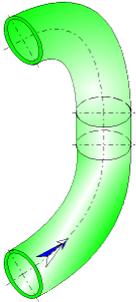




---

**Coudes en U**  
**(avec écoulement dans un plan)**  
**Section circulaire**  
**(MILLER)**



**Description du modèle :**

Ce modèle de composant calcule la perte de charge (chute de pression) de deux coudes en U (avec écoulement dans un plan) 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 totale développée (m) :

$$L = 2 \cdot \left( 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \frac{\theta_b}{360} \right) + L_s$$

---

Débit massique (kg/s) :

$$G = Q \cdot \rho$$

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

$$V = A \cdot L$$

Masse de fluide (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

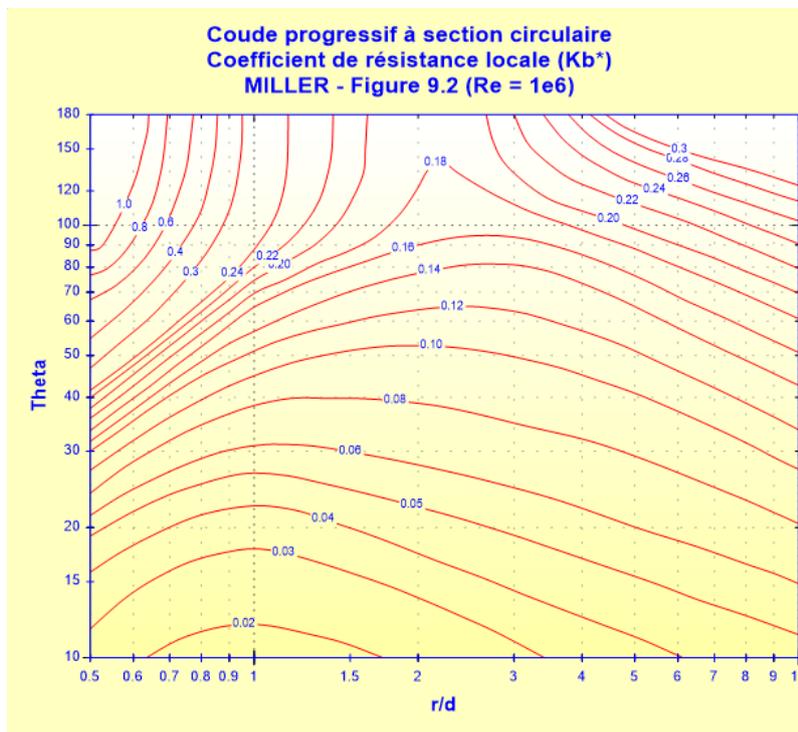
Nombre de Reynolds :

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

Coefficient de résistance de base pour un coude :

$$K_b^* = f\left(\frac{r}{d}, \theta_b\right)$$

([1] figure 9.2)

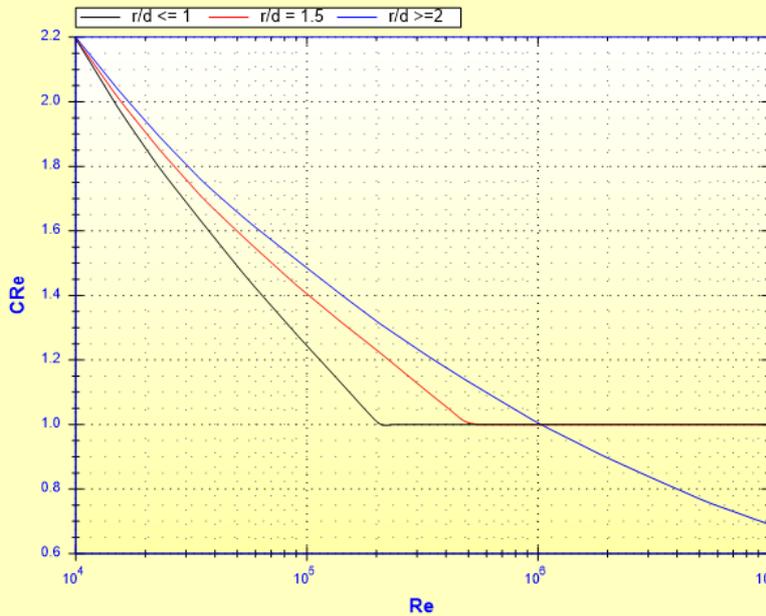


Coefficient de correction du nombre de Reynolds :

