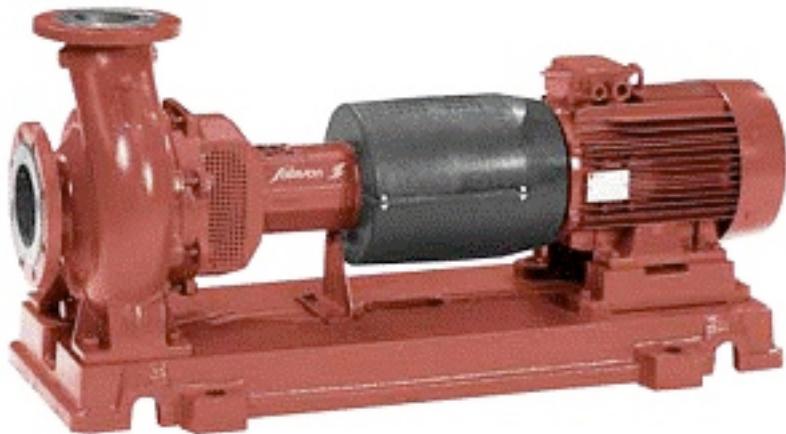
### Les pompes normalisées

Elles disposent d'une aspiration horizontale et d'un refoulement vertical ; leur diamètre d'aspiration est plus grand que celui du refoulement.  
Elles sont ainsi réalisées selon des normes (EN 733, DIN 24255), ce qui en facilite la maintenance et le remplacement.

## Circulateurs et Pompes

---

Les pompes normalisées disposent d'une aspiration horizontale et d'un refoulement vertical ; leur diamètre d'aspiration est plus grand que celui du refoulement.



### Les pompes en ligne

Elles sont dites « in line » et ne sont pas normalisées ; ce sont des pompes dont les fabricants ont aligné l'aspiration et le refoulement.

- Si leur poids le permet, elles sont raccordées directement sur la tuyauterie.
- A défaut, elles sont fixées sur **un massif en béton** par l'intermédiaire **d'un socle en tôle** lequel peut aussi être placé directement au mur.
- Elles sont de même diamètre à l'aspiration et au refoulement.



# Circulateurs et Pompes

---

## Raccords Union et Brides

Les circulateurs (petites pompes à rotor noyé) sont tous de type « in line ». Leur faible poids permet leur installation directe sur la tuyauterie entre **raccords union ou entre brides**.

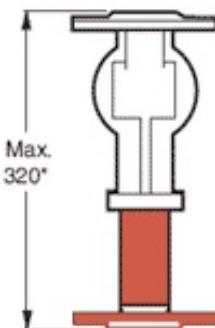
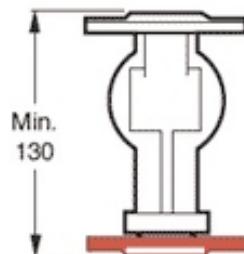


Circulateur à raccorder  
entre raccords union



Circulateur à raccorder  
entre brides

**Les modèles à entraxe variables** (dit zoom) permettent à l'aide d'une bride mobile le remplacement rapide d'un ancien appareil sans modification de la tuyauterie:



# Circulateurs et Pompes

---

## Pompes Simples et Doubles

Les pompes doubles disposent d'un corps commun et de 2 roues, entraînées par 2 moteurs. Les pompes à une seule roue sont appelées pompes simples

Les pompes doubles permettent :

- De disposer d'un secours en cas de problème sur l'une des roues ou l'un des moteurs.
- D'obtenir éventuellement plus de débit pour un fonctionnement simultané des 2 roues. On dit alors que les pompes fonctionnent en parallèle.  
L'augmentation de débit ne sera réelle que si la résistance hydraulique du réseau n'est pas excessive



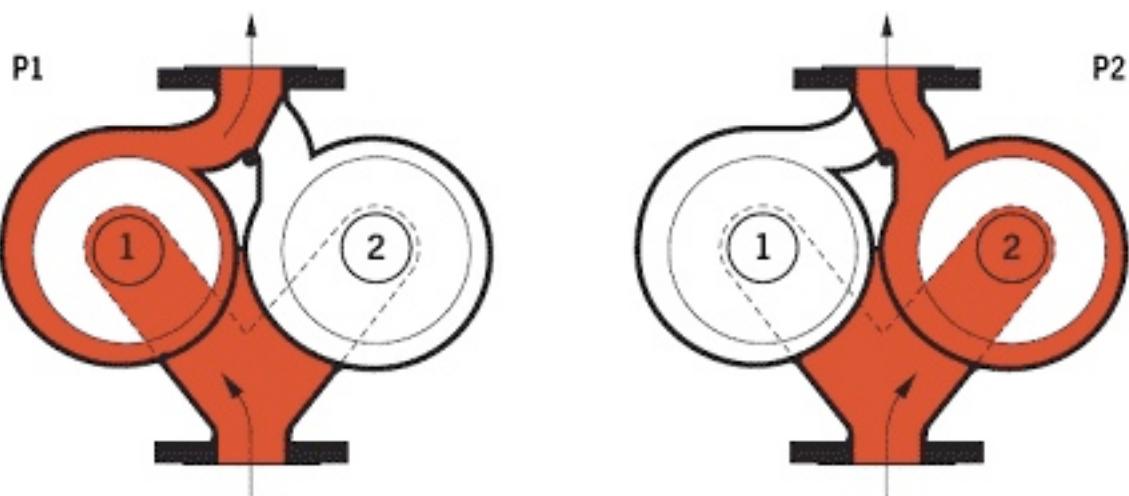
# Circulateurs et Pompes

---

## Fonctionnement alterné

Une pompe est en secours de l'autre, ce qui assure une sécurité de fonctionnement, sans arrêt de l'installation. La programmation de la permutation peut être effectuée sur le coffret de commande.

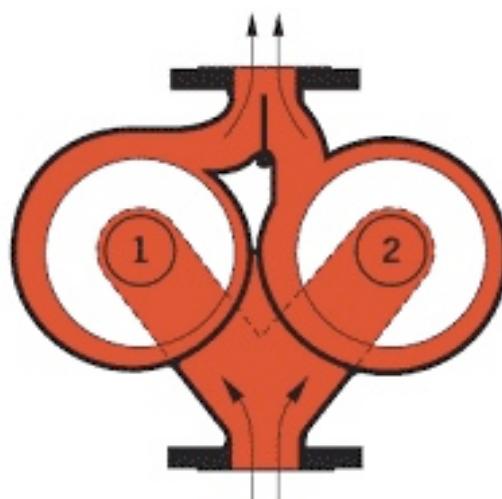
*Fonctionnement alterné : P1 ou P2*



## Fonctionnement en parallèle

Pour un débit demandé, le fonctionnement prévu en parallèle de 2 pompes, permet une économie substantielle aussi bien à l'achat qu'à l'exploitation. Les performances hydrauliques maximales requises seront fournies par le fonctionnement en parallèle des 2 pompes, mais une seule pompe en marche pourra assurer environ 85% des performances requises par l'installation.

*Fonctionnement en parallèle : P1 + P2*



# Circulateurs et Pompes

## Point de Fonctionnement d'un Circulateur

La notion de "point de fonctionnement" est très importante à comprendre. Elle permet de pouvoir sélectionner le circulateur adapté au circuit hydraulique.

Nous avons déjà vu que pour mettre de l'eau en mouvement dans une tuyauterie, il fallait créer une différence de pression (l'eau se déplaçant de la pression élevée vers la pression basse).

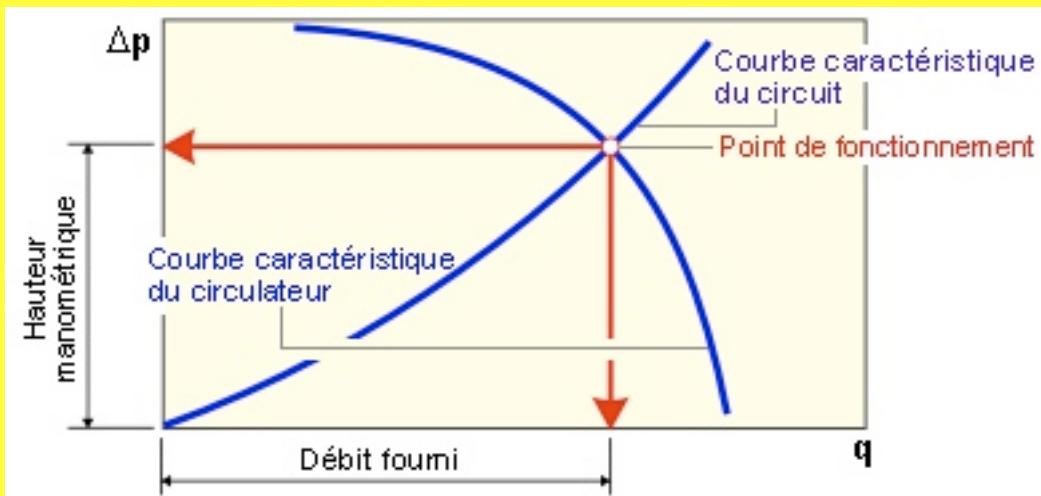
Nous avons également vu que cette différence de pression est liée à la perte de charge du circuit hydraulique.

### Point de Fonctionnement

Si l'on branche un circulateur sur un circuit de distribution, il stabilisera son débit à une valeur pour laquelle la pression qu'il fournit équivaut à la résistance du circuit (= *pertes de charge*).

Ce point est le seul point de fonctionnement possible. Il correspond à l'intersection de la [courbe caractéristique du circulateur et du circuit](#).

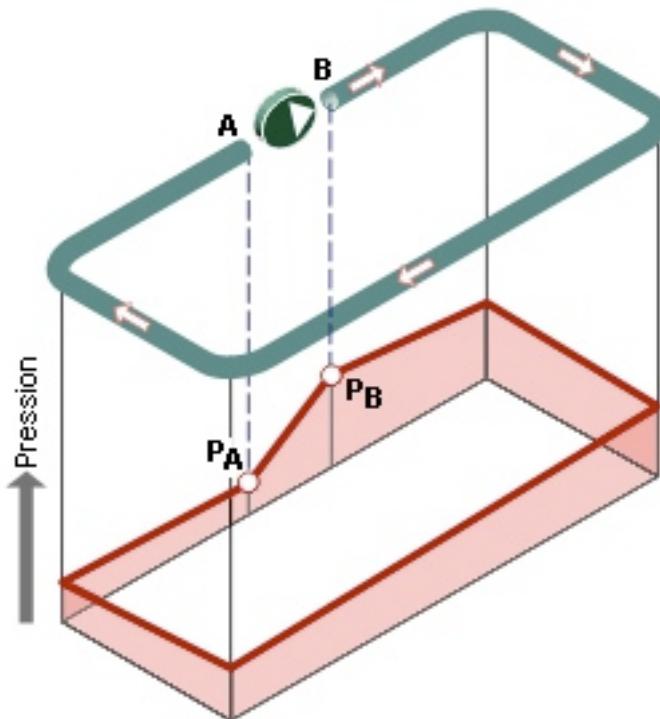
Il définit la [hauteur manométrique](#) et le débit fourni par le circulateur lorsque, fonctionnant à une vitesse donnée, il est raccordé au circuit considéré.



# Circulateurs et Pompes

## Hauteur Manométrique d'une Pompe

C'est la différence de pression entre l'entrée de la pompe (**aspiration**) et la sortie (**refoulement**). Comme nous venons de le voir, cette différence de pression est égale aux pertes de charge du circuit sur lequel est branchée la pompe:

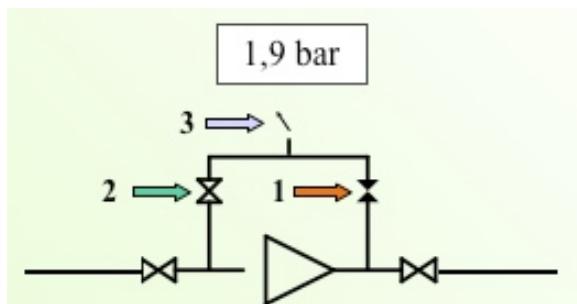


$$\text{Hauteur Manométrique} = P_B \text{ (refoulement)} - P_A \text{ (aspiration)}$$

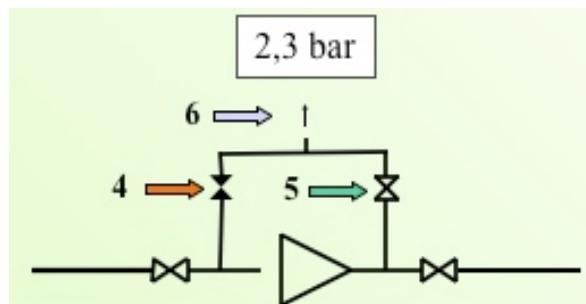
La hauteur manométrique s'exprime en général en mCE.

Elle est facilement mesurable en chaufferie car en général, les monteurs ont prévu le branchement d'un manomètre en parallèle de la pompe. Exemple:

Pression à l'aspiration:



Pression au refoulement:



$$\text{Hauteur Manométrique} = 2,3 - 1,9 = 0,4 \text{ bar} = 4 \text{ mCE}$$

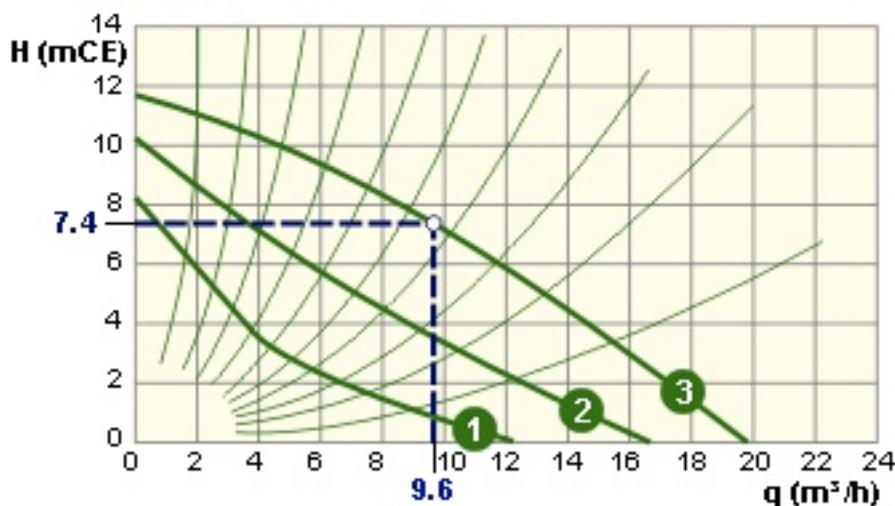
(4 mCE représente donc la perte de charge du circuit alimenté)

# Circulateurs et Pompes

## Courbes Caractéristiques d'une Pompe

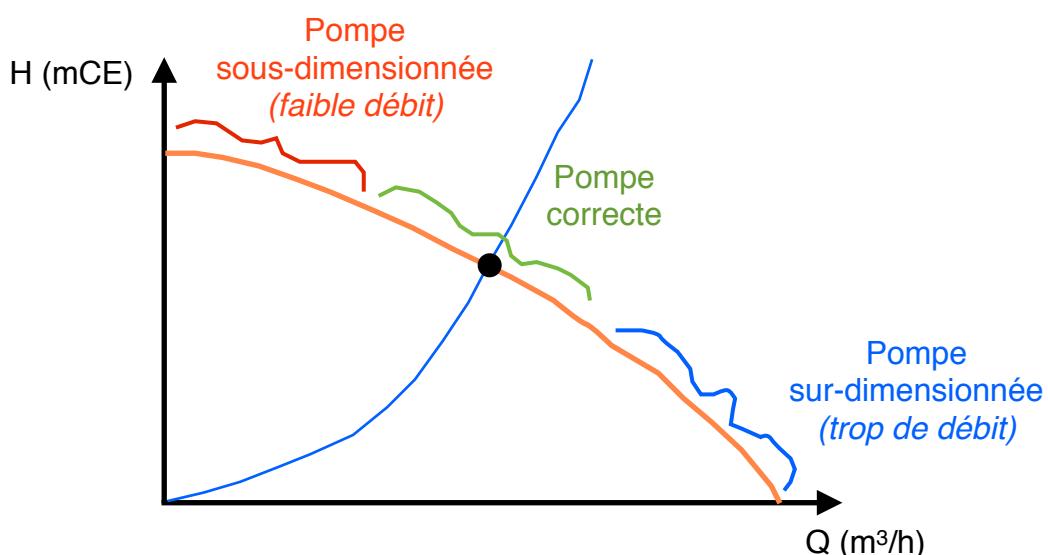
Les performances des circulateurs sont répertoriées sous forme de courbes caractéristiques reprises dans la documentation des fabricants.

