

Les pertes de charge dans les installations sanitaires et de chauffage

I- DÉFINITIONS ET FORMULES THÉORIQUES DE CALCUL

Le déplacement d'un fluide dans une canalisation implique l'existence d'une énergie motrice qui est à l'origine du mouvement. Cette énergie résulte d'une pression en amont du réseau qui est couramment appelée hauteur de charge ou, plus simplement, la charge par analogie à la hauteur d'une colonne de fluide égale à la dénivellation. Dans une installation de chauffage, c'est la pompe qui produit cette énergie.

En théorie, et en l'absence de tout frottement du fluide sur les parois et de tout incident de parcours, toute la pression qui engendre le mouvement dans la canalisation est convertie en vitesse du fluide. C'est ce qu'exprime l'équation de Bernoulli qui décrit le mouvement d'un fluide incompressible :

$$P + \rho \frac{v^2}{2} + \rho g h = 0$$

P est la pression statique, v la vitesse du fluide, ρ (rhô) sa masse volumique, h l'altitude du fluide par rapport à un plan de référence et g l'accélération de la pesanteur.

Dans cette relation apparaît le terme $\rho \frac{v^2}{2}$ appelé pression dynamique, dont l'origine est liée à l'énergie cinétique du fluide en mouvement ($\frac{1}{2} mv^2$).

Il ne faut pas confondre l'altitude h avec la hauteur de charge qui, elle, fait intervenir la masse volumique du fluide considéré. Cette hauteur de charge est égale à $\frac{P}{\rho g}$ et l'équation de Bernoulli peut aussi s'écrire : $\frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + h = 0$

En pratique, dans les cas concrets de mouvements des fluides, on est loin de ce comportement idéal décrit par l'équation de Bernoulli car un certain nombre de facteurs interviennent pour ralentir le mouvement par le fait de pertes de pression qu'on désigne en pratique par "pertes de charge".

■ LES PERTES DE CHARGE PAR FROTTEMENT

Lorsqu'on observe l'écoulement d'un ruisseau, les filets d'eau circulant près du bord sont ralentis par rapport à ceux qui circulent au milieu du cours. Il en va de même dans les canalisations où les frottements engendrés par l'écoulement le

long des parois génèrent une perte d'énergie. Cet écart par rapport au cas idéal donné par l'équation de Bernoulli se traduit par l'apparition d'un terme correspondant à une pression appelée "perte de charge". Dans ce cas, cette perte de charge est dite "perte de charge par frottement".

Les pertes de charge par frottement dépendent de nombreux paramètres : en premier lieu, du type d'écoulement (laminaire, turbulent lisse ou rugueux), de la masse volumique du fluide, de sa viscosité (grandeurs elles-mêmes dépendant de la température), de sa vitesse, du diamètre et du coefficient de rugosité de la canalisation.

■ LES PERTES DE CHARGE SINGULIÈRES

Lorsque les canalisations comportent des coudes, des changements de direction, des rétrécissements ou des vannes, il y a également un écart par rapport au comportement idéal qui se traduit par l'apparition d'un deuxième type de pertes de charge dites "singulières". Les paramètres dont dépend cette grandeur sont uniquement la nature de l'accident de parcours, la masse volumique du fluide et sa vitesse.

■ LES UNITÉS

Les pertes de charge et les pressions dynamiques s'expriment dans des unités de pression. L'unité officielle internationale est le Pascal (Pa), qui vaut un Newton par mètre carré (N/m^2). Comme le Pascal représente une valeur faible de pression, on utilise couramment son multiple, le décapascal, qui équivaut pratiquement à 1 millimètre de colonne d'eau, autre unité parfois utilisée mais non réglementaire pour désigner une pression (1 mm de colonne d'eau = 9,81 Pa).

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar} \quad 0,1 \text{ mm H}_2\text{O}$$

La plupart du temps, les pertes de charge sont ramenées à l'unité de longueur de canalisation et s'expriment donc en Pa/m.

■ LA MÉTHODE DE CALCUL THÉORIQUE DES PERTES DE CHARGE

L'étude d'un projet d'installation de chauffage avec radiateurs ou en plancher chauffant utilisant l'eau comme vecteur de calories implique toujours une étape de calcul des pertes de charge pour deux raisons essentielles :

- la nécessité de définir les caractéristiques exactes de la pompe de circulation qui sera choisie pour assurer le débit souhaité et vaincre les pertes de charge du réseau,
- la recherche de l'équilibrage thermohydraulique qui passe par la connaissance des pertes de charge dans chaque circuit du réseau considéré.

Formule des pertes de charge par frottement

Les pertes de charge par frottement se déterminent par la formule :

$$J = \frac{\lambda}{d} \rho \frac{v^2}{2} \text{ (en Pa/m)}$$

Toute la difficulté revient à déterminer le coefficient λ (lambda), appelé indifféremment en France nombre de Darcy, coefficient de frottement ou coefficient de perte de charge linéaire.

Il existe quatre principales formules empiriques permettant de déterminer le coefficient λ :

1. Pour les tubes idéalement lisses :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log (Re \cdot \sqrt{\lambda}) - 0,80$$

2. Pour les tubes de rugosité très faible :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log (Re \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{1,15}}) - 0,80$$

3. Pour les rugosités moyennes, on utilise la formule de Nikuradse :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 + 2 \log d/e$$

4. Enfin, la formule la plus utilisée est la formule de Colebrook, qui retient des valeurs de λ maximales et correspond ainsi aux conditions opératoires à la fois les plus courantes et les plus sévères en turbulence et rugosité :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{e/d}{3,72} \right)$$

Formules dans lesquelles :

ϵ = coefficient de rugosité en m ($\epsilon = 1,5 \cdot 10^{-6}$ m pour les tubes en cuivre)

$Re = \frac{vd}{\nu}$ nombre de Reynolds (sans unité) avec :

ν = viscosité cinématique en m²/s ($\nu = 0,36 \cdot 10^{-6}$ m²/s pour l'eau à 80 °C)

Formule des pertes de charge singulières

Elles sont données par la formule :

$$Z = \zeta \rho \frac{v^2}{2} \text{ (en Pa)}$$

- $\rho \frac{v^2}{2}$ est la pression dynamique
- ζ (dzéta) est un coefficient sans dimension qui caractérise un accident de parcours. Il est donné par les fabricants.

Pour les vannes, le coefficient ζ varie avec le degré d'ouverture de la vanne ; il doit donc être connu pour chaque position de l'organe de réglage. Les fabricants donnent les caractéristiques des vannes dans leurs documentations techniques. Plutôt que le coefficient ζ , c'est souvent un coefficient K_v qui est donné. La perte de charge singulière de la vanne s'exprime alors :

$$Z = 100\,000 \frac{Q_v^2}{K_v^2} \text{ (en Pascal)}$$

Formule dans laquelle :

- Q_v est le débit en m³/h
- K_v est le coefficient de débit fourni par le fabricant. C'est le débit en m³/h qui passe dans la vanne pour une perte de charge de 1 bar (100 000 Pa).

Les caractéristiques des vannes peuvent être également fournies sous la forme de diagrammes débit/pertes de charge à lecture directe.



Centre d'Information du Cuivre
Laiton et Alliage