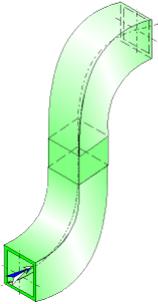




Coudes en S
(avec écoulement dans un plan)
Section rectangulaire
(IDELCHIK)



Description du modèle :

Ce modèle de composant calcule la perte de charge (chute de pression) de deux coudes en S (avec écoulement dans un plan) dont la section transversale est rectangulaire et constante. En outre, l'écoulement est supposé entièrement développé et stabilisé en amont du premier 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 totale développée à l'axe (m) :

$$l = 2 \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot R_0 \cdot \frac{\delta}{360} \right) + l_{el}$$

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:

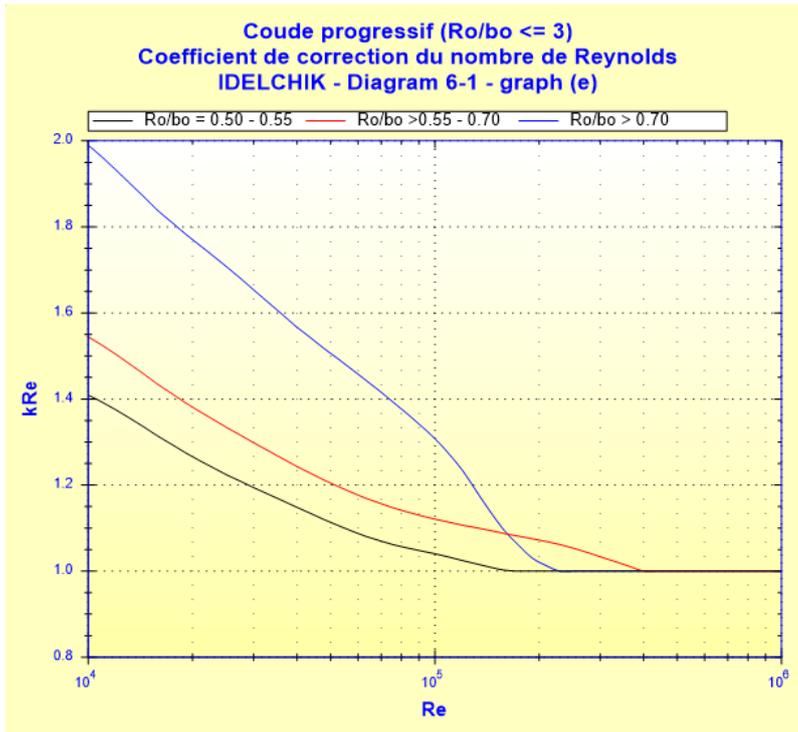
λ_{sm} : coefficient de friction de Darcy pour tuyau hydrauliquement lisse ($\bar{\Delta} = 0$) à Re

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

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

$$k_{Re} = f\left(\text{Re}, \frac{R_0}{b_0}\right)$$

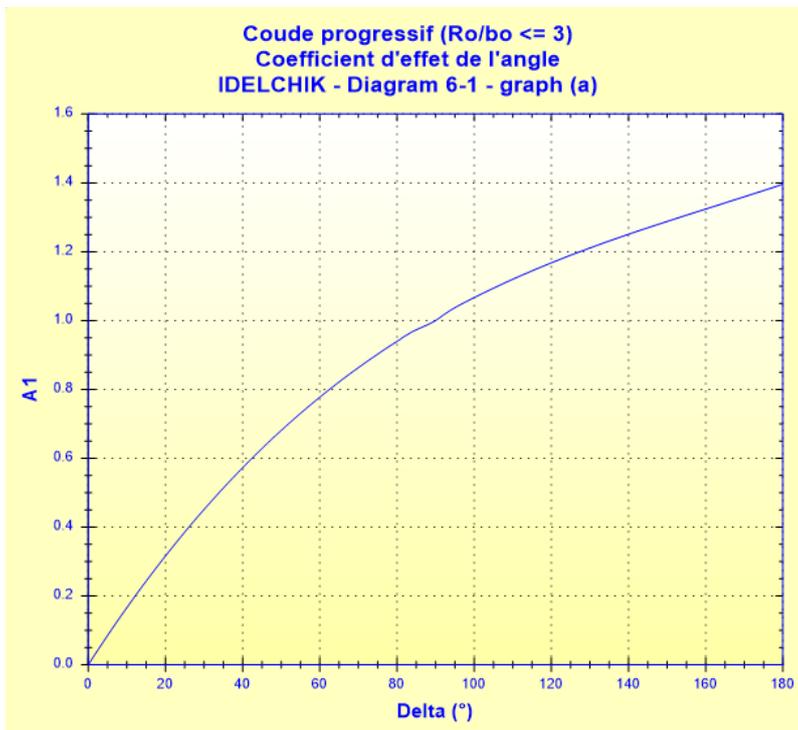
([1] diagram 6-1)