On retrouve, dans les courbes caractéristiques, la **hauteur manométrique totale** (en mCE ou en bar) que peut fournir le circulateur en fonction du débit, pour chaque vitesse possible du circulateur:



*Courbes caractéristiques d'un circulateur standard à 3 vitesses.*

Selon la position du point de fonctionnement sur la courbe caractéristique de la pompe, on peut savoir si on a fait le bon choix de pompe ou bien si elle est sur-dimensionnée ou bien sous-dimensionnée pour le réseau:

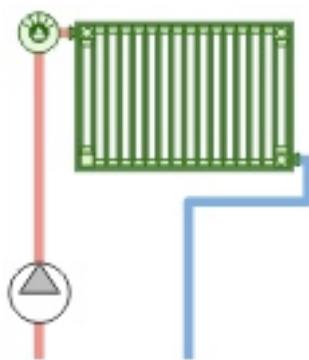


# Circulateurs et Pompes

## Comportement d'une pompe sur un circuit équipé de vannes 2 voies

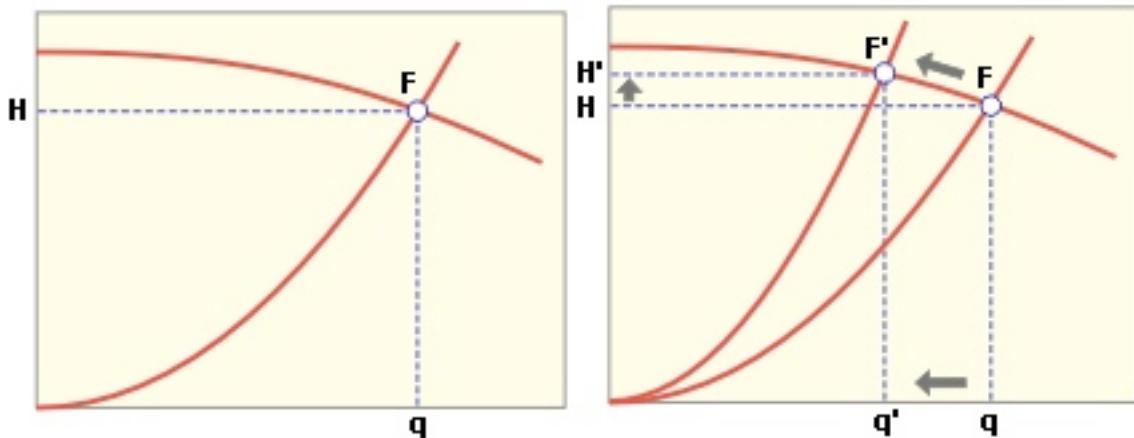
Un circulateur standard possède une vitesse de rotation fixe quelle que soit la charge du réseau (*nous verrons après le fonctionnement des circulateur à vitesse variable*). Que se passe-t-il alors lorsque les vannes 2 voies (vannes thermostatiques en général) se ferment?

1) Etudions d'abord le cas d'un circuit simple équipé d'une vanne thermostatique:



La température est presque atteinte dans le local. Le débit d'alimentation du radiateur doit diminuer. La vanne se ferme.

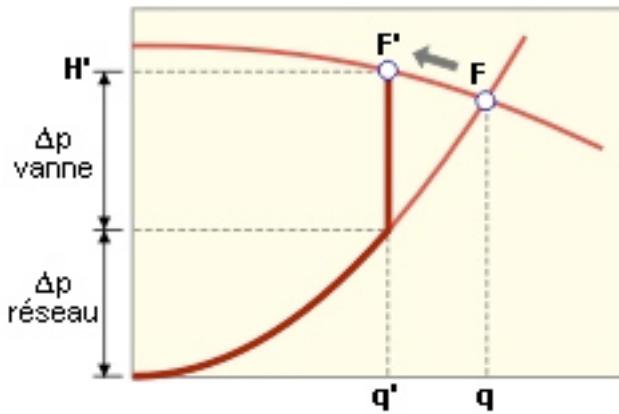
Lorsque la vanne thermostatique se ferme, la **courbe caractéristique du circuit** se redresse et le point de fonctionnement passe de F à F':



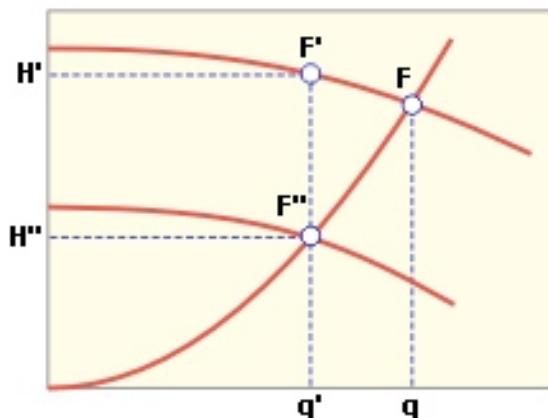
L'augmentation de la perte de charge suite à la fermeture de la vanne entraîne une augmentation de la pression délivrée par le circulateur ainsi qu'une diminution du débit.

# Circulateurs et Pompes

Mais on aurait pu également représenter cette évolution comme suit :



Le débit ayant diminué, le  $\Delta p$  du réseau a diminué également. Et une perte de charge locale supplémentaire  $\Delta p_{\text{vanne}}$  a été provoquée pour freiner le débit. Ce  $\Delta p_{\text{vanne}}$  est provoqué en pure perte ! Idéalement, c'est la vitesse du circulateur qui aurait du diminuer :



*Diminution de la vitesse du ventilateur pour atteindre de débit  $q'$  souhaité.*

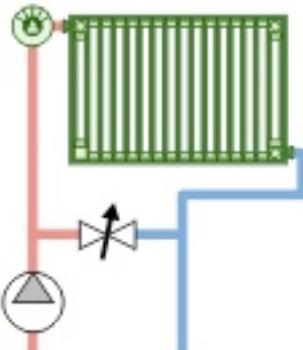
$H''$  est suffisant pour générer un débit  $q'$  dans le radiateur! La pompe s'adapte alors aux besoins et suit la courbe du réseau. La consommation énergétique est minimale.

**"Freiner avec une vanne thermostatique, c'est un peu appuyer sur la pédale de frein sans lâcher l'accélérateur !"**

Mais les installations ne comprennent pas qu'un seul radiateur, et la solution qui consiste à réguler la vitesse du circulateur par un thermostat d'ambiance et de se passer de vanne thermostatique n'est malheureusement pas applicable.

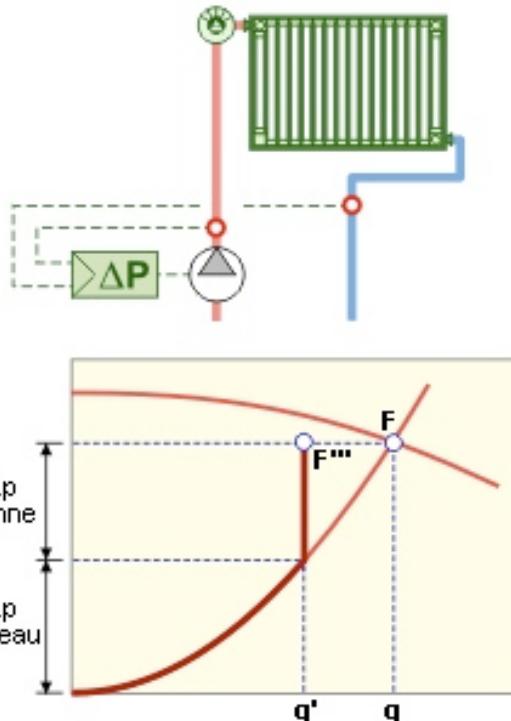
## Circulateurs et Pompes

2) Et si on plaçait une soupape à pression différentielle?



Le débit qui ne passa pas dans le radiateur est à présent by-passé dans la soupape. Le circulateur n'y voit que du feu ! Autrement dit, la consommation restera identique.

3) Et si on plaçait un circulateur à vitesse variable réglé pour maintenir la pression?

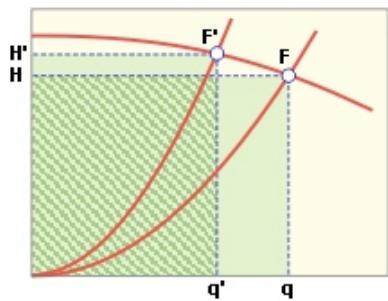


*Diminution de la vitesse du circulateur pour maintenir une pression constante dans le réseau. Le [point de fonctionnement](#) devient  $F'''$*

Cette solution apparaît comme une demi-mesure : le réseau n'a plus besoin d'une pression identique puisque le débit de l'eau a diminué, entraînant la diminution des pertes de charge. L'économie d'énergie est donc partielle.

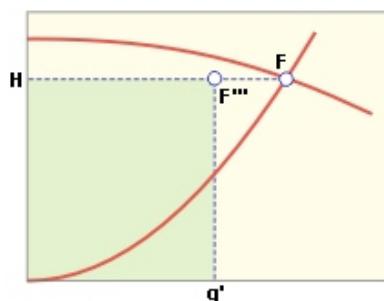
# Circulateurs et Pompes

Comparons les niveaux d'énergie des différentes solutions (les surfaces en vert symbolisent la puissance absorbée par le circulateur) :



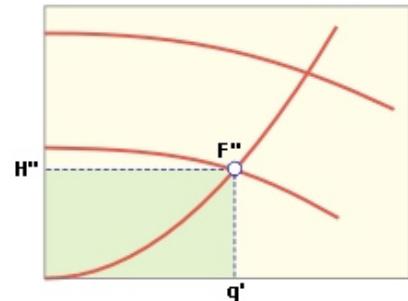
1) Etranglement

Très peu économique



2) Réduction de vitesse  
pour maintenir une  
pression constante

Peu économique



3) Réduction de vitesse  
pour suivre la courbe  
caractéristique du circuit

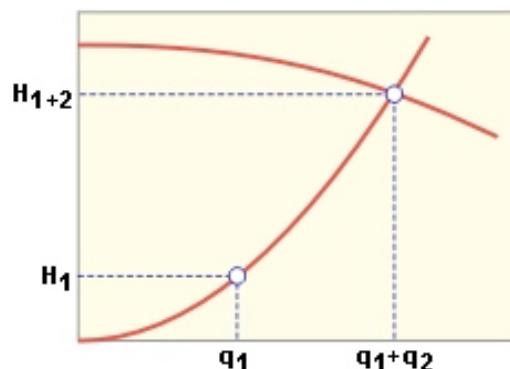
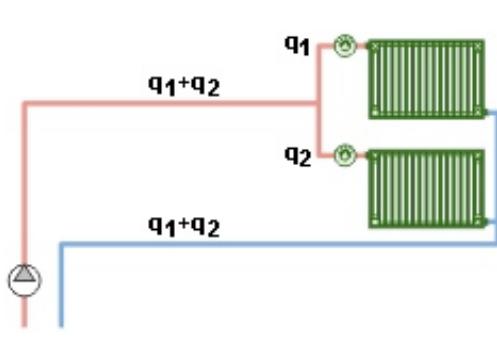
Très économique

4) Et si plusieurs vannes sont présentent sur le réseau?

Si plusieurs vannes sont présentes sur le réseau, faut-il toujours essayer de réduire la vitesse en restant sur la courbe du réseau ?

La situation est un peu plus complexe car plusieurs réseaux sont mis en parallèle et en série.

Si le réseau commun représente l'essentiel de la perte de charge : **OUI**

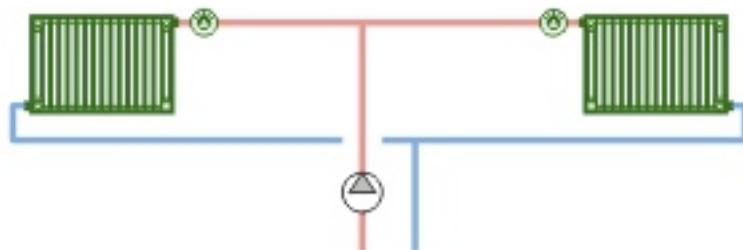


La fermeture de  $q_2$  peut être interprétée comme dans le cas précédent, en bonne approximation. C'est le cas des longs réseaux de chaleur entre chaufferie et sous-stations : le pilotage de la pompe nécessite des prises d'informations dans les sous-stations (télégestion obligatoire).

# Circulateurs et Pompes

---

Si le réseau commun est court et que chaque radiateur comporte son propre circuit : **NON**



Lorsqu'un des radiateurs se fermera, le débit total diminuera mais son influence est faible sur les pertes de charges à vaincre par le circulateur. La pression disponible pour l'autre radiateur doit pratiquement rester identique.

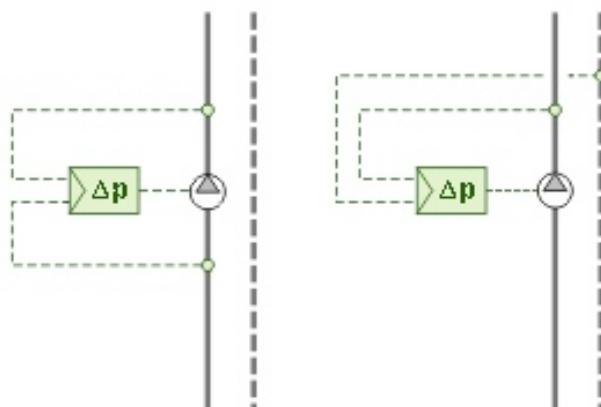
## Modes de Régulation des Circulateurs à Vitesse Variable

Nous allons préciser ce qui vient d'être dit dans le paragraphe précédent.