$$C_{Re} = f\left(Re, \frac{r}{d}\right)$$

([1] figure 9.3)

**Coude progressif**  
**Coefficient de correction du nombre de Reynolds (C<sub>Re</sub>)**  
**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  $K_b^* \geq 0.4$ )

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

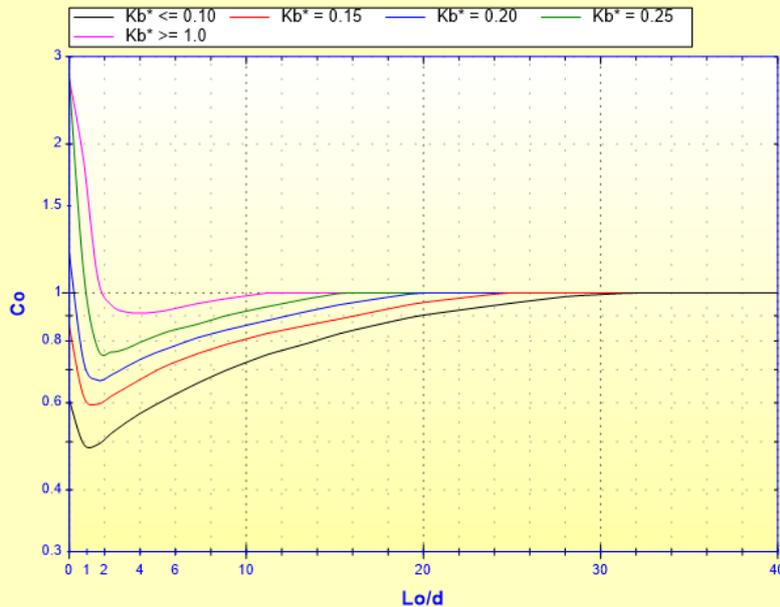
avec :

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

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

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

**Coude progressif à section circulaire**  
**Correction en fonction de la longueur droite de sortie (Co)**  
**MILLER - Figure 9.4**



■  $r/d < 3$  et  $\theta_b < 100^\circ$

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

■ sinon ( $r/d > 3$  et/ou  $\theta_b > 100^\circ$ )

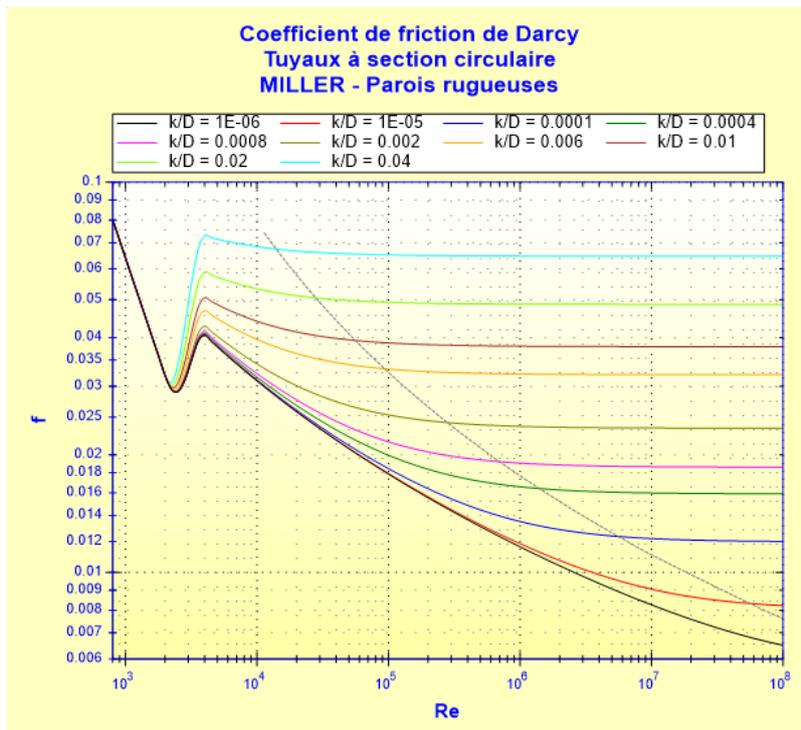
$$C_o = 1 \quad (\text{effet négligeable})$$

