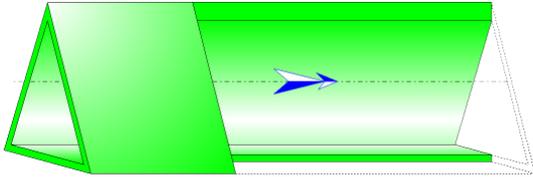




Tuyau rectiligne Section triangulaire et parois à rugosité hétérogène (IDELCHIK)



Description du modèle :

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

Half top angle (°):

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{a_0}{2 \cdot h}\right)$$

Diamètre hydraulique (m) :

$$D_h = \frac{2 \cdot h}{1 + \sqrt{\frac{1}{\tan^2(\beta)} + 1}}$$

Section transversale de passage (m²) :

$$F_0 = \frac{a_0}{2} \cdot h$$

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 :

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

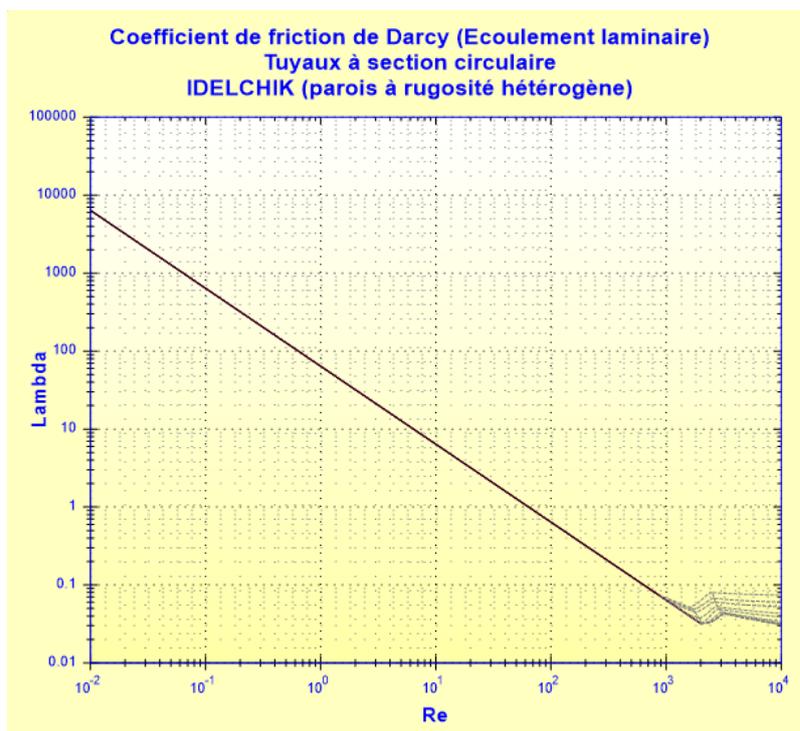
Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire :

■ régime laminaire ($Re \leq Re_0$) :

loi de Hagen-Poiseuille

$$\lambda_{circ} = \frac{64}{Re}$$

([1] diagramme 2.1)



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

équation de Colebrook-White

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

([1] diagramme 2.4)

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

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

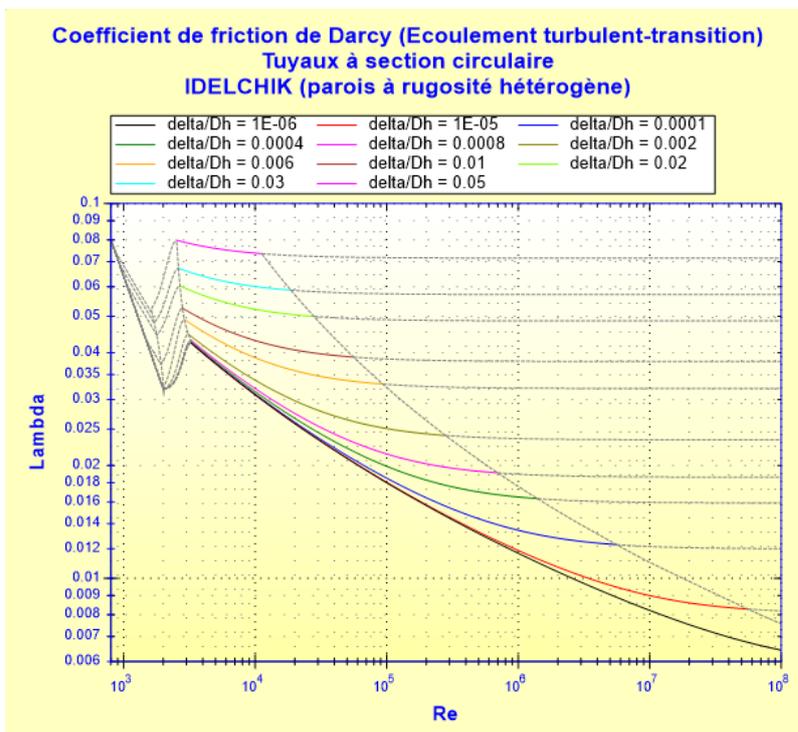
([1] §2.23)

Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

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

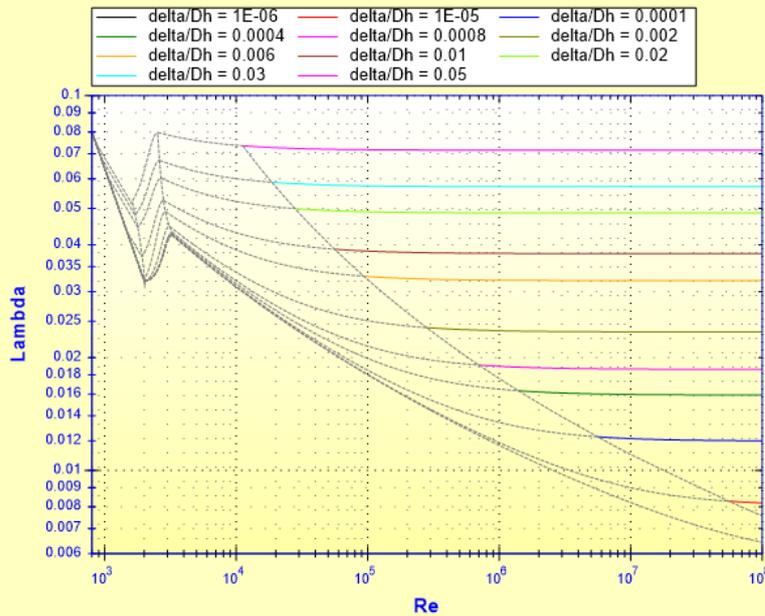
([1] diagramme 2.4)

Zone de transition



Zone de turbulence complète

**Coefficient de friction de Darcy (Ecoulement turbulent-quadratique)
Tuyaux à section circulaire
IDELCHIK (parois à rugosité hétérogène)**



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

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

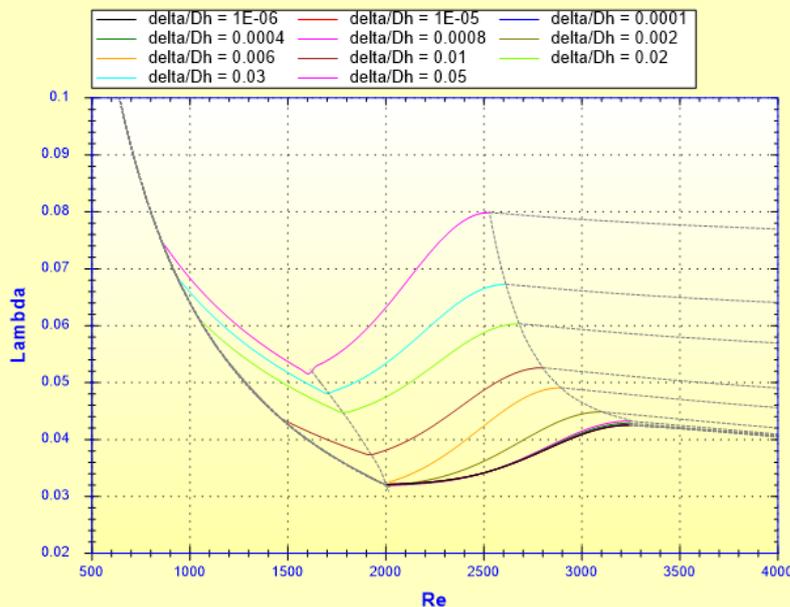
Nombre de Reynolds de début de la zone critique :

