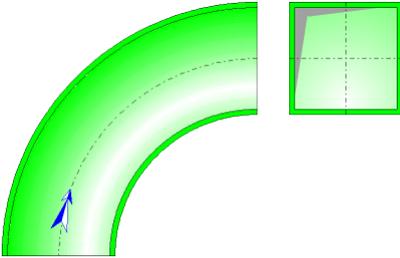




Coude progressif Section rectangulaire (IDELCHIK)



Description du modèle :

Ce modèle de composant calcule la perte de charge (chute de pression) d'un coude de courbure progressive dont la section transversale est rectangulaire et constante. En outre, l'écoulement est supposé entièrement développé et stabilisé à l'entrée du coude.

Formulation du modèle :

Diamètre hydraulique (m) :

$$D_h = \frac{2 \cdot a_0 \cdot b_0}{a_0 + b_0} \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$

Section transversale de passage (m²) :

$$F_0 = a_0 \cdot b_0$$

Longueur développée à l'axe (m) :

$$l = 2 \cdot \pi \cdot R_0 \cdot \frac{\delta}{360}$$

Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) :

$$w_0 = \frac{Q}{F_0}$$

Débit massique (kg/h) :

$$G = Q \cdot \rho$$

Volume de fluide (m³) :

$$V = F_0 \cdot l$$

Masse de fluide (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

Nombre de Reynolds :

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

Rugosité relative :

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

■ Cas d'un rayon de courbure relatif inférieur à 3 ($R_0/b_0 < 3$) ([1] diagram 6-1)

Coefficient d'effet de la rugosité :

$$k_{\Delta} = f\left(\frac{R_0}{b_0}, Re, \bar{\Delta}\right) \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$

● $0.50 \leq R_0/b_0 \leq 0.55$

$\bar{\Delta}$	Re	
	$3 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^4$	$> 4 \cdot 10^4$
0	1.0	1.0
0 - 0.001	1.0	$1 + 0.5 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{\Delta}$
> 0.001	1.0	1.5

● $R_0/b_0 > 0.55$

$\bar{\Delta}$	Re		
	$3 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^4$	$> 4 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^5$	$> 2 \cdot 10^5$
0	1.0	1.0	1.0
0 - 0.001	1.0	$\lambda_{\Delta} / \lambda_{sm}$	$1 + 10^{-3} \cdot \bar{\Delta}$
> 0.001	1.0	2.0	2.0

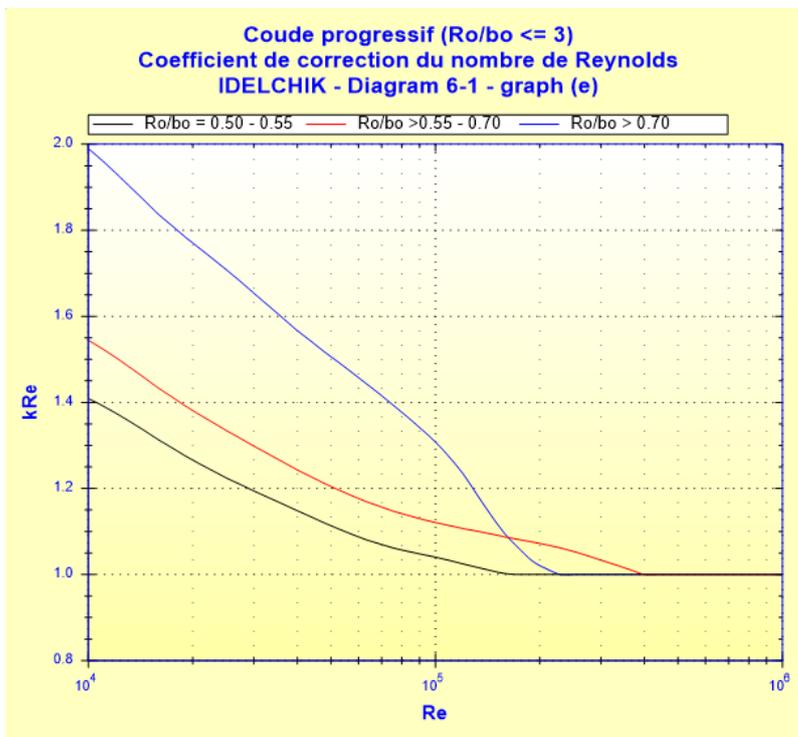
avec:

