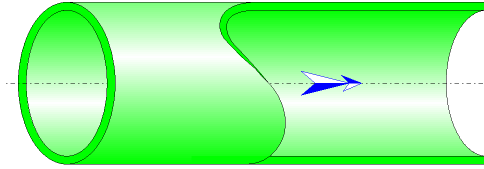




Tuyau rectiligne Section circulaire et parois à rugosité homogène (IDELCHIK)



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 uniforme (tuyauterie utilisée par Nikuradse pour ses données expérimentales).

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 de Nikuradse (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 :

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{D_h}$$

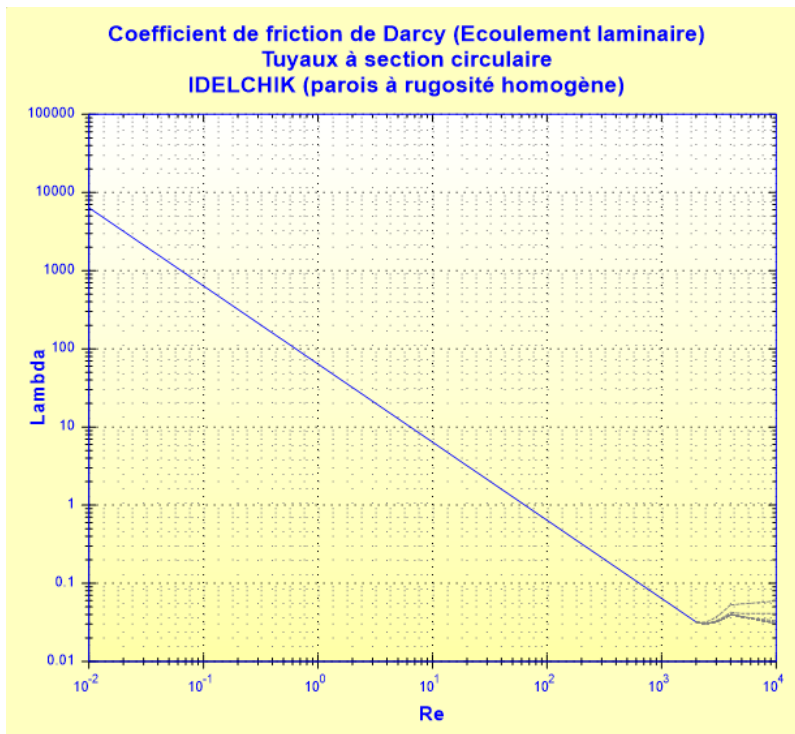
Coefficient de friction de Darcy :

- régime laminaire ($Re \leq 2000$) :

loi de Hagen-Poiseuille

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

([1] diagramme 2.1)



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

équation de Nikuradze

$$\lambda = \frac{1}{\left[a_1 + b_1 \cdot \log(Re \cdot \sqrt{\lambda}) + c_1 \cdot \log(\bar{\Delta}) \right]^2}$$

([1] diagramme 2.2)

où les valeurs de a_1 , b_1 et c_1 sont données ci-dessous :

$\bar{\Delta} \cdot \text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}$	a_1	b_1	c_1
3.6 - 10	-0.800	2.000	0.000
10 - 20	0.068	1.130	-0.870
20 - 40	1.538	0.000	-2.000
40 - 191.2	2.471	-0.588	-2.588
> 191.2	1.138	0.000	-2.000

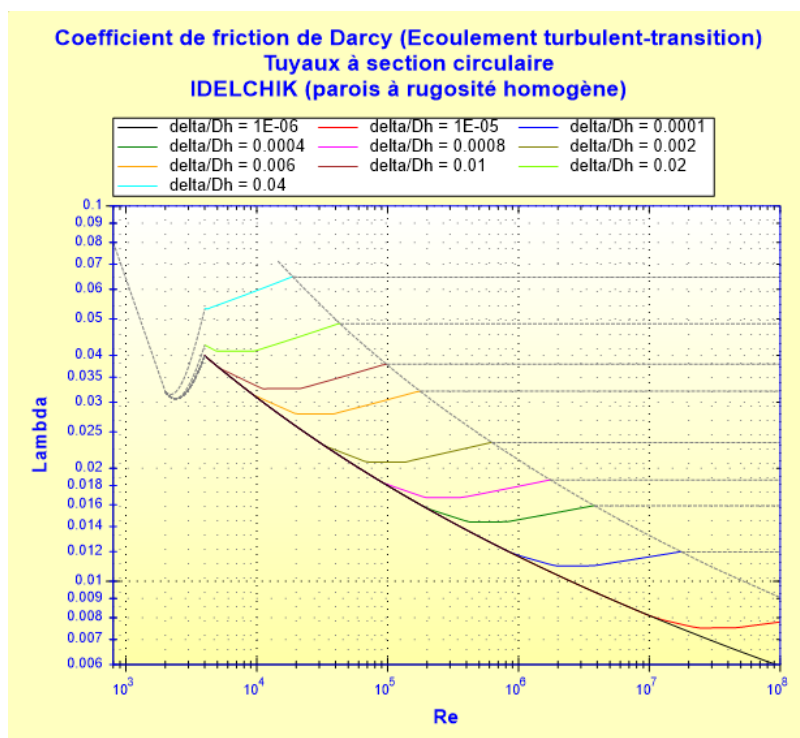
Nombre de Reynolds pour lequel le tuyau cesse d'être hydrauliquement lisse :

