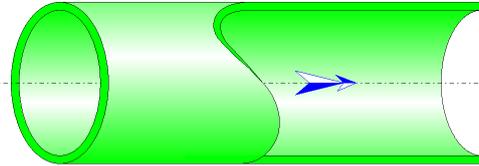




Tuyau rectiligne Section circulaire et parois rugueuses (MILLER)



Description du modèle :

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

$$D = d$$

Section transversale de passage (m²) :

$$A = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) :

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

Débit massique (kg/s) :

$$m = Q \cdot \rho$$

Volume de fluide dans le tuyau (m³) :

$$V = A \cdot L$$

Masse de fluide dans le tuyau (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

Nombre de Reynolds :

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

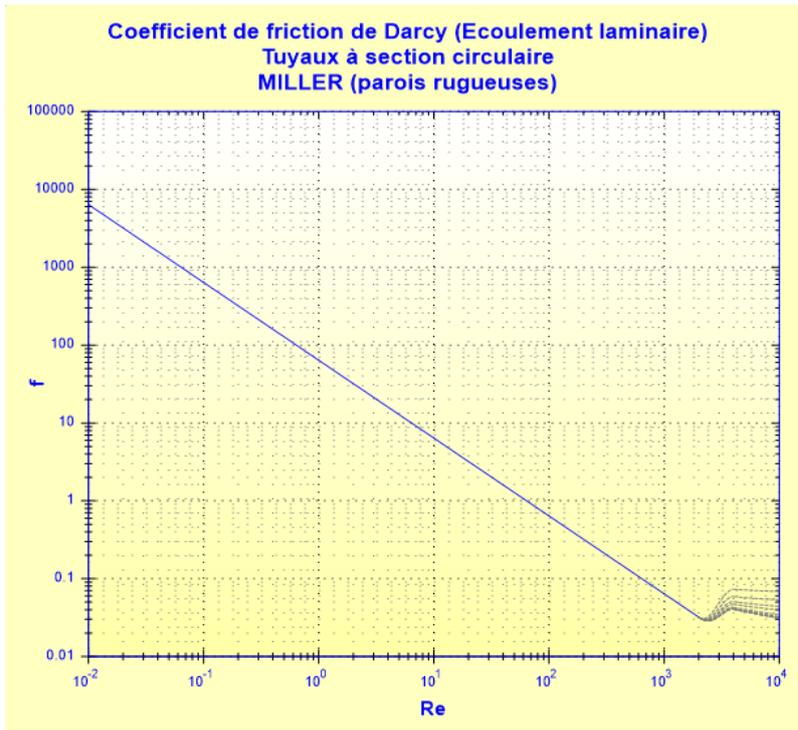
Coefficient de friction de Darcy :

■ régime laminaire ($Re \leq 2000$) :

loi de Hagen-Poiseuille

$$f = \frac{64}{Re}$$

([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)

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

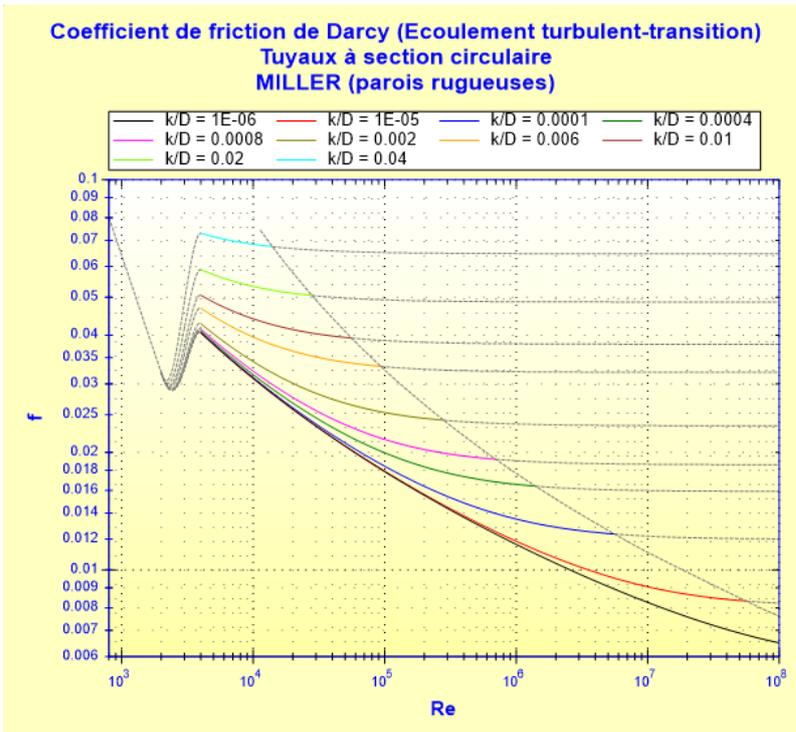
([1] équation 8.4)

nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

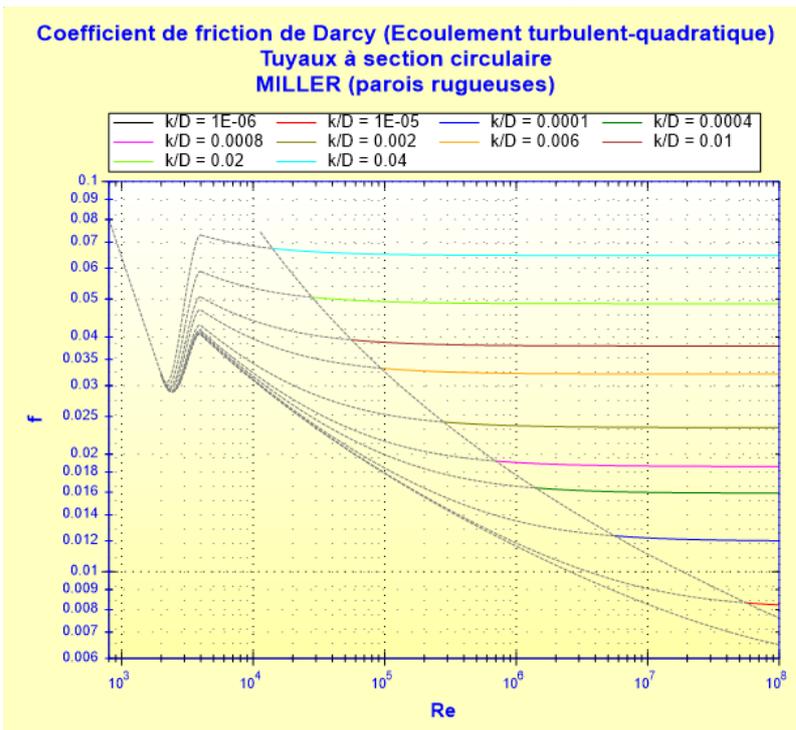
$$Re''_{lim} = \frac{560}{\Delta}$$

([2] diagramme 2.4)

Zone de transition



Zone de turbulence complète



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

interpolation cubique

$$f = (X1 + R \cdot (X2 + R \cdot (X3 + X4))) \quad ([3])$$

avec :

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

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

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

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

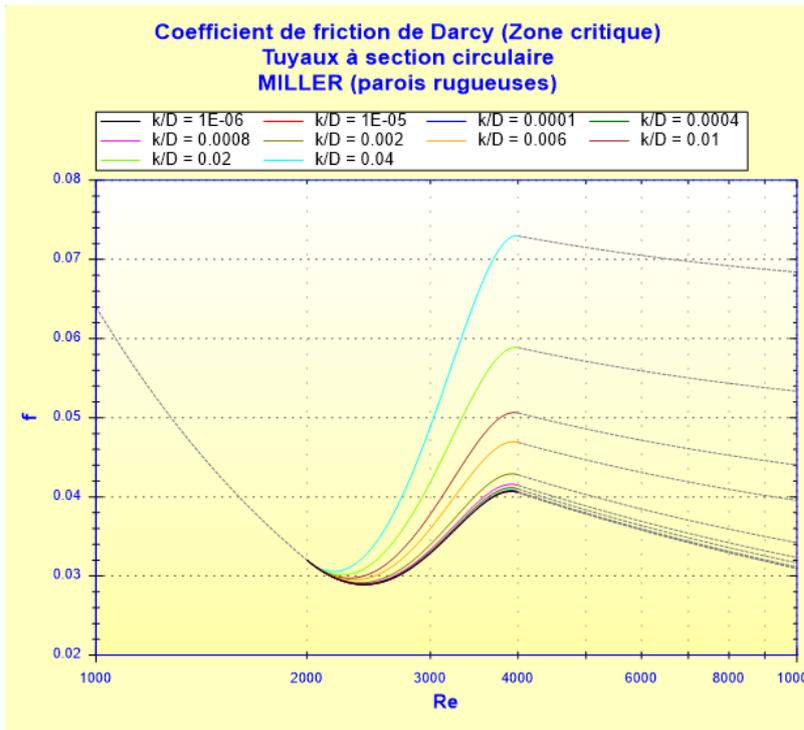
$$X4 = R \cdot (0.032 - 3 \cdot FA + 0.5 \cdot FB)$$

