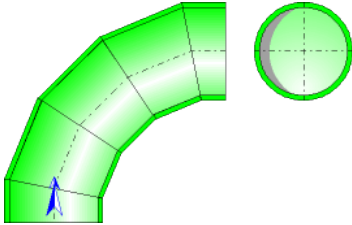




**Coude composite 90° (4 x 22,5°)**  
**Section circulaire**  
**(IDELCHIK)**



**Description du modèle :**

Ce modèle de composant calcule la perte de charge (chute de pression) d'un coude composite à 90° (4 x 22,5°) dont la section transversale est circulaire et constante. En outre, l'écoulement est supposé entièrement développé et stabilisé à l'entrée du coude.

**Formulation du modèle :**

Diamètre hydraulique (m) :

$$D_h = D_0$$

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

$$F_0 = \pi \cdot \frac{D_0^2}{4}$$

Longueur droite développée à l'axe (m) :

$$l = 8 \cdot R_0 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{90^\circ}{8}\right)$$

Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) :

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

Débit massique (kg/h) :

$$G = Q \cdot \rho$$

Volume de fluide (m<sup>3</sup>) :

$$V = F_0 \cdot l$$

Masse de fluide (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

Nombre de Reynolds :

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

Rugosité relative :

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{D_0}$$

Coefficient d'effet de la rugosité :

$$k_{\Delta} = f\left(\frac{R_0}{D_0}, Re, \bar{\Delta}\right) \quad ([1] \text{ diagramme 6.1})$$

- $0.50 \leq R_0/D_0 \leq 0.55$

| $\bar{\Delta}$ | 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  |

- $R_0/D_0 > 0.55$

| $\bar{\Delta}$ | 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:

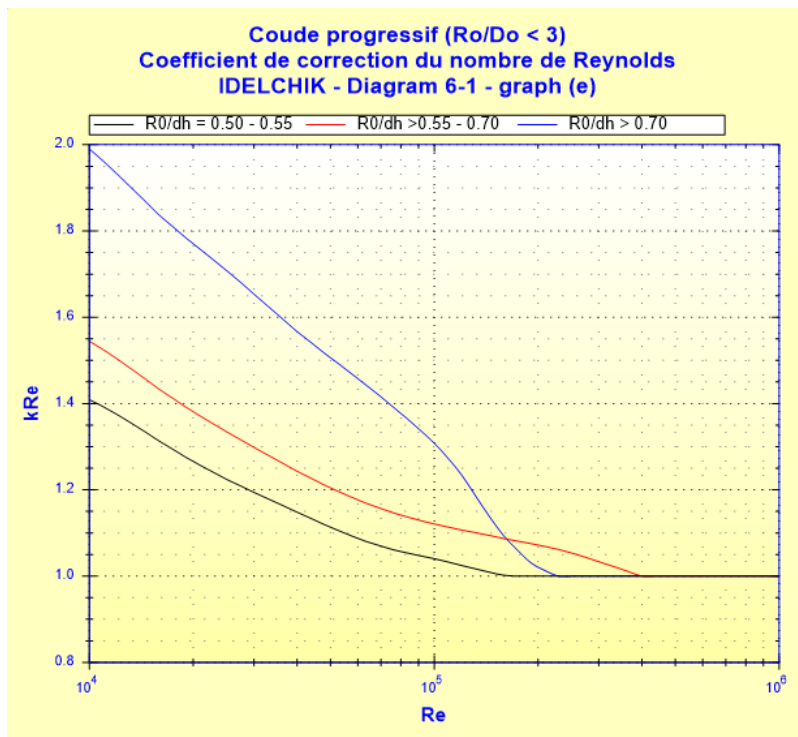
$\lambda_{sm}$  : coefficient de friction de Darcy pour tuyau hydrauliquement lisse ( $\bar{\Delta} = 0$ ) à