$$\text{Re}'_{\text{lim}} = \frac{26.9}{\bar{\Delta}^{-1.143}} \quad ([1] \text{ §2.17})$$

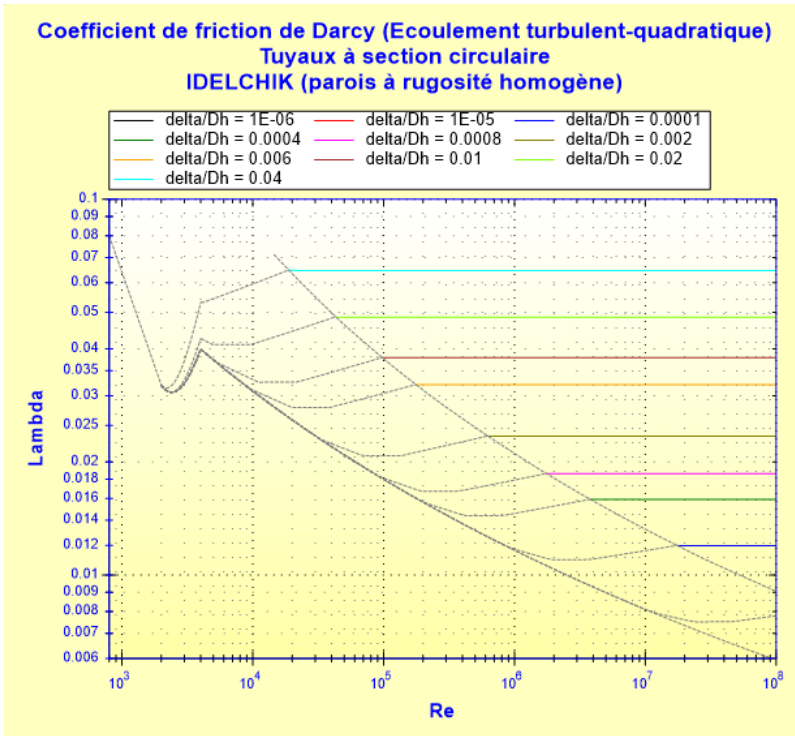
Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

$$\text{Re}''_{\text{lim}} = \frac{217.6 - 382.4 \cdot \log(\bar{\Delta})}{\bar{\Delta}} \quad ([1] \text{ diagramme 2.2})$$