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 pour le premier coude :

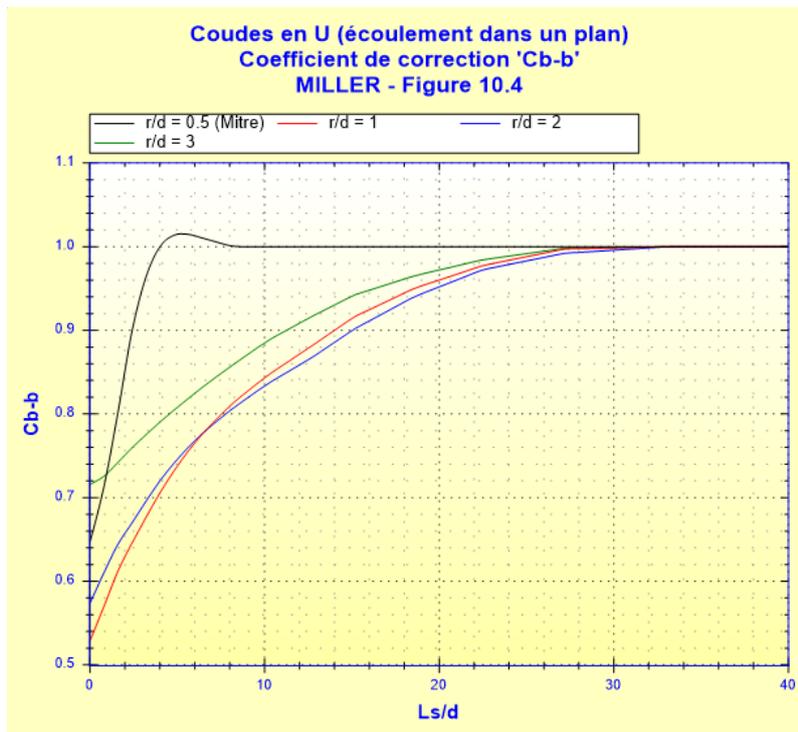
$$K_{b1} = K_b^* \cdot C_{Re} \cdot C_f \quad ([1] \text{ équation 9.4})$$

Coefficient de résistance corrigé pour le second coude :

$$K_{b2} = K_b^* \cdot C_{Re} \cdot C_f \cdot C_o \quad ([1] \text{ équation 9.4})$$

Coefficient de correction de l'interaction :

$$C_{b-c} = f\left(\frac{L_s}{d}, \frac{r}{d}\right) \quad ([1] \text{ figure 10.4})$$



Coefficient de perte de pression des deux coudes :

$$K_{b-b} = (K_{b1} + K_{b2}) \cdot C_{b-b} \quad ([1] \text{ équation 10.1})$$

Coefficient de perte par friction de la longueur droite entre coudes :

$$K_f = f \cdot \frac{L_s}{d} \quad ([1] \text{ équation 8.3})$$

---

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

$$K = K_{b-b} + K_f$$

---

Longueur droite de perte de pression équivalente (m) :

$$L_{eq} = K \cdot \frac{d}{f}$$

---

Perte de pression totale (Pa) :

$$\Delta P = K \cdot \frac{\rho \cdot U^2}{2} \quad ([1] \text{ équation 8.1b})$$

