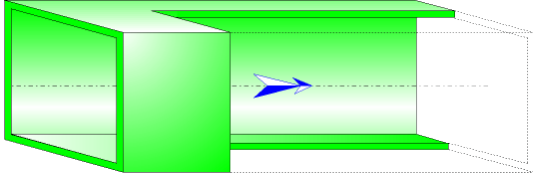




## Tuyau rectiligne Section rectangulaire et parois rugueuses (MILLER)



### Description du modèle :

Ce modèle de composant calcule la perte de charge régulière (chute de pression) d'une tuyauterie droite horizontale de section transversale carrée ou rectangulaire et constante.

En outre, l'écoulement est supposé entièrement développé et stabilisé.

La perte de charge est due au frottement du fluide sur les parois intérieures de la tuyauterie et est calculée avec la formule de Darcy.

Le coefficient de friction de Darcy est déterminé :

- en régime d'écoulement laminaire par la loi de Hagen-Poiseuille (indépendant de la valeur de la rugosité relative),
- en régime d'écoulement turbulent par l'équation explicite de Swamee-Jain (dépendant de la valeur de la rugosité relative), l'équation explicite de Swamee-Jain est une approximation de l'équation implicite de Colebrook-White,
- en régime critique par interpolation entre les coefficients de friction d'écoulement laminaire et turbulent.

### Formulation du modèle :

---

Diamètre hydraulique (m) :

$$D = \frac{2 \cdot b \cdot W}{b + W}$$

---

Section transversale de passage (m<sup>2</sup>) :

$$A = b \cdot W$$

---

Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) :

$$U = \frac{Q}{A}$$

---

Débit massique (kg/s) :

$$m = Q \cdot \rho$$

Volume de fluide dans le tuyau ( $m^3$ ) :

$$V = A \cdot L$$

Masse de fluide dans le tuyau (kg) :

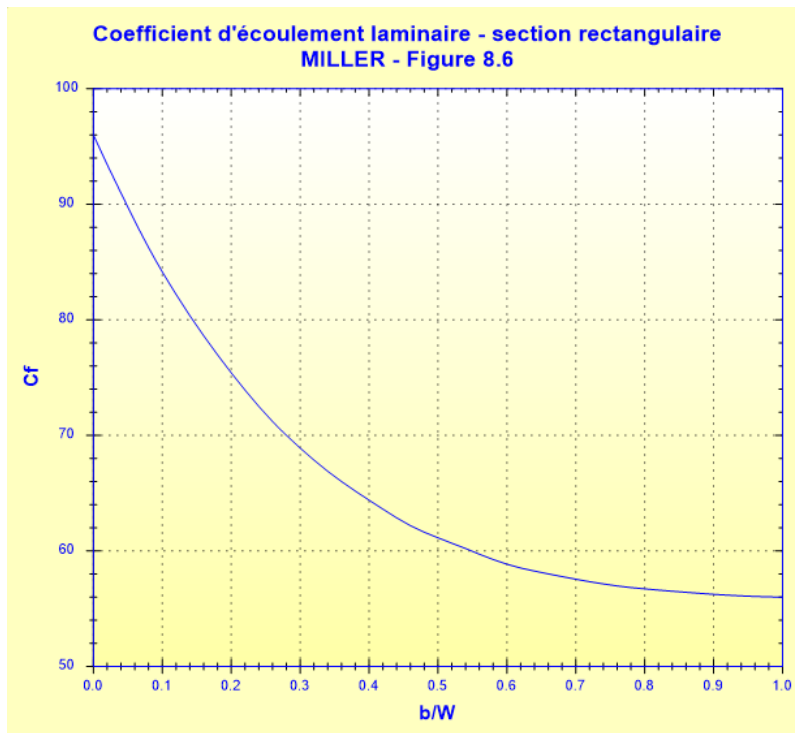
$$M = V \cdot \rho$$

Nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu}$$

Coefficient d'écoulement laminaire :

