On retrouve bien ce que donne l'abaque de la figure 15.10 pour $Re < 2.10^3$.

Remarque

les écoulements industriels sont quasiment toujours turbulents, donc en dehors de cette zone de Hagen-Poiseuille

5.4 Perte de charge singulière

On s'intéresse dans ce paragraphe aux pertes de charges dues aux singularités dans une conduite : coude, vanne, changement de section, etc.

a) Coefficient de perte de charge singulière

Dans le même esprit que pour les pertes de charge régulières, mais sans faire intervenir la longueur L de la conduite, puisque les singularités ont un caractère local, on définit un **coefficient de perte de charge singulière** par $\zeta = \dfrac{\mu g \Delta \mathcal{H}_{sing}}{\dfrac{1}{2}\mu U^2}$.

Dans le cas d'un changement de section, U représente en général la vitesse débitante dans la plus petite des deux sections.

Étant donnée la grande diversité des singularités possibles, il n'est pas possible d'en donner une liste exhaustive. Le coefficient de perte de charge singulière s'estime à partir d'abaques ou de logiciels spécialisés. À titre d'exemple, un exercice de la fin du chapitre permet de déterminer l'expression de ζ pour une brusque augmentation de section.

b) Dissymétrie des écoulements dans les raccords de conduites

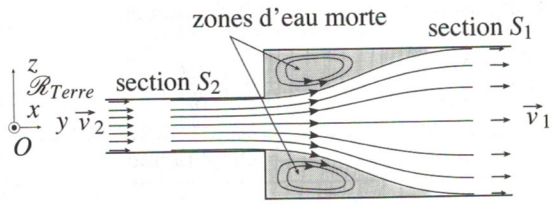


Figure 15.11 – Élargissement brusque.

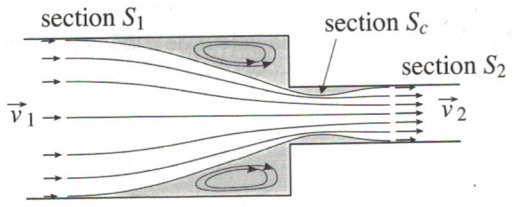


Figure 15.12 – Rétrécissement brusque, avec présence d'une section effective S_c.

Lorsqu'une conduite présente un changement de section brutal, la forme des lignes de cou-

rants change selon le sens dans lequel le fluide circule. Les figures 15.11 et 15.12 montrent une même portion de canalisation, avec des sections S_1 et S_2, l'écoulement se faisant dans un sens puis dans l'autre. Lorsque la canalisation se rétrécit brusquement, il existe une zone annulaire morte dans l'entrée de la partie la plus étroite, ce qui y fait apparaître une section effective S_c, plus petite que sa section réelle. C'est cette section effective qui intervient dans le coefficient de perte de charge comme cela apparaîtra dans le tableau plus bas.

c) Quelques coefficients de perte de charge singulière

La figure 15.13 montre quelques exemples de singularités. Lorsqu'elles font intervenir des sections différentes à l'entrée et à la sortie, S_{pt} désigne la plus petite, et S_{gd} la plus grande.

Le **coefficient de perte de charge singulière** est $\zeta = \dfrac{\mu g \Delta \mathscr{H}_{sing}}{\frac{1}{2}\mu U^2}$, U représentant la vitesse débitante dans la section la plus petite S_{pt}. Le tableau ci-dessous donne la valeur de ζ pour ces différentes singularités.

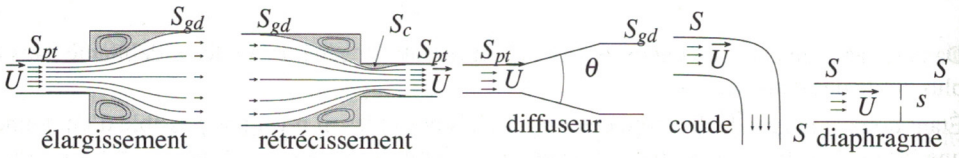
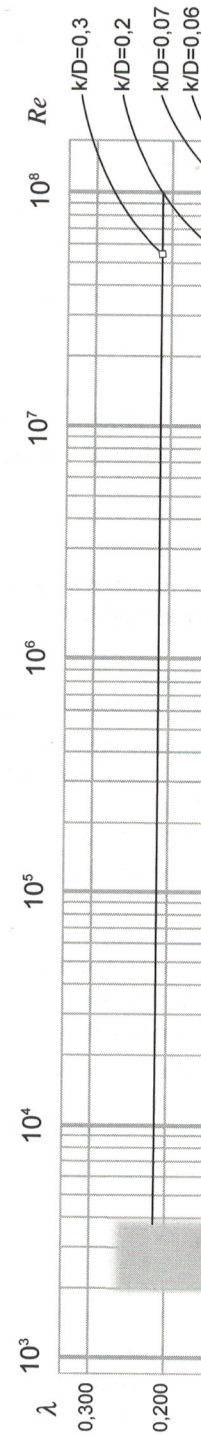


Figure 15.13 – Quelques éléments induisant des pertes de charges singulières.

Singularité	Élargissement	Rétrécissement	Diffuseur
ζ	$\left(1-\dfrac{S_{pt}}{S_{gd}}\right)^2$	$\dfrac{1}{9}+\left(\dfrac{S_{pt}}{S_c}-1\right)^2$	$k\left(1-\dfrac{S_{pt}}{S_{gd}}\right)^2$

Singularité	Coude	Diaphragme
ζ	0,45 à 1,3	$\left(1+0{,}71\sqrt{1-\dfrac{s}{S}}-\dfrac{s}{S}\right)^2\left(\dfrac{S}{s}\right)^2$

Pour les diffuseurs, k dépend de l'angle θ : $k = 0{,}049$ pour $\theta = 5°$, $k = 0{,}12$ pour $\theta = 10°$, $k = 0{,}39$ pour $\theta = 20°$. Pour les coudes, la valeur de ζ dépend du rayon de courbure.