λ_{sm} : coefficient de friction de Darcy pour tuyau hydrauliquement lisse ($\bar{\Delta} = 0$) à Re

λ_{Δ} : coefficient de friction de Darcy pour tuyau rugueux ($\bar{\Delta} = \Delta/D_h$) à Re

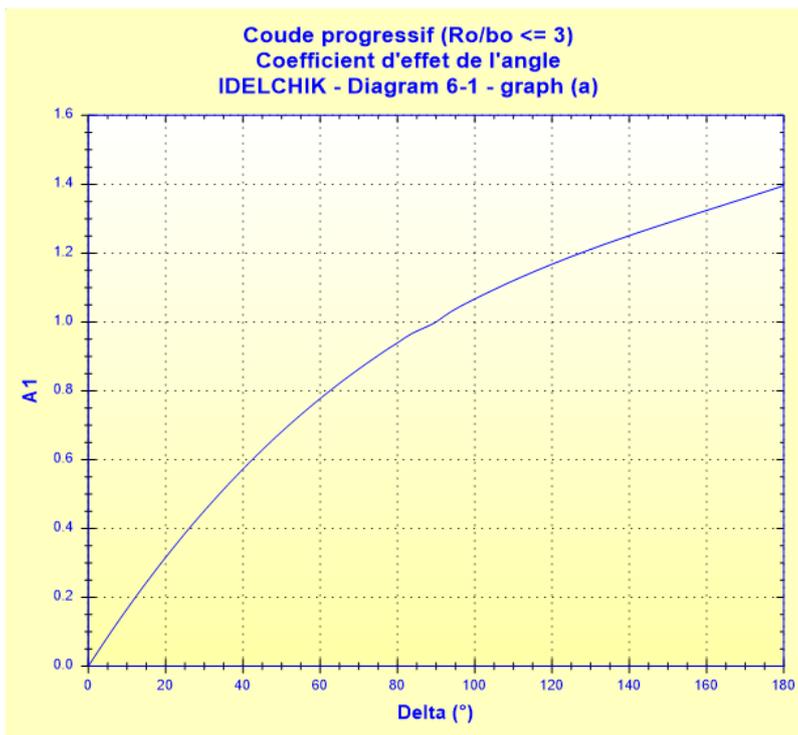
Coefficient d'effet du nombre de Reynolds ($Re \geq 10^4$) :

$$k_{Re} = f\left(Re, \frac{R_0}{b_0}\right) \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$



Coefficient d'effet de l'angle :

