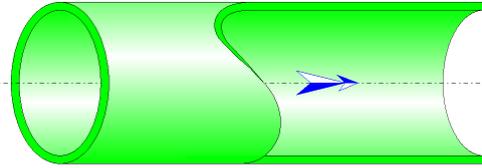




Tuyau rectiligne Section circulaire et parois à rugosité hétérogène (IDELCHIK)



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. La rugosité des parois intérieures de la tuyauterie est supposée hétérogène (tuyauterie de type industrielle).

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 implicite de Colebrook-White (dépendant de la valeur de la rugosité relative),
- en régime critique par interpolation entre les coefficients de friction d'écoulement laminaire et turbulent.

Formulation du modèle :

Diamètre hydraulique (m) :

$$D_h = D_0$$

Section transversale de passage (m²) :

$$F_0 = \pi \cdot \frac{D_0^2}{4}$$

Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) :

$$w_0 = \frac{Q}{F_0}$$

Débit massique (kg/s) :

$$G = Q \cdot \rho$$

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

$$V = F_0 \cdot l$$

Masse de fluide dans le tuyau (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

Nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{w_0 \cdot D_h}{\nu}$$

Rugosité relative :

$$\frac{\Delta}{D_h}$$

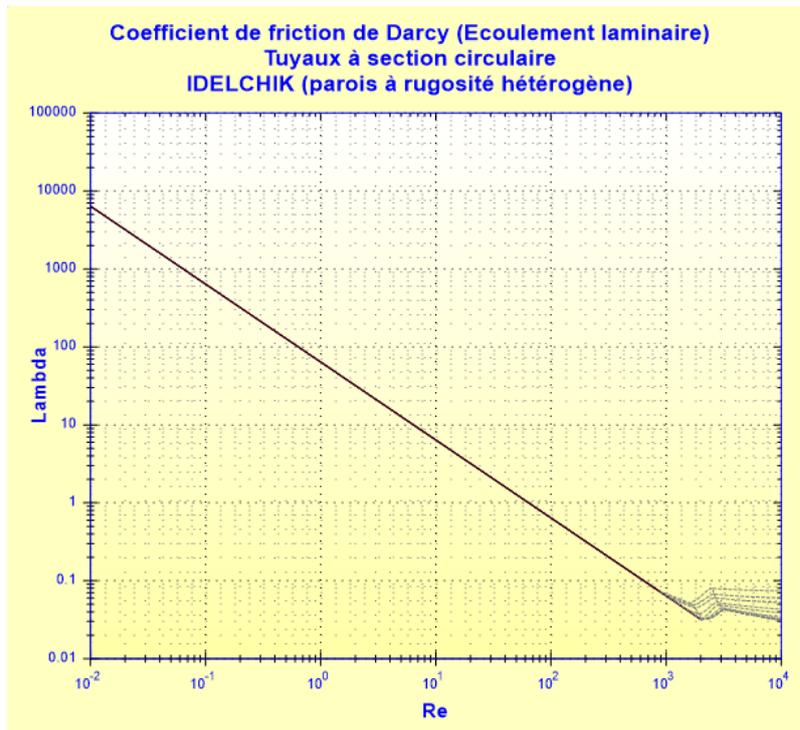
Coefficient de friction de Darcy :

■ régime laminaire ($Re \leq Re_0$) :

loi de Hagen-Poiseuille

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

([1] diagramme 2.1)



■ régime turbulent - zone de transition et zone de turbulence complète ($Re \geq Re_2$) :

équation de Colebrook-White

$$\lambda = \frac{1}{\left[2 \cdot \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\bar{\Delta}}{3.7} \right) \right]^2}$$

([1] diagramme 2.4)