Coefficient d'effet de l'angle :

$$A1 = f(\delta)$$

([1] diagram 6-1)

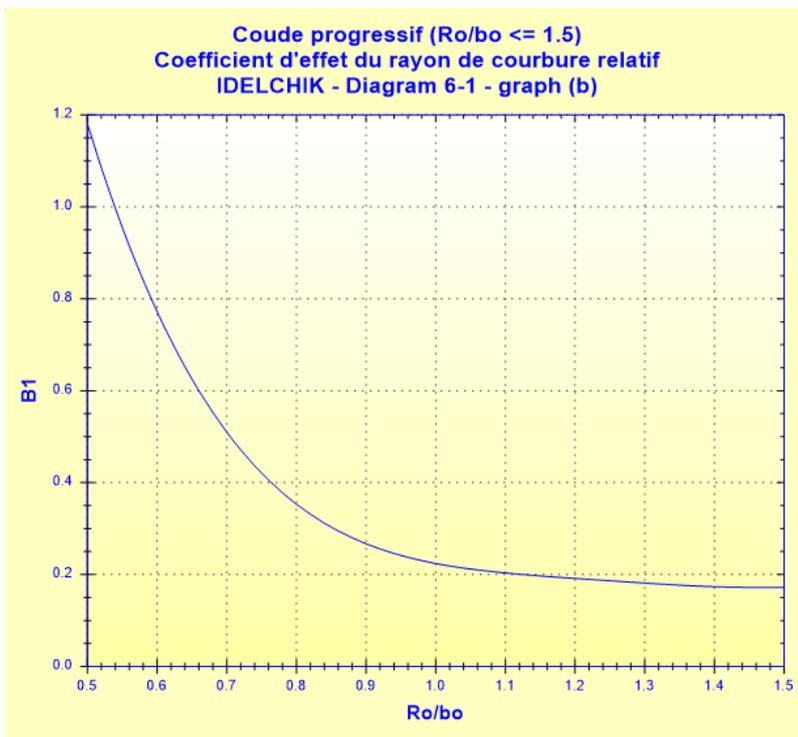


Coefficient d'effet du rayon de courbure relatif :

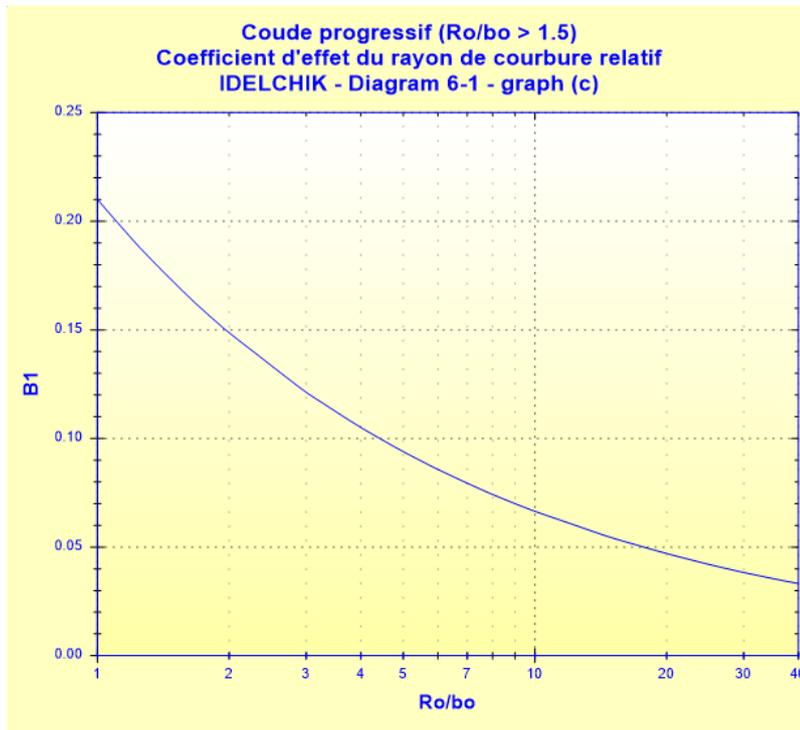
$$B1 = f\left(\frac{R_0}{b_0}\right)$$

([1] 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 :

