

# Écoulements en charge

## Formules et données de base

Préparé par

Pierre F. Lemieux, ing., Ph. D.

Professeur titulaire

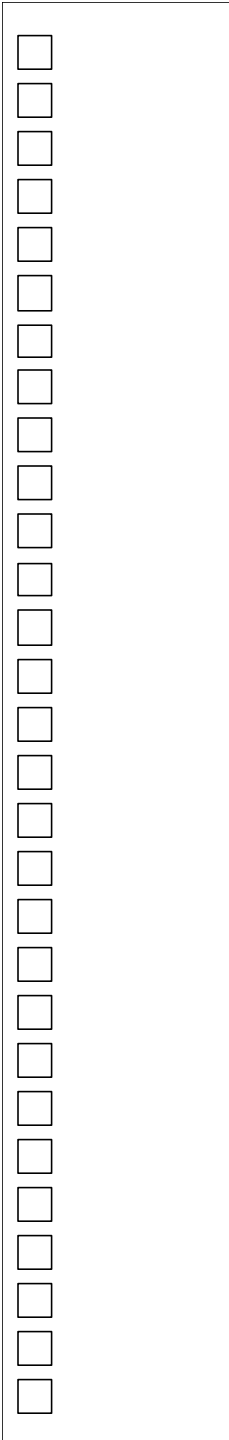
Département de génie civil

Faculté de génie

Tél. : (819) 821-8000 (poste 2938)

Télécopieur : (819) 821-7974

Courriel : pierre.f.lemieux@courrier.usherb.ca



## Table des matières

- |                                       |  |            |
|---------------------------------------|--|------------|
| 1. Formule de Darcy-Weisbach (DW)     |  | [Diapo 3]  |
| 2. Formule de Hazen-Williams (HW)     |  | [Diapo 8]  |
| 3. Relation $f$ (DW) et $C_{HW}$ (HW) |  | [Diapo 10] |
| 4. Pertes de charge singulières       |  | [Diapo 12] |
| 5. Notion de longueur équivalente     |  | [Diapo 13] |

# 1. Formule de Darcy-Weibach

$$J = 0,08263 f \frac{L}{D^5} Q^2$$

Longueur de conduite, en m

Débit, en m<sup>3</sup>/s

Diamètre, en m

Coefficient de frottement  
*(diapositive suivante)*

Perte de charge, en m

# 1. Formule de Darcy-Weisbach (suite)

$$f = \frac{1,325}{\frac{e}{3,7D} \ln \left( \frac{12,6}{R} \right) + \frac{5,74}{R^{0,9}}} \quad \text{(Formule de Swamee et Jain)}$$

$R = \frac{VD}{n}$  Nombre de Reynolds  
 Rugosité relative  
 Coefficient de frottement