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

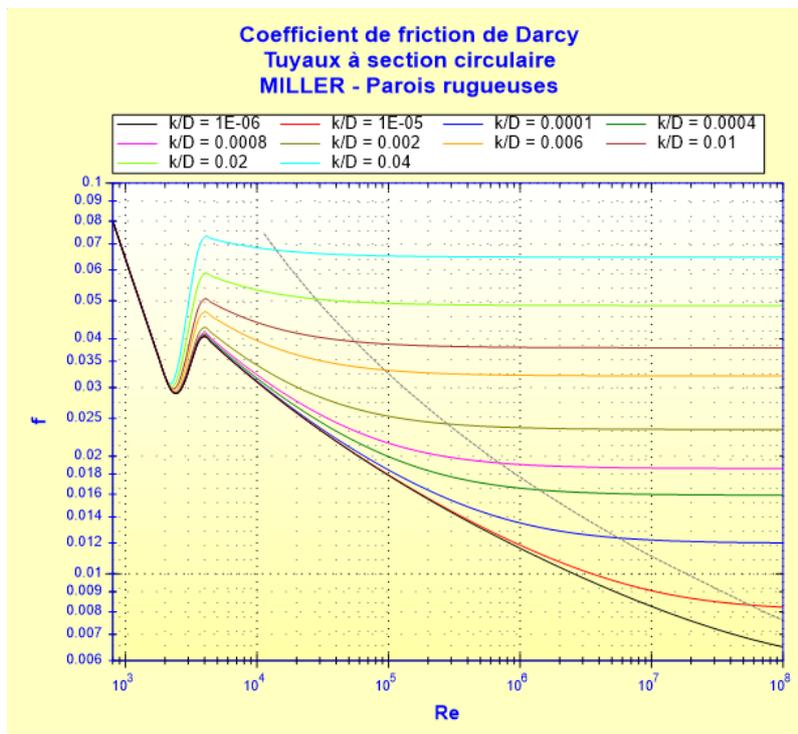
$$FB = FA \cdot \left(2 - \frac{0.00514215}{Y2 \cdot Y3} \right)$$

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

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



■ 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 :

D	Diamètre hydraulique(m)
d	Diamètre intérieur(m)
A	Section transversale de passage (m ²)
Q	Débit volumique (m ³ /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 ³)
M	Masse de fluide dans le tuyau (kg)
Re	Nombre de Reynolds ()
Re'' _{lim}	Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète ()
k	Rugosité absolue (m)
f	Coefficient de friction de Darcy ()
K _f	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 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 ($Re \leq 10^8$)
- $k/D \leq 0.05$
- écoulement stabilisé

Exemple d'application :

The screenshot shows the HydraulCalc 2016a software interface. The window title is "HydraulCalc 2016a - [Tuyau rectiligne section circulaire et parois rugueuses (MILLER)]". The interface is divided into several panels:

- Caractéristiques du fluide:**
 - Fluide : Eau douce à 1 atm (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
 - Options: Masse vol. (selected), Visc. dyn., Visc. cin.
 - Graphique: Masse volumique (kg/m³) vs Température (°C) showing a decreasing curve from 1000 to 950 kg/m³ between 10 and 100 °C.
- Caractéristiques géométriques:**
 - Diagramme de Moody (selected)
 - Calculer button
 - Diagram of a pipe with a diameter D = 0.0703 m and length L = 1 m.
 - Flow rate Q = 0.005 m³/s, velocity u = 1.288 m/s (Turbulent).
 - Relative roughness k/D = 1.0E-05.
 - Losses: ΔP = 0.002242143 bar, ΔH = 0.0229 m de fluide.
- Résultats complémentaires:**

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	D	0.0703	m
Section intérieure du tuyau	A	0.003881508	m ²
Volume intérieur du tuyau	V	0.003881508	m ³
Masse de fluide dans le tuyau	M	3.874545	kg
Rapport 'Longueur / Diamètre'	L/D	14.22475	
Rugosité relative	k/D	0.0001422475	
Nombre de Reynolds	Re	90251	
Coefficient de friction	f	0.01903223	
Perte de pression linéique		0.002242143	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne dans t...)	K	0.2707287	
Perte de puissance hydraulique	Wh	1.121072	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)

HydrauCalc

© François Corre 2017-2018

Edition : février 2018