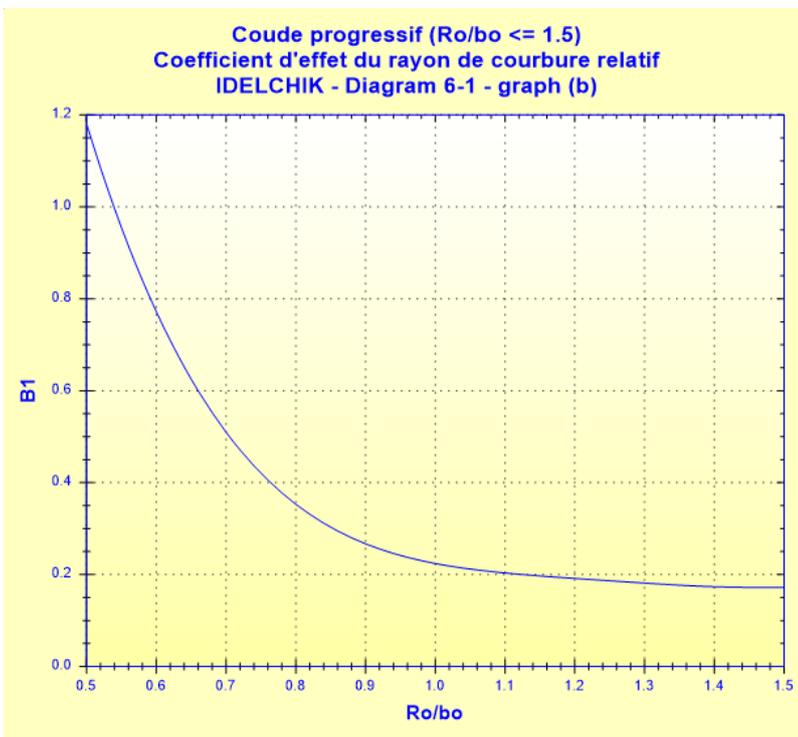
$$A1 = f(\delta) \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$



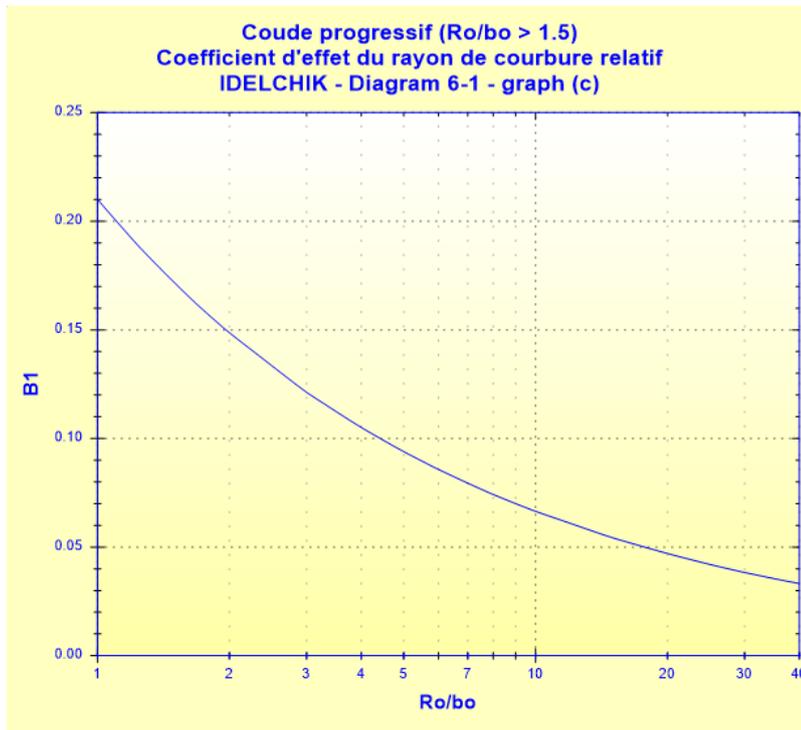
Coefficient d'effet du rayon de courbure relatif :

$$B1 = f\left(\frac{R_0}{b_0}\right) \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$

