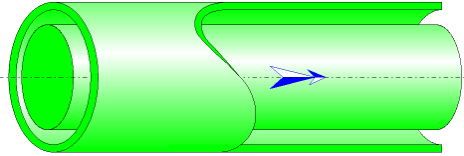




Tuyau rectiligne
Section annulaire et parois rugueuses
(MILLER)



Description du modèle :

Ce modèle de composant calcule la perte de charge régulière (chute de pression) d'une tuyauterie droite horizontale de section transversale annulaire 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) :

$$D = d_0 - d_1$$

Section transversale de passage (m²) :

$$A = \pi \cdot \frac{d_0^2 - d_1^2}{4}$$

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) :

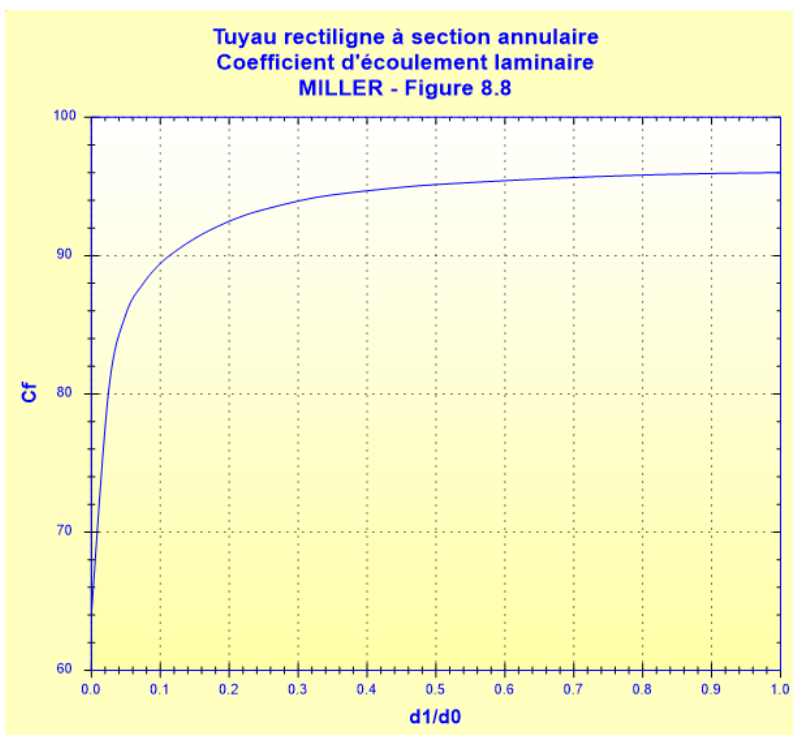
$$M = V \cdot \rho$$

Nombre de Reynolds :

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

Coefficient d'écoulement laminaire :

$$Cf = f(d_1 / d_0) \quad ([1] \text{ figure 8.8})$$

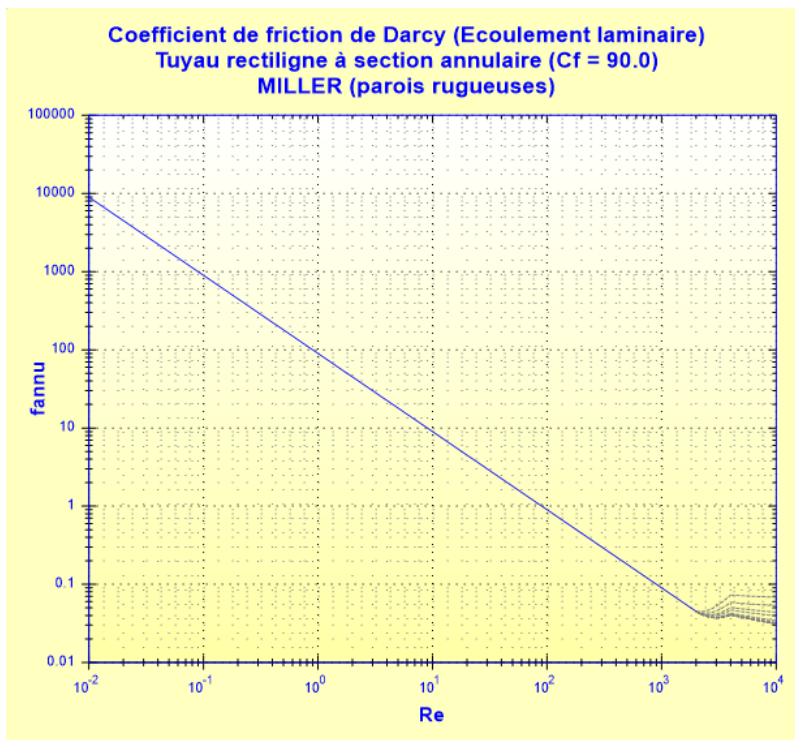


Coefficient de friction de Darcy :

