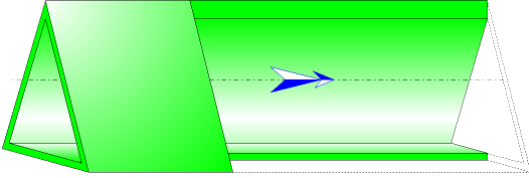




## Tuyau rectiligne Section triangulaire et parois à rugosité homogène (IDELCHIK)



### Description du modèle :

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

Demi-angle au sommet (°) :

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

Diamètre hydraulique (m) :

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

Section transversale de passage (m<sup>2</sup>) :

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

---

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 (m<sup>3</sup>) :

$$V = F_0 \cdot l$$

---

Masse de fluide dans le tuyau (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

---

Nombre de Reynolds :

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

---

Rugosité relative :

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

---

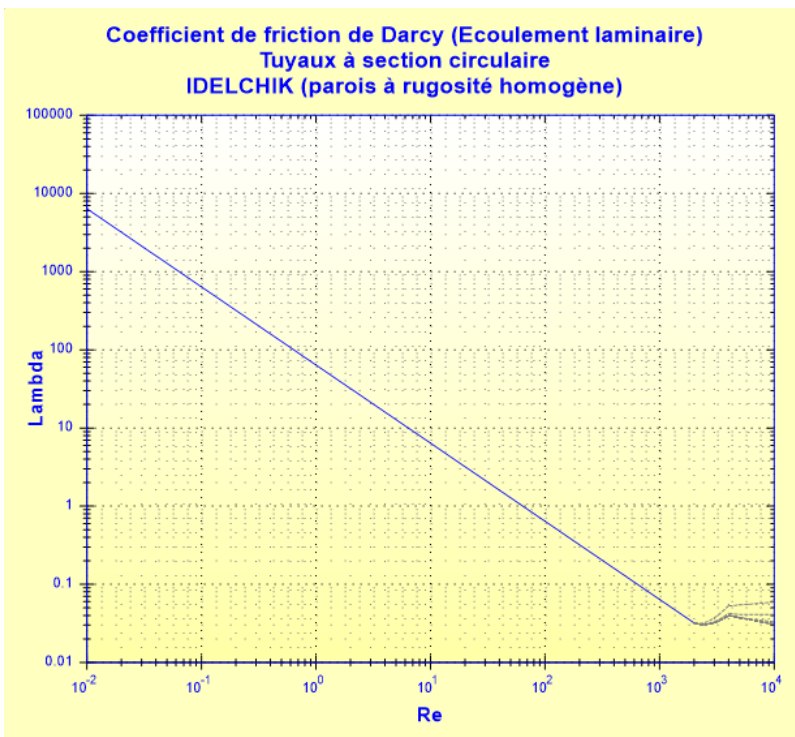
Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire :

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

loi de Hagen-Poiseuille

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

([1] diagramme 2.1)



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

équation de Nikuradse

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

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

$\bar{\Delta} \cdot Re \cdot \sqrt{\lambda}$	$a_1$	$b_1$	$c_1$
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 :

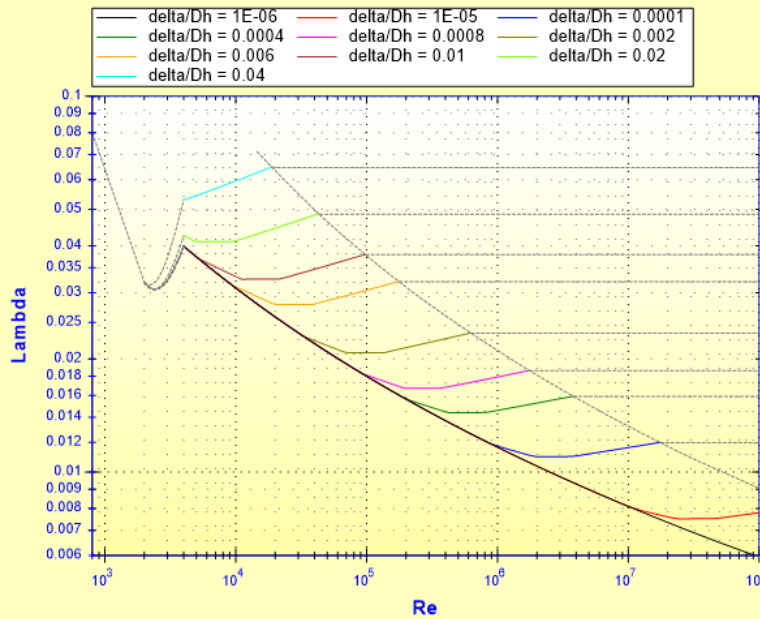
$$Re'_{lim} = \frac{26.9}{\bar{\Delta}^{-1.143}} \quad ([1] \text{ §2.17})$$

Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

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

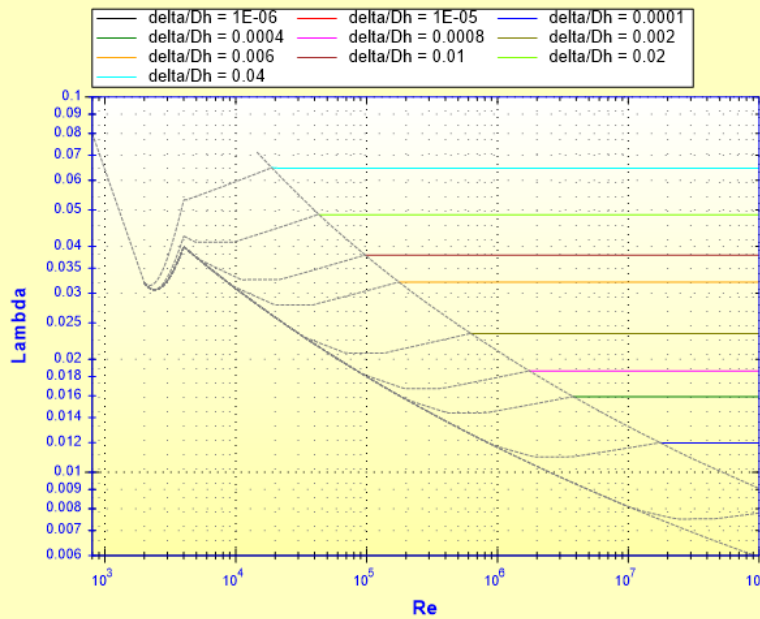
Zone de transition

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



**Zone de turbulence complète**

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



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

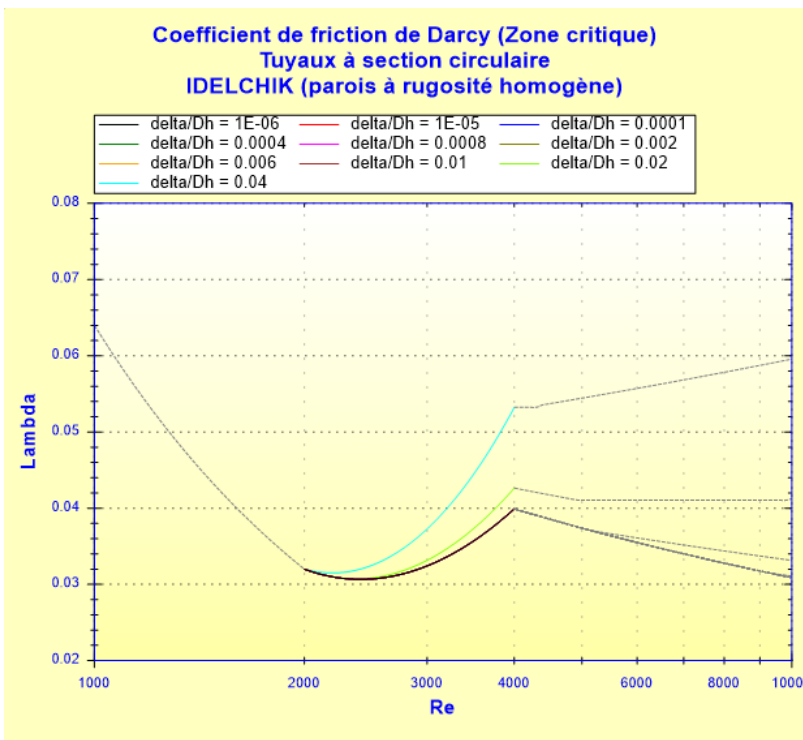
