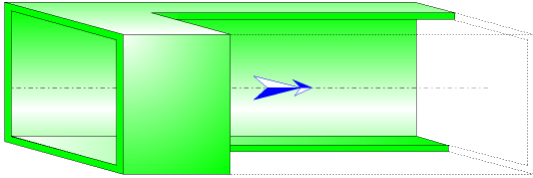




Tuyau rectiligne Section rectangulaire et parois à rugosité homogène (IDELCHIK)



Description du modèle :

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

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

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 :

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

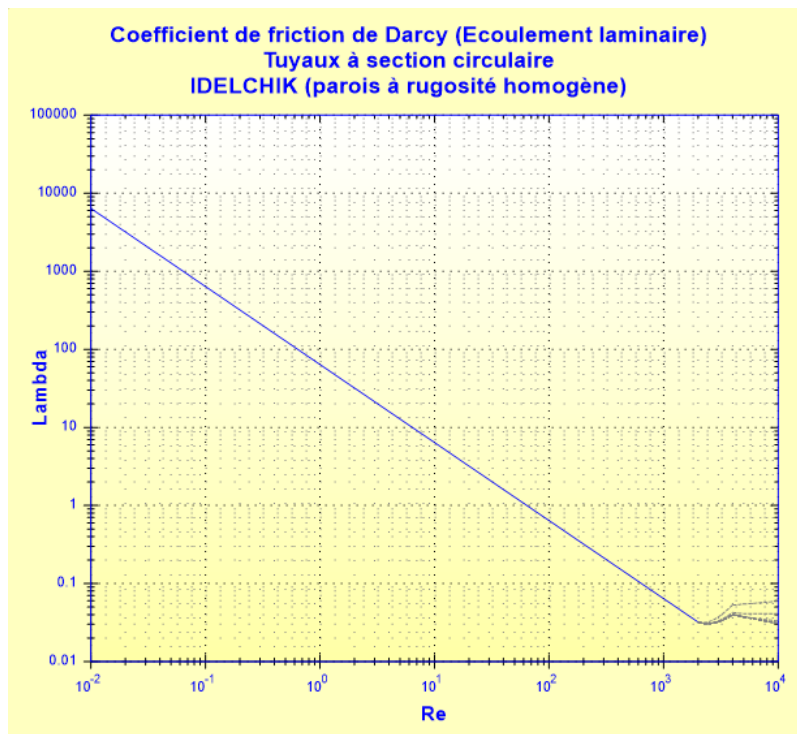
Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire :

- régime laminaire ($Re \leq 2000$) :

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

$$\lambda = \frac{1}{\left[a_1 + b_1 \cdot \log(\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}) + c_1 \cdot \log(\bar{\Delta}) \right]^2} \quad ([1] \text{ diagramme 2.2})$$

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

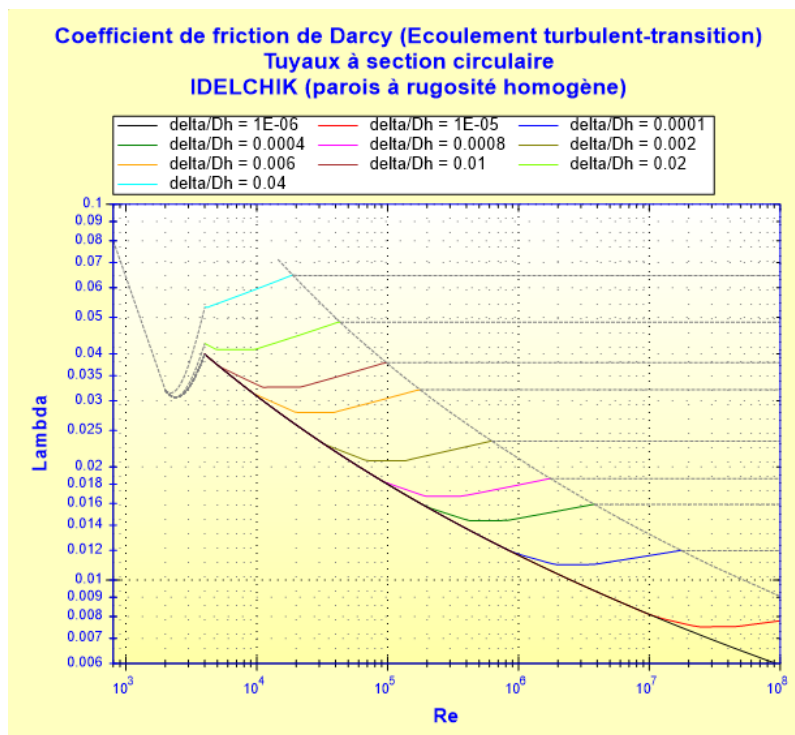
Nombre de Reynolds pour lequel le tuyau cesse d'être hydrauliquement lisse :