◆ $a_0 \geq b_0$

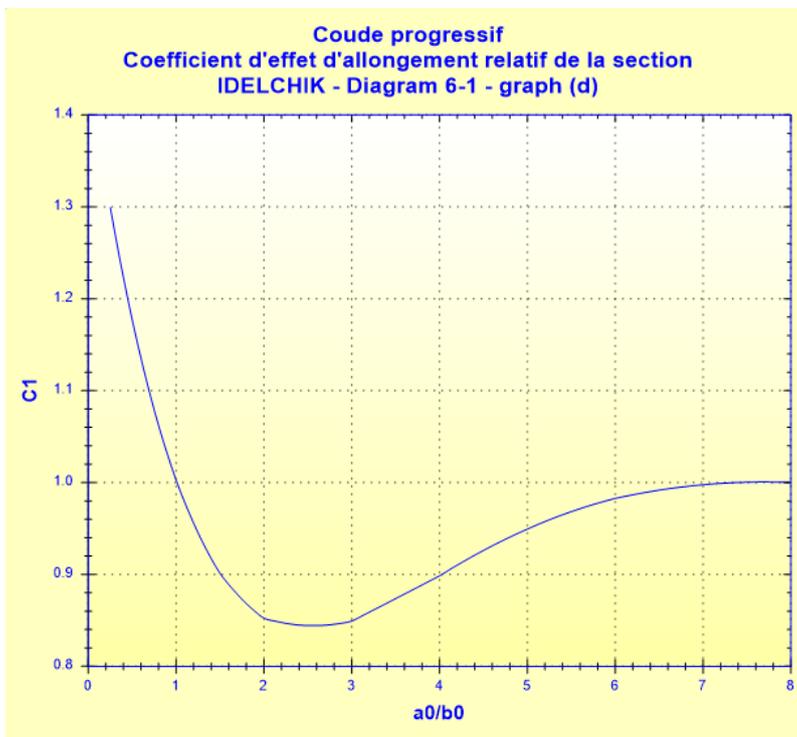
$$C1 = f\left(\frac{a_0}{b_0}\right)$$

([1] diagram 6-1)

◆ $a_0 < b_0$

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

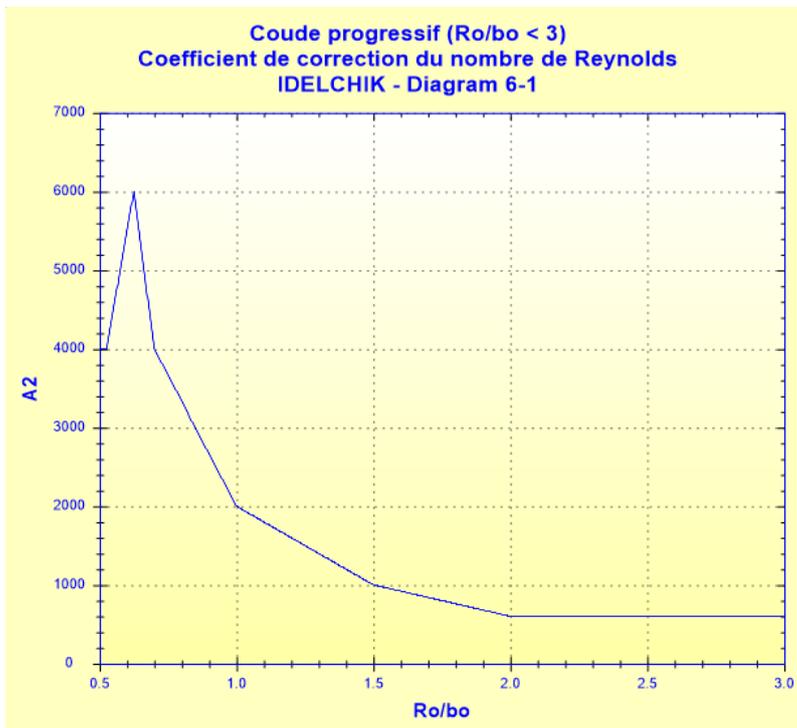
([1] diagram 6-1)



