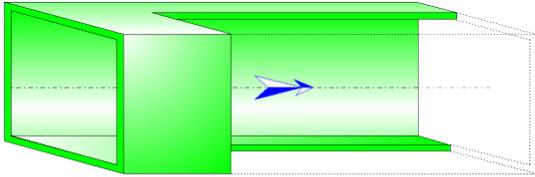




Tuyau rectiligne Section rectangulaire et parois à rugosité hétérogène (IDELCHIK)



Description du modèle :

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

$$D_h = \frac{2 \cdot a_0 \cdot b_0}{a_0 + b_0} \quad ([1] \text{ diagramme 2.6})$$

Section transversale de passage (m²) :

$$F_0 = a_0 \cdot b_0$$

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 (m³) :

$$V = F_0 \cdot l$$

Masse de fluide dans le tuyau (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

Nombre de Reynolds :

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

Rugosité relative :

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

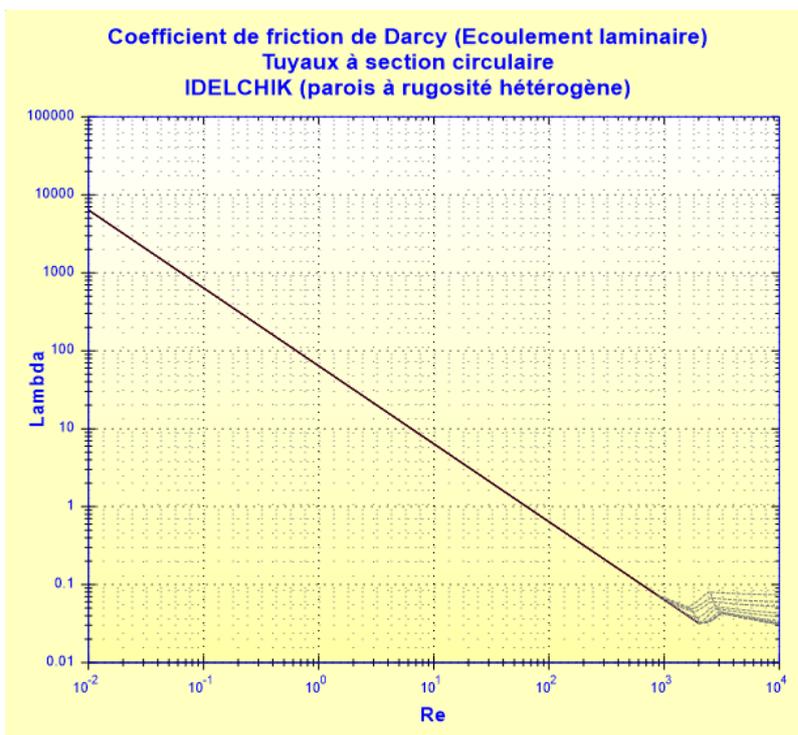
Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire :

■ 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 :

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

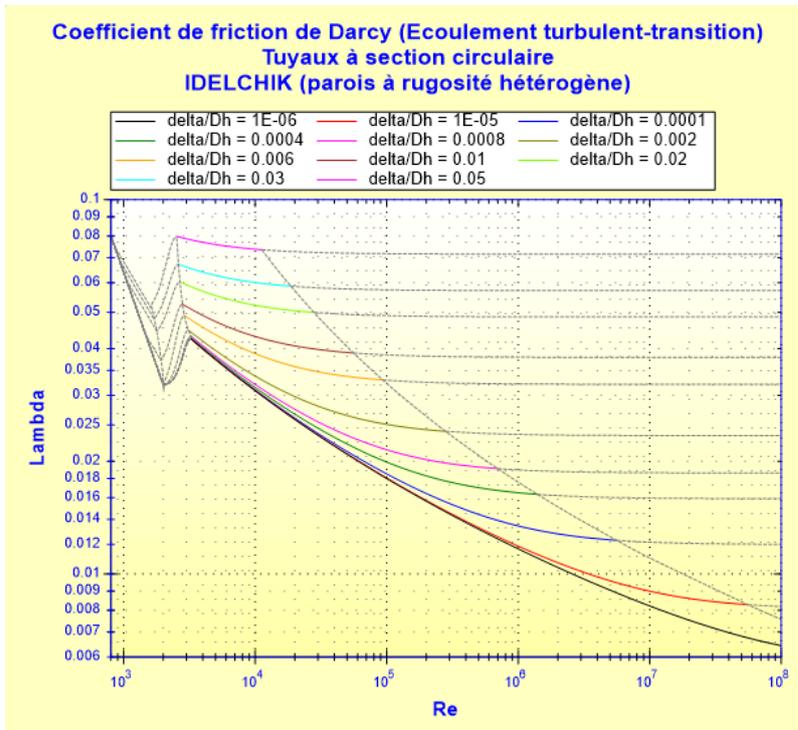
([1] §2.23)

Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

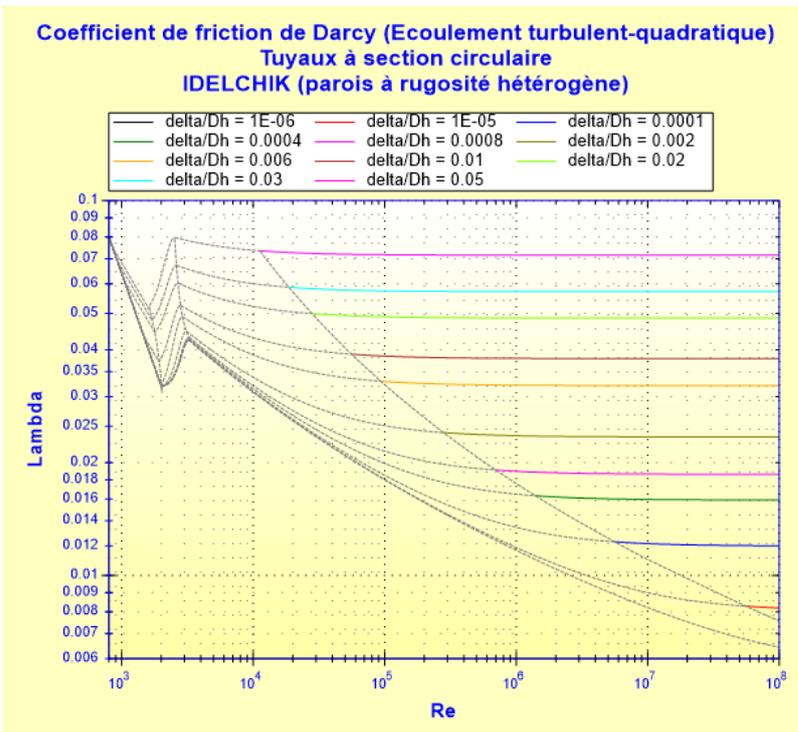
$$\text{Re}''_{\text{lim}} = \frac{560}{\bar{\Delta}}$$

([1] diagramme 2.4)

Zone de transition



Zone de turbulence complète



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

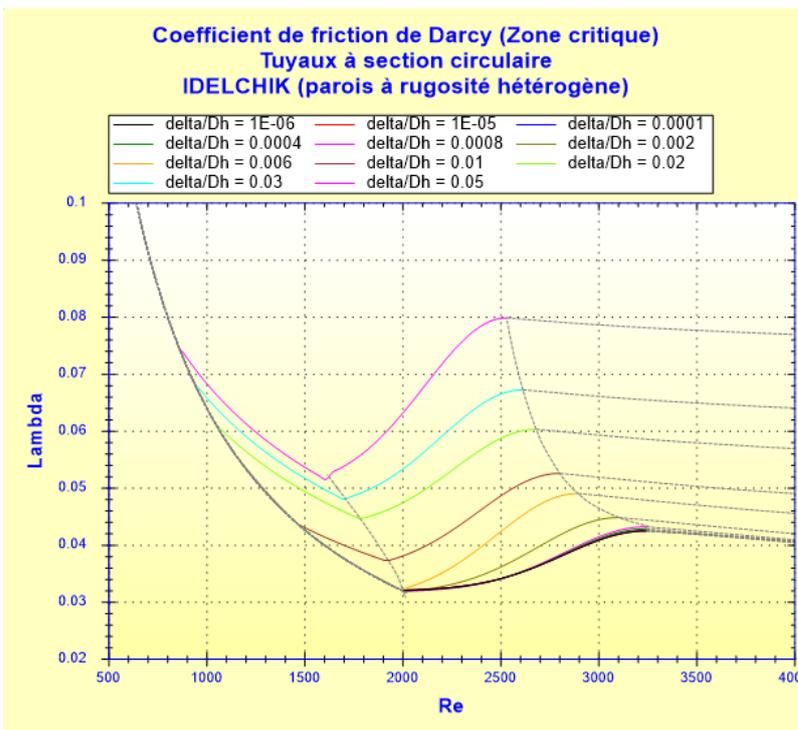
$$\lambda = f(Re, \bar{\Delta}) \quad ([1] \text{ diagramme 2.3})$$