- $0.5 \leq R_0/b_0 \leq 1.5$



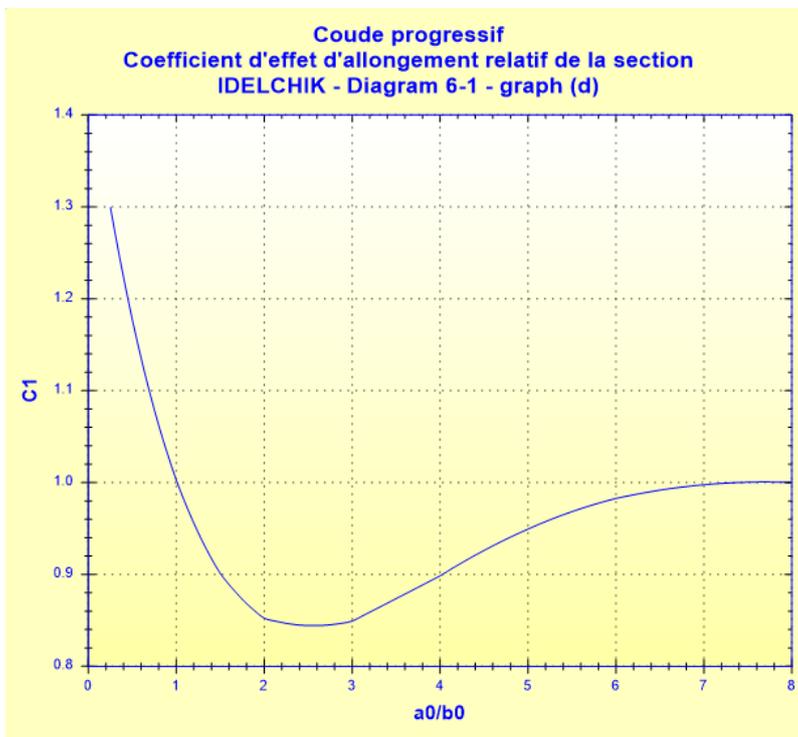
● $R_0/b_0 > 1.5$



Coefficient d'effet de l'allongement relatif de la section transversale :

$$C1 = f\left(\frac{a_0}{b_0}\right)$$

([1] diagram 6-1)



Coefficient de résistance locale :

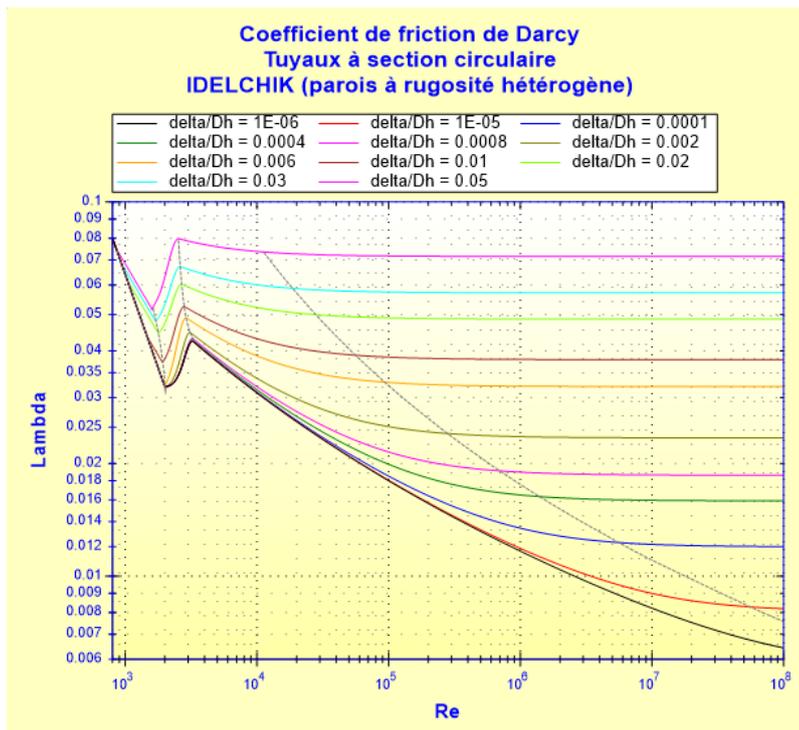
$$\zeta_{loc} = A1 \cdot B1 \cdot C1 \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$

Coefficient de friction de Darcy :

Voir [Tuyau rectiligne - Section rectangulaire et parois à rugosité hétérogène \(IDELCHIK\)](#)

■ Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire

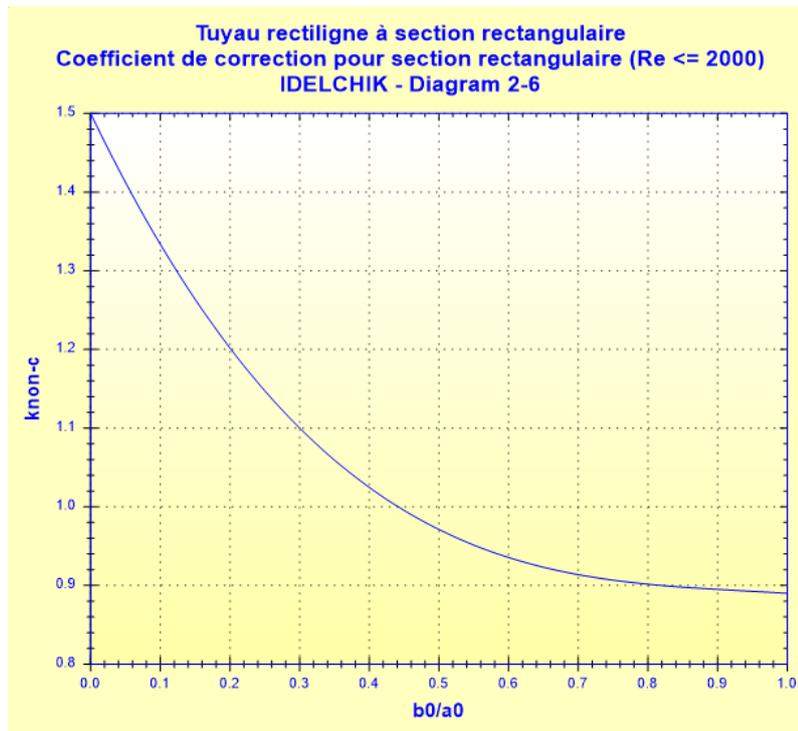
$$\lambda_{circ} = f \left(Re, \frac{\Delta}{D_h} \right)$$



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

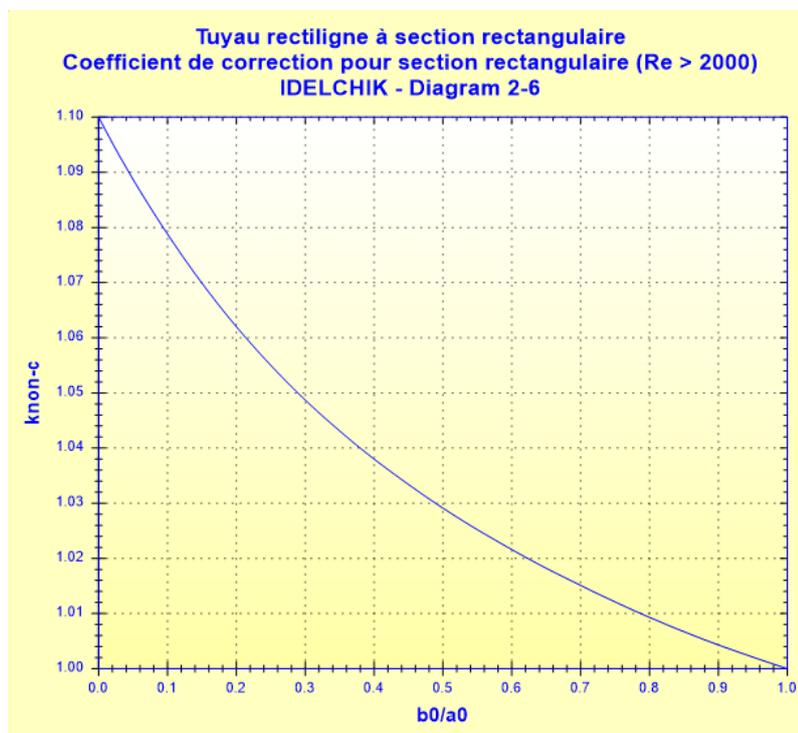
- régime laminaire ($Re \leq 2000$) :