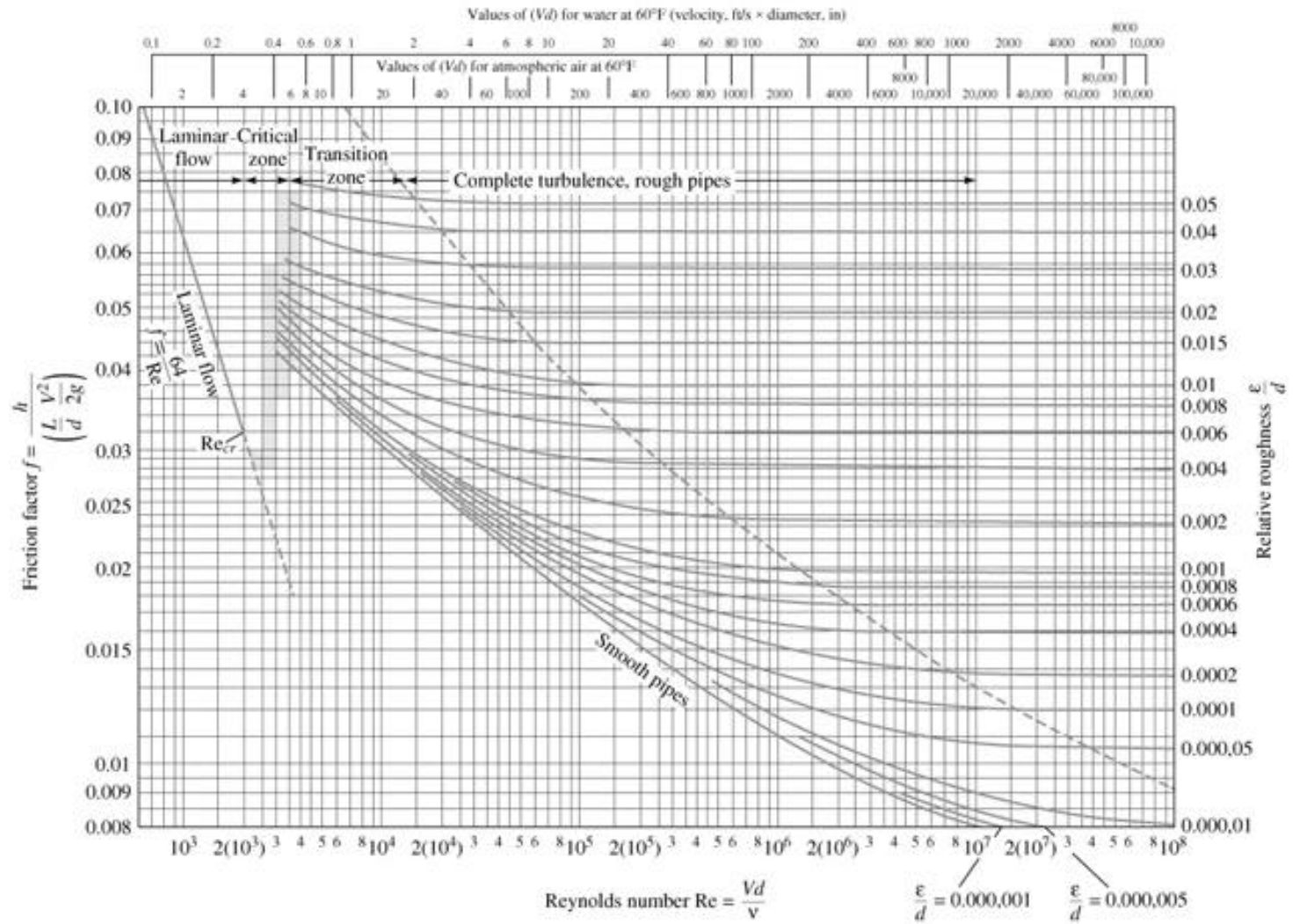
- $e$  : hauteur des rugosités, en m
- $D$  : diamètre, en m
- $V$  : vitesse moyenne de l'écoulement, en m/s
- $n$  : viscosité cinématique, en m<sup>2</sup>/s

Plage de validité :

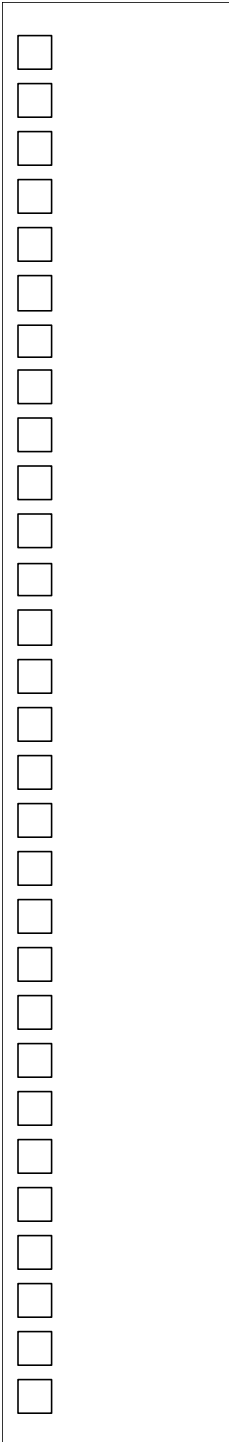
$$10^{-6} \leq \frac{e}{D} \leq 10^{-2}$$