Nombre de Reynolds pour lequel le tuyau cesse d'être hydrauliquement lisse :

$$\text{Re}'_{\text{lim}} = \frac{15}{\bar{\Delta}}$$

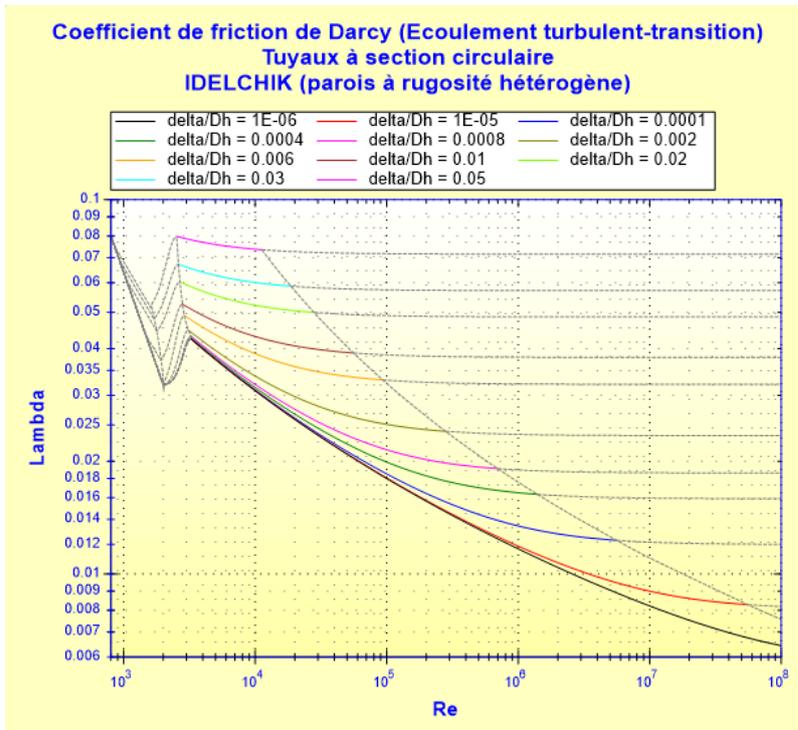
([1] §2.23)

Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

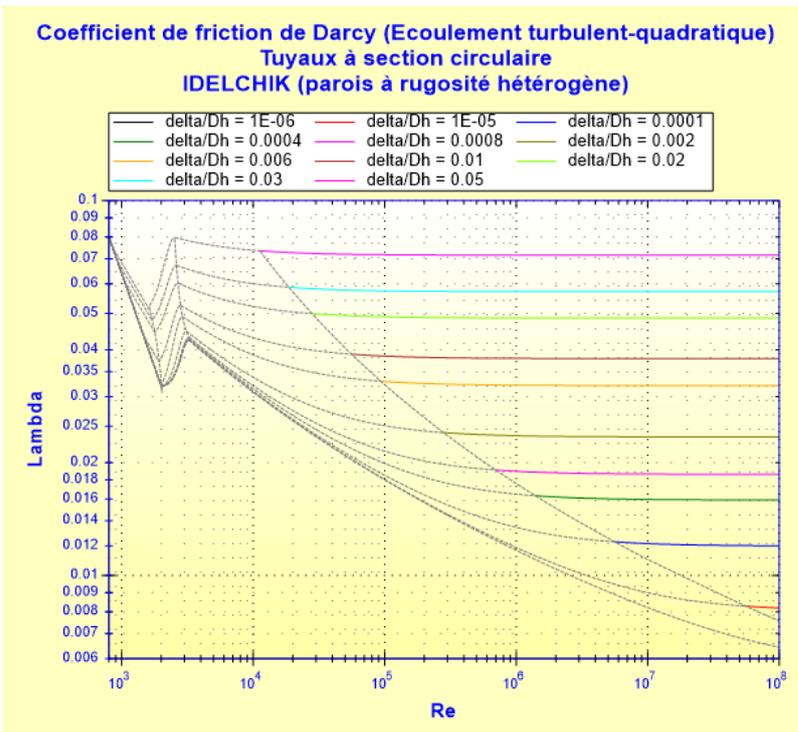
$$\text{Re}''_{\text{lim}} = \frac{560}{\bar{\Delta}}$$