Re

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

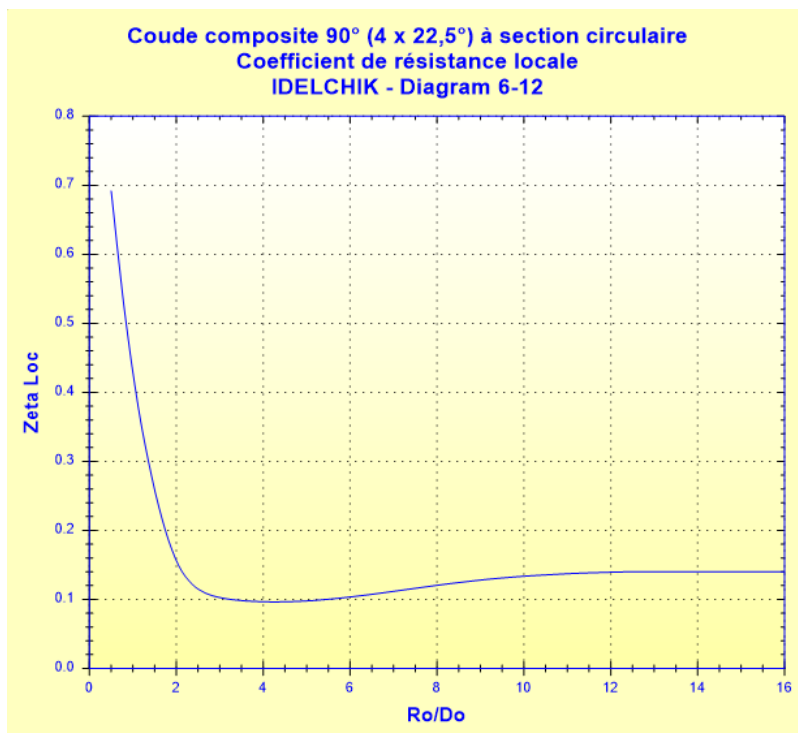
Coefficient d'effet du nombre de Reynolds ( $Re \geq 10^4$ ) :

$$k_{Re} = f\left(Re, \frac{R_0}{D_h}\right) \quad ([1] \text{ diagramme 6.1})$$



Coefficient de résistance locale :

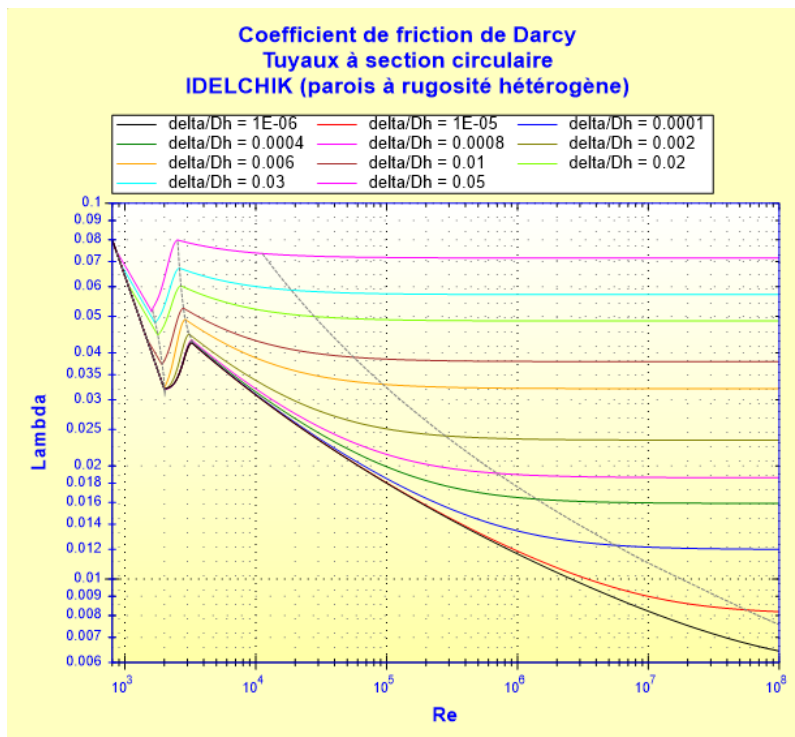
$$\zeta_{loc} = f\left(\frac{R_0}{D_0}\right) \quad ([1] \text{ diagramme 6.12})$$