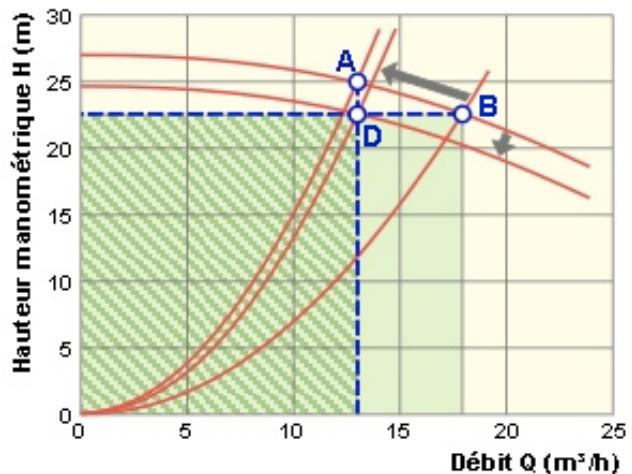
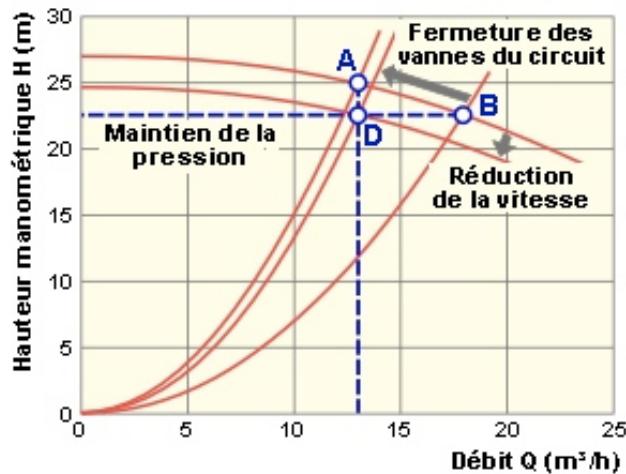
Lorsque sous l'effet d'apports de chaleur gratuits, les vannes thermostatiques (ou les vannes 2 voies de zone) se ferment, la pression dans le réseau augmente avec une influence néfaste sur le fonctionnement des vannes restées ouvertes. Les circulateurs électroniques vont automatiquement adapter leur vitesse en fonction de la fermeture des vannes de régulation (donc en fonction des besoins thermiques).

Deux types de régulation sont possibles dans ce type d'équipement :

- soit la vitesse de rotation du circulateur est adaptée automatiquement pour **maintenir la pression constante** dans le circuit, quel que soit le degré d'ouverture des vannes des régulations (*comme nous l'avons vu précédemment*):

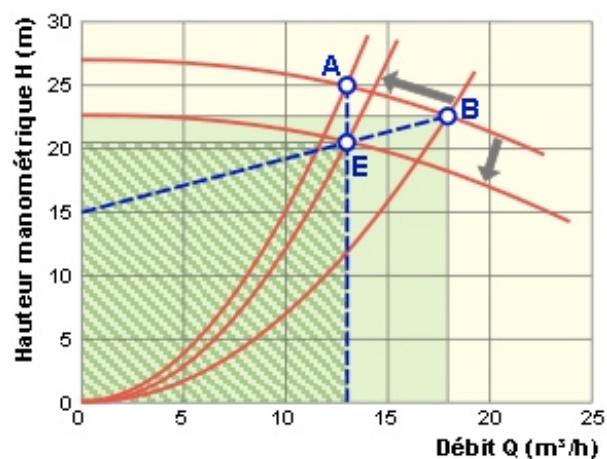
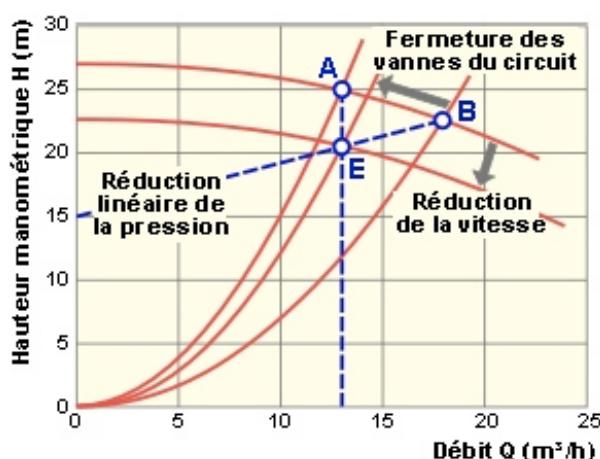


# Circulateurs et Pompes



Utilisation d'un circulateur à vitesse variable : le circulateur diminue sa vitesse automatiquement pour assurer le maintien d'une pression différentielle constante en un point choisi du réseau. La solution de la prise de pression entre le départ et le retour en un point du circuit n'est pas standard pour les circulateurs à rotor noyé. La plupart de ceux-ci ne sont, en fait, pas équipés de prises de pression. Le régulateur interne à l'appareil travaille en fonction **d'une mesure du courant absorbé**, image de sa hauteur manométrique.

- soit la vitesse de rotation du circulateur est adaptée automatiquement en fonction de l'ouverture des vannes de régulation, **en diminuant de façon linéaire** la pression du circuit. Cette deuxième option est énergétiquement plus intéressante. En effet, si des vannes thermostatiques se ferment, le débit circulant dans le réseau diminue, entraînant une baisse des pertes de charge dans les tronçons communs. Le circulateur peut donc diminuer sa hauteur manométrique:



# Circulateurs et Pompes

## NPSH d'une Pompe

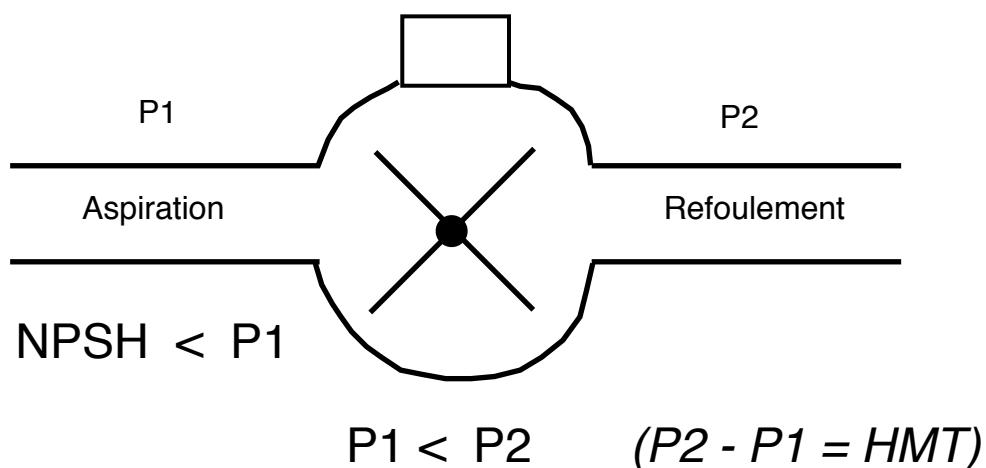
La **NPSH** (Net Positive Suction Head) définit une hauteur manométrique nette. Cette notion est importante pour éviter la formation de bulles de vapeur à l'entrée de la pompe (phénomène de **cavitation**).

Le NPSH indique la charge nette absolue minimum qui doit être assurée à l'entrée de la pompe.

Le NPSH varie en fonction du débit et ses valeurs sont quelquefois données sur les courbes de pompe.

### Phénomène de Cavitation:

- A une température donnée, la pression qui règne lors du changement de phase EAU-> VAPEUR, s'appelle la pression de vapeur saturante: pvs
- A l'entrée de la roue d'une pompe, la pression absolue se réduit à sa tension de vapeur, une valeur qui dépend de la nature et de la température du liquide.
- La brusque explosion des bulles de vapeur provoque l'érosion des pièces métalliques en formant des cavités sur ses surfaces.
- Baisse de performances et Vibrations menant à une panne complète



Il ne faut pas que P1 en fonctionnement soit  $<$  à la valeur NPSH de la pompe. Sinon, il y aura cavitation et arrachement de métal sur l'hélice.

Il faut donc qu'il règne une pression statique suffisamment importante dans l'installation au niveau de la pompe de manière à ce que lorsqu'on la met en route, la dépression créée par l'aspiration ne permette pas d'atteindre la NPSH.

# Circulateurs et Pompes

## Comment Choisir une Pompe?

Voici la démarche:

1) Il faut d'abord connaître:

- le **débit** total du circuit à alimenter
- les **pertes de charge** du circuit **le plus défavorisé** (= HMT)

2) Sélectionner le type de circulateur sur le diagramme général du constructeur:

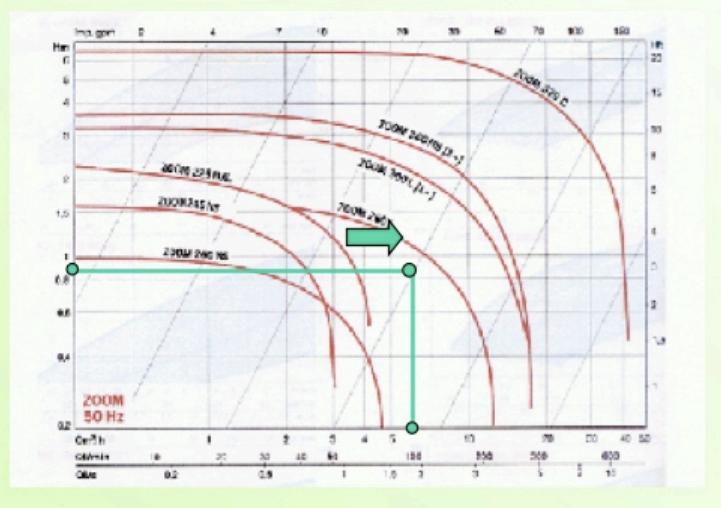
1- Repérer le débit.

2- Tracer une droite verticale.

3- Repérer la Hm.

4- Tracer une droite horizontale.

5- A partir du point d'interception des 2 droites déterminer la pompe immédiatement supérieure.



3) Sur le diagramme du circulateur choisi à l'étape précédente:

1- Repérer le débit.

2- Tracer une droite verticale.

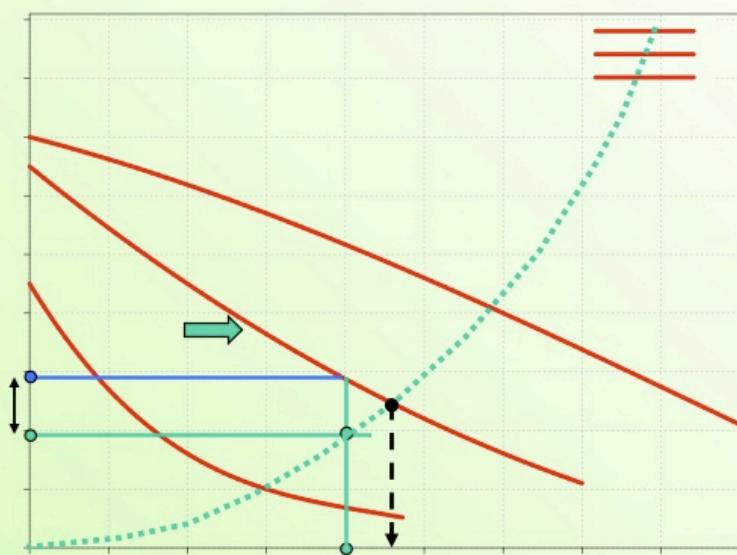
3- Repérer la Hm.

4- Tracer une droite horizontale.

5- A partir de l'interception déterminer la courbe de réglage supérieure. (2)

6- A partir de l'intersection de la ligne des débits et de la courbe de la pompe, tracer une ligne horizontale.

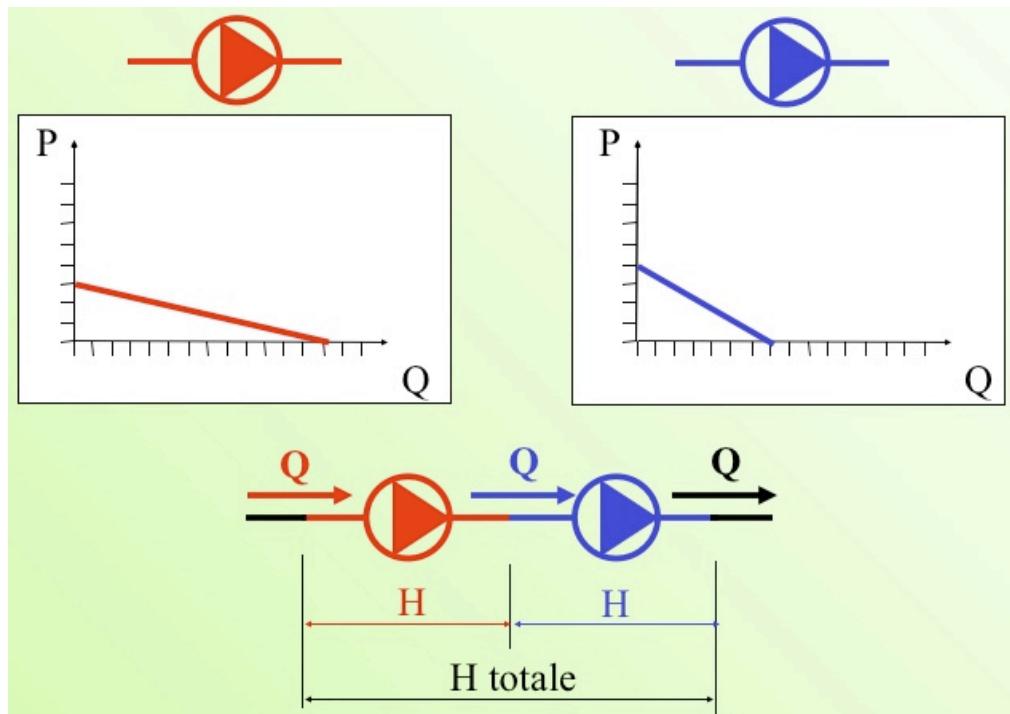
7- La différence entre le point bleu et le point vert correspond à la perte de charge à créer sur le réseau pour adapter la courbe réseau à la courbe pompe.