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

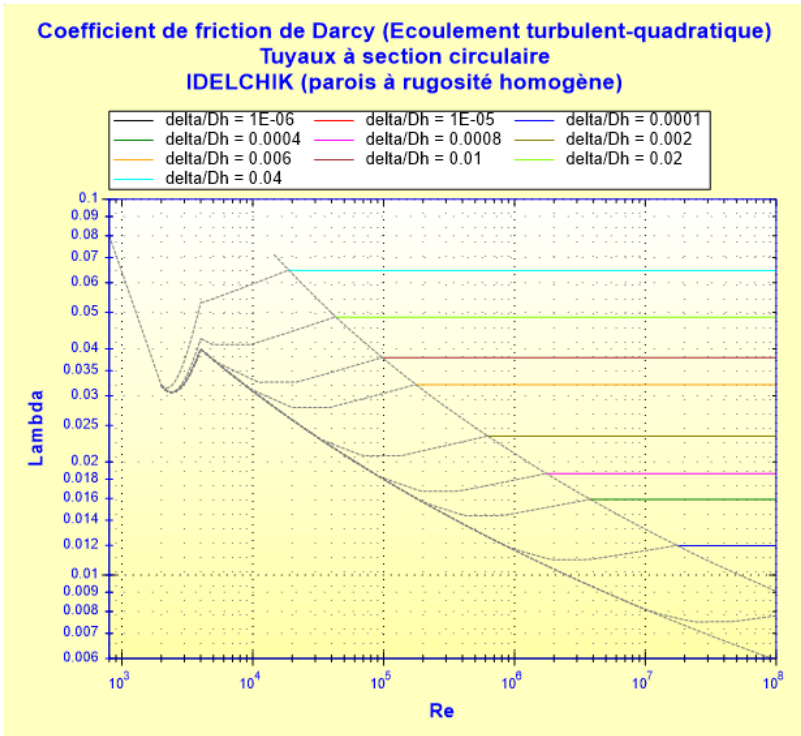
Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