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 (sans friction) :

- $Re \geq 10^4$

$$\zeta'_{loc} = k_{\Delta} \cdot k_{Re} \cdot A1 \cdot B1 \cdot C1 \quad ([1] \text{ diagramme 6-1})$$

● $3 \cdot 10^3 < Re < 10^4$

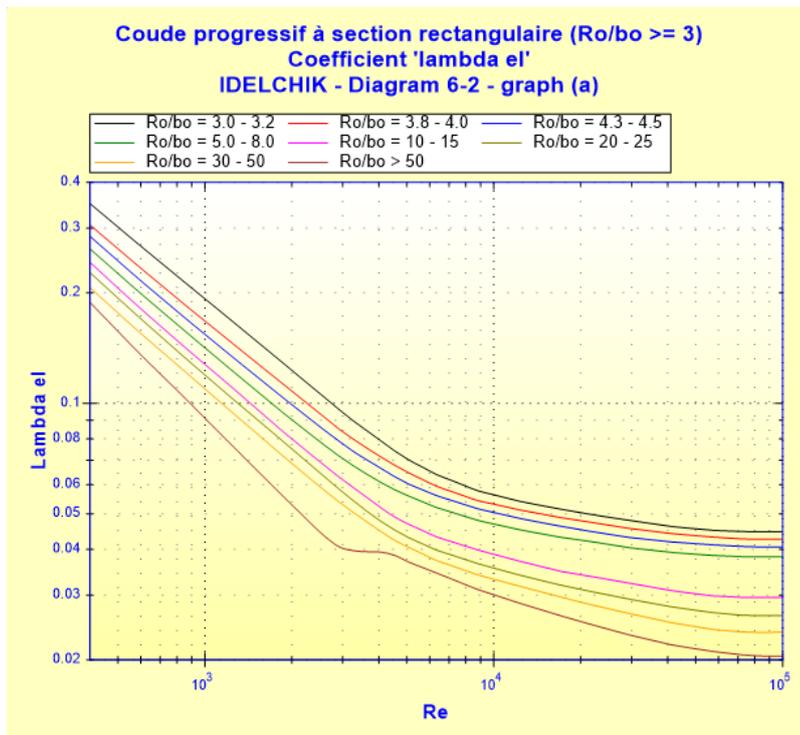
$$\zeta'_{loc} = \frac{A2}{Re} + A1 \cdot B1 \cdot C1 \quad ([1] \text{ diagramme 6-1})$$

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

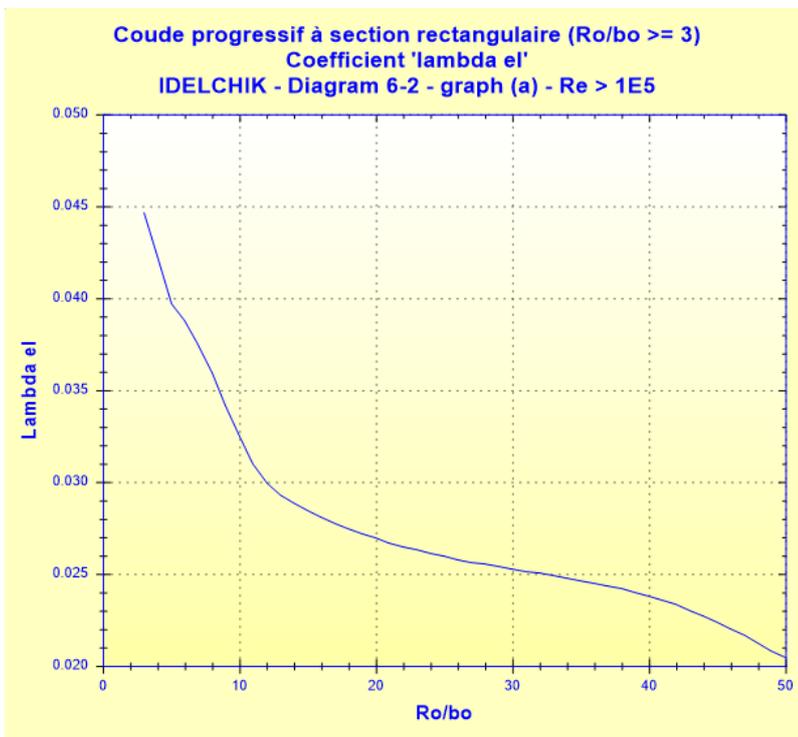
Coefficient total de friction avec parois lisses :

$$\lambda_{el} = f\left(Re, \frac{R_0}{b_0}\right) \quad ([1] \text{ diagramme 6-2})$$