$$5000 \leq R \leq 10^8$$

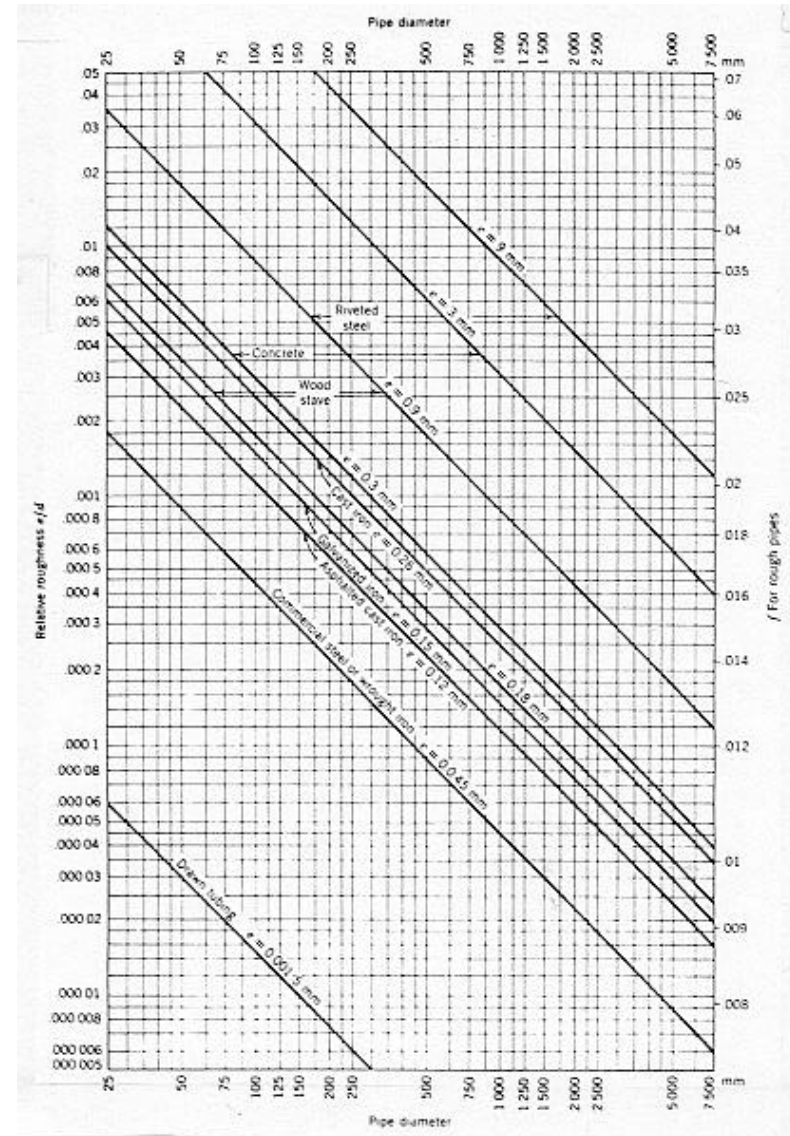
Fig. 1. Diagramme de Moody



GCI 410. Hydraulique - Écoulements  
en charge - Formules et données de  
base - PFL

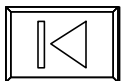


**Fig. 2.**  
**Coefficient de frottement  $f$**   
**dans la zone de turbulence**  
**complète en fonction de la**  
**rugosité relative  $e/D$  pour**  
**différents types de conduite.**



**Tableau 1. Hauteur des rugosités  $\epsilon$  pour différents types de conduite.**

Material	Condition	$\epsilon$		Uncertainty, %
		ft	mm	
Steel	Sheet metal, new	0.00016	0.05	$\pm 60$
	Stainless, new	0.000007	0.002	$\pm 50$
	Commercial, new	0.00015	0.046	$\pm 30$
	Riveted	0.01	3.0	$\pm 70$
	Rusted	0.007	2.0	$\pm 50$
Iron	Cast, new	0.00085	0.26	$\pm 50$
	Wrought, new	0.00015	0.046	$\pm 20$
	Galvanized, new	0.0005	0.15	$\pm 40$
	Asphalted cast	0.0004	0.12	$\pm 50$
Brass	Drawn, new	0.000007	0.002	$\pm 50$
Plastic	Drawn tubing	0.000005	0.0015	$\pm 60$
Glass	—	Smooth	Smooth	
Concrete	Smoothed	0.00013	0.04	$\pm 60$
	Rough	0.007	2.0	$\pm 50$
Rubber	Smoothed	0.000033	0.01	$\pm 60$
Wood	Stave	0.0016	0.5	$\pm 40$