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

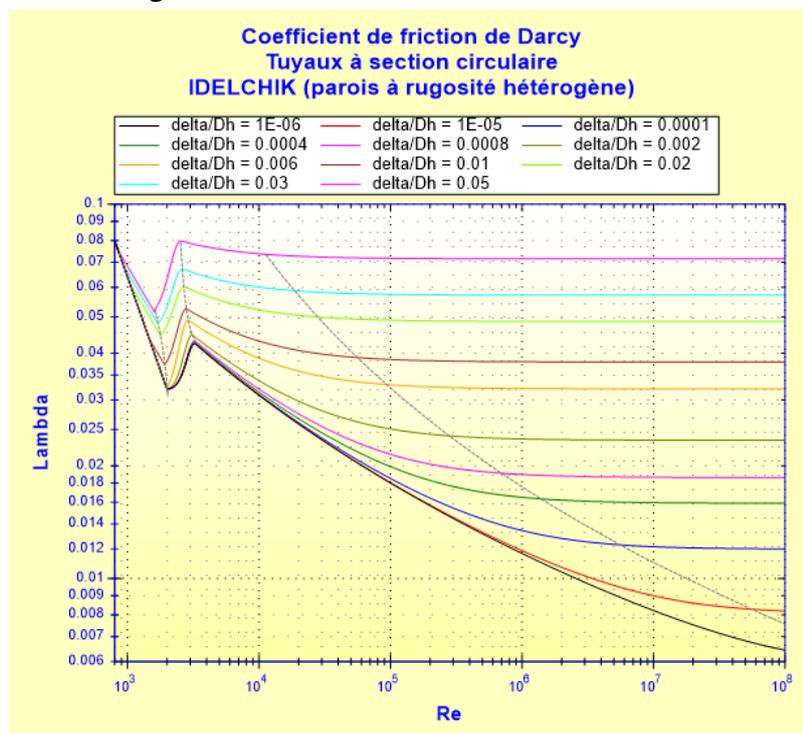
Nombre de Reynolds de fin de la zone critique :

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

**Coefficient de friction de Darcy (Zone critique)
Tuyaux à section circulaire
IDELCHIK (parois à rugosité hétérogène)**



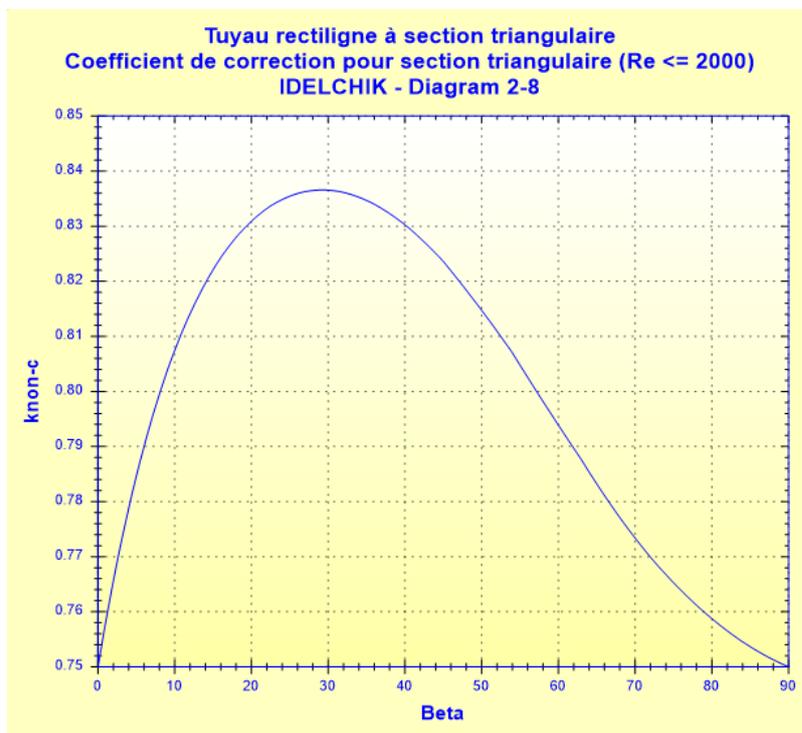
■ tous régimes d'écoulement :



Correction du coefficient de friction de Darcy pour section triangulaire :