● $Re < 10^5$



● $Re \geq 10^5$



Estimation du coefficient de perte de charge locale

$$\zeta'_{loc} = (\lambda_{el} - \lambda_s) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R_0 \cdot \delta / 360}{D_h}$$

avec :

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

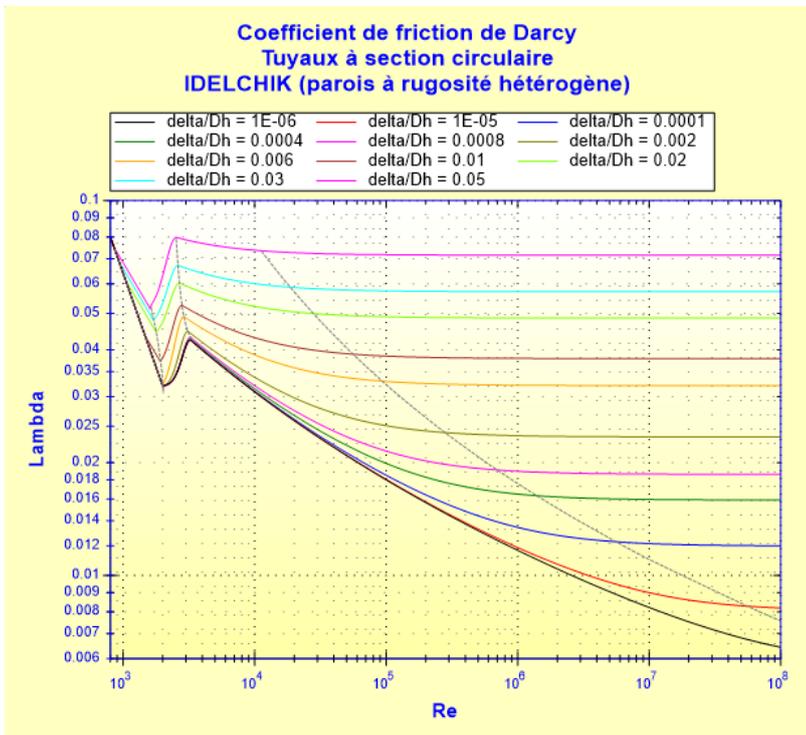
■ Cas de deux coudes en S ([1] diagramme 6-18)