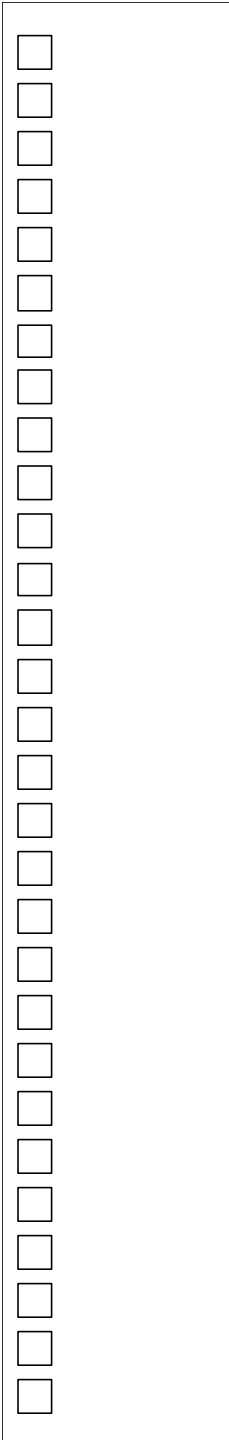


## 2. Formule de Hazen-Williams

$$J = \frac{10.67 L^{1,852}}{C_{HW}^2 D^{4,87} Q^{1,852}}$$

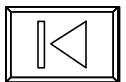
Longueur de conduite, en m  
 Débit, en m<sup>3</sup>/s  
 Diamètre, en m  
 Coefficient de Hazen-Williams  
 Perte de charge, en m





**Tableau 2. Coefficients de Hazen-Williams.**

Type de conduite	$C_{HW}$
Amiante-ciment	140
Fonte	
neuve	130
vieille (sans enduit)	40 - 120
avec enduit de ciment	130 - 150
avec enduit bitumineux	140 - 150
Béton de pression	140
Cuivre	130 - 140
Boyau à incendie	135
PVC	150



### 3. Relation $f$ (DW) et $C_{HW}$ (HW)

$$f = \frac{K_f}{D^{0,018} C_{HW}^{1,852} R^{0,148}}$$

$$K_f = \frac{3,592^{1,852} \times 4 \times \rho^{0,148}}{0,08263 \times \rho^{0,148}}$$

$$K_f = 1015 \quad (\text{Eau à } 15^\circ\text{C})$$

@ 1

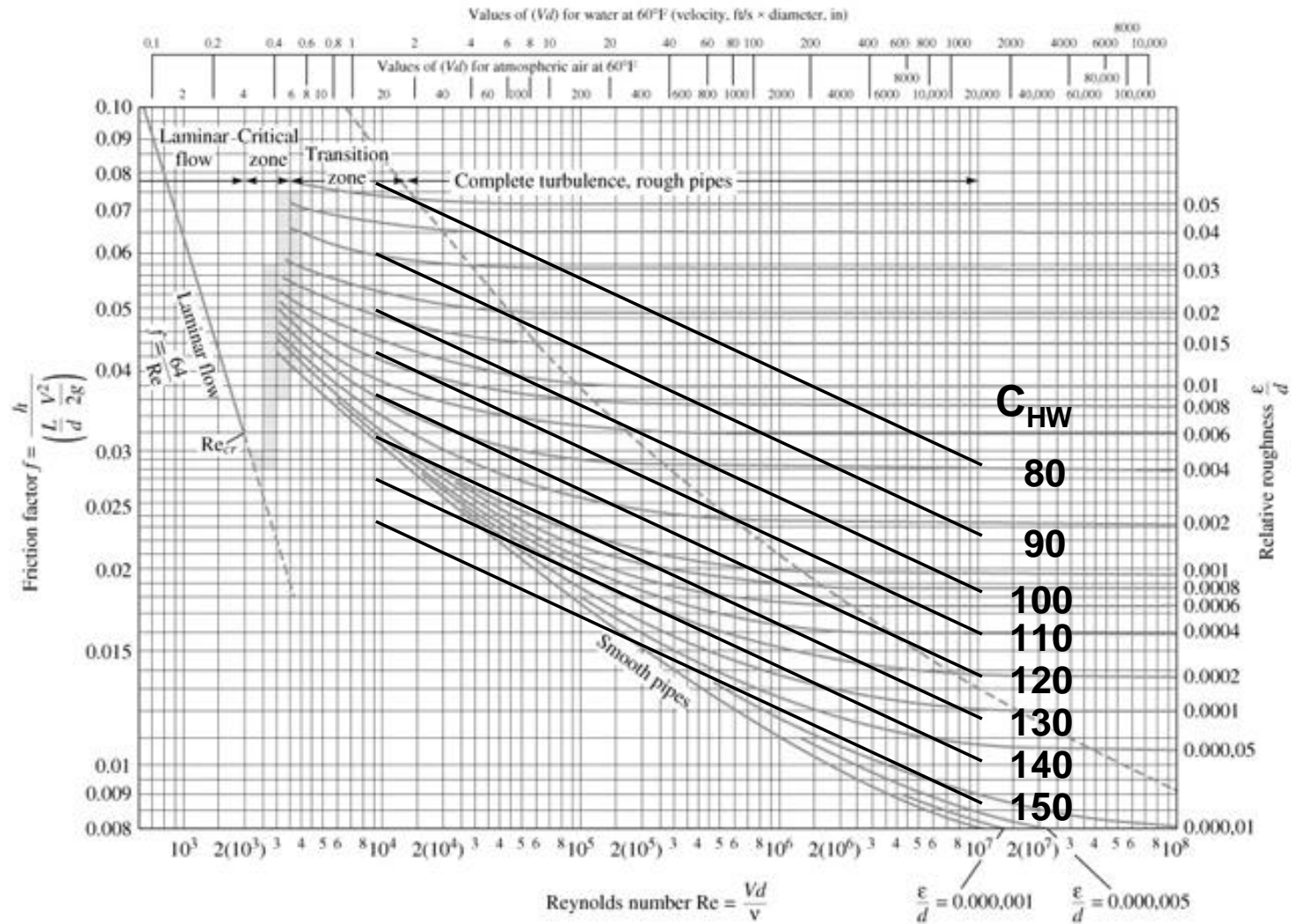
$$C_{HW} = \frac{K_{HW}}{D^{0,00972} f^{0,54} R^{0,08}}$$