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



- régime turbulent ($Re > 2000$) :

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



- Coefficient de friction de Darcy pour section rectangulaire

$$\lambda_{rect} = \lambda_{circ} \cdot k_{non-c} \quad ([1] \text{ diagramme 2.6})$$

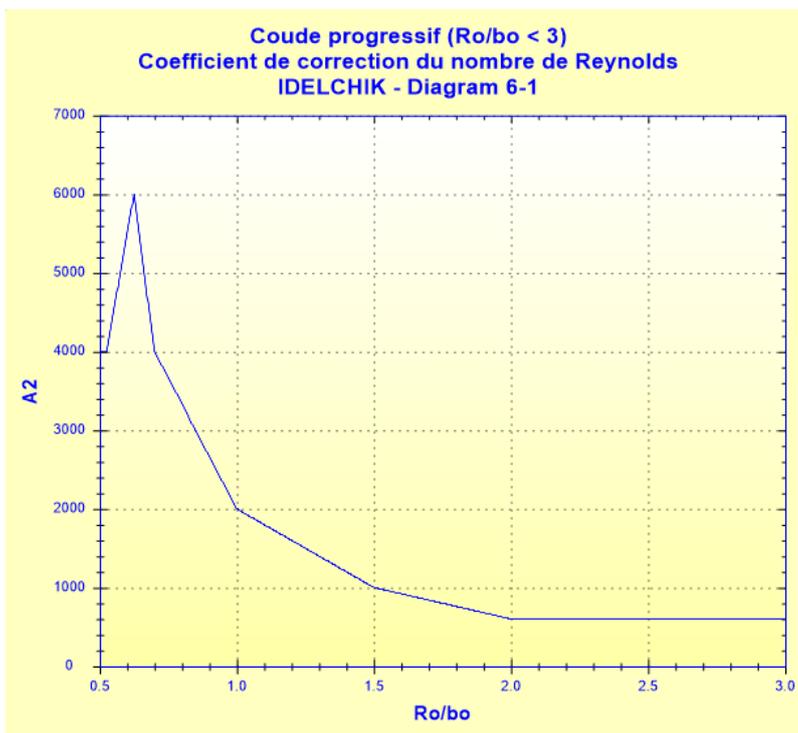
Coefficient de perte de pression de friction :

$$\zeta_{fr} = 0.0175 \cdot \delta \cdot \lambda_{rect} \cdot \frac{R_0}{D_h} \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$

Coefficient de correction du nombre de Reynolds dépendant du rayon de courbure relatif :

$$A2 = f\left(\frac{R_0}{b_0}\right) \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$

R_0/b_0	0.50 - 0.55	>0.55 - 0.70	>0.70 - 1.0	>1.0 - 2.0	>2.0
$A2 \times 10^{-3}$	4.0	6.0	4.0 - 2.0	1.0	0.6



Coefficient de perte de pression totale :

- $Re \geq 10^4$

$$\zeta = k_{\Delta} \cdot k_{Re} \cdot \zeta_{loc} + \zeta_{fr} \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$

- $3 \cdot 10^3 < Re < 10^4$

$$\zeta = \frac{A2}{Re} + \zeta_{loc} + \zeta_{fr} \quad ([1] \text{ diagram 6-1})$$

Longueur droite de perte de pression équivalente (m) :

$$L_{eq} = \zeta \cdot \frac{D_h}{\lambda_{rect}}$$

■ Cas d'un rayon de courbure relatif supérieur ou égal à 3 ($R_0/b_0 \geq 3$) ([1] diagram 6-2)

Coefficient de friction pour parois lisses :