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

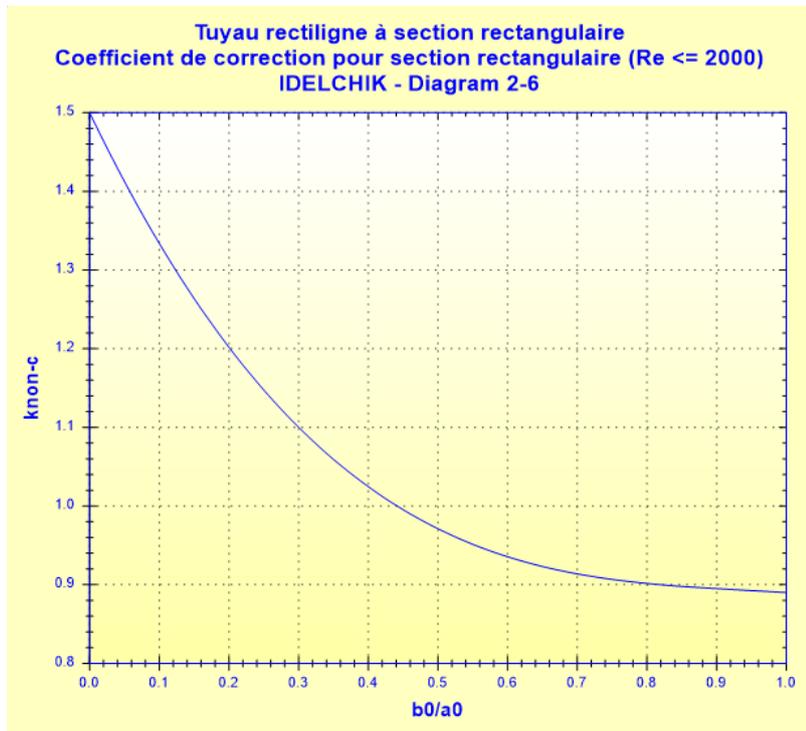
◆ $a_0 \geq b_0$

$$k_{non-c} = f(b_0/a_0) \quad ([1] \text{ diagramme 2-6})$$

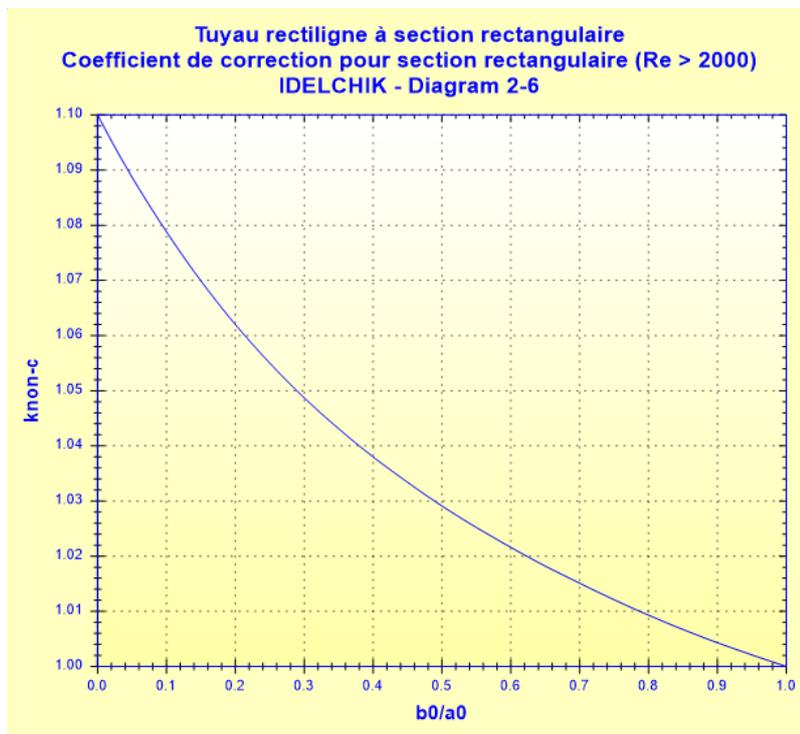
◆ $a_0 < b_0$

$$k_{non-c} = f(a_0/b_0) \quad ([1] \text{ diagramme 2-6})$$

● régime laminaire ($Re \leq 2000$) :



● régime turbulent ($Re > 2000$) :



■ Coefficient de friction de Darcy pour section rectangulaire

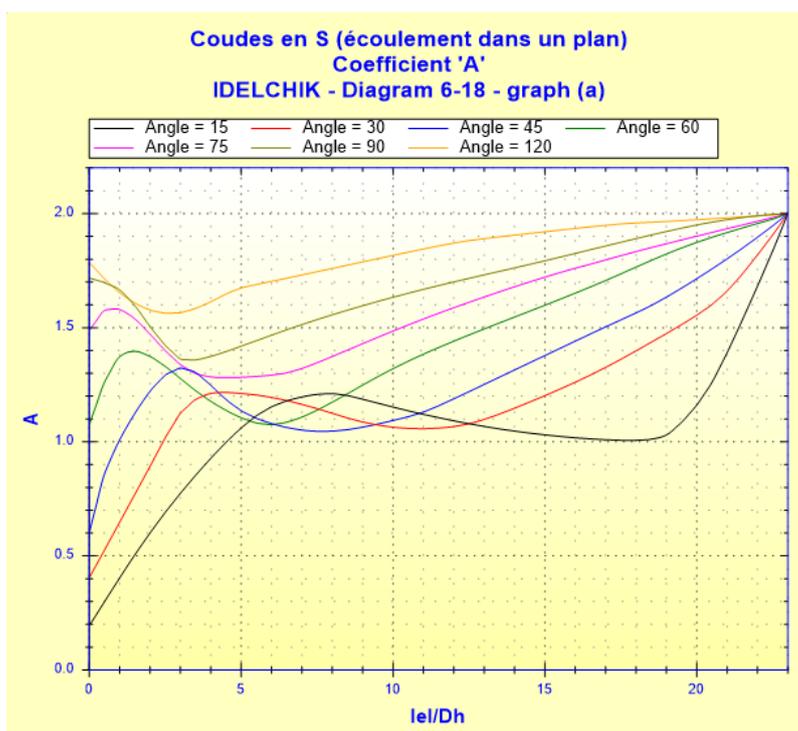
$$\lambda_{rect} = \lambda_{circ} \cdot k_{non-c} \quad ([1] \text{ diagramme 2-6})$$

