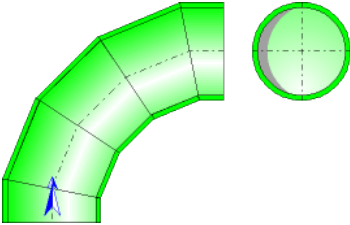




**Coude composite 90° (4 x 22,5°)  
Section circulaire  
(MILLER)**



**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 en amont du coude.

Une option permet de prendre en compte l'effet de la longueur droite en sortie du coude.

**Formulation du modèle :**

Diamètre hydraulique (m) :

$$D = d$$

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

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) :

$$U = \frac{Q}{A}$$

Longueur développée à l'axe (m) :

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

Débit massique (kg/s) :

$$G = Q \cdot \rho$$

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

$$V = A \cdot L$$

---

Masse de fluide (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

---

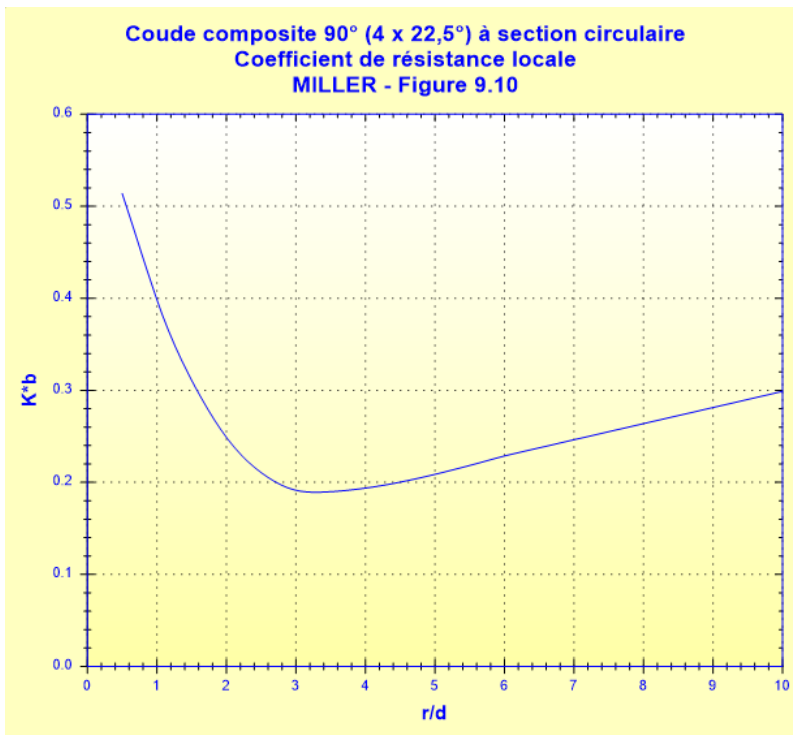
Nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu}$$

---

Coefficient de résistance de base :

$$K_b^* = f\left(\frac{r}{d}\right) \quad ([1] \text{ figure 9.10})$$

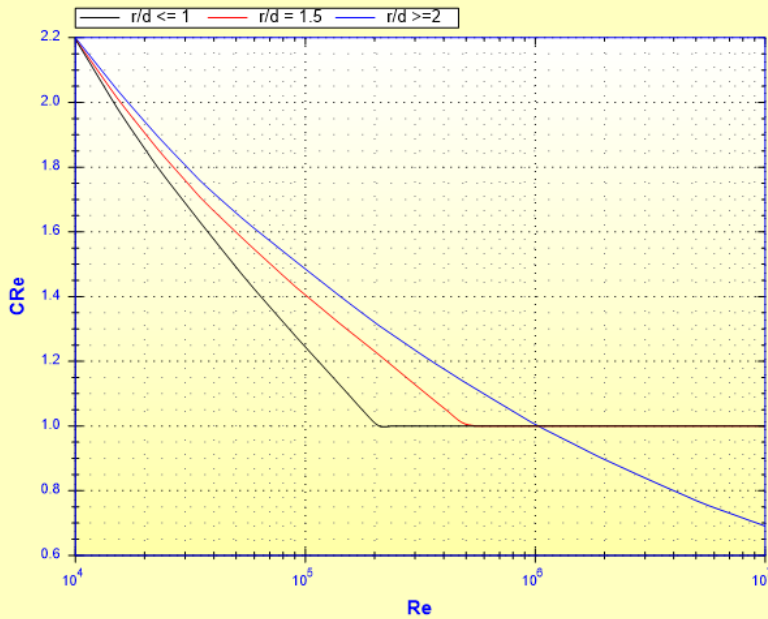


---

Coefficient de correction du nombre de Reynolds :