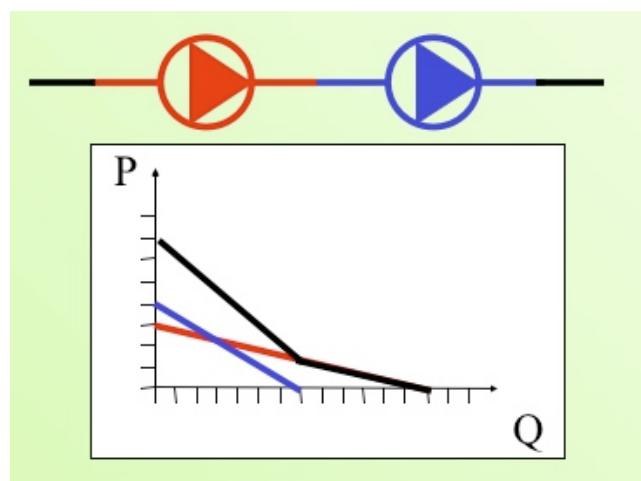
# Circulateurs et Pompes

## Pompes en Série

Courbes Caractéristiques:

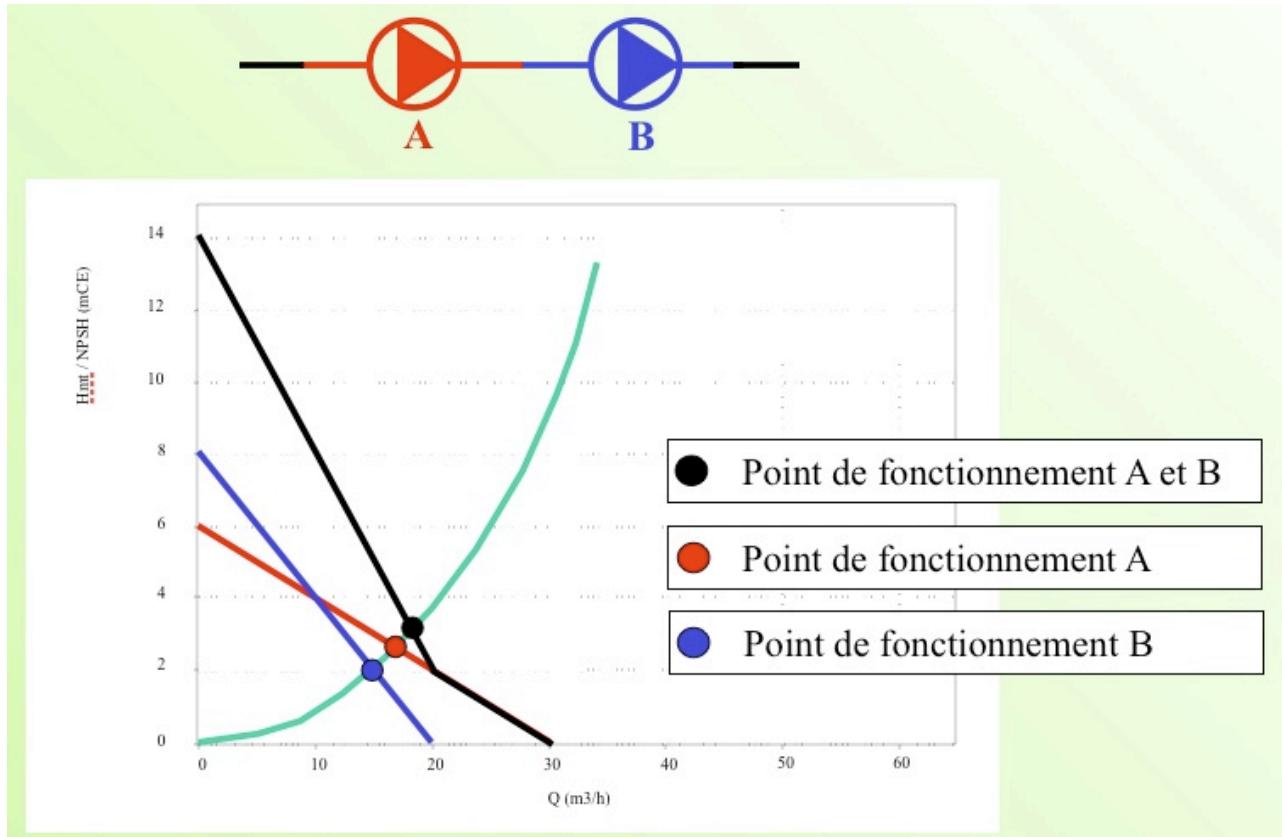


En série, les hauteurs manométriques s'additionnent.



# Circulateurs et Pompes

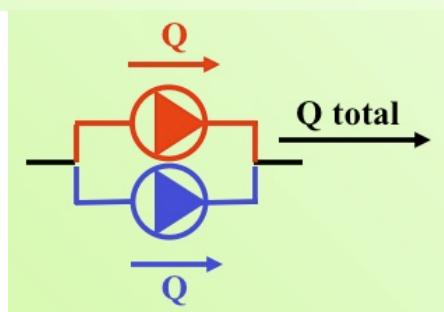
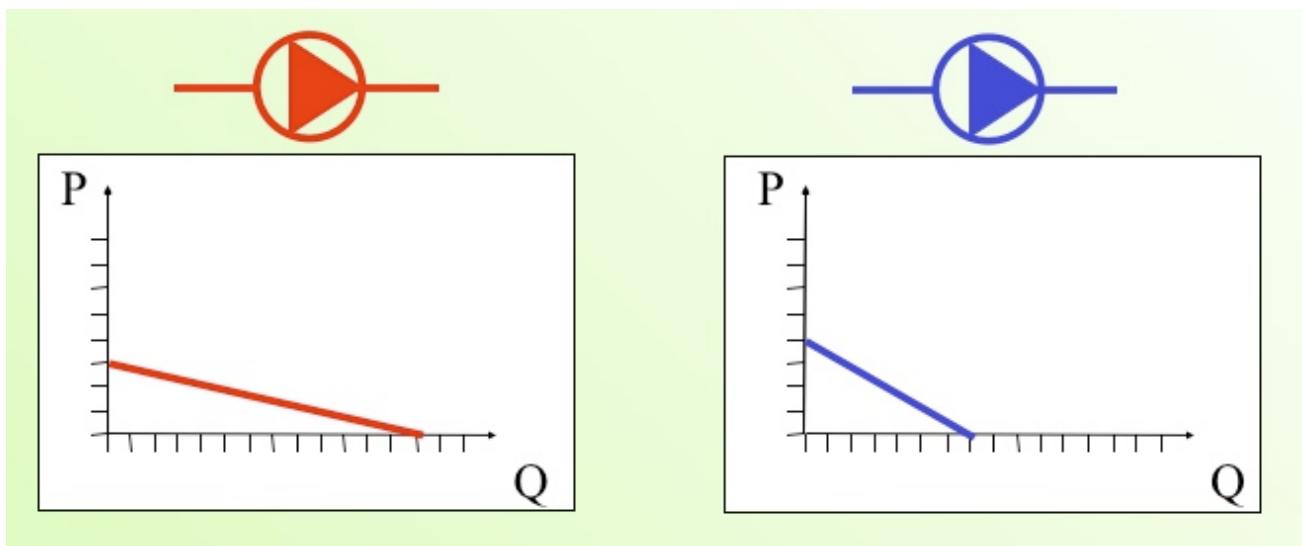
## Point de Fonctionnement:



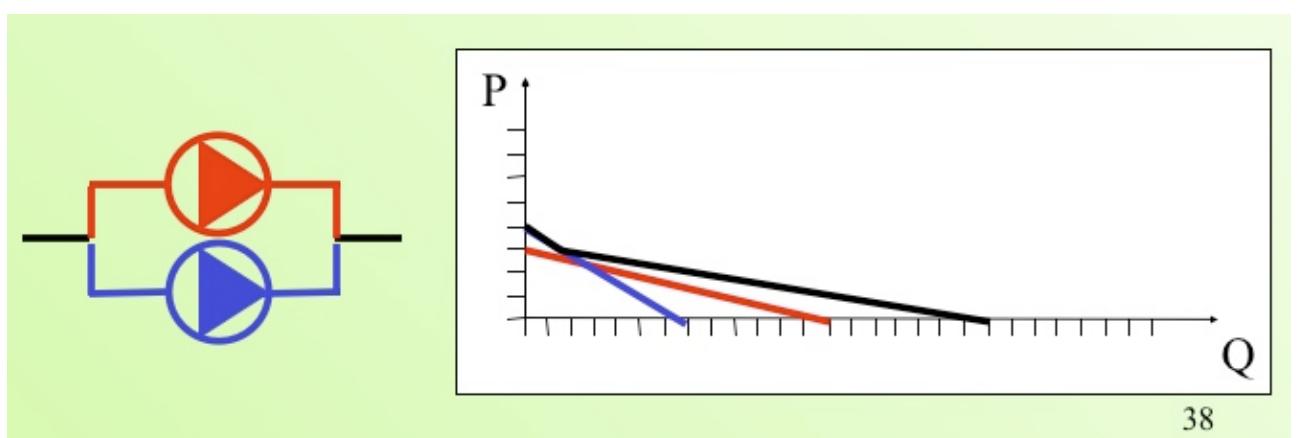
# Circulateurs et Pompes

## Pompes en Parallèle

Courbes Caractéristiques:

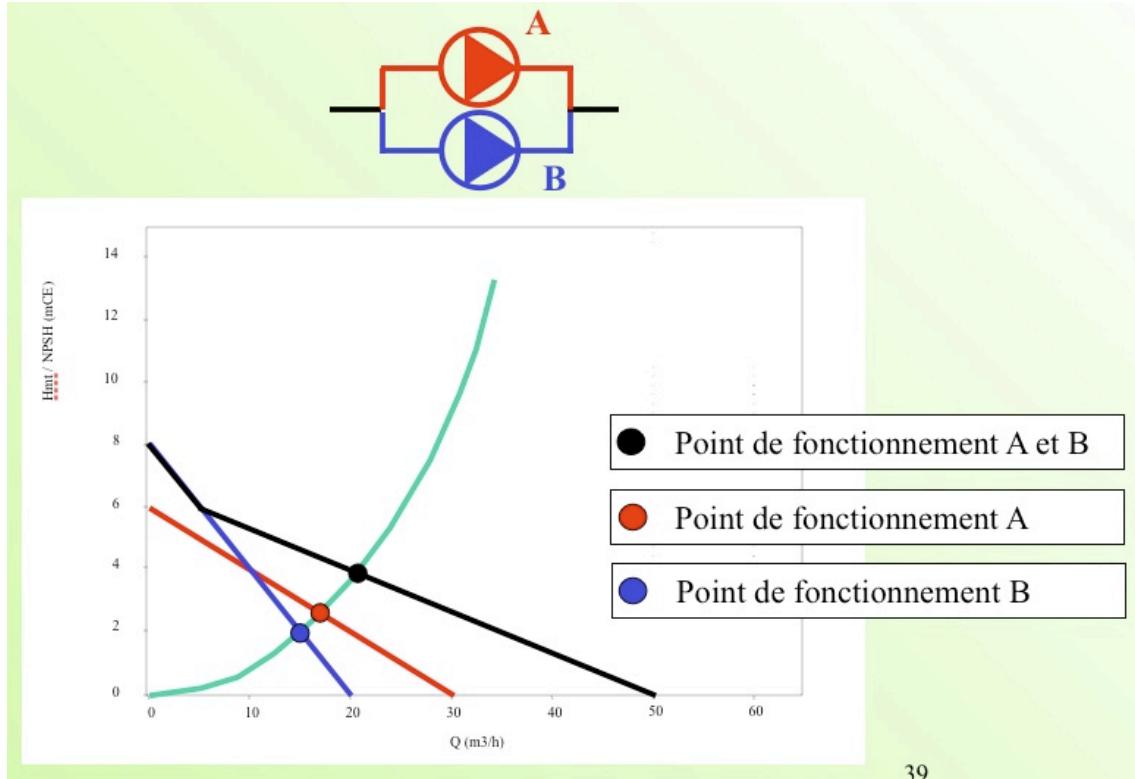


En parallèle, les débits s'additionnent.

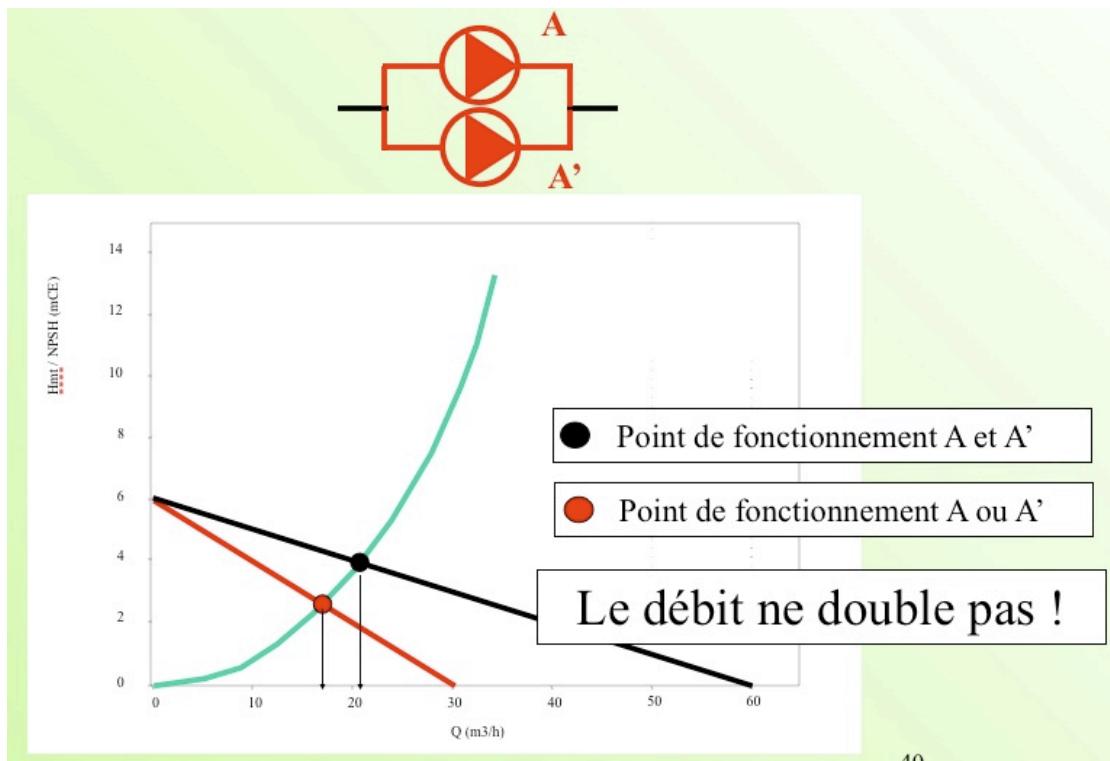


# Circulateurs et Pompes

Point de Fonctionnement de 2 pompes différentes:



Point de Fonctionnement de 2 pompes identiques:



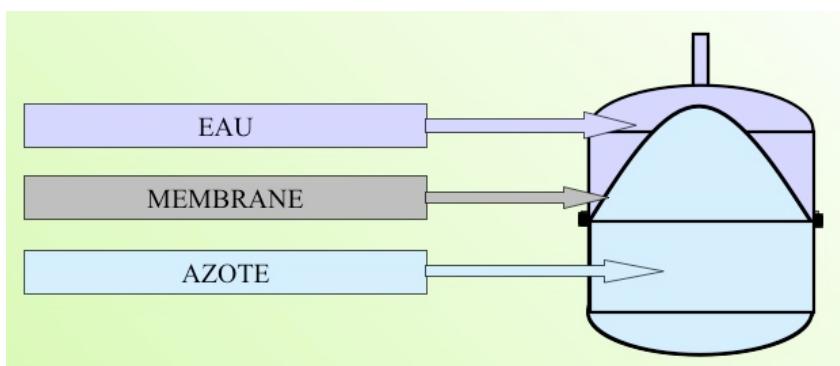
# Vase d'Expansion Fermé

## Rôle du Vase d'Expansion

Dans une installation de chauffage, la température de l'eau varie constamment. Nous savons que tout fluide se dilate lorsqu'on augmente sa température. C'est donc le cas de l'eau. La tuyauterie, elle, se dilate beaucoup moins que l'eau. Comme l'eau (comme tous les fluides) est incompressible, il faut donc prévoir un système qui va recueillir l'augmentation de volume due à la dilatation sous peine de voir les tuyaux de l'installation éclater.