Coefficient de friction de Darcy :

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\Delta}{D_h}\right)$$

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



Coefficient de perte de pression de friction :

$$\zeta_{fr} = \lambda \cdot \frac{l}{D_0} \quad ([1] \text{ diagramme 6.12})$$

Coefficient de perte de pression corrigé :

- $Re \geq 10^4$  (écoulement turbulent)

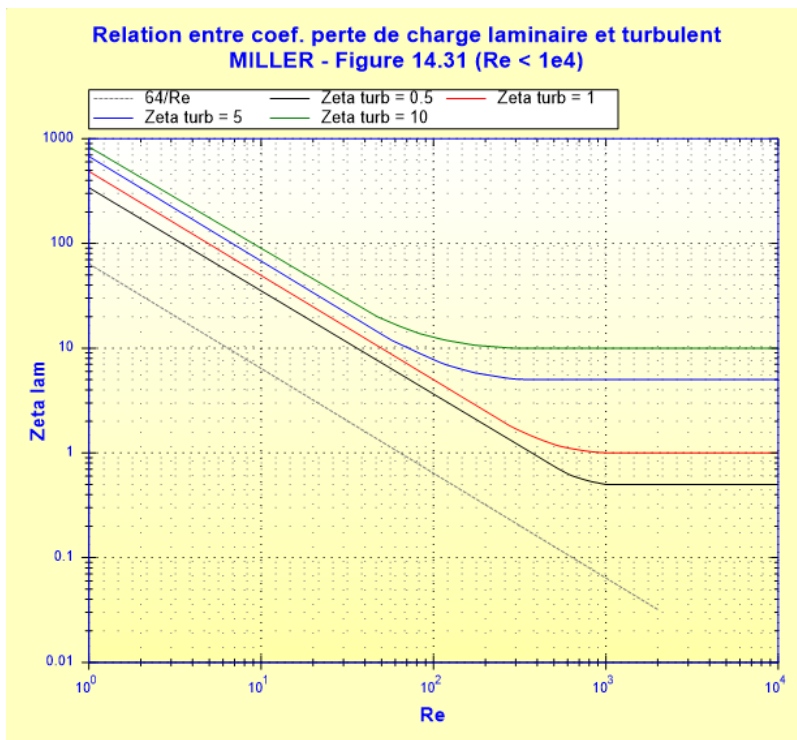
$$\zeta_{turb} = k_{\Delta} \cdot k_{Re} \cdot \zeta_{loc} \quad ([1] \text{ diagramme 6.12})$$

- $Re < 10^4$  (écoulement laminaire)

$$\zeta_{lam} = f(\zeta_{turb}, Re) \quad ([2] \text{ figure 14.31})$$

où :

$\zeta_{turb}$  est le coefficient de résistance en régime turbulent pour  $Re = 10^4$



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

- Re ≥ 10<sup>4</sup> (écoulement turbulent)

$$\zeta = \zeta_{turb} + \zeta_{fr} \quad ([1] \text{ diagramme 6.12})$$

- Re < 10<sup>4</sup> (écoulement laminaire)

$$\zeta = \zeta_{lam} + \zeta_{fr} \quad ([1] \text{ diagramme 6.12})$$

Longueur droite de perte de pression équivalente (m) :

$$L_{eq} = \zeta \cdot \frac{D_0}{\lambda}$$

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot W_0^2}{2} \quad ([1] \text{ diagramme 6.1 - 6.2})$$