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

Zone de transition



Zone de turbulence complète



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

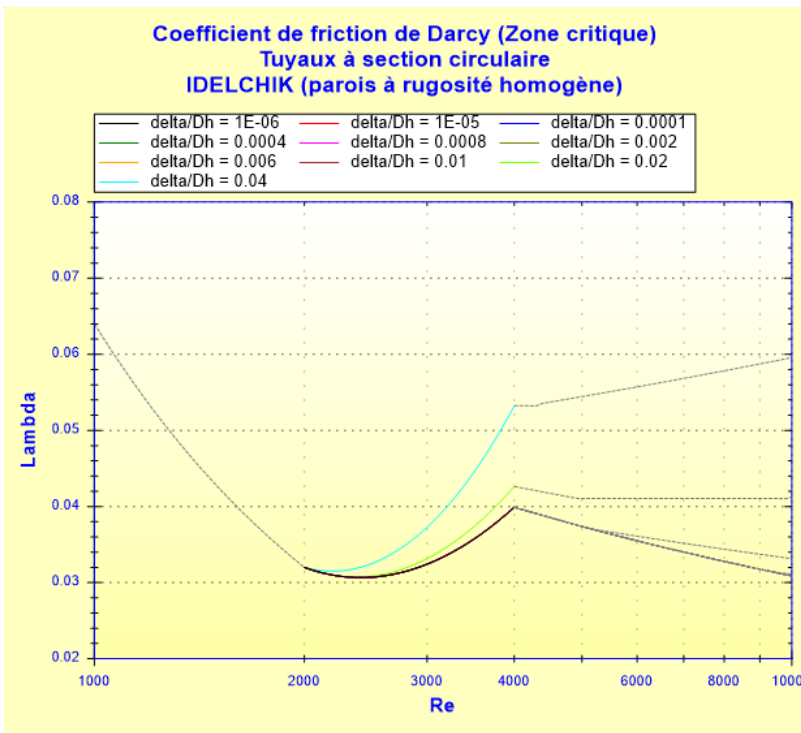
interpolation linéaire

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

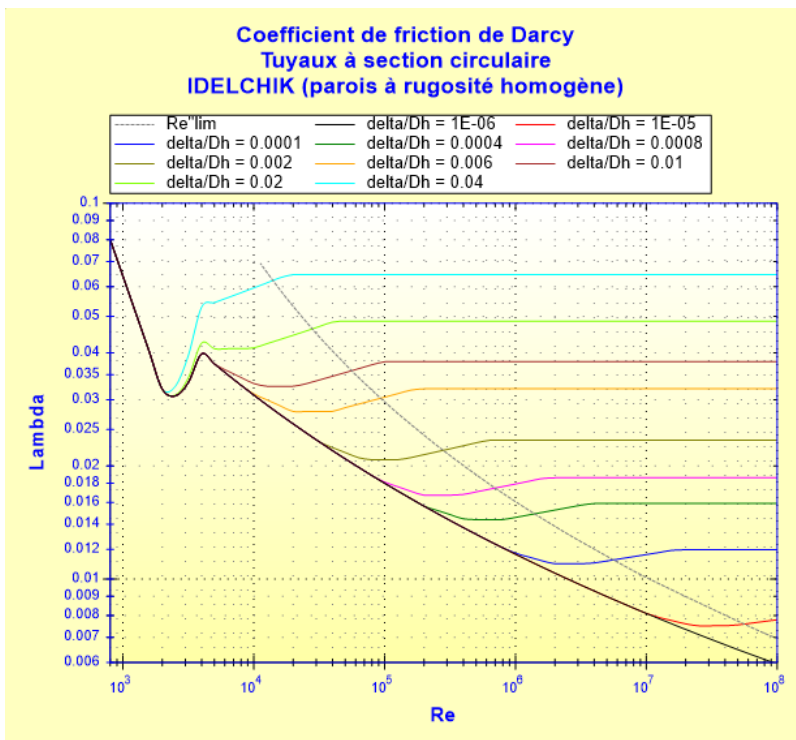
avec :