interpolation linéaire

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

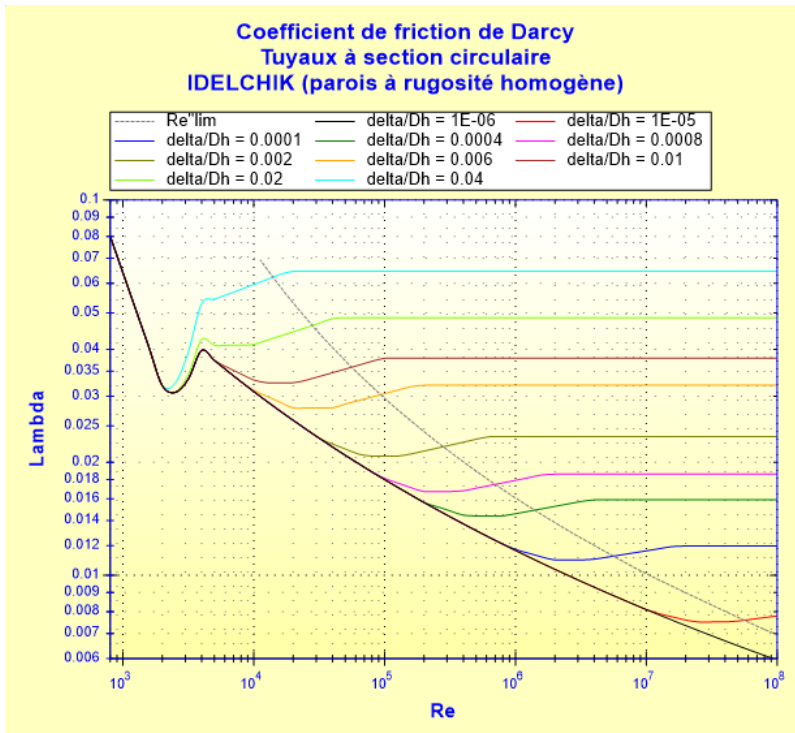
avec :

$\lambda_L$  = coefficient de friction laminaire obtenu avec  $Re = 2000$

$\lambda_T$  = coefficient de friction turbulent obtenu avec  $Re = 4000$



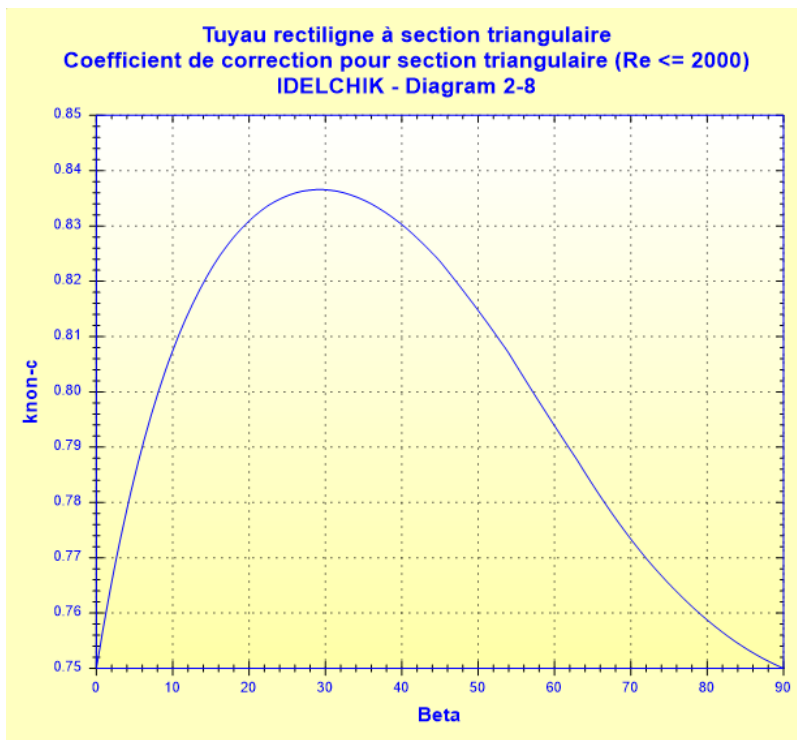
■ tous régimes d'écoulement :



Correction du coefficient de friction de Darcy pour section triangulaire :