■ régime laminaire ($Re \leq 2000$) :

Coefficient de friction de Darcy pour tuyau à section annulaire :

$$f_{annu} = \frac{Cf}{Re} \quad ([1] \text{ équation 8.7})$$



([1] équation 8.7 avec Cf =

90)

- régime turbulent - zone de transition et zone de turbulence complète ($Re \geq 4000$) :

Coefficient de friction de Darcy pour tuyau à section circulaire :

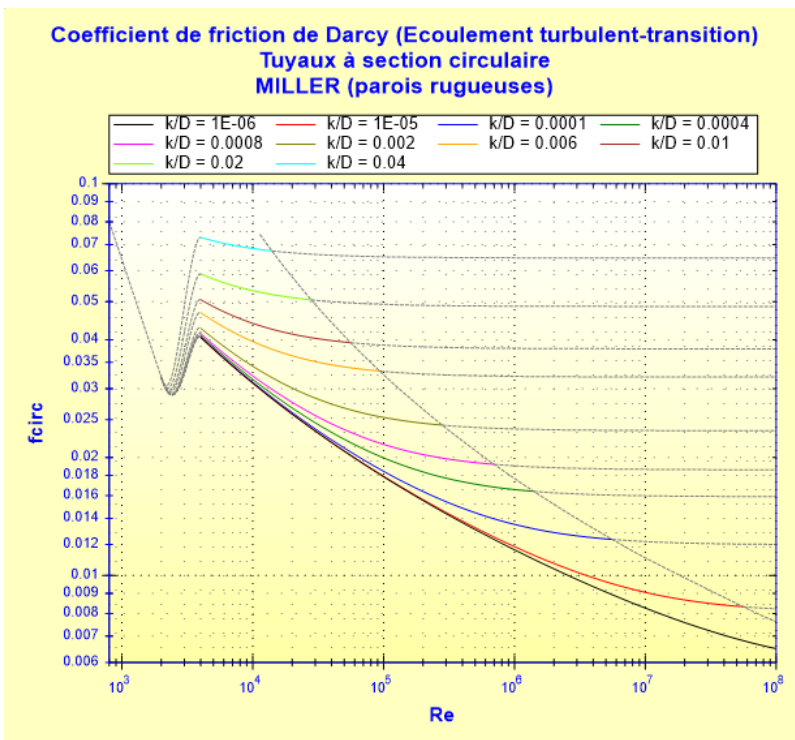
équation de Swamee-Jain (approximation de l'équation de Colebrook-White)

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

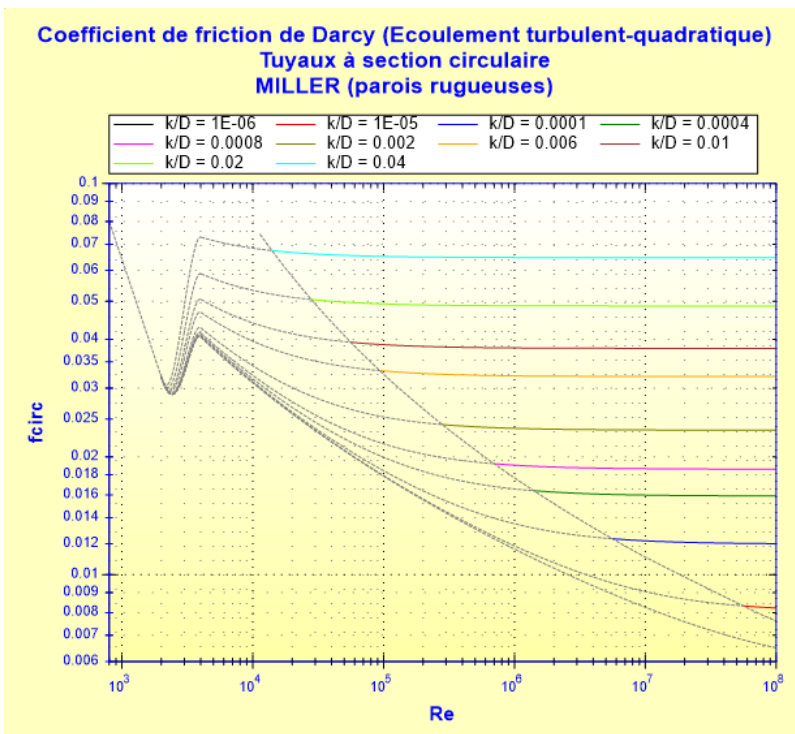
nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