$$Cf = f(b/W) \quad ([1] \text{ figure 8.6})$$



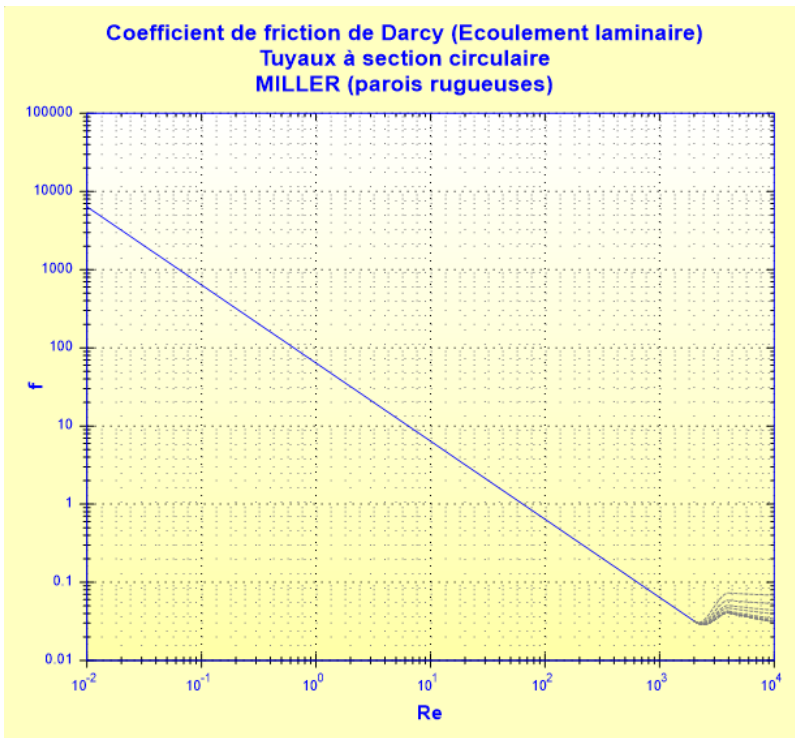
Coefficient de friction de Darcy :

■ régime laminaire ( $Re \leq 2000$ ) :

loi de Hagen-Poiseuille

$$f = \frac{Cf}{Re}$$

([1] équation 8.7)



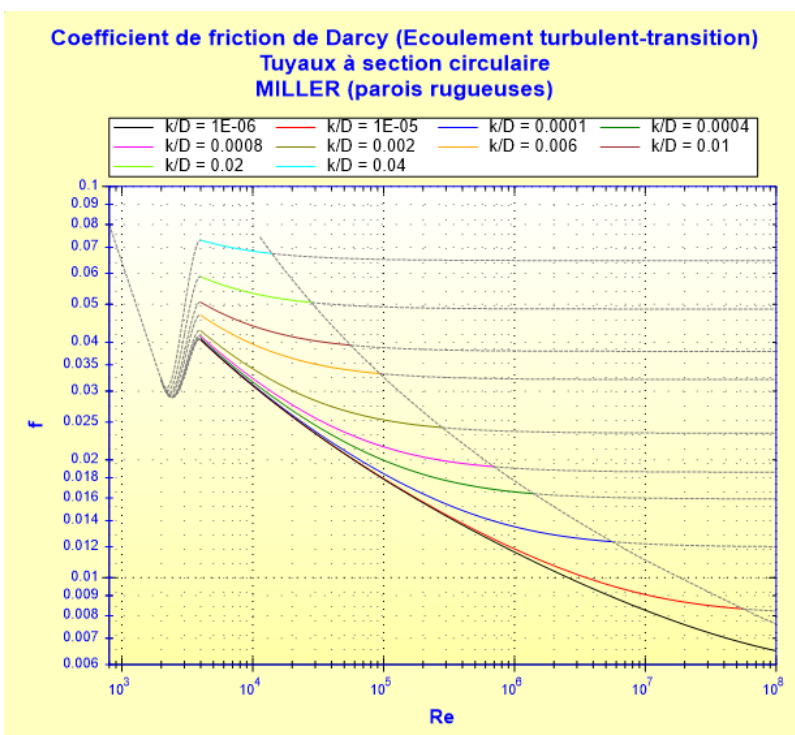
- régime turbulent - zone de transition et zone de turbulence complète ( $Re \geq 4000$ ) :  
 équation de Swamee-Jain (approximation de l'équation de Colebrook-White)