Nombre de Reynolds de début de la zone critique :

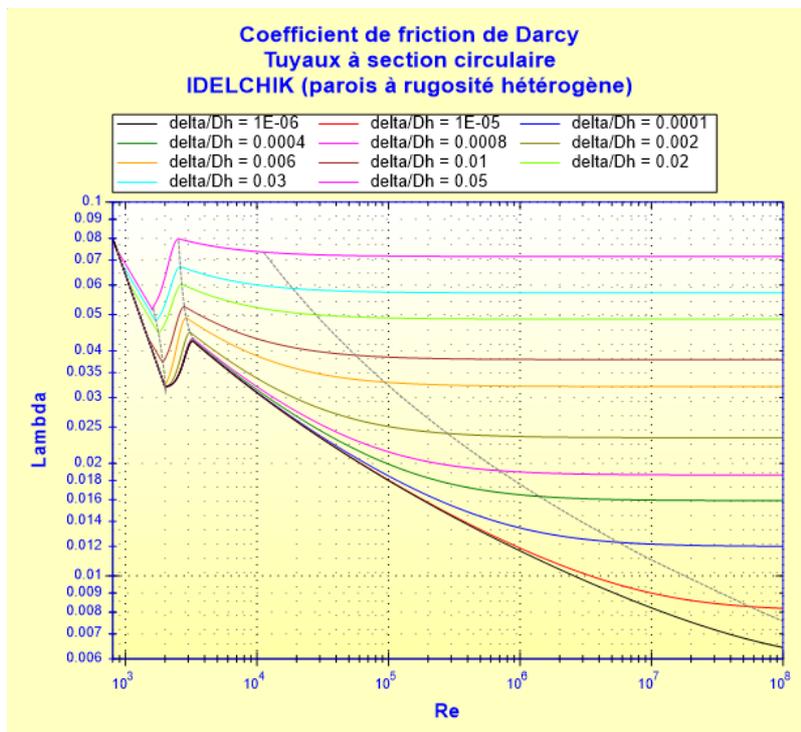
$$Re_0 = 754 \exp\left(\frac{0.0065}{\bar{\Delta}}\right) \quad ([1] \text{ §2.21})$$

Nombre de Reynolds de fin de la zone critique :

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



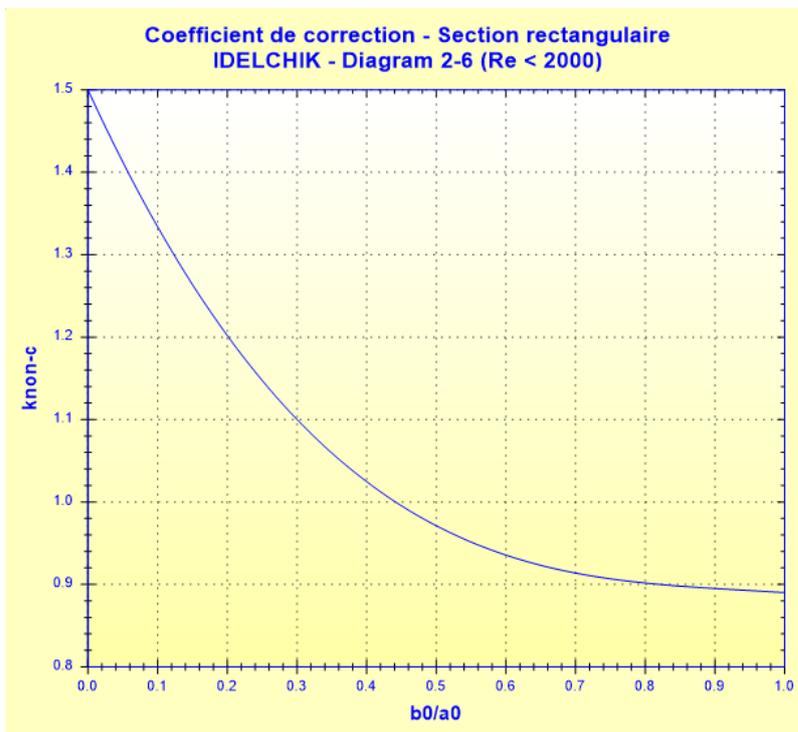
■ tous régimes d'écoulement :



