

## CALCUL DES PERTES DE CHARGE

Lorsqu'on considère un fluide réel, les pertes d'énergie spécifiques appelées **pertes de charge** dépendent de la forme, des dimensions et de la rugosité de la canalisation, de la vitesse d'écoulement et de la viscosité du liquide et non pas de la valeur absolue de la pression qui règne dans le liquide.

La différence de pression  $\Delta p = p_1 - p_2$  entre deux points (1) et (2) d'un circuit hydraulique a pour origine :

- ✓ Les frottements du fluide sur la paroi interne de la tuyauterie ; on les appelle pertes de charge régulières ou systématiques.
- ✓ La résistance à l'écoulement provoquée par les obstacles ou les changements au cours du parcours (coudes, élargissements ou rétrécissement de la section, organes de réglage, etc...) ; ce sont les pertes de charge singulières.

Le problème du calcul de ces pertes de charge met en présence les principales grandeurs suivantes :

Le fluide caractérisé par :

- sa masse volumique  $\rho$ .
- sa viscosité cinématique  $\nu$ .

La canalisation caractérisée par :

- sa section (forme et dimension) en général circulaire (diamètre  $D$ ).
- sa longueur  $L$ .
- sa rugosité  $k$  (hauteur moyenne des aspérités de la paroi).

Ces éléments sont liés par des grandeurs comme la vitesse moyenne d'écoulement  $v$  ou le débit  $q$  et le nombre de Reynolds  $Re$  qui joue un rôle primordial dans le calcul des pertes de charge.

### **1. Pertes de charge singulières**

Ainsi que les expériences le montrent, dans beaucoup de cas, les pertes de charge sont à peu près proportionnelles au carré de la vitesse et donc on a adopté la forme suivante d'expression :

$$\Delta P = K \cdot \rho v^2 / 2$$

Différence de pression (Pa).

$$\Delta H = K \cdot v^2 / 2g$$

Perte de charge exprimée en mètres de colonne de fluide (mCF)

$K$  est appelé coefficient de perte de charge singulière (sans dimension).

La détermination de ce coefficient est principalement du domaine de l'expérience.

### **2. Pertes de charge régulières :**

#### Généralités :

Ces pertes sont causées par le frottement intérieur qui se produit dans les liquides ; Elles se rencontrent dans les tuyaux lisses aussi bien que dans les tuyaux rugueux.

Entre deux points séparés par une longueur  $L$ , dans un tuyau de diamètre  $D$  apparaît une perte de pression exprimée sous la forme suivante :

$$\Delta P = \lambda \cdot \rho v^2 L / 2D$$

Différence de pression (Pa)

$$\Delta H = \lambda \cdot v^2 L / 2gD$$

Perte de charge exprimée en mètres de colonne de fluide (mCF)

$\lambda$  est un coefficient sans dimension appelé coefficient de perte de charge linéaire.

Le calcul des pertes de charge repose entièrement sur la détermination de ce coefficient.

Cas de l'écoulement laminaire :  $Re < 2000$  :

Dans ce cas on peut montrer que le coefficient  $\lambda$  est uniquement fonction du nombre de Reynolds  $Re$  ; l'état de la surface n'intervient pas et donc  $\lambda$  ne dépend pas de la rugosité  $k$  (la hauteur moyenne des aspérités du tuyau), ni de la nature de la tuyauterie.

$$\lambda = 64/Re$$

Cas de l'écoulement turbulent :  $Re > 3000$

Les phénomènes d'écoulement sont beaucoup plus complexes et la détermination du coefficient de perte de charge résulte de mesures expérimentales. C'est ce qui explique la diversité des formules anciennes qui ont été proposées pour sa détermination.

En régime turbulent l'état de la surface devient sensible et son influence est d'autant plus grande que le nombre de Reynolds  $Re$  est grand. Tous les travaux ont montré l'influence de la rugosité et on s'est attaché par la suite à chercher la variation du coefficient en fonction du nombre de Reynolds  $Re$  et de la rugosité  $k$  du tuyau.

La formule de Colebrook est actuellement considérée comme celle qui traduit le mieux les phénomènes d'écoulement en régime turbulent. Elle est présentée sous la forme suivante :

$$1/\lambda^{1/2} = -2\log (k/3,7D + 2,51/Re\lambda^{1/2})$$

L'utilisation directe de cette formule demanderait, du fait de sa forme implicite, un calcul par approximations successives ; on emploie aussi en pratique des représentations graphiques.

Pour simplifier la relation précédente, on peut chercher à savoir si l'écoulement est hydrauliquement lisse ou rugueux pour évaluer la prédominance des deux termes entre parenthèses dans la relation de Colebrook.

*Remarques :*

On fait souvent appel à des formules empiriques plus simples valables pour des cas particuliers et dans un certain domaine du nombre de Reynolds.

Formule de Blasius : (pour des tuyaux lisses et  $Re < 10^5$ )

$$\lambda = 0,316 Re^{-0,25}$$

Comme en régime laminaire, le régime turbulent ne s'établit parfaitement qu'à partir d'une certaine longueur  $l$ .

Pour de grandes valeurs de  $Re$ , l'influence de cette longueur ne peut être sensible que pour des tuyaux courts.

Des formules empiriques ou des abaques sont donc utilisées pour avoir des ordres de grandeur corrects des pertes de charge. Les calculs très précis sont inutiles, car les installations sont toujours dimensionnées avec un coefficient de sécurité permettant une adaptation à des fonctionnements imprévus.

En conclusion, pour diminuer l'ensemble des pertes de charge dans une canalisation, afin de diminuer les coûts de fonctionnement dus aux pompes, il faut:

- . diminuer la longueur de canalisation
- . diminuer le nombre d'irrégularités sur la canalisation
- . diminuer le débit de circulation
- . augmenter le diamètre des canalisations
- . faire circuler des liquides les moins visqueux possible
- . utiliser des matériaux de faible rugosité

Il est néanmoins évident que le procédés de fabrication impose parfois des contraintes d'ordre supérieur (viscosité élevée des produits utilisés, débits forts imposés...).