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

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



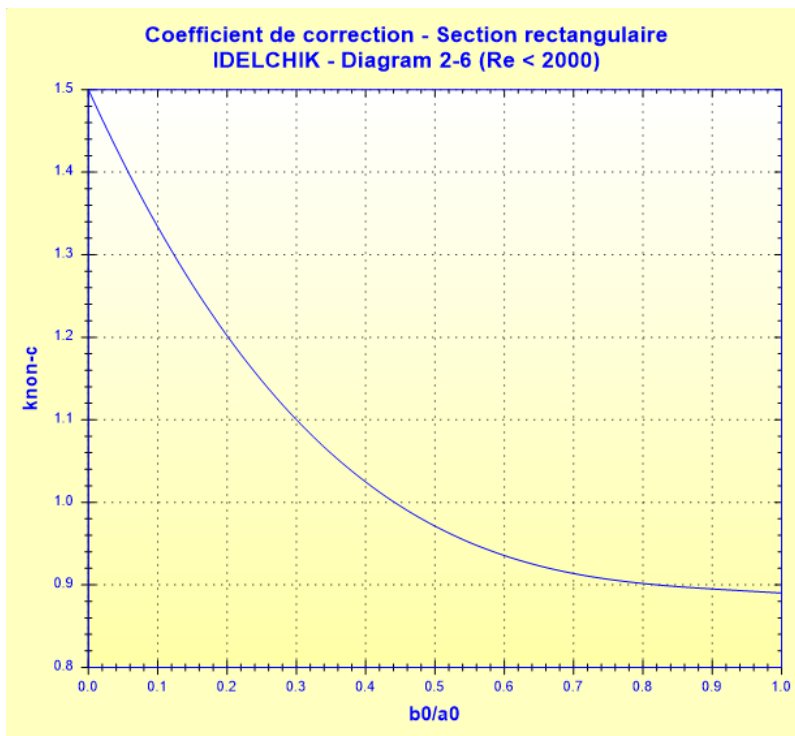
■ tous régimes d'écoulement :



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

■ régime laminaire ($Re \leq 2000$) :

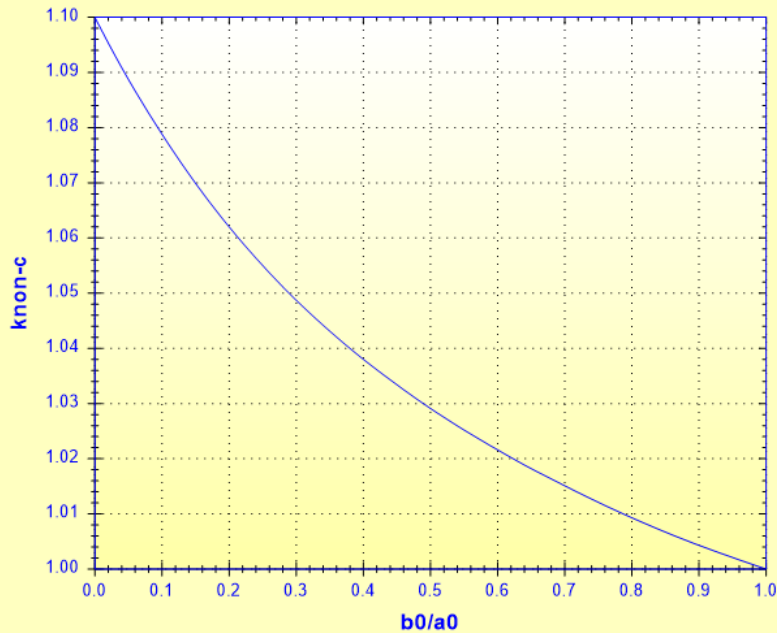
$$k_{non-c} = f(b_0/a_0) \quad ([1] \text{ diagramme 2.6})$$



■ 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'_{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 homogène - 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/m^3
Viscosité dynamique : μ 0.00100159 $N.s/m^2$
Viscosité cinématique : ν 1.00340E-06 m^2/s

Masse vol. Visc. dyn. Visc. cin.

logY

Caractéristiques géométriques

Aide Info Diagramme de Moody Calculer

Perte de pression ΔP 0.001512225 bar
 ΔH 0.0154 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	$\bar{\Delta}$	0.00015	
Nombre de Reynolds	Re	66440.97	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction pour section circulaire	λ	0.01962806	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction pour section rectangulaire	k_{non-c}	1.0291	
Perte de pression linéique		0.001512225	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne tuyau)	ζ	0.3029885	
Perte de puissance hydraulique	Wh	0.7561123	W

Références :

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

HydrauCalc

Edition : février 2018

© François Corre 2017-2018