$$K_{HW} = \frac{3,592}{0,08263^{0,54} \times \rho^{0,08}}$$

$$K_{HW} = 42 \quad (\text{Eau à } 15^\circ\text{C})$$

@ 1

Fig. 3. Relation  $C_{HW}$  et  $f$  sur le diagramme de Moody



## 4. Pertes de charges singulières

$$J_S = 0,08263 \frac{K}{D^4} Q^2$$

Coefficient de perte de charge

Débit, en m<sup>3</sup>/s

Diamètre, en m

Perte de charge, en m

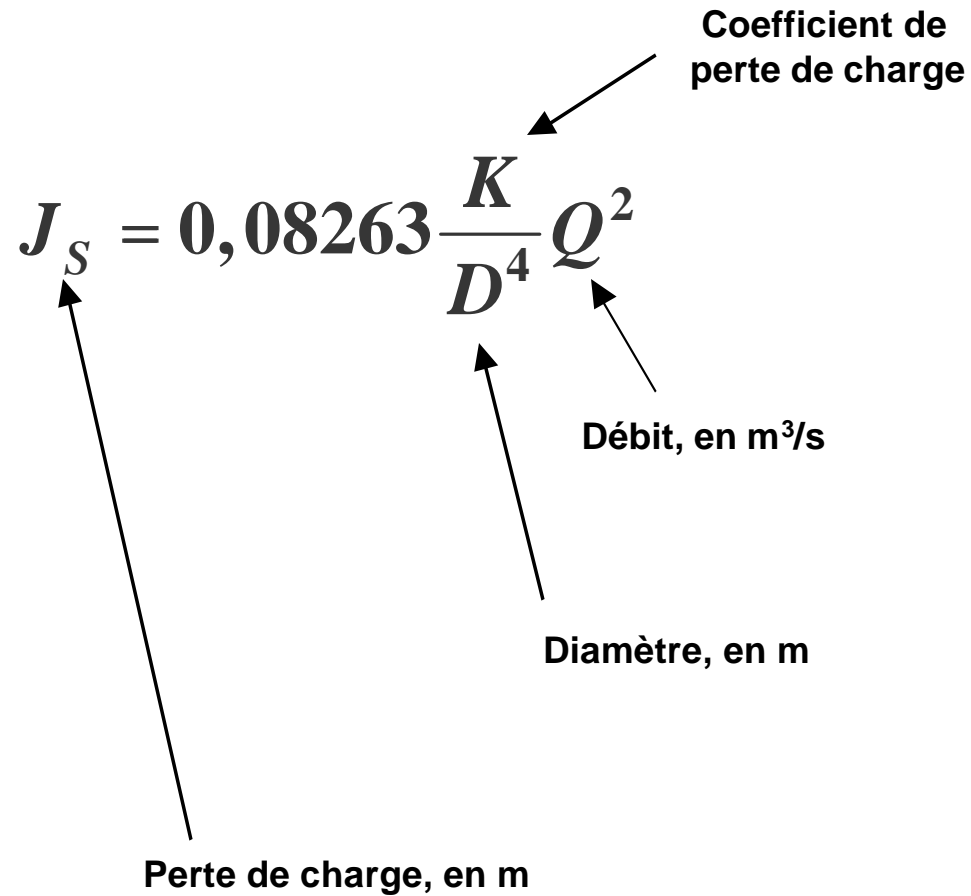
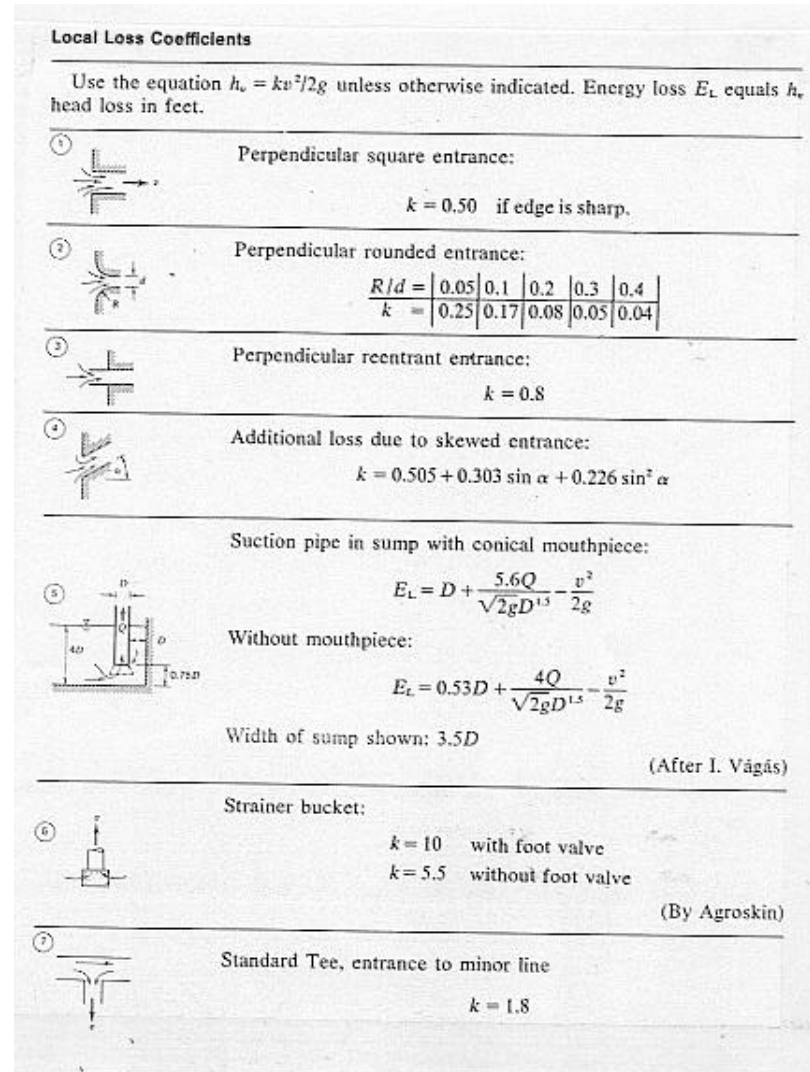


Fig. 4. Coefficients de pertes de charge singulières



GCI 410. Hydraulique - Écoulements  
 en charge - Formules et données de  
 base - PFL

Fig. 4. Coefficients de pertes de charge singulières (suite)