([1] diagramme 2.4)

Zone de transition



Zone de turbulence complète



■ régime critique ($Re_0 < Re < Re_2$) :

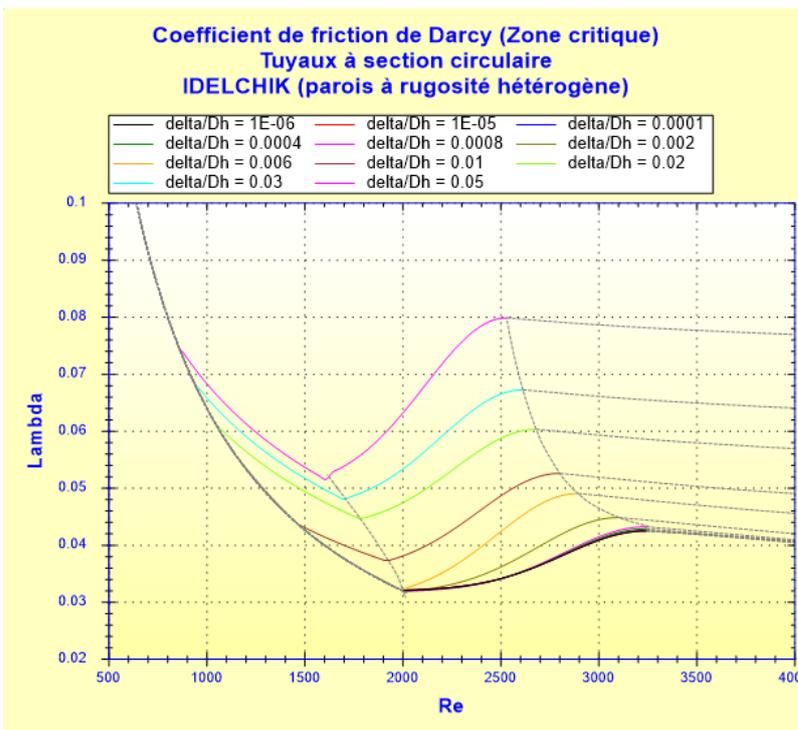
$$\lambda = f(Re, \bar{\Delta}) \quad ([1] \text{ diagramme 2.3})$$

Nombre de Reynolds de début de la zone critique :

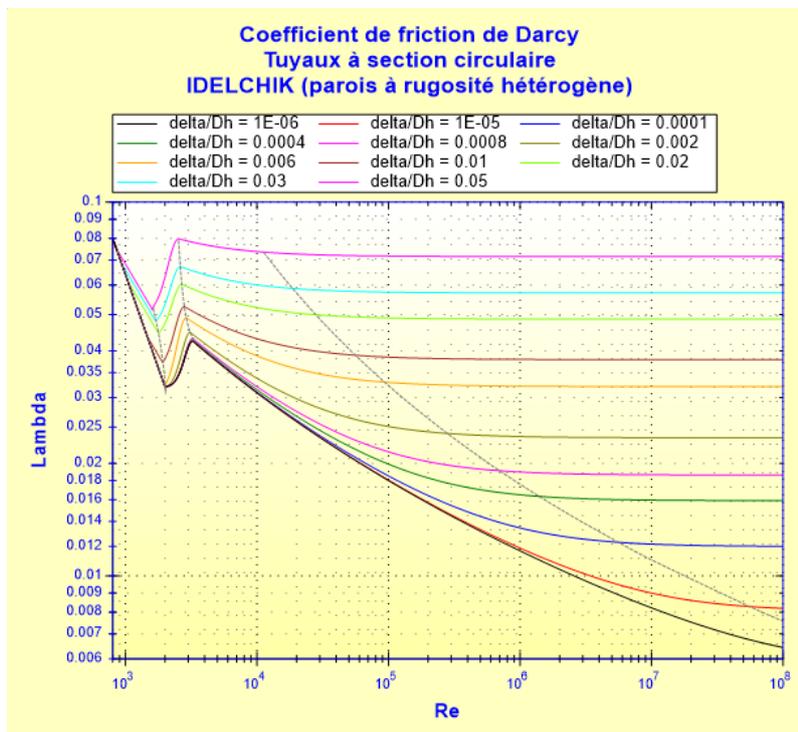
$$Re_0 = 754 \exp\left(\frac{0.0065}{\bar{\Delta}}\right) \quad ([1] \text{ §2.21})$$