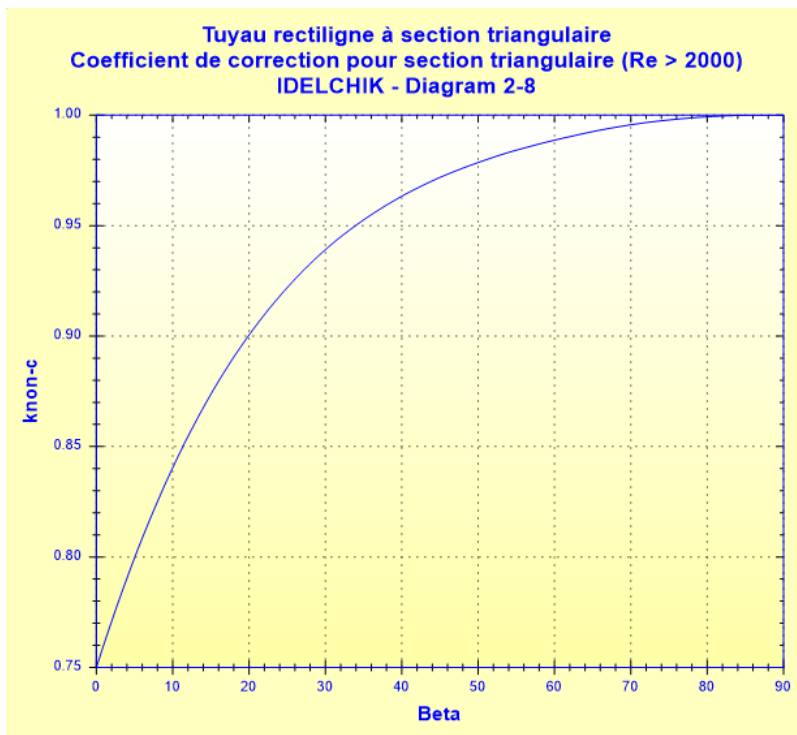
■ régime laminaire ( $Re \leq 2000$ ) :

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



■ 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) :

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot W_0^2}{2}$$

([1] 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)
$\beta$	Demi angle au sommet ( $^\circ$ )
$D_h$	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 ( )
$\Delta$	Rugosité absolue des parois intérieures du tuyau (m)
$\bar{\Delta}$	Rugosité relative des parois intérieures du tuyau ( )
$\lambda_{circ}$	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 ( )
$k_{non-c}$	Correction du coefficient de friction de Darcy pour section non circulaire ( )
$\lambda_{tria}$	Coefficient de friction de Darcy pour section triangulaire ( )
$\zeta$	Coefficient de perte de pression (basé sur la vitesse moyenne dans le tuyau) ( )
$\Delta P$	Perte de pression totale (Pa)
$\Delta H$	Perte de charge totale de fluide (m)
$Wh$	Perte de puissance hydraulique (W)
$\rho$	Masse volumique du fluide ( $kg/m^3$ )
$\nu$	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 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 :  $\rho$  998.2061 kg/m<sup>3</sup>

Viscosité dynamique :  $\mu$  0.00100159 N.s/m<sup>2</sup>

Viscosité cinématique :  $\nu$  1.00340E-06 m<sup>2</sup>/s

Masse vol.  Visc. dyn.  Visc. cin.

logY

**Caractéristiques géométriques**

Aide Info Diagramme de Moody Calculer

Perte de pression  $\Delta P$  0.00877539 bar

$\Delta H$  0.0896 m de fluide

**Résultats complémentaires**

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	$D_h$	0.04142136	m
Angle au sommet	$2\beta$	90	°
Section intérieure tuyau	$F_0$	0.0025	m <sup>2</sup>
Volume intérieur du tuyau	$V$	0.0025	m <sup>3</sup>
Masse de fluide dans le tuyau	$M$	2.495515	kg
Rugosité relative	$\Delta$	0.0002414213	
Nombre de Reynolds	$Re$	82562.24	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction pour section circulaire	$\lambda_{circ}$	0.01873351	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction pour section triangulaire	$k_{non-c}$	0.9719	
Coefficient de friction pour section triangulaire	$\lambda_{tra}$	0.01820709	
Perte de pression linéique		0.00877539	bar/m
Coefficient perte pression (basé sur vitesse moyenne tuyau)	$\zeta$	0.4395581	
Perte de puissance hydraulique	$Wh$	4.387695	W

## Références :

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