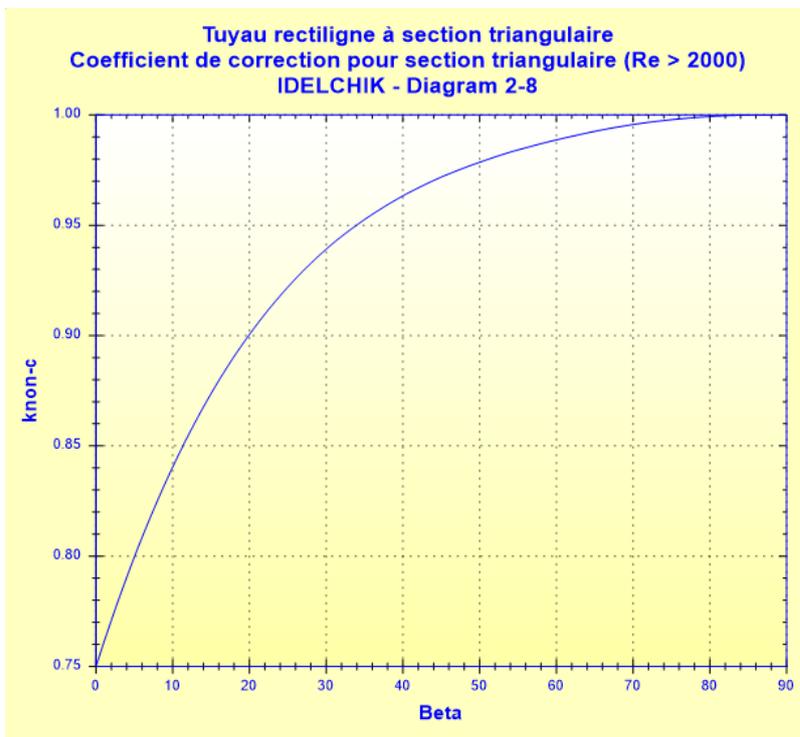
■ régime laminaire ($Re \leq 2000$) :

$$k_{non-c} = f(\beta) \quad ([1] \text{ diagramme 2.8})$$



■ régime turbulent ($Re > 2000$) :

$$k_{non-c} = f(\beta) \quad ([1] \text{ diagramme 2.8})$$



Coefficient de friction de Darcy pour section triangulaire :

$$\lambda_{tria} = \lambda_{circ} \cdot k_{non-c} \quad ([1] \text{ diagramme 2.8})$$

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

$$\zeta = \lambda_{tria} \cdot \frac{l}{D_h} \quad ([1] \text{ diagramme 2.8})$$

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w_0^2}{2} \quad ([1] \text{ diagramme 2.8})$$

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 :

a_0	Base de la section transversale (m)
h	Hauteur de la section transversale (m)
β	Half top angle (°)
D_h	Diamètre hydraulique (m)
F_0	Section transversale de passage (m ²)
Q	Débit volumique (m ³ /s)
w_0	Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)

G	Débit massique (kg/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 ()
Δ	Rugosité absolue des parois intérieures du tuyau (m)
$\bar{\Delta}$	Rugosité relative des parois intérieures du tuyau ()
λ_{circ}	Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire ()
Re'_{lim}	Limite du nombre de Reynolds pour loi hydrauliquement lisse ()
Re''_{lim}	Limite du nombre de Reynolds pour loi quadratique ()
Re_0	Nombre de Reynolds de début de la zone critique ()
Re_2	Nombre de Reynolds de fin de la zone critique ()
k_{non-c}	Correction du coefficient de friction de Darcy pour section non circulaire ()
λ_{tria}	Coefficient de friction de Darcy pour section triangulaire ()
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 ($Re \leq 10^8$)
- rugosité relative $\bar{\Delta} \leq 0.05$
- écoulement stabilisé

Exemple de données d'entrée et résultats :

HydrauCalc 2019b - [Tuyau rectiligne section triangulaire 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.

Masse volumique (kg/m³) vs Température (°C)

Divers

Caractéristiques géométriques

Aide Info Diagramme de Moody Calculer

Perte de pression ΔP 0.009286998 bar
 ΔH 0.0949 m de fluide

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	Dh	0.04142136	m
Angle au sommet	2β	90	°
Section intérieure tuyau	F0	0.0025	m ²
Volume intérieur du tuyau	V	0.0025	m ³
Masse de fluide dans le tuyau	M	2.495515	kg
Rugosité relative	Δ	0.0002414213	
Nombre de Reynolds	Re	82562.24	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction pour section circulaire	λ_{circ}	0.01982567	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction pour section triangulaire	knon-c	0.9719	
Coefficient de friction pour section triangulaire	λ_{tra}	0.01926857	
Perte de pression linéique		0.009286998	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne tuyau)	ζ	0.4651845	
Perte de puissance hydraulique	Wh	4.643499	W

Références :

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