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

Zone de transition



Zone de turbulence complète



Coefficient de friction de Darcy pour section annulaire :

$$f_{annu} = 1.05 \cdot f_{circ} \quad ([1] \text{ équation 8.5})$$

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

Coefficient de friction de Darcy pour tuyau à section circulaire :
interpolation cubique

$$f_{circ} = (X1 + R \cdot (X2 + R \cdot (X3 + X4))) \quad ([3])$$

avec :

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

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

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

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

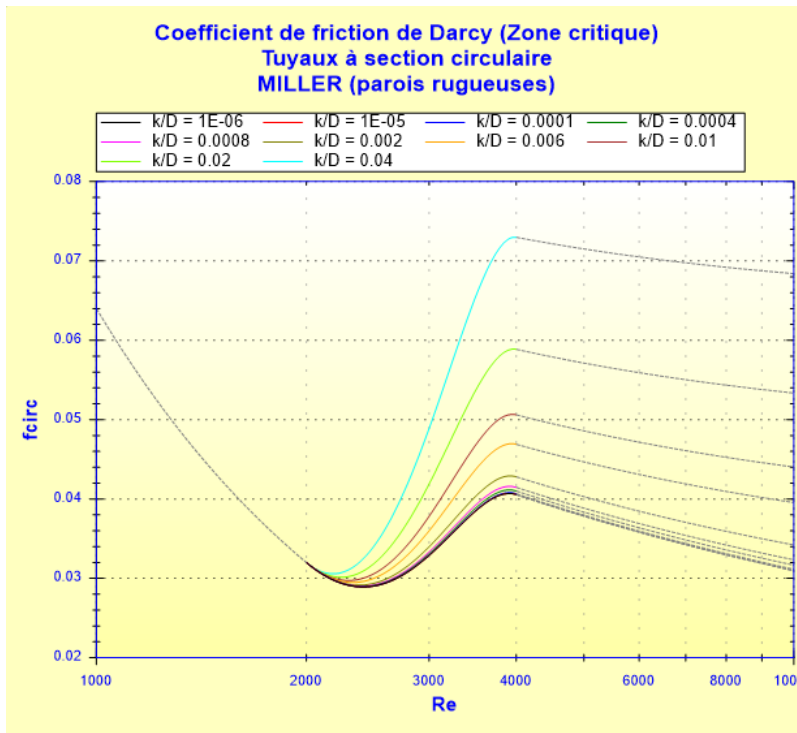
$$X4 = R \cdot (0.032 - 3 \cdot FA + 0.5 \cdot FB)$$

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

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

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

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



Coefficient de friction de Darcy pour section annulaire :

$$f_{annu} = 1.05 \cdot f_{circ} \quad ([1] \text{ équation 8.5})$$

Coefficient de perte de pression par friction :