- $0.5 \cdot 10^3 < Re < 6 \cdot 10^3$ (régime laminaire)

$$A_{lam} = 1.97 + 49.1 \cdot \left(\frac{D_h}{2 \cdot R_0} \right)^{1.32} \cdot \left(\frac{b_0}{a_0} \right)^{0.37}$$

([1] diagram 6-2)

$$\lambda_{el} = A_{lam} \cdot Re^{-0.46}$$

([1] diagram 6-2)

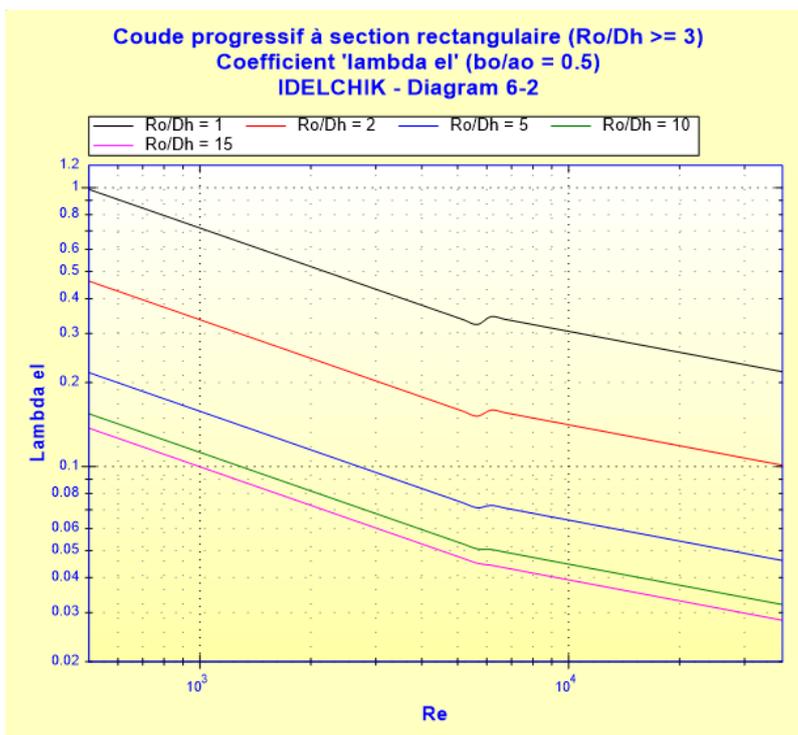
- $7 \cdot 10^3 < Re < 38 \cdot 10^3$ (régime turbulent)

$$A_{turb} = 0.316 + 8.65 \cdot \left(\frac{D_h}{2 \cdot R_0} \right)^{1.32} \cdot \left(\frac{b_0}{a_0} \right)^{0.34}$$

([1] diagram 6-2)

$$\lambda_{el} = A_{turb} \cdot Re^{-0.25}$$

([1] diagram 6-2)



([1] diagram 6-2 avec

$b_0/a_0 = 0.5$)

Coefficient de correction de la rugosité :

$$C_f = \frac{\lambda_r}{\lambda_s} \quad ([2] \text{ équation 9.3})$$

avec :

λ_r : coefficient de friction de Darcy pour tuyau rugueux ($\bar{\Delta} = \Delta/D_h$) à Re

λ_s : coefficient de friction de Darcy pour tuyau hydrauliquement lisse ($\bar{\Delta} =$

0) à Re

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

$$\zeta = 0.0175 \cdot \delta \cdot \lambda_{el} \cdot C_f \cdot \frac{R_0}{D_h}$$

([1] diagram 6-2 & [2] équation 9.3)

Longueur droite de perte de pression équivalente (m) :

$$L_{eq} = \zeta \cdot \frac{D_h}{\lambda}$$

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w_0^2}{2}$$

([1] diagram 6-1 - 6-2)

