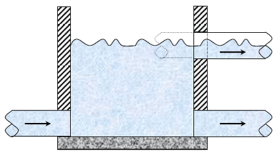


HYDRAULIQUE

Pertes de charge dans les conduites forcées

2

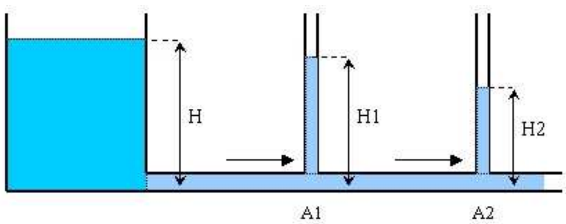
1 – PREAMBULE

La circulation d'un fluide dans une conduite forcée s'accompagne toujours de pertes d'énergie appelées pertes de charge. On distingue :

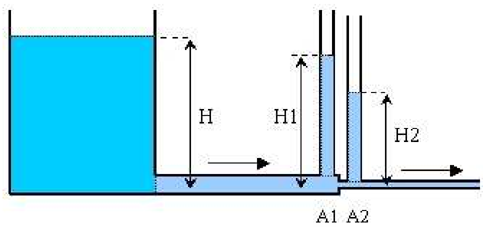
- ⇒ Les **pertes régulières** (ou linéaires) dues aux frottements du fluide sur la paroi intérieure du conduit,
- ⇒ Les **pertes singulières** dues aux accidents présents sur la conduite (coudes, rétrécissement, etc.)

2 – MISE EN EVIDENCE DES PERTES

Le liquide initialement contenu dans un réservoir s'écoule par gravité dans un conduit. Le liquide remonte dans deux tubes piézométriques placés en A1 et A2.



On constate que $H > H_1 > H_2$. Cette perte de hauteur est due à la perte d'énergie issue de la rugosité intérieure de la paroi du conduit ; c'est une **perte de charge régulière**.



Un rétrécissement brusque a été placé entre les deux tubes piézométriques. On constate que $H_1 > H_2$. Cette perte de hauteur est due à la présence d'un accident, ici le rétrécissement brusque ; c'est une **perte de charge singulière**.

3 – DETERMINATION DES PERTES REGULIERES

Formule : pour un écoulement en charge dans une conduite circulaire et rectiligne, on montre théoriquement que les pertes de charge sont régies par :

$$\boxed{\Delta H = \lambda \frac{L}{D}\frac{U^2}{2g}}$$

- ΔH est la perte de charge, en m,
- U est la vitesse de l'écoulement, en $m \cdot s^{-1}$,
- λ est le coefficient de perte de charge, sans dimension.
  Il est fonction du nombre de *Reynolds* R_e et de la rugosité relative ε / D, où ε est la mesure de la rugosité absolue de la conduite. λ ne peut être déterminé qu'expérimentalement.
- D est le diamètre hydraulique de la section en m.
  Dans le cas des sections circulaires, le diamètre hydraulique est égal au diamètre géométrique.
- L est la longueur de la conduite, en m.
- g est l'intensité du champ de pesanteur, en $m \cdot s^{-2}$.

Recherche du coefficient de perte de charge : λ

⇒ **Régime laminaire** ($R_e < 2500$) : λ ne dépend pas de la rugosité relative ; il est uniquement fonction du nombre de Reynolds et est donné par la loi de Poiseuille :

$$\boxed{\lambda = \frac{64}{R_e}}$$

⇒ **Régime turbulent en tuyaux lisses** ($2500 < R_e < 10^5$) : Il existe pour ce cas différentes formules traduisant la valeur de λ, toutes issues d'expériences. On ne donne ici que celle de Blasius :

$$\boxed{\lambda = 0{,}3164 \cdot R_e^{-0,25}}$$

⇒ **Régime turbulent en tuyaux rugueux** ($R_e > 10^5$) : Blench propose la formule où ε est la rugosité conventionnelle de la conduite en mm et D son diamètre intérieur en mm.

$$\boxed{\lambda = 0{,}79 \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon}{D}}}$$

Diagramme universel de *Moody*
En se fondant sur les expérience de Nikuradse, sur l'analyse mathématique de Prandtl et Karman, sur les observations de Colebrook et White (1939), Moody a établi un diagramme logarithmique où λ est donné en fonction du nombre de Reynolds R_e et de la rugosité relative ε / D.

4 – DETERMINATION DES PERTES SINGULIERES

Formule : Les pertes de charge en régime turbulent peuvent s'écrire sous la forme :

$$\boxed{\Delta H = \zeta \frac{U^2}{2g}}$$

La recherche du coefficient ζ relève d'une démarche expérimentale ; c'est pourquoi des abaques donnent les valeurs de ζ pour différents accidents de conduites.

Pour les accidents avec variation de diamètre, le calcul de la perte de charge s'effectue toujours avec la plus grande vitesse.

Longueur équivalente : il y a parfois avantage à exprimer la perte singulière à une longueur fictive de conduite qui provoquerait la même perte d'énergie ; on la désigne par *longueur équivalente de conduite* :

La perte régulière peut être écrite sous la forme : $\Delta H_{rég} = L \cdot a \cdot Q^2$ avec $a = \dfrac{\lambda}{2gDS^2}$

La perte singulière peut être écrite sous la forme : $\Delta H_{sin\,g} = b \cdot \zeta \cdot Q^2$ avec $b = \dfrac{1}{2gS^2}$

La recherche d'une longueur de conduite donnant la perte $\Delta H_{rég}$ égale à celle de l'accident, $\Delta H_{sin\,g}$, se traduit par l'égalité suivante : $\Delta H_{sin\,g} = \Delta H_{rég}$

Soit, $b \cdot \zeta \cdot Q^2 = L_{éq} \cdot a \cdot Q^2$ ou encore : $L_{éq} = \dfrac{b}{a} \cdot \zeta$ avec $\dfrac{b}{a} = \dfrac{2gS^2 D}{\lambda 2gS^2} = \dfrac{D}{\lambda}$

En résumé, la longueur équivalente vaut :

$$\boxed{L_{éq} = \frac{D}{\lambda} \cdot \zeta}$$