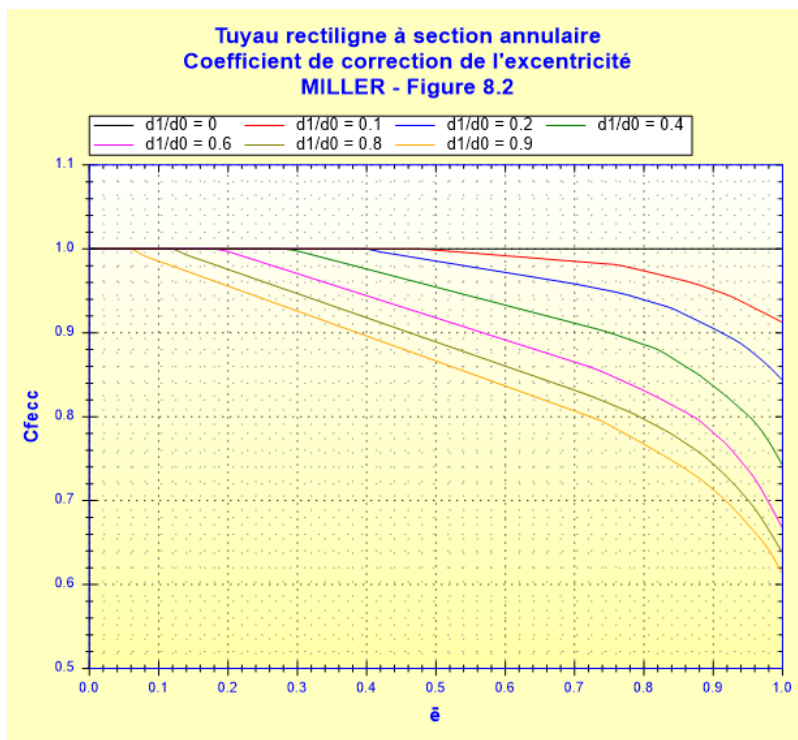
$$K_f = f_{annu} \cdot \frac{L}{D} \quad ([1] \text{ équation 8.3})$$

Excentricité relative :

$$\bar{e} = \frac{2 \cdot e}{d_1 - d_0}$$

Correction pour l'excentricité des axes :

$$Cf_{ecc} = f(\bar{e}, d_1/d_2) \quad ([1] \text{ figure 8.2})$$



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

$$K = K_f \cdot C_{f_{ecc}}$$

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 :

d_1	Diamètre intérieur de l'anneau (m)
d_0	Diamètre extérieur de l'anneau (m)
D	Diamètre hydraulique (m)
A	Section transversale de passage (m^2)
Q	Débit volumique (m^3/s)
U	Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)
m	Débit massique (kg/s)
L	Longueur du tuyau (m)
V	Volume de fluide dans le tuyau (m^3)
M	Masse de fluide dans le tuyau (kg)
Re	Nombre de Reynolds ()
C_f	Coefficient d'écoulement laminaire ()

k	Rugosité absolue (m)
f_{circ}	Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire ()
Re''_{lim}	Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète ()
f_{annu}	Coefficient de friction de Darcy pour section annulaire ()
K_f	Coefficient de perte de pression par friction ()
e	Excentricité des tuyaux (m)
\bar{e}	Excentricité relative ()
Cf_{ecc}	Correction pour l'excentricité des axes ()
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^3)
ν	Viscosité cinématique du fluide (m^2/s)
g	Accélération de la pesanteur (m/s^2)

Domaine de validité :

- tout régime d'écoulement : laminaire, critique et turbulent ($Re \leq 10^8$)
- rugosité relative $k/D \leq 0.05$
- écoulement stabilisé
- excentricité relative ≤ 0.9
 nota : pour des excentricités relatives supérieures à 0.9, le coefficient de correction pour l'excentricité des axes 'Cfecc' est extrapolé

Exemple d'application :

HydrauCalc 2019b - [Tuyau rectiligne section annulaire 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 : ρ 998.2061 kg/m³
Viscosité dynamique : μ 0.00100159 N.s/m²
Viscosité cinématique : ν 1.00340E-06 m²/s

Masse vol. Visc. dyn. Visc. cin.

Masse volumique (kg/m³) vs Température (°C)

logY

Caractéristiques géométriques

Aide Info Diagramme de Moody Calculer

Perte de pression ΔP 0.01783322 bar
 ΔH 0.1822 m de fluide

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	D	0.0272	m
Section de l'anneau	A	0.002422545	m ²
Volume de l'anneau	V	0.002422545	m ³
Masse de fluide dans l'anneau	M	2.418199	kg
Rapport des diamètres	d1/d2	0.6130868	
Rugosité relative	k/D	0.0003676471	
Excentricité relative	e	0	
Nombre de Reynolds	Re	55949.25	
Limite du nombre de Reynolds pour loi quadratique	Re [*] lim	1523200	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction pour section circulaire	f _{circ}	0.02172814	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction pour section annulaire	f _{annu}	0.02281455	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction de l'excentricité (Figure 8.2)	C _{f_{ecc}}	1	
Perte de pression linéique		0.01783322	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne tuyau)	K	0.8387703	
Perte de puissance hydraulique	Wh	8.916608	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)