$$C_{Re} = f\left(Re, \frac{r}{d}\right) \quad ([1] \text{ figure 9.3})$$

**Coude progressif**  
**Coefficient de correction du nombre de Reynolds (CRe)**  
**MILLER - Figure 9.3**



■  $r/d \geq 1$

$$C_{Re} = f\left(Re, \frac{r}{d}\right) \quad ([1] \text{ figure 9.3})$$

■  $r/d < 1$

- $r/d > 0.7$  ou  $K_b^* < 0.4$

$$C_{Re} = f\left(Re, \frac{r}{d}\right) \quad ([1] \text{ figure 9.3 avec } r/d=1)$$

- sinon ( $r/d \leq 0.7$  et  $K_b^* \geq 0.4$ )

$$C_{Re} = \frac{K_b^*}{K_b^* - 0.2C'_{Re} + 0.2} \quad ([1] \text{ équation 9.2})$$

avec :

$$C'_{Re} = f\left(Re, \frac{r}{d}\right) \quad ([1] \text{ figure 9.3 avec } r/d=1)$$

Coefficient de résistance locale :

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

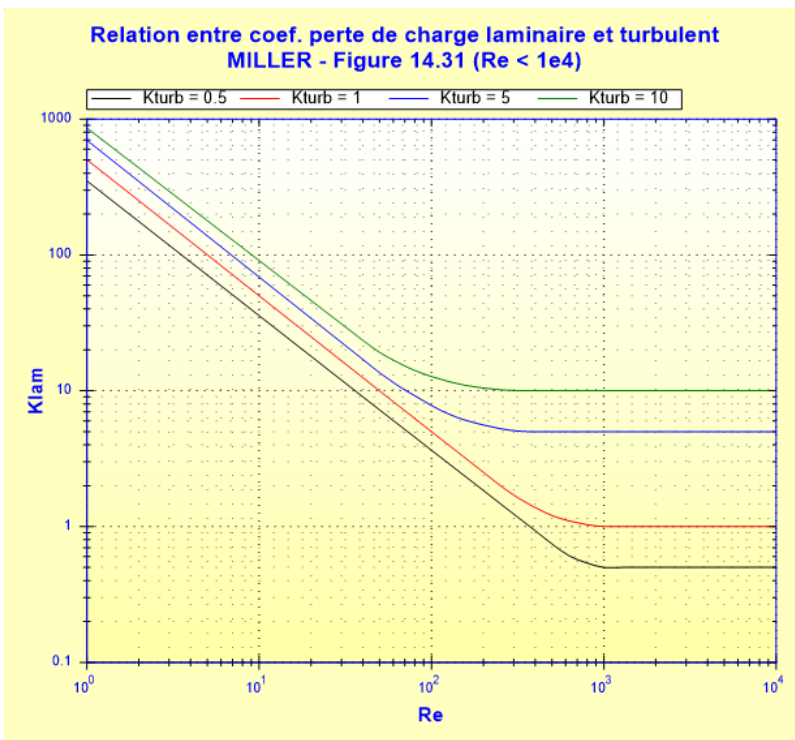
$$K_{turb} = K_b^* \cdot C_{Re}$$

- $Re < 10^4$  (écoulement laminaire)

$$K_{lam} = f(K_{turb}, Re) \quad ([1] \text{ figure 14.31})$$

où :

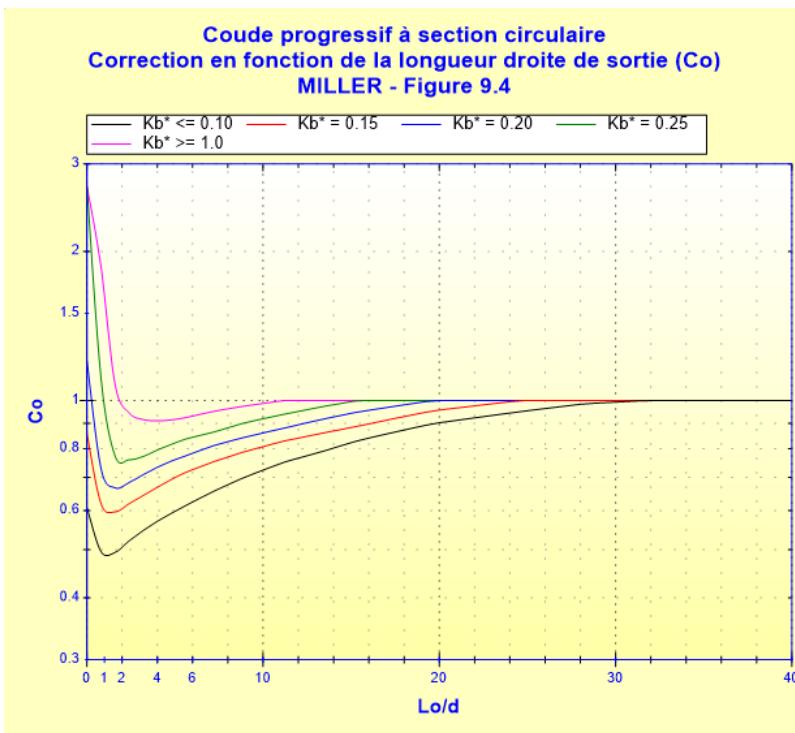
$K_{turb}$  est le coefficient de résistance en régime turbulent pour  $Re = 10^4$