Nombre de Reynolds de fin de la zone critique :

$$Re_2 = 2090 \left(\frac{1}{\bar{\Delta}}\right)^{0.0635} \quad ([1] \text{ §2.22})$$



■ tous régimes d'écoulement :



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

$$\zeta = \lambda \cdot \frac{l}{D_h} \quad ([1] \text{ équation 2-2})$$

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w_0^2}{2} \quad ([1] \text{ équation 2-2})$$

Perte de charge totale de fluide (m) :

$$\Delta H = \zeta \cdot \frac{w_0^2}{2 \cdot g}$$

Perte de puissance hydraulique (W) :

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

Symboles, définitions, unités SI :

D_h	Diamètre hydraulique (m)
D_0	Diamètre intérieur (m)
F_0	Section transversale de passage (m ²)
Q	Débit volumique (m ³ /s)
G	Débit massique (kg/s)
w_0	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_0	Nombre de Reynolds de début de la zone critique ()

Re_2	Nombre de Reynolds de fin de la zone critique ()
Re'_{lim}	Limite du nombre de Reynolds pour loi hydrauliquement lisse ()
Re''_{lim}	Limite du nombre de Reynolds pour loi quadratique ()
Δ	Rugosité absolue des parois intérieures du tuyau (m)
$\bar{\Delta}$	Rugosité relative des parois intérieures du tuyau ()
λ	Coefficient de friction de Darcy ()
ζ	Coefficient de perte de pression (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 ($Re \leq 10^8$)
- $\bar{\Delta} \leq 0.05$
- écoulement stabilisé

Exemple de données d'entrée et résultats :

The screenshot shows the HydraulCalc 2016a software interface. The main window is titled "HydrauCalc 2016a - [Tuyau rectiligne section circulaire et parois à rugosité hétérogène (IDELCHIK)]". The interface is divided into several sections:

- Caractéristiques du fluide:**
 - Fluide: Eau douce à 1 atm
 - Température: $T = 20$ °C
 - Pression: $P = 1.013$ bar
 - Masse volumique: $\rho = 998.2061$ kg/m^3
 - Viscosité dynamique: $\mu = 0.00100159$ $N.s/m^2$
 - Viscosité cinématique: $\nu = 1.00340E-06$ m^2/s
 - Options: Masse vol., Visc. dyn., Visc. cin.
- Caractéristiques géométriques:**
 - Diagramme de Moody: Aide, Info, Diagramme de Moody,
 - Diagramme de Moody: Shows a green pipe with flow parameters: $G = 4.9910$ kg/s , $Q = 0.005$ m^3/s , $w_0 = 1.288$ m/s (Turbulent), $\bar{\Delta} = 1.0E-05$.
 - Dimensions: $D_0 = 0.0703$ m, $L = 1$ m.
 - Results: Perte de pression $\Delta P = 0.002247313$ bar, $\Delta H = 0.0230$ m de fluide.
- Résultats complémentaires:**

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	D_h	0.0703	m
Section intérieure du tuyau	F_0	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_0	14.22475	
Rugosité relative	$\bar{\Delta}$	0.0001422475	
Nombre de Reynolds	Re	90251	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction	λ	0.01907611	
Perte de pression linéique		0.002247313	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne dans t...)	ζ	0.2713529	
Perte de puissance hydraulique	Wh	1.123657	W

Références :