Zone de transition



Zone de turbulence complète



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

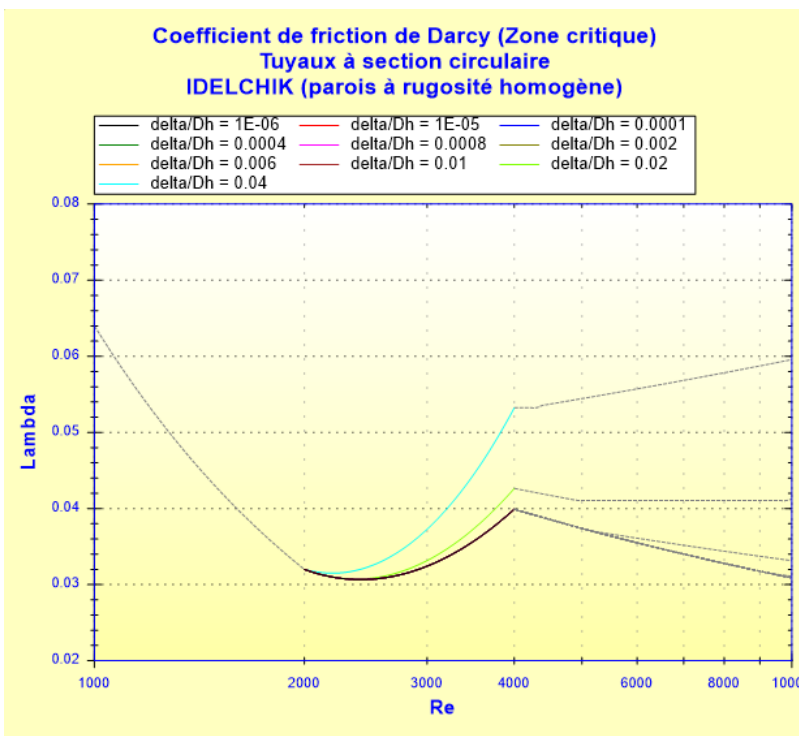
interpolation linéaire

$$\lambda = \lambda_L \cdot \left(1 - \frac{Re - 2000}{2000}\right) + \lambda_T \cdot \left(\frac{Re - 2000}{2000}\right)$$

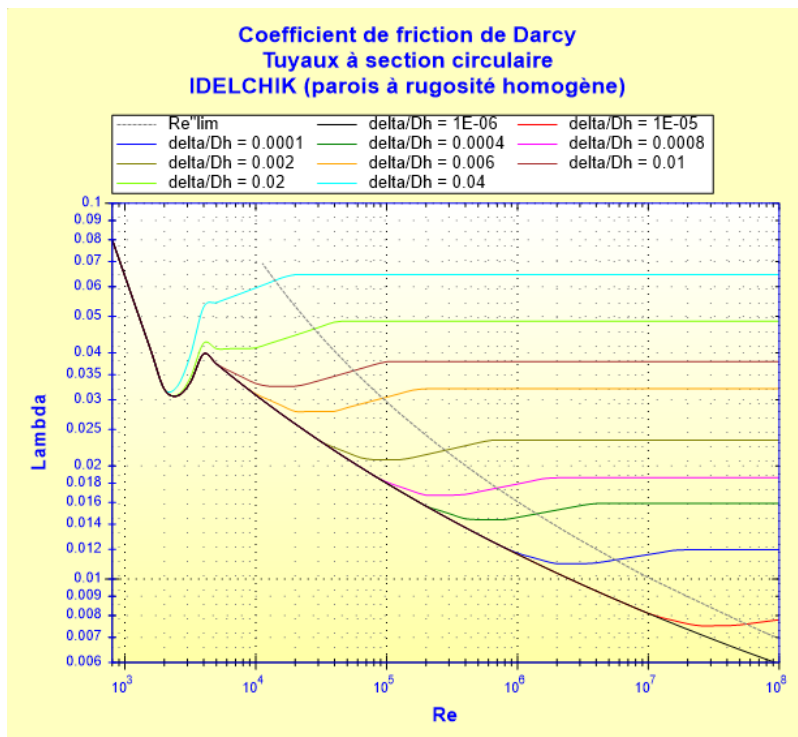
avec :

λ_L = coefficient de friction laminaire obtenu avec $Re = 2000$

λ_T = coefficient de friction turbulent obtenu avec $Re = 4000$



■ 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_o	Diamètre intérieur (m)
F_o	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'_{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 d'application :

The screenshot shows the HydraulCalc 2016a software interface. The window title is "HydrauCalc 2016a - [Tuyau rectiligne section circulaire et parois à rugosité homogène (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
- Caractéristiques géométriques:**
 - Diagramme de Moody (selected)
 - Calculer button
 - Diagram of a pipe with flow parameters:
 - Mass flow rate $\dot{M} = 4.9910$ kg/s
 - Flow rate $Q = 0.005$ m^3/s
 - Velocity $w_0 = 1.288$ m/s (Turbulent)
 - Relative roughness $\bar{\Delta} = 1.0E-05$
 - Length $l = 1$ m
 - Internal diameter $D_0 = 0.0703$ m
 - Losses:
 - Pressure loss $\Delta P = 0.002165757$ bar
 - Head loss $\Delta H = 0.0221$ 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	
Coefficient de friction	λ	0.01838383	
Perte de pression linéique		0.002165757	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne dans t...	ζ	0.2615054	
Perte de puissance hydraulique	Wh	1.082879	W

Références :

[1] Handbook of Hydraulic Resistance, 3rd Edition, I.E. Idelchik (2008)