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{k}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad ([1] \text{ équation 8.4})$$

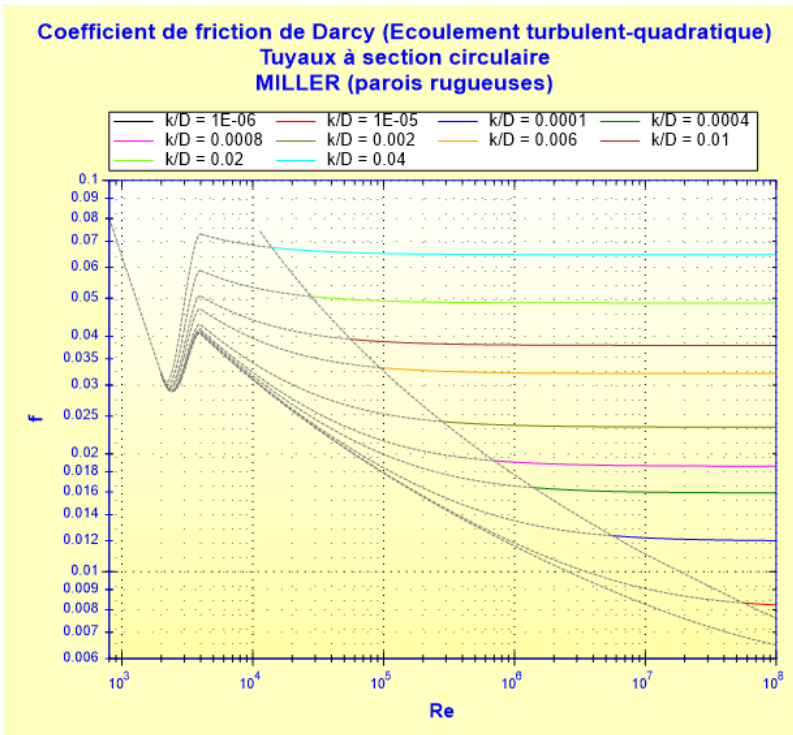
nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

$$Re''_{lim} = \frac{560}{\Delta} \quad ([2] \text{ diagramme 2.4})$$

Zone de transition



## Zone de turbulence complète



■ régime critique ( $2000 < Re < 4000$ ) :

interpolation cubique

$$f = (X1 + R \cdot (X2 + R \cdot (X3 + X4))) \quad ([2])$$

avec :