---

Perte de charge totale de fluide (m) :

$$\Delta H = K \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g} \quad ([1] \text{ équation 8.1a})$$

---

Perte de puissance hydraulique (W) :

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

---

**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 <sub>s</sub>	Longueur droite entre les deux coudes (m)
L	Longueur totale développée (m)
r	Rayon de courbure (m)
θ <sub>b</sub>	Angle de courbure de chaque coude (°)
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 d'un coude ( )
C <sub>Re</sub>	Coefficient de correction du nombre de Reynolds ( )
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>b1</sub>	Coefficient de résistance corrigé du premier coude ( )

$K_{b2}$	Coefficient de résistance corrigé du second coude ( )
$C_{b-b}$	Coefficient de correction de l'interaction ( )
$K_{b-b}$	Coefficient de perte de pression des deux coudes ( )
$K_f$	Coefficient de perte par friction de la longueur droite entre coudes ( )
$K$	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 ( $\text{kg/m}^3$ )
$\nu$	Viscosité cinématique du fluide ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$g$	Accélération de la pesanteur ( $\text{m/s}^2$ )

---

### Domaine de validité :

- régime d'écoulement turbulent ( $Re \geq 10^4$ )
- écoulement stabilisé en amont du coude
- rayon de courbure relatif ' $r/d$ ' : supérieur ou égal à 0,5 et inférieur ou égal à 10
- pour les rayons de courbure relatif ' $r/d$ ' supérieurs à 3, le coefficient de perte de pression ' $K$ ' est estimé en prenant en compte le coefficient de correction de l'interaction ' $C_{b-b}$ ' correspondant à un rayon de courbure relatif ' $r/d$ ' de valeur 3.
- angle de courbure : compris entre  $10^\circ$  et  $180^\circ$

le coefficient de correction de l'interaction ' $C_{b-b}$ ' est applicable pour les angles ' $\theta_b$ ' compris entre  $70^\circ$  et  $90^\circ$ .

pour les angles ' $\theta_b$ ' inférieurs à  $70^\circ$  ou supérieurs à  $90^\circ$ , le coefficient de perte de pression ' $K$ ' est estimé en prenant en compte le coefficient de correction de l'interaction ' $C_{b-b}$ ' applicable aux angles ' $\theta_b$ ' compris entre  $70^\circ$  et  $90^\circ$

---

### Exemple d'application :

HydrauCalc 2023a - [Coudes en U à section circulaire (écoulement dans un plan) - MILLER (2ème 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

Perte de pression  
 $\Delta P$  0.002983877 bar  
 $\Delta H$  0.0305 m de fluide

Option : Correction de longueur en sortie  
 Utiliser la correction de longueur en sortie  
Longueur droite : >= 1.783442 m

Calculer

**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	
Rapport longueur entre coudes / diamètre	ls/d	1.422475	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de base (Figure 9.2)	$k_b^*$	0.1540387	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction du nombre de Reynolds (Figure 9.3)	CR <sub>e</sub>	1.510147	
<input checked="" type="checkbox"/> 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	
<input checked="" type="checkbox"/> Coefficient de correction de l'interaction (Figure 10.4)	C <sub>b-b</sub>	0.6868489	
Coefficient de perte de pression des deux coudes	K <sub>b-b</sub>	0.3332168	
Coefficient de perte par friction de la longueur entre coudes	K <sub>f</sub>	0.02707287	
Coefficient perte pression (basé sur la vitesse moyenne coude)	K	0.3602896	
Perte de puissance hydraulique	Wh	1.491938	W
Longueur droite de perte de charge équivalente	Leq	1.330814	m

## Références :

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