Coefficient de correction de longueur droite de tuyauterie en sortie du coude (optionnel) :

- $r/d < 3$

$$C_o = f\left(\frac{L_o}{d}, K_b^*\right) \quad ([1] \text{ figure 9.4})$$



- sinon ( $r/d \leq 3$ )

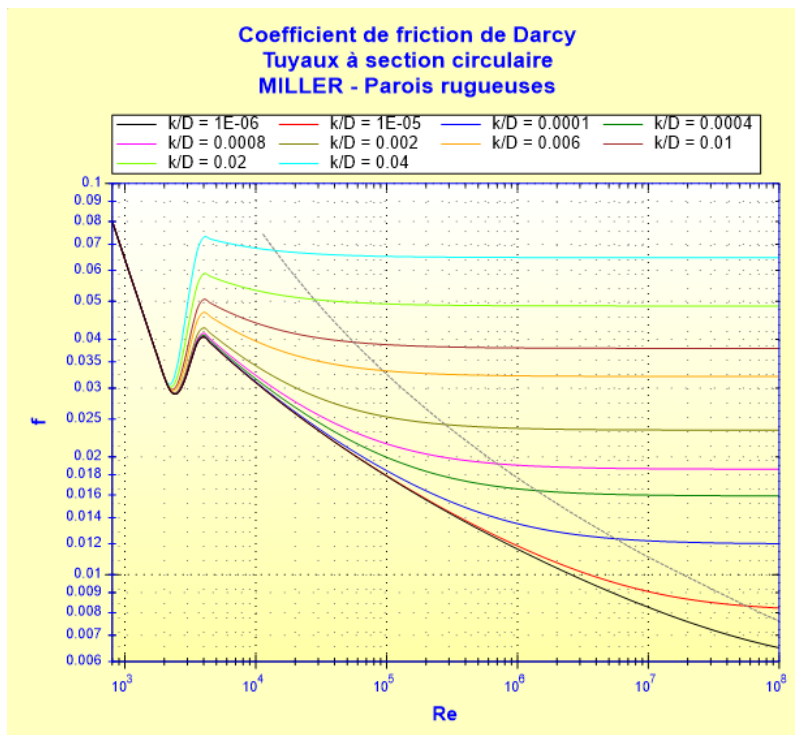
$$C_o = 1 \quad (\text{effet négligeable})$$

Si cette option n'est pas activée, le coefficient  $C_o$  est égal à l'unité.

Coefficient de friction de Darcy :

$$f = f\left(\text{Re}, \frac{k}{D}\right)$$

Voir [Tuyau rectiligne - Section circulaire et parois rugueuses \(MILLER\)](#)



Coefficient de correction de la rugosité :

$$C_f = \frac{f_{rough}}{f_{smooth}} \quad ([1] \text{ équation 9.3})$$

avec :

$f_{rough}$  : coefficient de friction de Darcy pour tuyau rugueux à  $Re$

$f_{smooth}$  : coefficient de friction de Darcy pour tuyau lisse ( $k = 0$ ) à  $Re$

Pour  $Re > 10^6$ ,  $C_f$  est calculé avec l'équation (9.3) pour  $Re = 10^6$

Coefficient de résistance corrigé :

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

$$K_b = K_{turb} \cdot C_o \cdot C_f$$

- $Re < 10^4$  (écoulement laminaire)

$$K_b = K_{lam} \cdot C_o \cdot C_f$$

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

$$K = K_b$$

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = K \cdot \frac{\rho \cdot U^2}{2}$$