Coefficient de perte de pression de friction :

$$\zeta_{fr} = \lambda \cdot \left[2 \cdot \left(0.0175 \cdot \delta \cdot \frac{R_0}{D_h} \right) + \frac{l_{el}}{D_h} \right] \quad ([1] \text{ diagramme 6-18})$$

Coefficient de correction de l'interaction :

$$A = f \left(\frac{l_{el}}{D_h}, \delta \right) \quad ([1] \text{ diagram 6-18 graph a})$$



Coefficient de perte de pression total (basé sur la vitesse moyenne dans les coudes) :

$$\zeta = A \cdot \zeta'_{loc} + \zeta_{fr} \quad ([1] \text{ diagramme 6-18})$$

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w_0^2}{2} \quad ([1] \text{ diagramme 6-18})$$

Perte de charge totale de fluide (m) :

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

Perte de puissance hydraulique (W) :

$$Wh = \Delta P \cdot Q$$

Longueur droite de perte de pression équivalente (m) :

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

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 totale développée (m) |
| R_0 | Rayon de courbure (m) |
| δ | Angle de courbure de chaque coude (°) |
| 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 () |
| A_2 | Coefficient de correction du nombre de Reynolds dépendant du rayon de courbure relatif () |
| ζ'_{loc} | Coefficient de résistance locale () |

| | |
|-------------------------|---|
| λ_{circ} | Coefficient de friction de Darcy pour section circulaire () |
| $k_{\text{non-c}}$ | Correction du coefficient de friction de Darcy pour section non circulaire () |
| λ_{rect} | Coefficient de friction de Darcy pour section rectangulaire () |
| λ_{el} | Coefficient de friction () |
| ζ_{fr} | Coefficient de perte de pression de friction () |
| A | Coefficient de correction de l'interaction () |
| ζ | Coefficient de perte de pression totale (basé sur la vitesse moyenne dans le coude) () |
| ΔP | Perte de pression totale (Pa) |
| ΔH | Perte de charge totale de fluide (m) |
| Wh | Perte de puissance hydraulique (W) |
| L_{eq} | Longueur droite de perte de pression équivalente (m) |
| 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 : $\geq 10 D_h$
- rayon de courbure relatif : supérieur ou égal à 1 ($R_0/b_0 \geq 1$)
- angle de courbure : compris entre 0° à 180°

pour les angles ' δ ' inférieurs à 15° le coefficient de perte de pression ' ζ ' est estimé en prenant en compte un coefficient de correction de l'interaction 'A' correspondant à celui d'un angle de 15° .

pour les angles ' δ ' supérieurs à 120° le coefficient de perte de pression ' ζ ' est estimé en prenant en compte un coefficient de correction de l'interaction 'A' correspondant à celui d'un angle de 120° .

■ 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 2023a - [Coudes en S à section rectangulaire (écoulement dans un plan) - 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

Perte de pression
 ΔP 0.001805047 bar
 ΔH 0.0184 m de fluide

Résultats complémentaires

| Désignation | Symbole | Valeur | Unité |
|--|------------------|------------|----------------|
| Diamètre hydraulique | D_h | 0.06666667 | m |
| Section de passage | F_0 | 0.005 | m ² |
| Rapport des cotés | b_0/a_0 | 0.5 | |
| Rayon de courbure relatif | R_0/b_0 | 3.5 | |
| Rapport longueur entre coudes / diamètre hydraulique | l_0/D_h | 1.5 | |
| Rugosité relative | Δ | 0.00015 | |
| Nombre de Reynolds | Re | 66440.97 | |
| Coefficient de friction pour section rectangulaire | λ_{rect} | 0.0208327 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction (Diagram 6-2) | λ_{ei} | 0.04368597 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy (tuyau hydrauliquement lisse) | λ_s | 0.01962486 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction de l'interaction (Diagram 6-18) | A | 1.59868 | |
| Coefficient perte pression (basé sur la vitesse moyenne coude) | ζ | 0.3616582 | |
| Perte de puissance hydraulique | W_h | 0.9025233 | W |
| Longueur droite de perte de charge équivalente | Leq | 1.157341 | m |

Références :

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