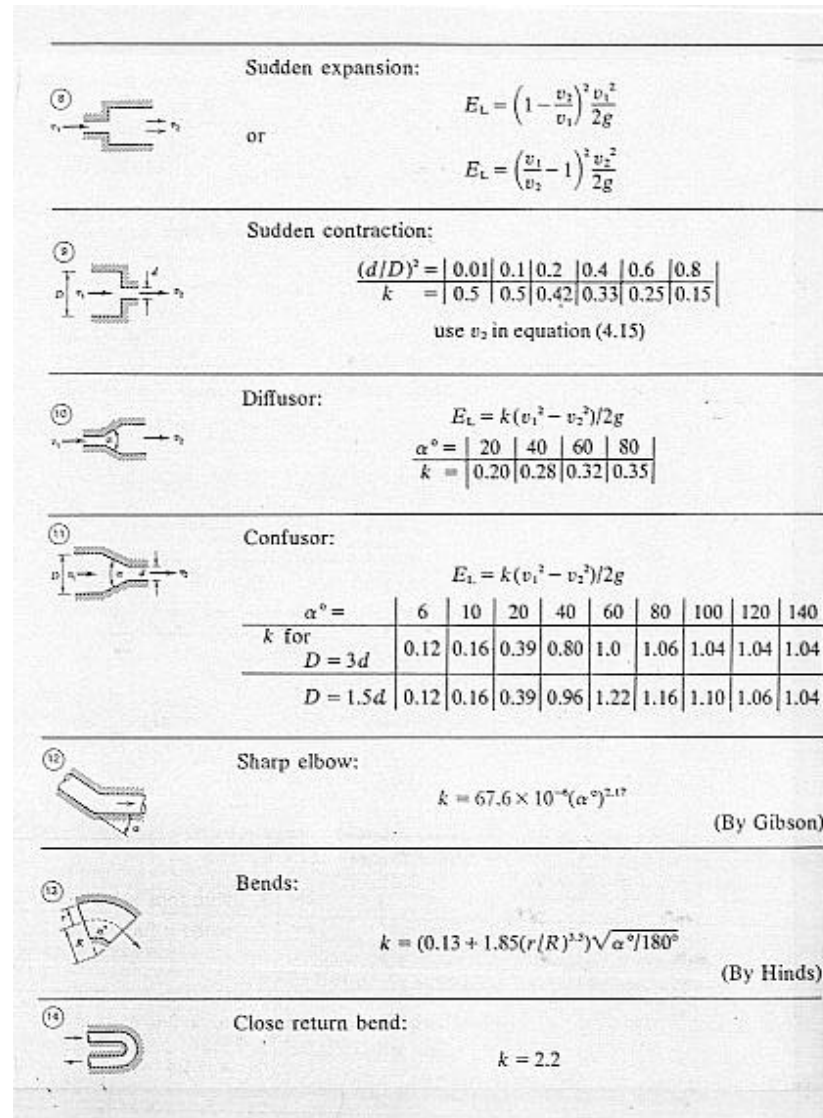


Fig. 4. Coefficients de pertes de charge singulières (suite)