C'est précisément le rôle du "vase d'expansion".

## Constitution d'un Vase d'Expansion



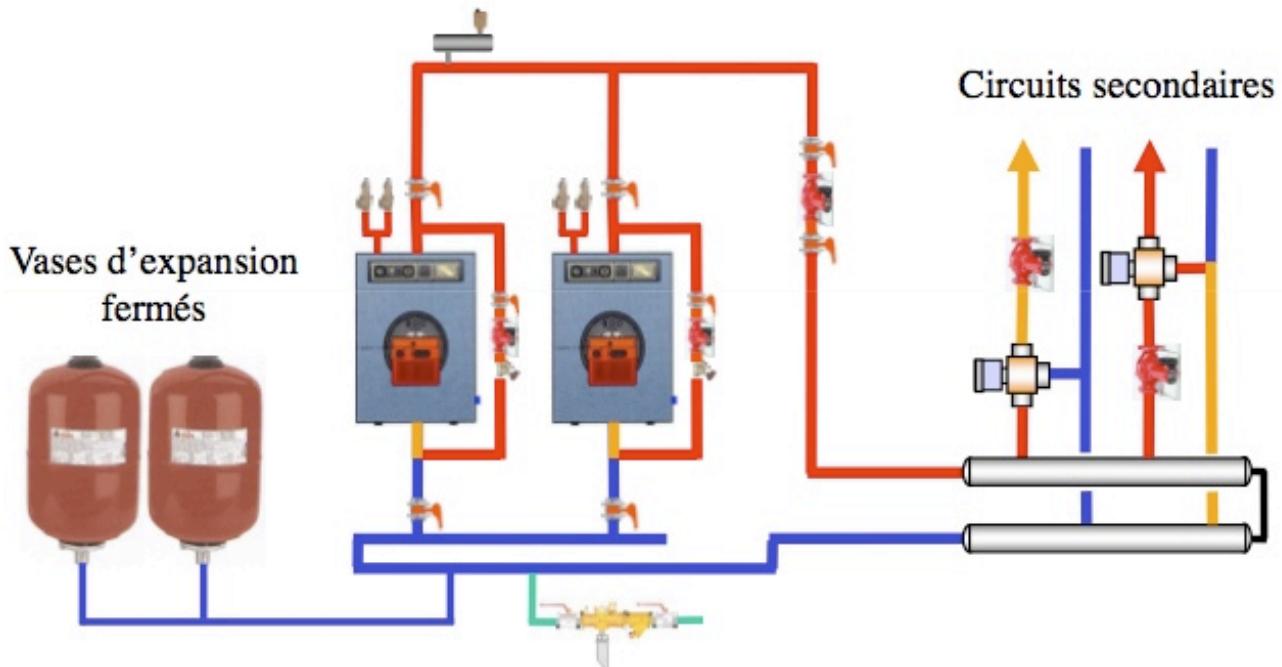
## Branchements du Vase d'Expansion

Idéalement, le vase d'expansion doit se brancher au "**point neutre**" de l'installation c'est à dire l'endroit où la pression ne varie pas; que les pompes soient à l'arrêt ou en fonctionnement



## Vase d'Expansion Fermé

En pratique, il est difficile de pouvoir dire où se trouve exactement le “point neutre” d’une installation. On place toujours le vase d’expansion sur le retour de l’eau dans la chaufferie, ce qui est une bonne approximation du “point neutre”:



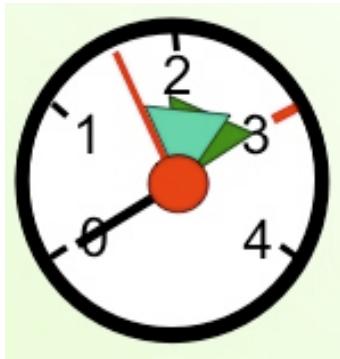
### Inconvénients d'un Vase d'Expansion Fermé

- pas de dégazage de l’installation par le vase,
- pas d’évacuation de la vapeur pouvant être produite par la chaudière,
- surpression inévitable si la partie gaz est vide,
- surpression inévitable si la température de l’installation monte à une valeur supérieure à celle pour laquelle le vase a été déterminé,
- pas de repère de fin de remplissage.

Pour palier ces inconvénients, il sera obligatoire d’installer :

- des purgeurs d’air manuels ou automatiques aux points hauts de l’installation,
- un dispositif de sectionnement du remplissage,
- un dispositif de vidange de l’installation,
- un manomètre permettant :
  - l’étalonnage de la pression de remplissage par l’aiguille d’un secteur mobile,
  - le repérage de la zone des pressions d’expansion sur la plage du secteur mobile,
  - le repérage de la pression maximale à ne pas dépasser.
- une ou plusieurs soupapes de sécurité (pour évacuer la vapeur...).

## Vase d'Expansion Fermé



### Calcul d'un Vase d'Expansion Fermé

Pour choisir ou contrôler le bien-fondé du choix d'un vase il faut connaître les grandeurs suivantes :

Pour déterminer la pression de prégonflage :

- la pression de l'eau en fonctionnement à l'endroit du vase,

Pour déterminer le volume minimum du vase :

- le volume de l'installation,
- la température moyenne maximale à laquelle peut monter l'installation,
- la pression de l'eau en fonctionnement à l'endroit du vase,
- l'altitude des soupapes de sûreté par rapport à l'axe du vase, (*on le néglige ici*)
- la pression de tarage des soupapes.

#### 1) Calcul de la pression de prégonflage:

Cette pression de prégonflage doit être égale à la pression de l'eau au niveau du vase quand **l'installation est froide** et la ou les pompes en fonctionnement. Si le vase est situé au point neutre du circuit, comme il est recommandé de le faire, la pression à son niveau n'est pas influencée par le fonctionnement des pompes. Sa pression de prégonflage sera alors la pression statique de l'installation à son niveau (pression d'eau au niveau du vase après remplissage), soit souvent la hauteur du point haut de l'installation au dessus du vase plus 0,5 bar (5 mCE).

Comme on veut qu'à froid, l'eau rentre un peu dans le vase, on retire 0,1 bar.

$$P_{\text{prégonflage}} = \text{Hauteur d'eau de l'installation} + 0,5 \text{ bar} - 0,1 \text{ bar}$$

# Vase d'Expansion Fermé

**Important:** Un vase se gonfle avant de raccorder à l'installation

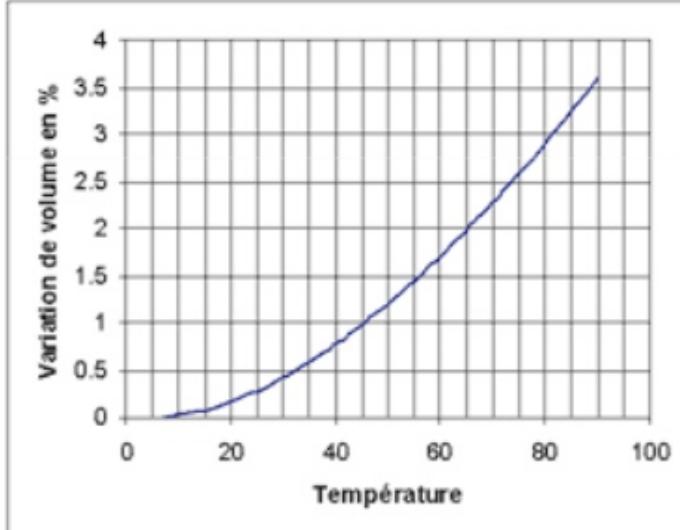
## 2) Estimation du volume d'eau de l'installation

Estimation du volume d'eau d'une installation en fonction de la puissance installée et de la nature des éléments chauffants:

Type de chauffage	Volume estimé pour 100 kW de puissance installée
Panneaux de sol	1,7 m <sup>3</sup>
Radiateurs fonte	1,3 m <sup>3</sup>
Radiateurs acier	1,1 m <sup>3</sup>
Batteries	0,9 m <sup>3</sup>

## 3) Calcul du volume de dilatation à absorber (= volume d'expansion)

- On calcule ce volume grâce à un coefficient de dilatation qui dépend de la température de l'eau à froid et de la **température moyenne** de l'eau. Par exemple, pour une installation de chauffage "90/70", la température moyenne est de 80°C.
- Le coefficient d'expansion peut être relevé sur l'abaque ci-dessous.



(Cet abaque donne le coefficient de dilatation de l'eau pure par rapport à 0°C)

(Pour un calcul rapide, on prend généralement un coefficient de 3,5%)

## Vase d'Expansion Fermé

Pour plus de précision, il est possible de calculer le coefficient de dilatation pour n'importe quel écart de températures selon la formule suivante:

$$n = \left| \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} \right|$$

$\eta$  = Coefficient d'expansion

$\rho_1$  = Masse volumique de l'eau à la température de remplissage

$\rho_2$  = Masse volumique de l'eau à la température maximale de fonctionnement

Temp. en °C	$\rho$ en kg/m <sup>3</sup>	Temp en °C	$\rho$ en kg/m <sup>3</sup>
0	999.79	51	987.55
1	999.84	52	987.06
2	999.88	53	986.58
3	999.92	54	986.19
4	999.97	55	985.70
5	999.92	56	985.22
6	999.88	57	984.73
7	999.84	58	984.67
8	999.79	59	983.18
9	999.72	60	983.13
10	999.65	61	982.70
11	999.55	62	982.22
12	999.44	63	981.64
13	999.32	64	981.06
14	999.19	65	980.48
15	999.05	66	979.91
16	998.90	67	979.33
17	998.74	68	978.85
18	998.56	69	978.28
19	998.36	70	977.70
20	998.16	71	977.13
21	997.96	72	976.56
22	997.74	73	975.99
23	997.50	74	975.41
24	997.25	75	974.84
25	996.99	76	974.27
26	996.74	77	973.70
27	996.48	78	973.14
28	996.20	79	972.47
29	995.90	80	971.81
30	995.59	81	971.25
31	995.29	82	970.59
32	995.97	83	969.93
33	994.65	84	969.27
34	994.33	85	968.61
35	994.98	86	967.96
36	993.64	87	967.30
37	993.28	88	966.65
38	992.93	89	965.99
39	992.55	90	965.34
40	992.17	91	964.69
41	991.78	92	964.04
42	991.39	93	963.39
43	990.99	94	962.64
44	990.57	95	961.90
45	990.16	96	961.26
46	989.75	97	960.52
47	989.33	98	959.78
48	988.90	99	959.04
49	988.45	100	958.40
50	988.04	101	957.67

## Vase d'Expansion Fermé

$$V_{\text{exp.}} = V_{\text{inst.}} \times C_{\text{exp.}}$$

$V_{\text{exp.}}$  = Volume d'expansion de l'eau

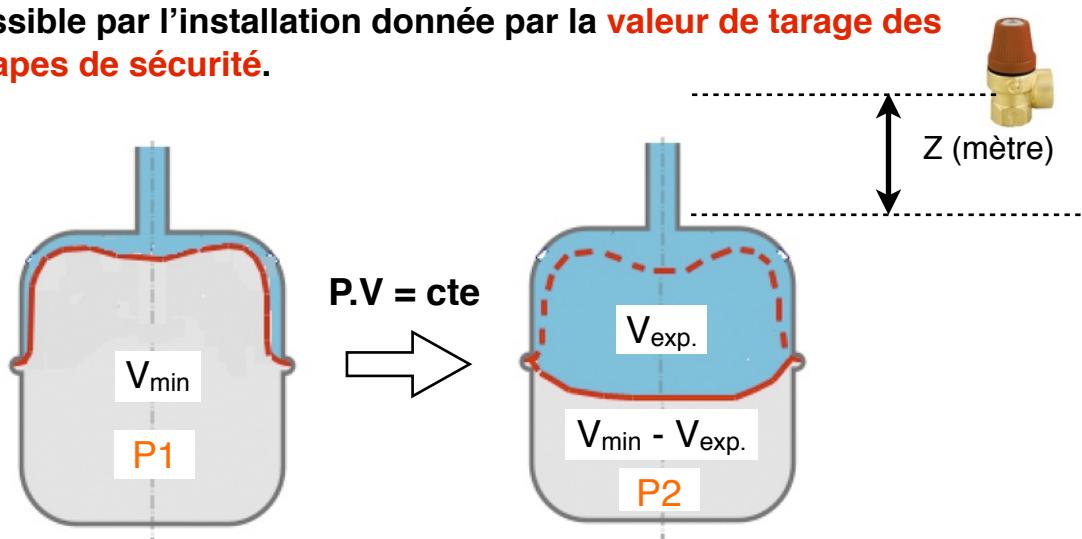
$V_{\text{inst.}}$  = Volume de l'installation

$C_{\text{exp.}}$  = Coefficient d'expansion

### 4) Calcul du volume minimum du vase:

A froid, le vase d'expansion branché à l'installation contient un petit peu d'eau et la pression de l'azote est celle de la pression statique d'eau au niveau du vase ( $\approx$  *Pression de pré-gonflage*). Lorsque l'installation va monter en température jusqu'à atteindre sa température maximum, la pression dans le vase (donc dans l'installation) va également augmenter:

- ⇒ Il faut s'assurer que cette pression n'atteindra pas la pression maximale admissible par l'installation donnée par la **valeur de tarage des soupapes de sécurité**.



Le vase contient peu d'eau, donc on peut considérer que l'azote occupe la totalité du vase à la pression de pré-gonflage:

$P_1 = P_{\text{prégonflage}} + 1,013 \text{ bar}$   
= Pression absolue de prégonflage

Pression maximale absolue autorisée dans le vase (donc dans l'installation):

$P_2 = P_{\text{Tarage}} + 1,013 \text{ bar} \pm (Z / 10,2)$   
= Pression absolue maximale dans le vase qui fera "cracher" la soupape de sécurité située à une hauteur "Z" du vase.