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 :

a_0	Largeur de la section rectangulaire (m)
b_0	Hauteur de la section rectangulaire (m)
D_h	Diamètre hydraulique du coude (m)
F_0	Section transversale de passage (m ²)
l	Longueur développée (m)
R_0	Rayon de courbure (m)
δ	Angle de courbure (°)
Q	Débit volumique (m ³ /s)
w_0	Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)
G	Débit massique (kg/s)
V	Volume de fluide (m ³)
M	Masse de fluide (kg)
Re	Nombre de Reynolds ()
Δ	Rugosité absolue des parois intérieures du coude (m)
$\bar{\Delta}$	Rugosité relative des parois intérieures du coude ()
k_{Δ}	Coefficient qui caractérise l'effet de la rugosité
k_{Re}	Coefficient qui caractérise l'effet du nombre de Reynolds ()
A_1	Coefficient qui caractérise l'effet de l'angle
B_1	Coefficient qui caractérise l'effet du rayon de courbure relative
C_1	Coefficient qui caractérise l'effet de l'allongement relatif de la section transversale
ζ_{loc}	Coefficient de résistance locale ()
λ_{circ}	Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire ()
λ_{rect}	Coefficient de friction de Darcy pour section rectangulaire ()

$k_{\text{non-c}}$	Correction du coefficient de friction de Darcy pour section non circulaire ()
ζ_{fr}	Coefficient de perte de pression de friction ()
ζ	Coefficient de perte de pression totale (basé sur la vitesse moyenne dans le coude) ()
L_{eq}	Longueur droite de perte de pression équivalente (m)
λ_{el}	Coefficient de friction
A_{lam}	Coefficient en régime laminaire ()
A_{tur}	Coefficient en régime turbulent ()
C_f	Coefficient de correction de rugosité ()
ΔP	Perte de pression totale (Pa)
ΔH	Perte de charge totale de fluide (m)
W_h	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 :

- écoulement stabilisé en amont du coude
- longueur droite en amont du coude : $\geq 10 D_h$
- angle de courbure : 0 à 180°
- cas d'un rayon de courbure relatif inférieur à 3 ($R_0/b_0 < 3$)
 - régime d'écoulement : $Re \geq 3 \cdot 10^3$
- cas d'un rayon de courbure relatif supérieur ou égal à 3 ($R_0/b_0 \geq 3$)
 - régime d'écoulement : $500 \leq Re \leq 38 \cdot 10^3$

pour des nombres de Reynolds 'Re' inférieurs à 500 ou supérieurs à $38 \cdot 10^3$, le coefficient ' λ_{el} ' est extrapolé linéairement.

Exemple d'application :

HydrauCalc 2020a - [Coude progressif à section rectangulaire - 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)

logY

Température (°C)

Divers

Caractéristiques géométriques

Aide
Info

Calculer

Perte de pression ΔP 0.001110375 bar
 ΔH 0.0113 m de fluide

G 4.9910 kg/s
Q 0.005 m³/s
w0 1.0 m/s (Turbulent)

Résultats complémentaires

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	Dh	0.06666667	m
Section de passage	F0	0.005	m ²
Rapport des cotés	b0/a0	0.5	
Rayon de courbure relatif	R0/b0	3.5	
Rugosité relative	Δ	0.00015	
Nombre de Reynolds	Re	66440.97	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction (Diagram 6-2)	λ_{el}	0.05230567	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy (tuyau rugueux)	λ_r	0.02024362	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy (tuyau hydrauliquement lisse)	λ_s	0.01962486	
Coefficient de correction de la rugosité	Cf	1.031529	
Coefficient perte pression (basé sur la vitesse moyenne coude)	ζ	0.2224741	
Perte de puissance hydraulique	Wh	0.5551873	W
Longueur droite de perte de charge équivalente	Leq	0.7326559	m

Références :

- [1] Handbook of Hydraulic Resistance, 3rd Edition, I.E. Idelchik
[2] Internal Flow System, Second Edition, D.S. Miller