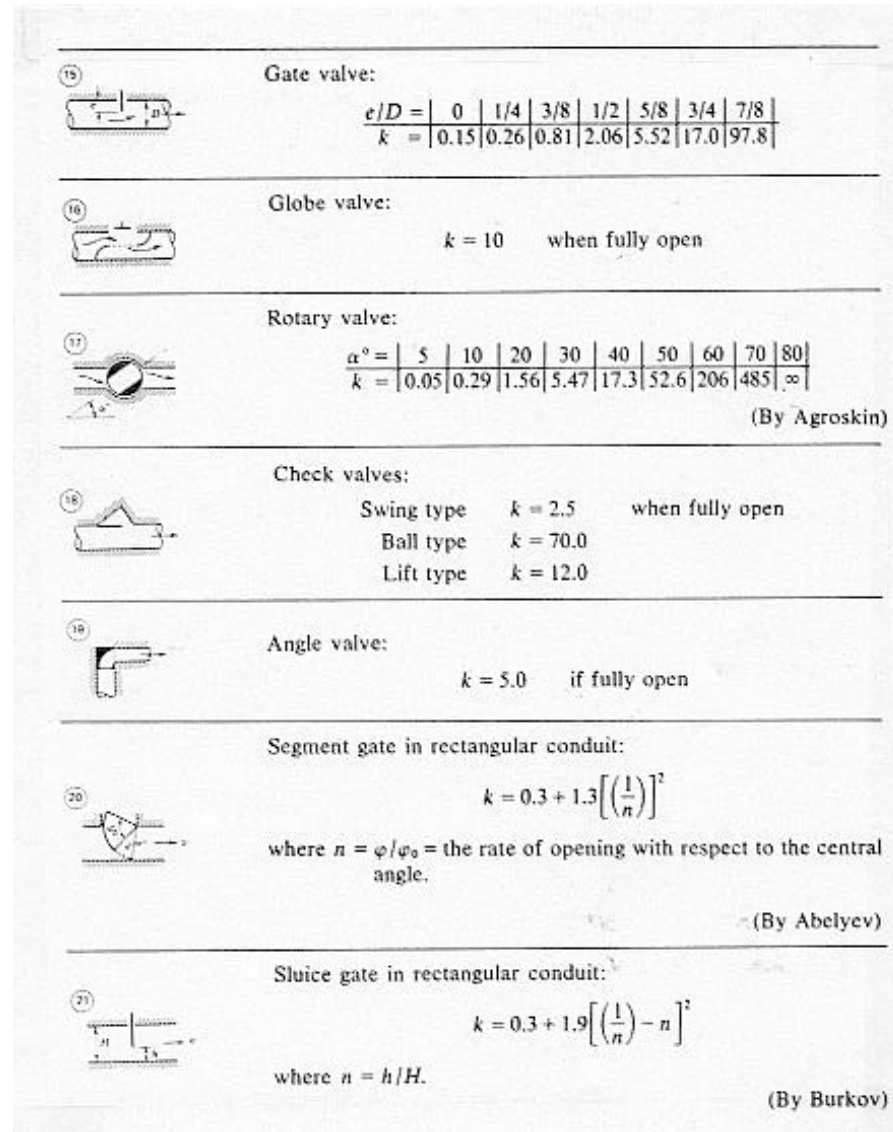
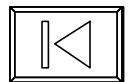
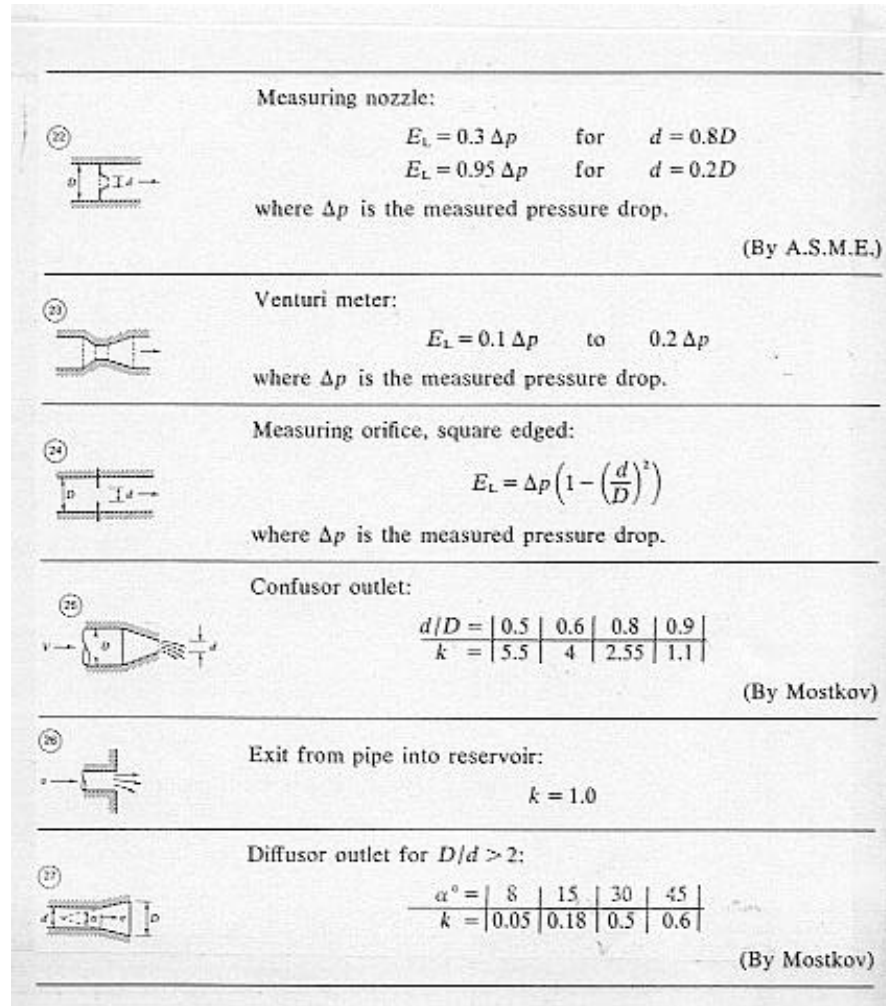


Fig. 4. Coefficients de pertes de charge singulières (suite)





## 5. Notion de longueur équivalente

$$J_S = J \quad \text{P} \quad 0,08263 \frac{K}{D^4} Q^2 = 0,08263 \frac{f L_e}{D^5} Q^2$$

$$\text{P} \quad K = \frac{f L_e}{D}$$

Longueur équivalente

$$L_e = \frac{K D}{f}$$

Calcul de  $L_e$  :

$$\frac{L_e}{D} = \frac{K}{1,325} \left[ \ln \left( \frac{e}{3,7D} + \frac{5,74}{R^{0,9}} \right) \right]^2$$

ou

$$\frac{L_e}{D} = K \frac{D^{0,018} C_{HW}^{1,852} R^{0,148}}{1015}$$