## Vase d'Expansion Fermé

En utilisant la loi de Marriotte ( $P \cdot V = \text{cte}$ ), on obtient les relations suivantes:

$$P_1 \cdot V_{\min} = \text{cte}$$

$$P_2 \cdot (V_{\min} - V_{\exp}) = \text{cte}$$

$$P_1 \cdot V_{\min} = P_2 \cdot (V_{\min} - V_{\exp})$$

$$V_{\min} = [P_2 / (P_2 - P_1)] \times V_{\exp}$$

Le coefficient reliant  $V_{\min}$  et  $V_{\exp}$  s'appelle le “rendement” du vase d'expansion:

$$V_{\min} = \frac{V_{\exp}}{rd_{\text{vase}}}$$

$$rd_{\text{vase}} = \frac{(P_2 - P_1)}{P_2}$$

En résumé:

### Volume minimum du vase:

$$V_{\min} = n \cdot V_{\text{instal}} \cdot \frac{P_2}{(P_2 - P_1)}$$

$V_{\min}$  : volume minimum du vase d'expansion fermé

$n$  : coefficient d'expansion dépendant de l'élévation de température

$V_{\text{instal}}$  : volume de l'installation à froid sans compter le vase

$P_2$  : **pression absolue** maximale dans le vase qui fera « cracher » les soupapes de sécurité

$P_1$  : **pression absolue** de prégonflage du vase

**IMPORTANT:** Le volume réel du vase d'expansion devra être impérativement supérieur à cette valeur minimum car sinon, on s'approcherait trop près de la pression de tarage de la soupape de sécurité.

# Vase d'Expansion Fermé

---

## Exemple de Calcul de Vase d'Expansion

Soit une installation de chauffage avec une chaufferie au RDC et un point haut situé 10 m au dessus.

Le volume de l'installation est de 2 m<sup>3</sup> et la température moyenne est de 80°C en fonctionnement “plein régime”.

La soupape, tarée à 3 bar, est située 2 m au dessus de l'axe du vase.

### 1) Pression de pré-gonflage:

$$P_{\text{prégonflage}} = 1 \text{ bar} (\text{car } 10 \text{ m}) + 0,5 \text{ bar} - 0,1 \text{ bar} = \mathbf{1,4 \text{ bar}}$$

### 2) Volume d'expansion:

A 80°C, le coefficient de dilatation est de 2,9% (voir abaque)

$$V_{\text{exp}} = 2 \text{ m}^3 \times 0,029 = 0,058 \text{ m}^3 = \mathbf{58 \text{ L}}$$

### 3) Volume minimum du vase d'expansion:

$$P_1 = 1,4 \text{ bar} + 1,013 \text{ bar} = 2,413 \text{ bar}$$

$$P_2 = 3 \text{ bar} + 1,013 \text{ bar} + (2 \text{ m} / 10,2 \text{ m}) = 4,209 \text{ bar}$$

$$\text{Rendement vase} = (4,209 - 2,413) / 4,209 = 0,427$$

$$V_{\text{min}} = 58 / 0,427 = \mathbf{136 \text{ L}}$$

## Remarques sur les Vases Fermés

- Plus le vase est surdimensionné et moins la pression montera dans l'installation lors de l'expansion.
- Un vase doit également être installé sur les installation d'eau froide.
- La présence de glycol dans l'eau modifie le coefficient de dilatation de l'eau. Il faut appliquer un correctif (*voir table dans PowerPoint*).
- Lorsque le calcul aboutit à un vase de très gros volume, il vaut mieux installer 2 vases d'expansion de plus petit volume.
- Une obligation légale est d'avoir une vanne d'isolement pour le vase avec le manche retiré lorsque l'installation est en fonctionnement. Cela évite d'isoler par inadvertance le vase ce qui pourrait causer des dommages dans l'installation.

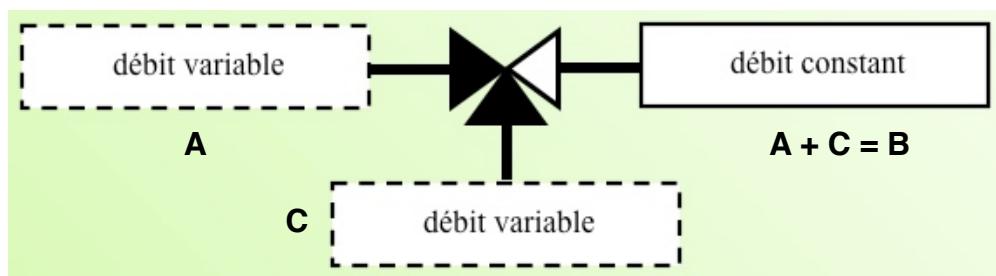
# Vanne 3 Voies

## Rôle et Fonctionnement

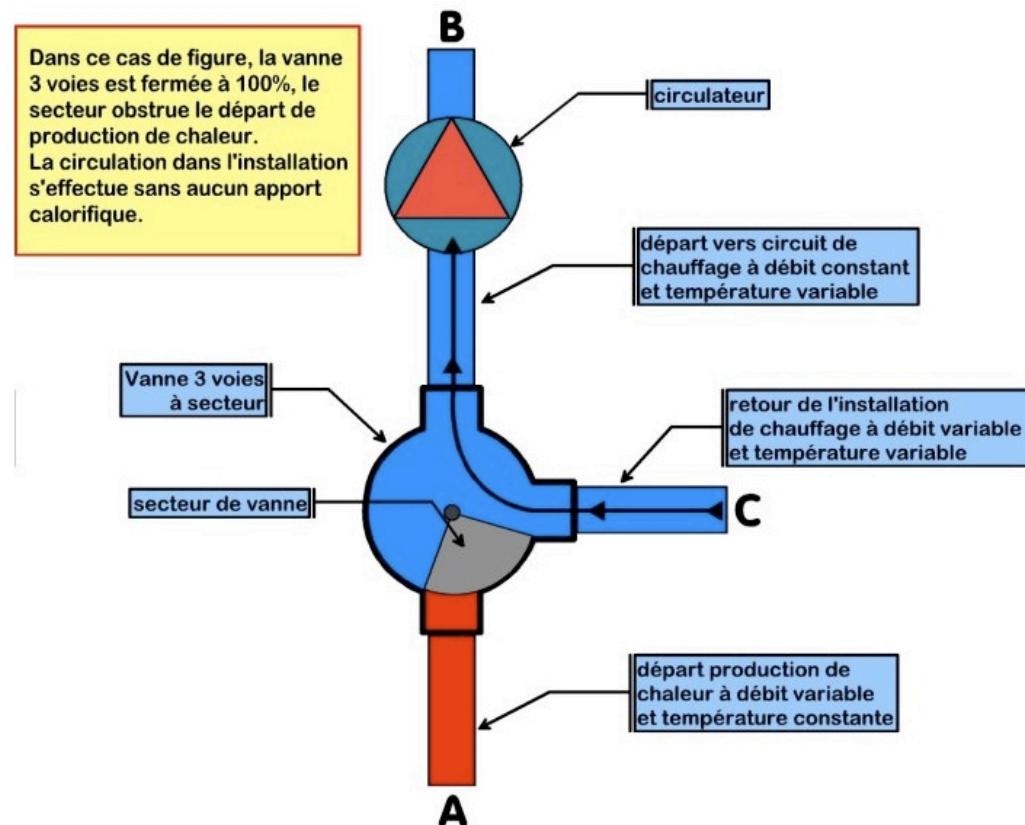
Les vannes 3 voies sont couramment utilisées dans les installations de chauffage. Elles sont l'élément principal grâce auquel le régulateur peut contrôler la température de l'eau dans certaines parties de l'installation.

Leur principe est le suivant:

- Une branche de la vanne sur laquelle se trouve le circulateur possède un débit constant qui est **la somme** de débits des 2 autres branches:

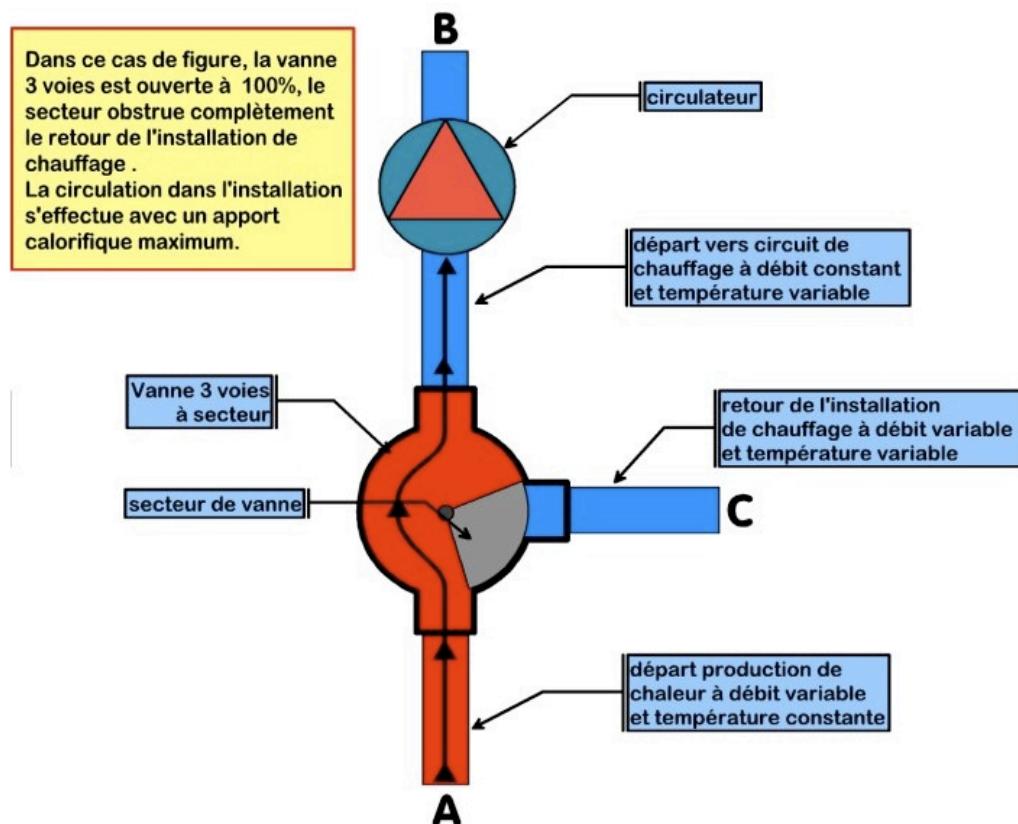
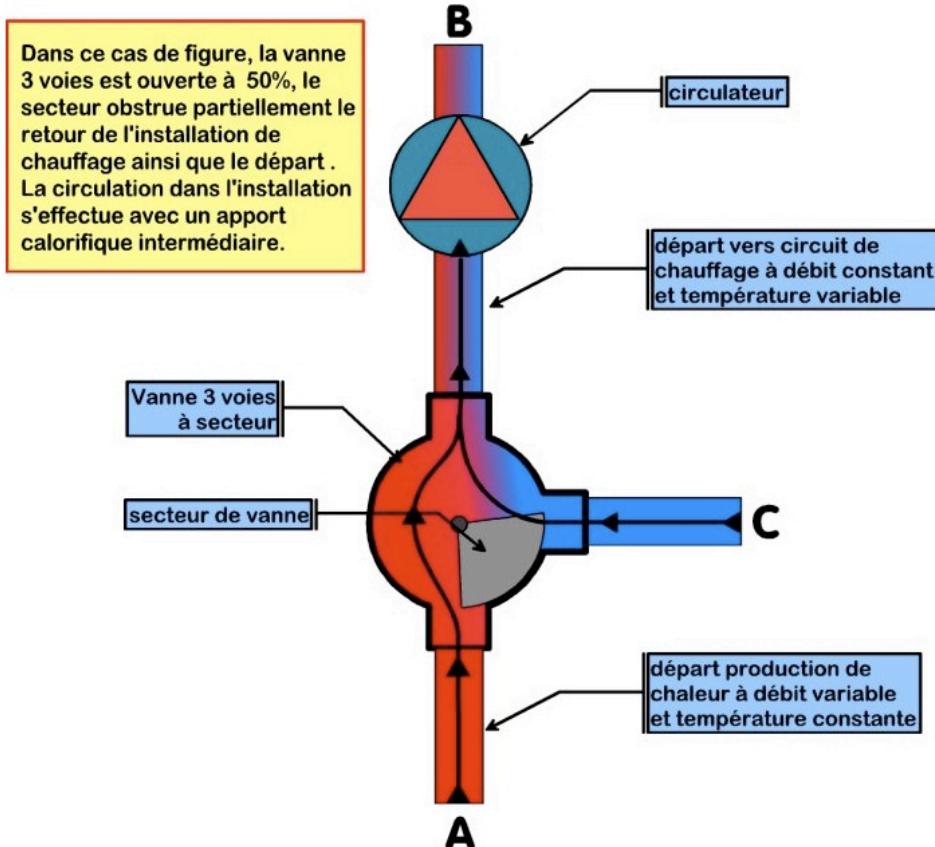


La vanne fonctionne grâce à un élément à l'intérieur qui permet d'ouvrir ou de fermer les branches à débit variable:



## Vanne 3 Voies

---



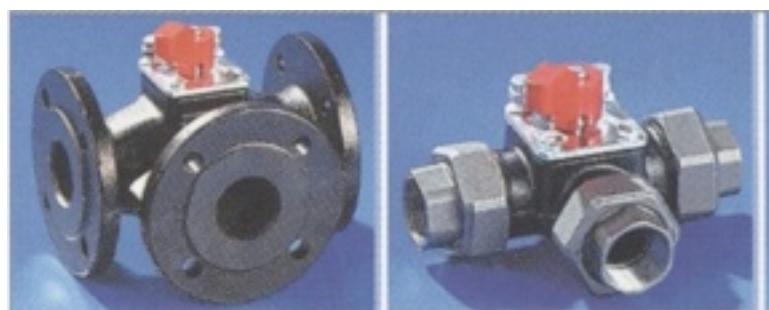
# Vanne 3 Voies

## Les 2 Types de Vannes 3 Voies

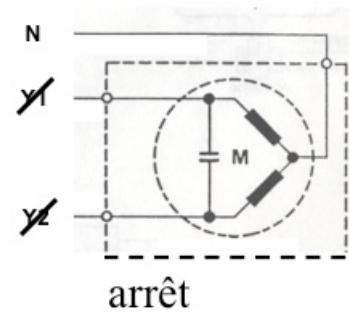
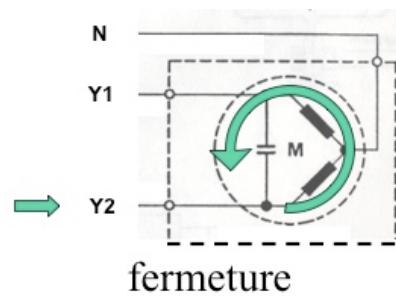
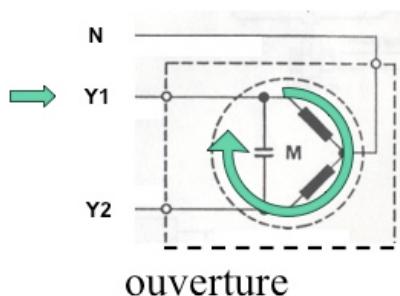
### 1) Vannes à Secteur:

Ce sont des vannes qui possède un élément mécanique appelé “secteur” qui tourne à l’intérieur du corps de la vanne (comme celle du paragraphe précédent).