Correction du coefficient de friction de Darcy pour section non circulaire :

- régime laminaire ($Re \leq 2000$) :

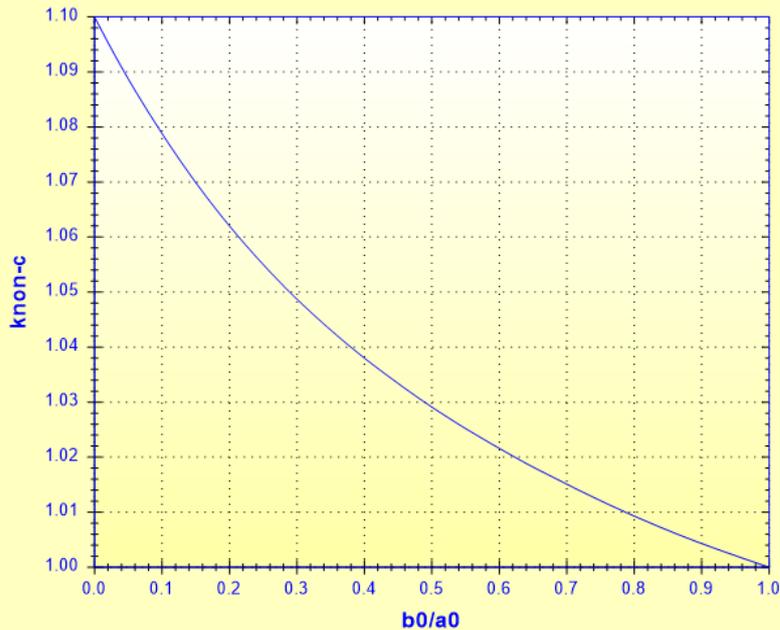
$$k_{non-c} = f(b_0/a_0) \quad ([1] \text{ diagramme 2.6})$$



- régime turbulent ($Re > 2000$) :

$$k_{non-c} = f(b_0/a_0) \quad ([1] \text{ diagramme 2.6})$$

**Coefficient de correction - Section rectangulaire
IDELCHIK - Diagram 2-6 (Re > 2000)**



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

$$\zeta = \lambda \cdot k_{non-c} \cdot \frac{l}{D_h} \quad ([1] \text{ diagramme 2.6})$$

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w_0^2}{2} \quad ([1] \text{ diagramme 2.6})$$

Perte de charge totale de fluide (m) :

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

Perte de puissance hydraulique (W) :

$$W_h = \Delta P \cdot Q$$

Symboles, définitions, unités SI :

a ₀	Largeur de la section rectangulaire (m)
b ₀	Hauteur de la section rectangulaire (m)
D _h	Diamètre hydraulique (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 de la paroi (m)
$\bar{\Delta}$	Rugosité relative de la paroi ()
λ	Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire ()
k_{non-c}	Correction du coefficient de friction de Darcy pour section non circulaire ()
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 :

HydrauCalc 2017a - [Tuyau rectiligne section rectangulaire et parois à rugosité hétérogène - IDELCHIK (3ème 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.

logY

Caractéristiques géométriques

Aide Info Diagramme de Moody Calculer

Perte de pression ΔP 0.001559649 bar
 ΔH 0.0159 m de fluide

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	Dh	0.06666667	m
Section intérieure du tuyau	F0	0.005	m ²
Rapport 'b0/a0'	b0/a0'	0.5	
Volume intérieur du tuyau	V	0.005	m ³
Masse de fluide dans le tuyau	M	4.991031	kg
Rapport 'Longueur / Diamètre'	l/Dh	15	
Rugosité relative	Δ	0.00015	
Nombre de Reynolds	Re	66440.97	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction pour section circulaire	λ	0.02024362	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction pour section rectangulaire	knon-c	1.0291	
Perte de pression linéique		0.001559649	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne tuyau)	ζ	0.3124906	
Perte de puissance hydraulique	Wh	0.7798247	W

Références :

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

HydrauCalc

Edition : février 2018

© François Corre 2017-2018