$$R = \frac{Re}{2000}$$

$$X1 = 7 \cdot FA - FB$$

$$X2 = 0.128 - 17 \cdot FA + 2.5 \cdot FB$$

$$X3 = -0.128 + 13 \cdot FA - 2 \cdot FB$$

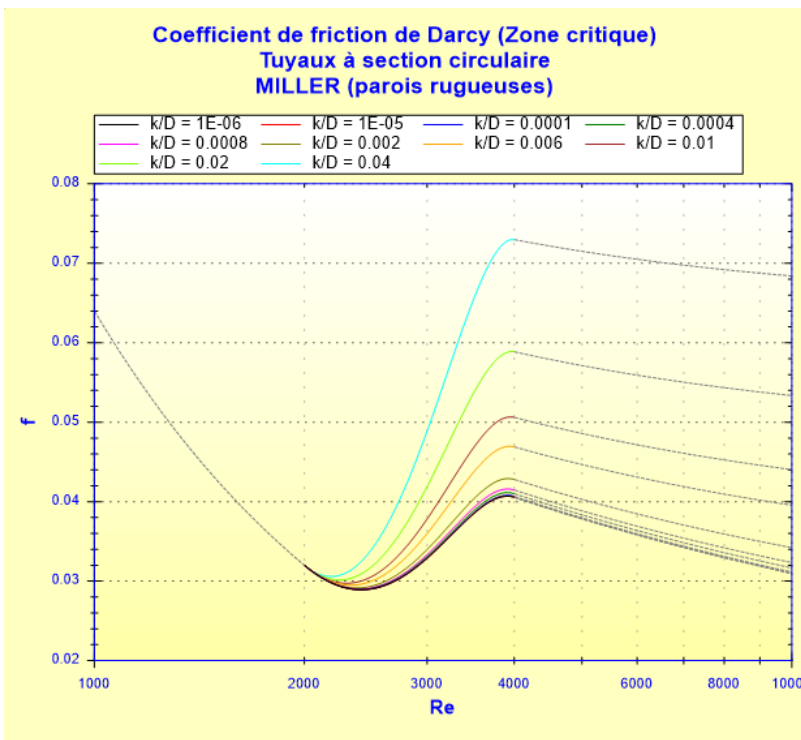
$$X4 = R \cdot (0.032 - 3 \cdot FA + 0.5 \cdot FB)$$

$$FA = Y3^{-2}$$

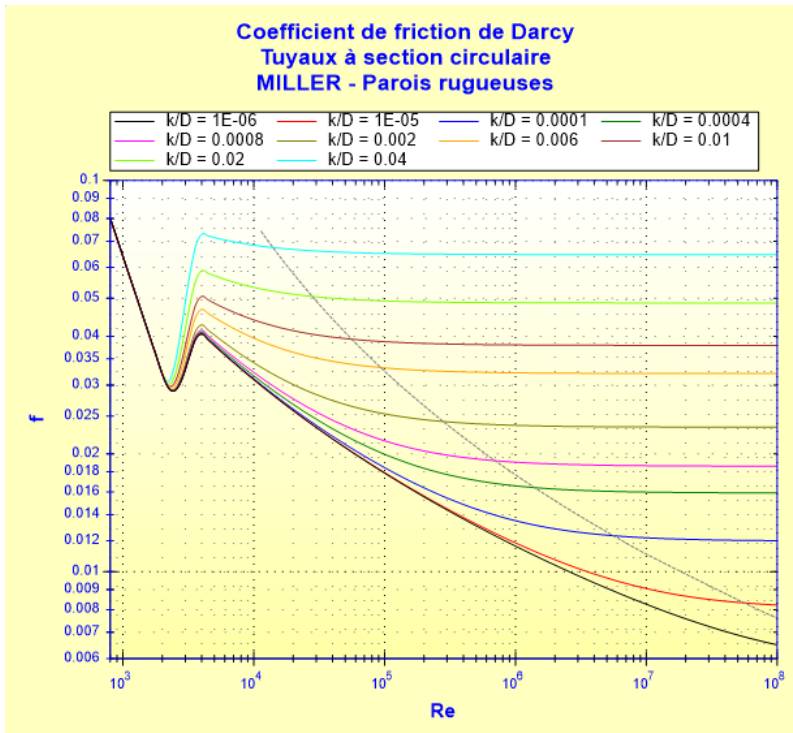
$$FB = FA \cdot \left( 2 - \frac{0.00514215}{Y2 \cdot Y3} \right)$$

$$Y2 = \frac{k}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}$$

$$Y3 = -0.86859 \cdot \ln \left( \frac{k}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{4000^{0.9}} \right)$$



■ tous régimes d'écoulement :