([1] équation 8.1b)

---

Perte de charge totale de fluide (m) :

$$\Delta H = K \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g}$$

([1] équation 8.1a)

---

Perte de puissance hydraulique (W) :

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

---

Longueur droite de perte de pression équivalente (m) :

$$L_{eq} = K \cdot \frac{d}{f_{rough}}$$

---

**Symboles, définitions, unités SI :**

D	Diamètre hydraulique du coude (m)
d	Diamètre intérieur du coude (m)
A	Section transversale de passage (m <sup>2</sup> )
Q	Débit volumique (m <sup>3</sup> /s)
U	Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)
L	Longueur développée à l'axe (m)
r	Rayon de courbure (m)
G	Débit massique (kg/s)
V	Volume de fluide (m <sup>3</sup> )
M	Masse de fluide (kg)
Re	Nombre de Reynolds ( )
K <sub>b</sub> <sup>*</sup>	Coefficients de résistance de base ( )
C <sub>Re</sub>	Coefficient de correction du nombre de Reynolds ( )
K <sub>turb</sub>	Coefficient de résistance locale pour Re ≥ 10 <sup>4</sup> ( )
K <sub>lam</sub>	Coefficient de résistance locale pour Re < 10 <sup>4</sup> ( )
C <sub>o</sub>	Coefficient de correction de longueur droite de tuyauterie en sortie du coude ( )
L <sub>o</sub>	Longueur droite en sortie du coude (m)
f	Coefficient de friction de Darcy ( )
k	Rugosité absolue des parois (m)
C <sub>f</sub>	Coefficient de correction de rugosité ( )
K <sub>b</sub>	Coefficient de résistance corrigé ( )
K	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 <sub>eq</sub>	Longueur droite de perte de pression équivalente (m)
ρ	Masse volumique du fluide (kg/m <sup>3</sup> )

- v 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 " $K_{lam}$ " est estimé
- écoulement stabilisé en amont du coude

### Exemple d'application :

The screenshot shows the HydraulCalc 2021a software interface. The main window displays the following information:

- Caractéristiques du fluide:**
  - Fluide: Eau douce à 1 atm [HC]
  - Réf.: IAPWS IF97
  - Température: T = 20 °C
  - Pression: P = 1.013 bar
  - Masse volumique:  $\rho = 998.2061 \text{ kg/m}^3$
  - Viscosité dynamique:  $\mu = 0.00100159 \text{ N.s/m}^2$
  - Viscosité cinématique:  $\nu = 1.00340E-06 \text{ m}^2/s$
- Caractéristiques géométriques:**
  - Diagram of a 90-degree elbow with parameters:
    - d = 0.0703 m (Diameter)
    - r = 0.175 m (Radius)
    - k = 1.0E-05 (Roughness)
    - Angle = 90°
  - Flow parameters:
    - m = 4.9910 kg/s (Mass flow rate)
    - Q = 0.005 m³/s (Volumetric flow rate)
    - U = 1.288 m/s (Velocity)
    - Flow regime: Turbulent
  - Losses:
    - Perte de pression  $\Delta P = 0.002753281 \text{ bar}$
    - $\Delta H = 0.0281 \text{ m de fluide}$
  - Option: Correction de longueur en sortie
    - Utiliser la correction de longueur en sortie
    - Longueur droite:  $\geq 1.378851 \text{ m}$
- Résultats complémentaires:**

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre hydraulique	D	0.0703	m
Section de passage	A	0.003881508	m <sup>2</sup>
Rayon de courbure relatif	r/d	2.489331	
Longueur droite développée à l'axe	L	0.2784773	m
Coefficient de base (Figure 9.10)	$K_b^*$	0.2111133	
Coefficient de correction du nombre de Reynolds (Figure 9.3)	CR <sub>e</sub>	1.510147	
Coefficient de résistance locale	K <sub>turb</sub>	0.3188121	
Coefficient de correction de longueur en sortie (Figure 9.4)	C <sub>o</sub>	1	
Rugosité relative	k/D	0.0001422475	
Coefficient de correction de la rugosité	C <sub>f</sub>	1.042765	
Nombre de Reynolds	Re	90251	
Coefficient perte pression corrigé	K <sub>b</sub>	0.3324462	
Coefficient perte pression (basé sur la vitesse moyenne coude)	K	0.3324462	
Perte de puissance hydraulique	Wh	1.37664	W
Longueur droite de perte de charge équivalente	Leq	1.227968	m

### Références :

[1] Internal Flow System, Second Edition, D.S. Miller