Leur manoeuvre nécessite un mouvement de **rotation**. Elles sont donc équipées de servomoteurs qui tournent.



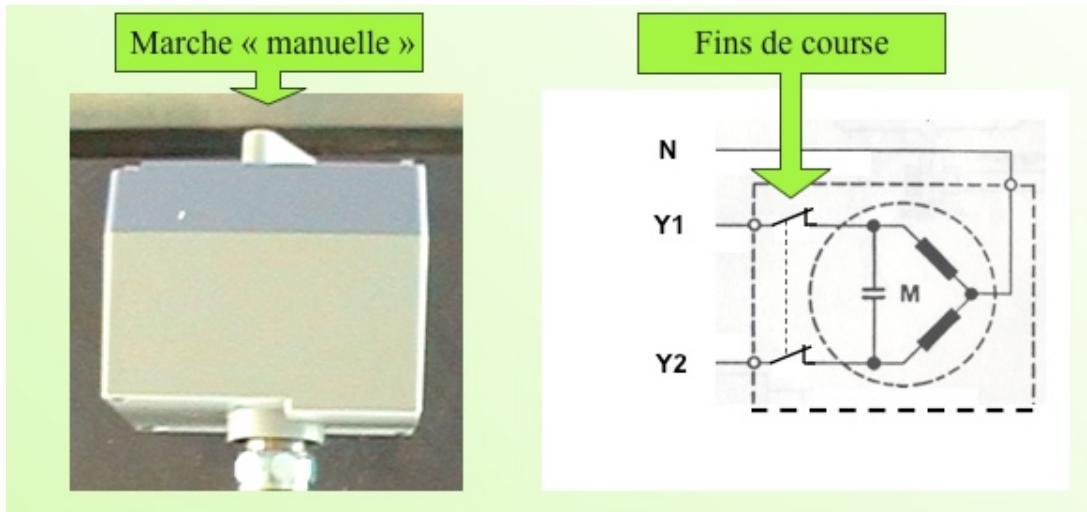
Ces vannes tournantes sont généralement équipées d’actionneurs qui sont des servomoteurs **“3 Points”**:



*La vanne s’arrête et reste en position.*

## Vanne 3 Voies

Important:



- Le moteur est équipé de fins de course qui couperont son alimentation avant que la vanne arrive en butée. (*comme pour des volets roulants électriques*)
- Le réglage des cames de fin de course devra être contrôlé avant la mise en service du système!

### 2) Vannes à Clapet:

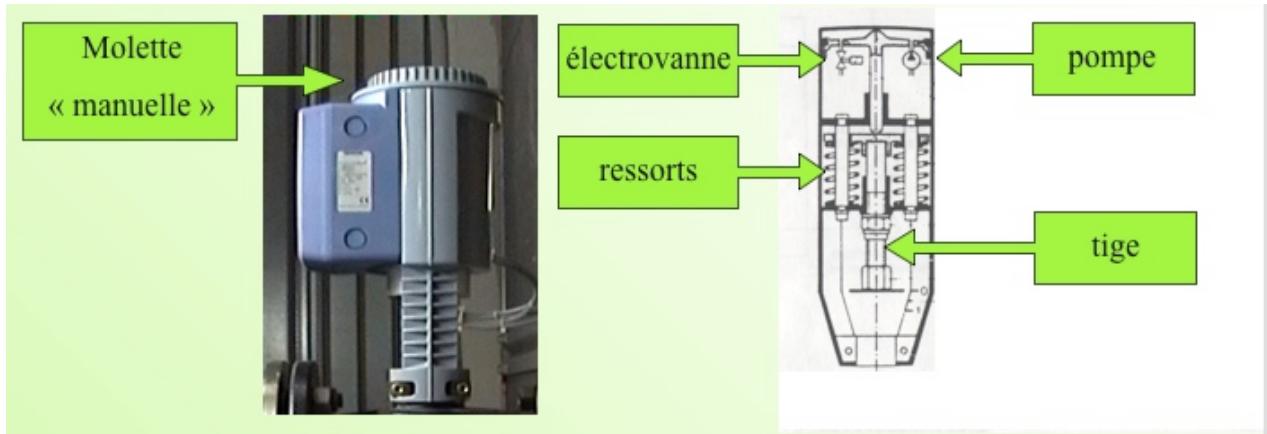
Le passage de l'eau est contrôlé par un clapet.

La manoeuvre de ces vannes nécessitent un mouvement **longitudinal**. Elles sont donc équipées de moteurs à mouvement longitudinal.



## Vanne 3 Voies

Ce type de vanne est généralement équipé d'actionneurs qui sont des moteurs **électro-hydrauliques**:

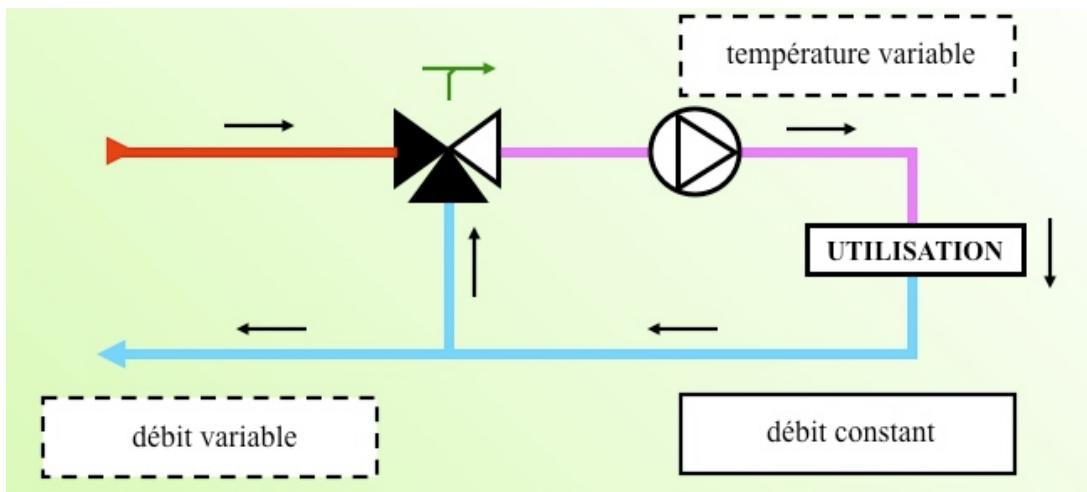


- Le « moteur » est un vérin hydraulique équipé d'une pompe et d'une électrovanne.
- Lorsque le moteur est alimenté, l'électrovanne est fermée et la pompe injecte l'huile sur le dessus du vérin. Celui-ci descend doucement en poussant une tige qui vient ouvrir le clapet de vanne.
- Lorsque le moteur n'est plus alimenté, la pompe s'arrête et l'électrovanne s'ouvre. De puissants ressorts remontent le vérin doucement et la tige ramène le clapet de vanne vers la fermeture.
- Une molette permet d'ouvrir la vanne hors tension en comprimant les ressorts.

# Vanne 3 Voies

## Montages “Mélange”, “Répartition” et “Injection”

### 1) Montage en “Mélange”:

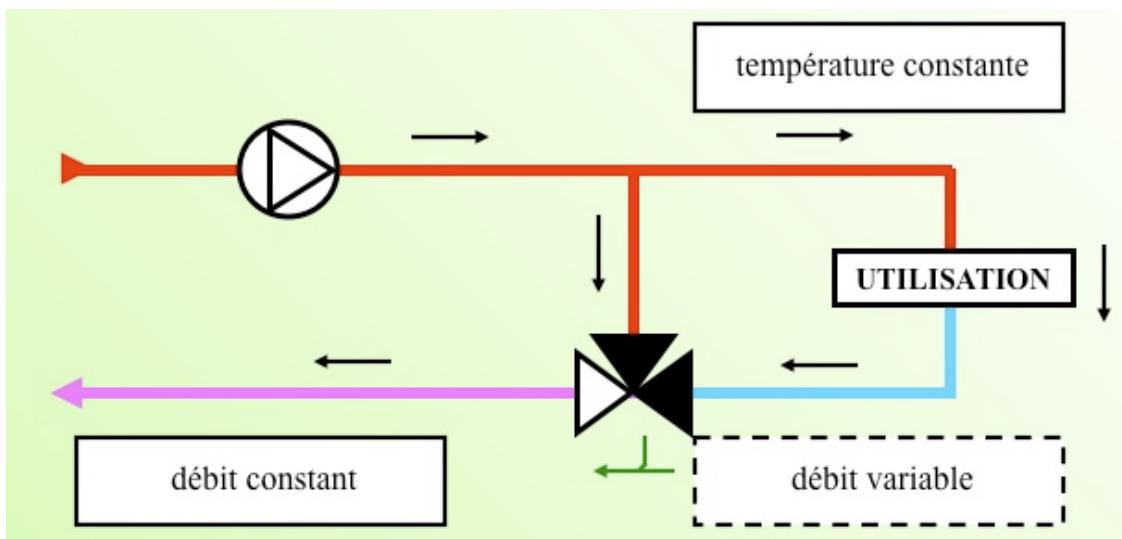


La vanne travaille en mélange, elle permet de faire varier la température de départ vers l'utilisation. La pompe se situe du côté utilisation.

C'est le montage de tous les circuits de radiateurs:

- le débit est constant
- la température est variable.

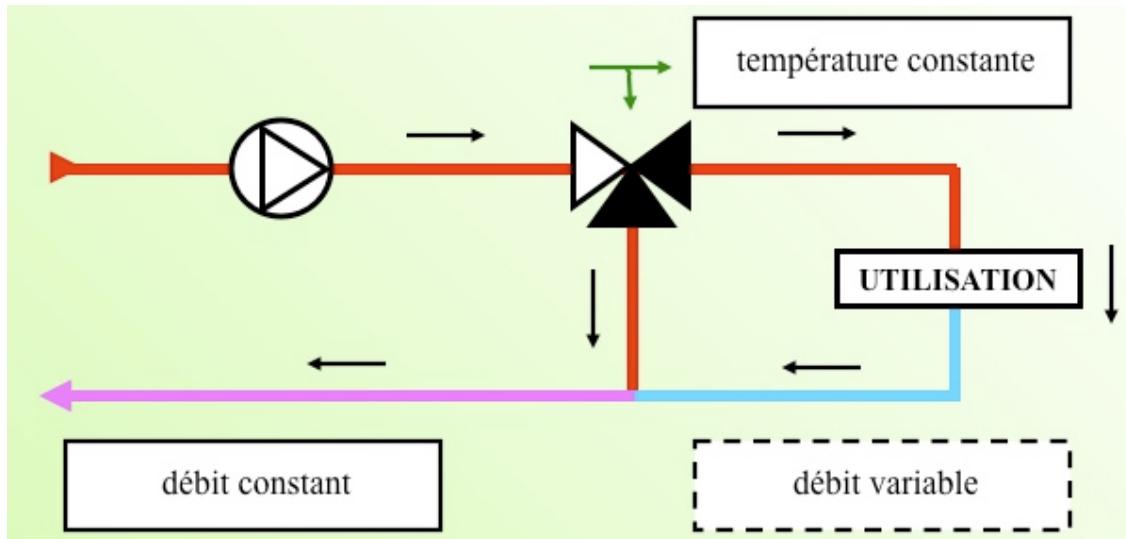
### Variante: Montage en décharge inversée



La vanne travaille en mélange sur le retour, elle permet de faire varier le débit passant dans l'utilisation. La pompe se situe du côté production.

## Vanne 3 Voies

### 2) Montage en “Répartition”:

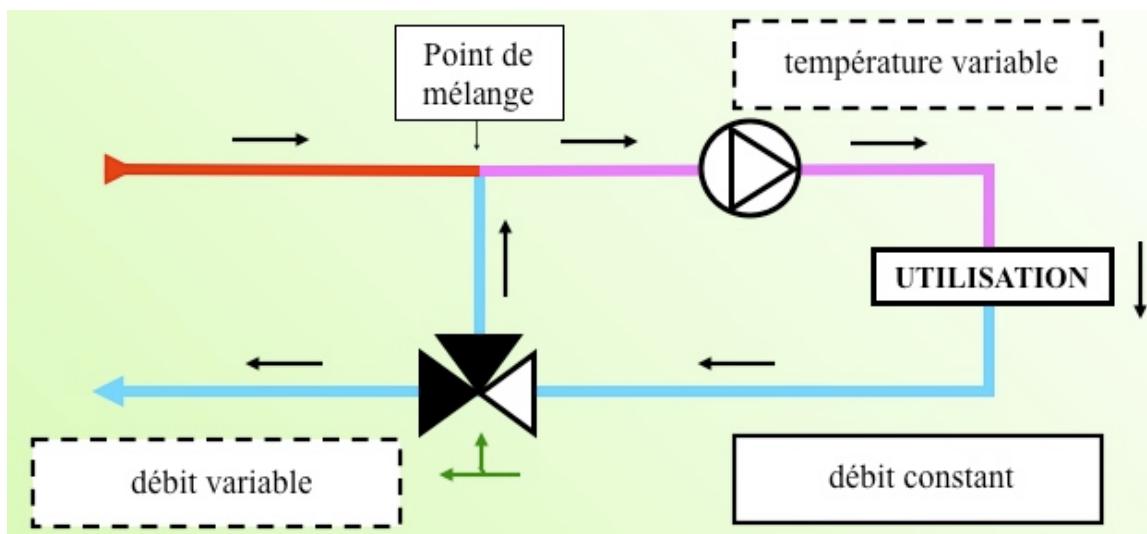


La vanne travaille en répartition (“**décharge**”), elle permet de faire varier le débit passant dans l’utilisation. La pompe se situe du côté production.

C'est le montage de tous les circuits avec des batteries:

- le débit est variable
- la température est constante.