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 :**

|                |   |
|----------------|---|
| D <sub>h</sub> | Diamètre hydraulique du coude (m)                 |
| D <sub>0</sub> | Diamètre intérieur du coude (m)                   |
| F <sub>0</sub> | Section transversale de passage (m <sup>2</sup> ) |

|                |   |
|----------------|---|
| $l$            | Longueur droite développée à l'axe (m)  |
| $R_0$          | Rayon de courbure (m)   |
| $Q$            | 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 ( )  |
| $\Delta$       | Rugosité absolue des parois intérieures du coude (m)                                    |
| $\bar{\Delta}$ | Rugosité relative des parois intérieures du coude ( )                                   |
| $k_{\Delta}$   | Coefficient qui caractérise l'effet de la rugosité                                      |
| $k_{Re}$       | Coefficient qui caractérise l'effet du nombre de Reynolds ( )                           |
| $\zeta_{loc}$  | Coefficient de résistance locale ( )  |
| $\lambda$      | Coefficient de friction de Darcy ( )  |
| $\zeta_{fr}$   | Coefficient de perte de pression de friction ( )  |
| $\zeta_{turb}$ | Coefficient de perte de pression corrigé pour $Re \geq 10^4$ ( )                        |
| $\zeta_{lam}$  | Coefficient de perte de pression corrigé pour $Re < 10^4$ ( )                           |
| $\zeta$        | Coefficient de perte de pression totale (basé sur la vitesse moyenne dans le coude) ( ) |
| $L_{eq}$       | Longueur droite de perte de pression équivalente (m)                                    |
| $\Delta P$     | 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 et turbulent  
 nota : pour le régime d'écoulement laminaire ( $Re < 10^4$ ), le coefficient de perte de pression " $\zeta_{lam}$ " est estimé
- écoulement stabilisé en amont du coude
- longueur droite en amont du coude :  $\geq 10 D_h$

---

### Exemple d'application :

HydrauCalc 2021a - [Coude composite 90° (4 x 22,5°) à section circulaire - 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**

Calculer

Perte de pression  $\Delta P$  0.001923094 bar  
 $\Delta H$  0.0196 m de fluide

G 4.9910 kg/s  $w_0$  1.288 m/s (Turbulent)  
Q 0.005 m<sup>3</sup>/s

**Résultats complémentaires**

| Désignation   | Symbole        | Valeur       | Unité          |
|---|----------------|--------------|----------------|
| Diamètre hydraulique  | Dh             | 0.0703       | m              |
| Section de passage  | F0             | 0.003881508  | m <sup>2</sup> |
| Rayon de courbure relatif   | Ro/Do          | 2.489331     |                |
| Longueur droite développée à l'axe  | l              | 0.2784773    | m              |
| Rugosité relative   | $\Delta$       | 0.0001422475 |                |
| Nombre de Reynolds  | Re             | 90251        |                |
| <input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de résistance locale (Diagram 6-12)               | $\zeta_{loc}$  | 0.115557     |                |
| Coefficient de correction de la rugosité (Diagram 6-1)  | $K_s$          | 1.010951     |                |
| <input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction du nombre de Reynolds (Diagram 6-1) | $K_{Re}$       | 1.340831     |                |
| <input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de friction de Darcy                              | $\lambda$      | 0.01907611   |                |
| Coefficient de résistance de friction   | $\zeta_r$      | 0.07556561   |                |
| Coefficient de résistance en écoulement turbulent (Diagram 6-1)                                   | $\zeta_{turb}$ | 0.1566393    |                |
| Coefficient perte pression (basé sur la vitesse moyenne coude)                                    | $\zeta$        | 0.2322049    |                |
| Perte de puissance hydraulique  | Wh             | 0.961547     | W              |
| Longueur droite de perte de charge équivalente  | Leq            | 0.8557304    | m              |

## Références :

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