Coefficient de perte de pression par friction :

$$K_f = f \cdot \frac{L}{D} \quad ([1] \text{ équation 8.3})$$

Coefficient de perte de pression totale (basé sur la vitesse moyenne dans le tuyau) :

$$K = K_f$$

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = K \cdot \frac{\rho \cdot U^2}{2} \quad ([1] \text{ équation 8.1b})$$

---

Perte de charge totale de fluide (m) :

$$\Delta H = K \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g} \quad ([1] \text{ équation 8.1a})$$

---

Perte de puissance hydraulique (W) :

$$Wh = \Delta P \cdot Q$$

---

**Symboles, définitions, unités SI :**

W	Largeur de la section rectangulaire (m)
b	Hauteur de la section rectangulaire (m)
D	Diamètre hydraulique(m)
A	Section transversale de passage (m <sup>2</sup> )
Q	Débit volumique (m <sup>3</sup> /s)
m	Débit massique (kg/s)
U	Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)
L	Longueur du tuyau (m)
V	Volume de fluide dans le tuyau (m <sup>3</sup> )
M	Masse de fluide dans le tuyau (kg)
Re	Nombre de Reynolds ( )
Re'' <sub>lim</sub>	Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète ( )
C <sub>f</sub>	Coefficient d'écoulement laminaire ( )
k	Rugosité absolue (m)
f	Coefficient de friction de Darcy ( )
K <sub>f</sub>	Coefficient de perte de pression par friction ( )
K	Coefficient de perte de pression totale (basé sur la vitesse moyenne dans le tuyau) ( )
ΔP	Perte de pression totale (Pa)
ΔH	Perte de charge totale de fluide (m)
Wh	Perte de puissance hydraulique (W)
ρ	Masse volumique du fluide (kg/m <sup>3</sup> )
ν	Viscosité cinématique du fluide (m <sup>2</sup> /s)
g	Accélération de la pesanteur (m/s <sup>2</sup> )

---

**Domaine de validité :**

- tout régime d'écoulement : laminaire, critique et turbulent ( $Re \leq 10^8$ )
- $k/D \leq 0.05$
- écoulement stabilisé

---

**Exemple d'application :**

HydrauCalc 2017a - [Tuyau rectiligne section rectangulaire et parois rugueuses - MILLER (2ème Ed.)]

Fichier Edition Préférences Méthode de calcul Base de données Outils Aide

**Caractéristiques du fluide**

Fluide : Eau douce à 1 atm [HC]  
Réf. : IAPWS IF97

Température : T 20 °C  
Pression : P 1.013 bar

Masse volumique :  $\rho$  998.2061 kg/m<sup>3</sup>  
Viscosité dynamique :  $\mu$  0.00100159 N.s/m<sup>2</sup>  
Viscosité cinématique :  $\nu$  1.00340E-06 m<sup>2</sup>/s

Masse vol.  Visc. dyn.  Visc. cin.

Masse volumique (kg/m<sup>3</sup>) vs Température (°C)

logY

**Caractéristiques géométriques**

Aide Info Diagramme de Moody Calculer

Perte de pression  $\Delta P$  0.001511537 bar  
 $\Delta H$  0.0154 m de fluide

**Résultats complémentaires**

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	D	0.06666667	m
Section intérieure du tuyau	A	0.005	m <sup>2</sup>
Volume intérieur du tuyau	V	0.005	m <sup>3</sup>
Masse de fluide dans le tuyau	M	4.991031	kg
Rapport 'Longueur / Diamètre'	L/D	15	
Rugosité relative	k/D	0.00015	
Nombre de Reynolds	Re	66440.97	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction	f	0.02019005	
Perte de pression linéique		0.001511537	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne tuyau)	K	0.3028508	
Perte de puissance hydraulique	Wh	0.7557686	W

## Références :

- [1] Internal Flow System, Second Edition, D.S. Miller (1990)
- [2] Handbook of Hydraulic Resistance, 3rd Edition, I.E. Idelchik (2008)
- [3] Dunlop (1991)