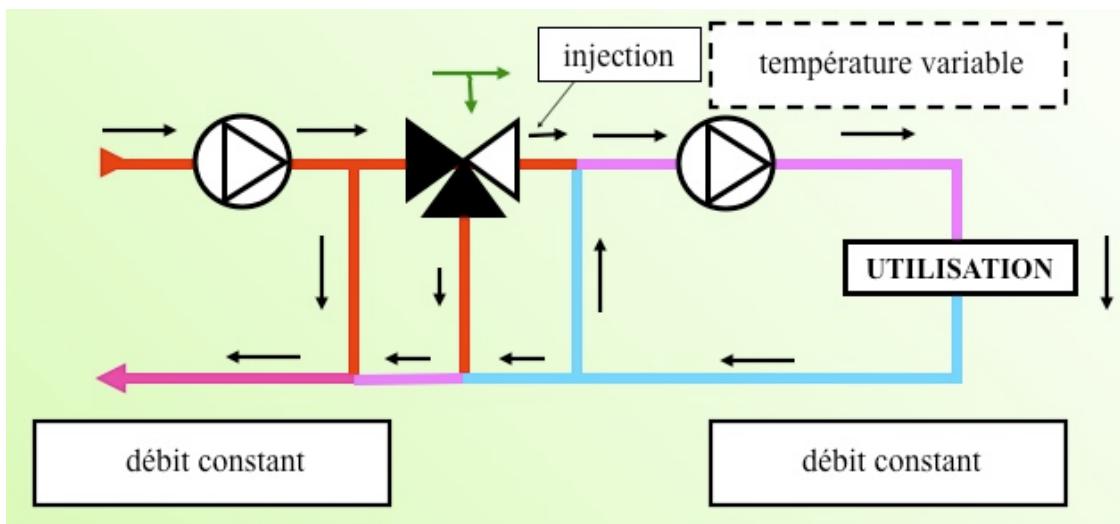
Variante:



La vanne travaille en répartition, elle permet de faire varier les débits arrivant au point de mélange et donc la température de départ vers l’utilisation. La pompe se situe du côté utilisation.

## Vanne 3 Voies

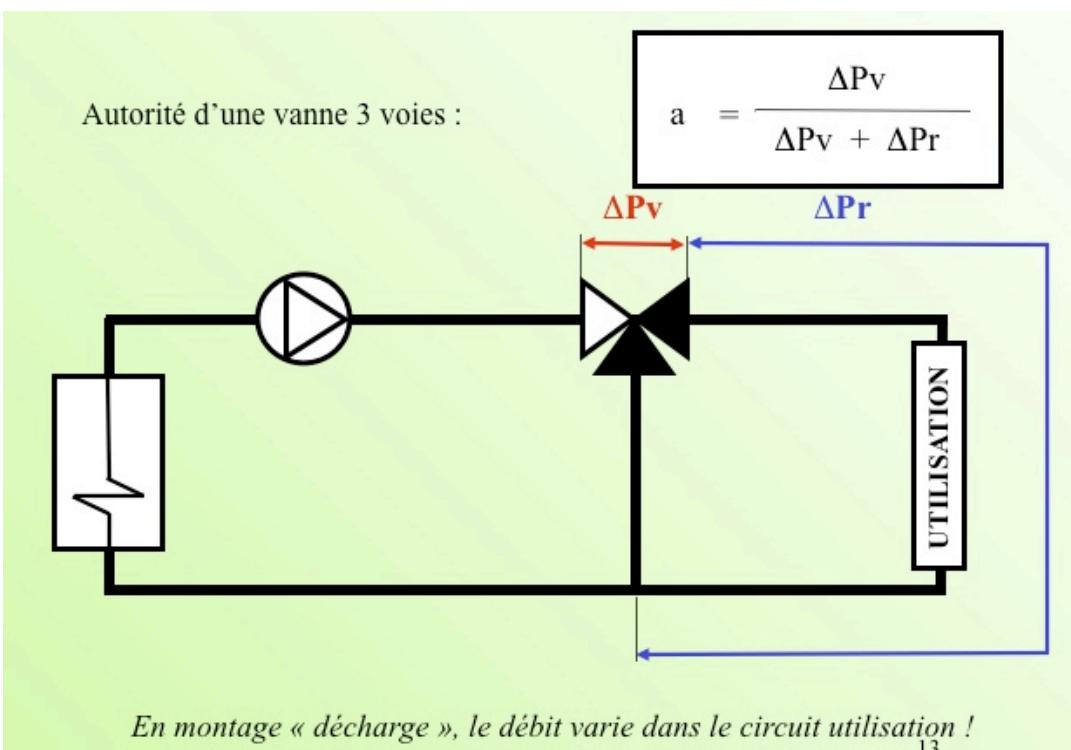
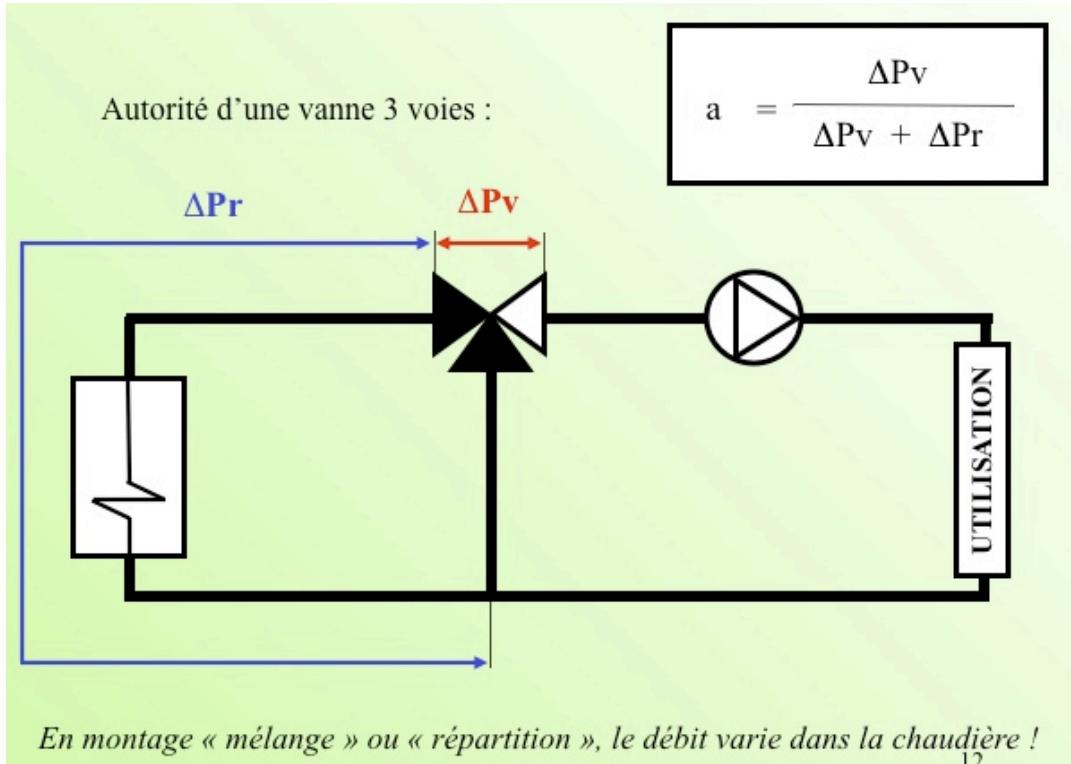
### 3) Montage en “*Injection*”



La vanne travaille en répartition, elle permet de maintenir les débits constants sur l'utilisation et la production et, en s'ouvrant, de modifier la température de départ en injectant de l'eau chaude dans le circuit utilisation avec extraction de la même quantité d'eau froide.

## Vanne 3 Voies

### Autorité d'une Vanne 3 Voies

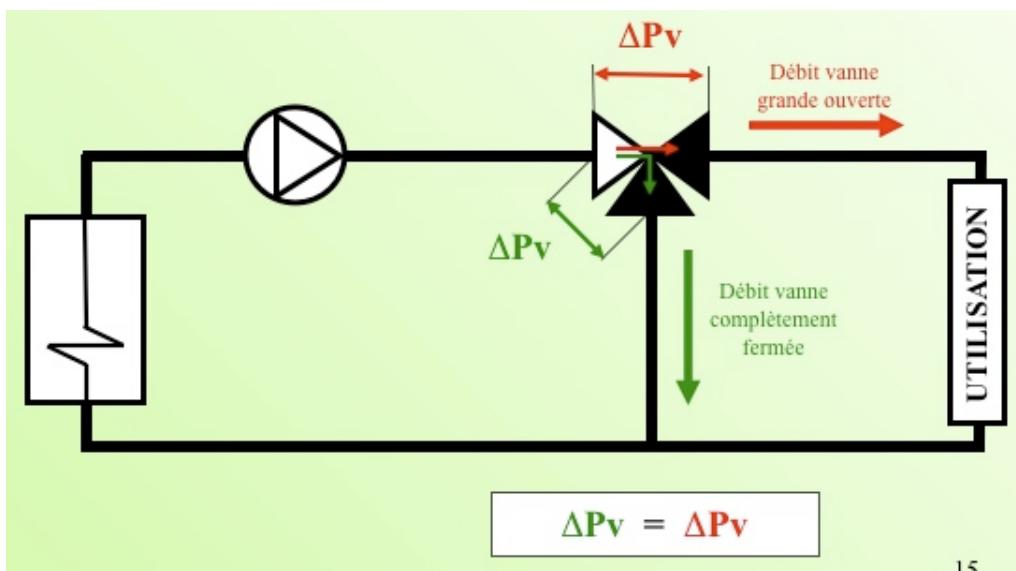


## Vanne 3 Voies

Pour le calcul des pertes de charge en vue de déterminer le circulateur, il faudra donc d'abord calculer les pertes de charge des tronçons de réseau où le débit varie avant de déterminer la vanne de régulation afin d'en connaître la perte de charge qui viendra s'ajouter à celles de la boucle.

### Equilibrage d'une vannes 3 voies:

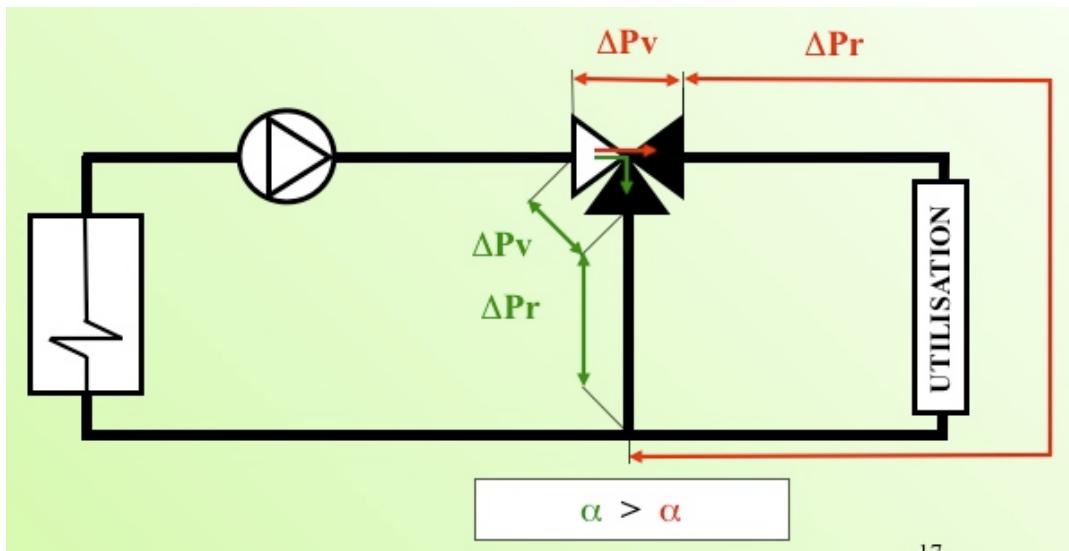
Une vanne trois voies présente à peu près la même perte de charge entre sa voie d'entrée et sa voie de sortie que la vanne soit grande ouverte ou complètement fermée. Exemple pour une vanne trois voies montée en mélange :



15

Du fait de sa faible longueur, la tuyauterie de bipasse présente, pour un même débit, une perte de charge très inférieure à celle du circuit à débit variable.

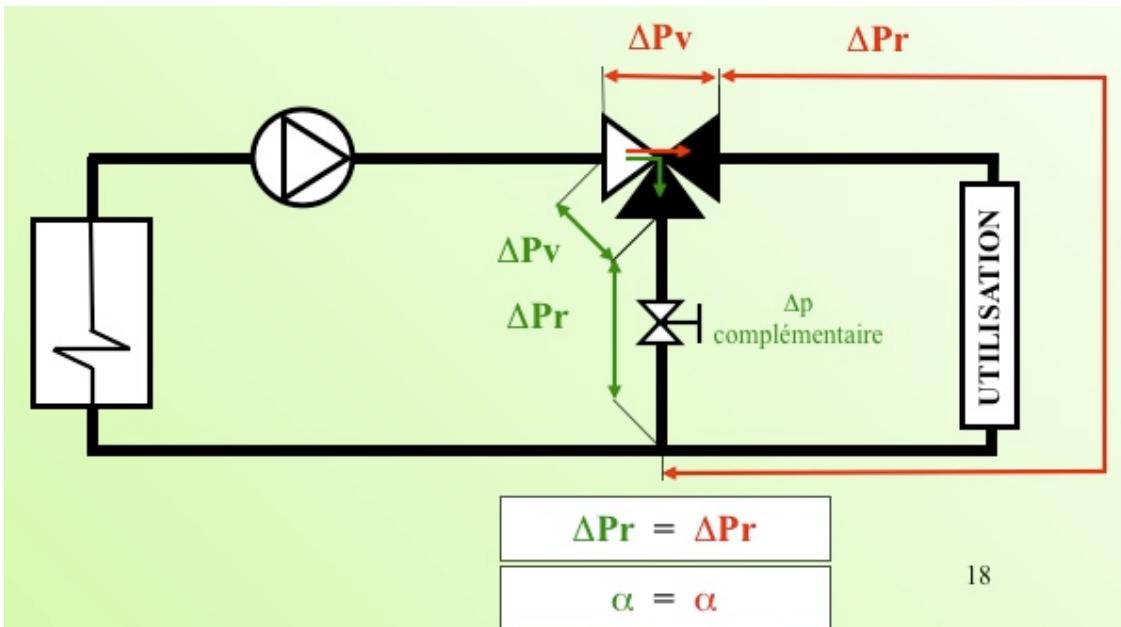
Il en résulte que la vanne trois voies aura, naturellement beaucoup plus d'autorité en fermeture qu'en ouverture:



17

## Vanne 3 Voies

Pour pallier ce problème, on placera sur la tuyauterie de bipasse une vanne d'équilibrage qui permettra de créer un complément de perte de charge afin que le tronçon de bipasse ait la même perte de charge que le circuit à débit variable.



## Remarques Pratiques

Pour avoir une autorité correcte, une vanne doit avoir une  $P_{dc}$  égale à celle du réseau à débit variable.

- Si ce réseau a une  $P_{dc}$  importante (long circuit), alors ce devra aussi être le cas de la vanne: ce qui se traduit par une **vanne de faible diamètre**.
- Si ce réseau a une faible  $P_{dc}$ , alors ce devra aussi être le cas de la vanne: ce qui se traduit par une **vanne de grand diamètre**. Voir exemple ci-dessous:

