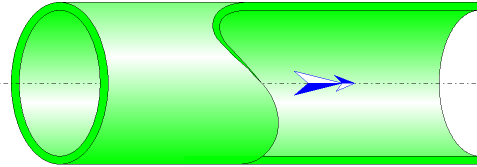




## Tuyau rectiligne Section circulaire et parois à rugosité homogène (IDELCHIK)



### Description du modèle :

Ce modèle de composant calcule la perte de charge régulière (chute de pression) d'une tuyauterie droite horizontale de section transversale circulaire et constante. En outre, l'écoulement est supposé entièrement développé et stabilisé.

La perte de charge est due au frottement du fluide sur les parois intérieures de la tuyauterie et est calculée avec la formule de Darcy. La rugosité des parois intérieures de la tuyauterie est supposée uniforme (tuyauterie utilisée par Nikuradse pour ses données expérimentales).

Le coefficient de friction de Darcy est déterminé :

- en régime d'écoulement laminaire par la loi de Hagen-Poiseuille (indépendant de la valeur de la rugosité relative),
- en régime d'écoulement turbulent par l'équation de Nikuradse (dépendant de la valeur de la rugosité relative),
- en régime critique par interpolation entre les coefficients de friction d'écoulement laminaire et turbulent.

### Formulation du modèle :

Diamètre hydraulique (m) :

$$D_h = D_0$$

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

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

Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) :

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

Débit massique (kg/s) :

$$G = Q \cdot \rho$$

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

$$V = F_0 \cdot l$$

Masse de fluide dans le tuyau (kg) :

$$M = V \cdot \rho$$

Nombre de Reynolds :

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

Rugosité relative :

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

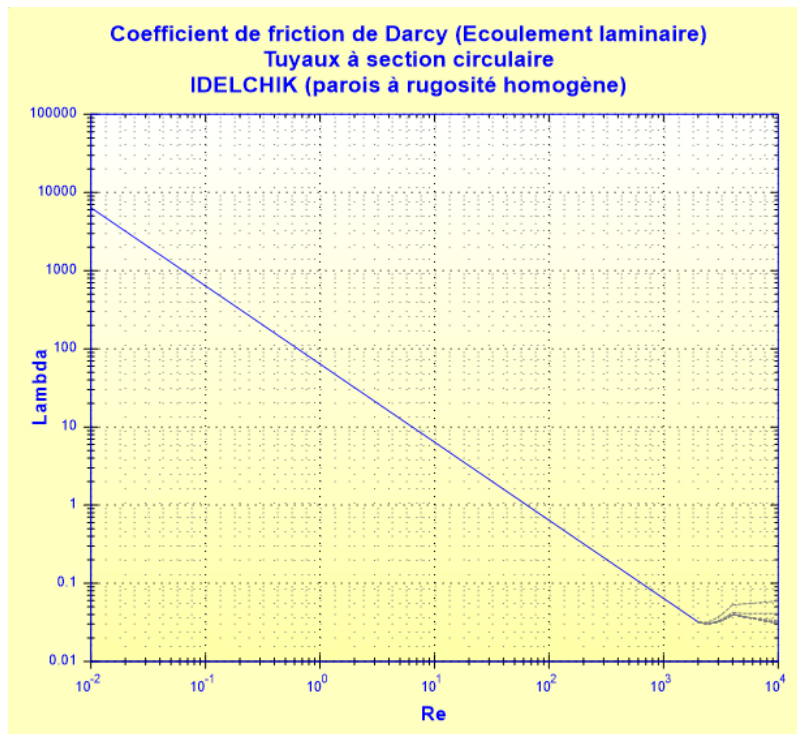
Coefficient de friction de Darcy :

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

loi de Hagen-Poiseuille

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

([1] diagramme 2.1)



■ régime turbulent - zone de transition et zone de turbulence complète ( $Re \geq 4000$ ) :

équation de Nikuradze

$$\lambda = \frac{1}{\left[ a_1 + b_1 \cdot \log(Re \cdot \sqrt{\lambda}) + c_1 \cdot \log(\bar{\Delta}) \right]^2}$$

([1] diagramme 2.2)

où les valeurs de  $a_1$ ,  $b_1$  et  $c_1$  sont données ci-dessous :

$\bar{\Delta} \cdot \text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}$	$a_1$	$b_1$	$c_1$
3.6 - 10	-0.800	2.000	0.000
10 - 20	0.068	1.130	-0.870
20 - 40	1.538	0.000	-2.000
40 - 191.2	2.471	-0.588	-2.588
> 191.2	1.138	0.000	-2.000

Nombre de Reynolds pour lequel le tuyau cesse d'être hydrauliquement lisse :

$$\text{Re}'_{\text{lim}} = \frac{26.9}{\bar{\Delta}^{1.143}}$$

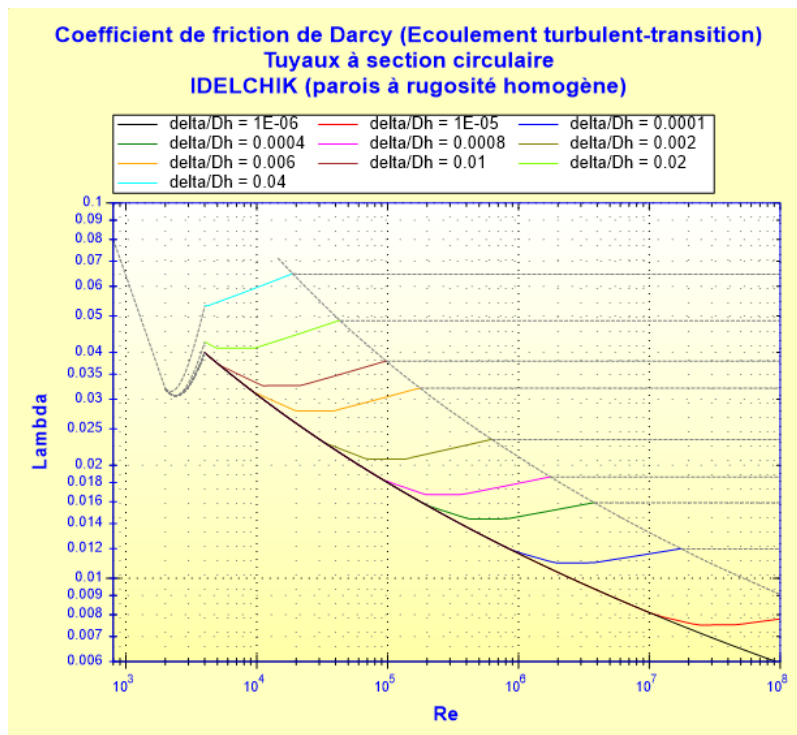
([1] §2.17)

Nombre de Reynolds correspondant au début de la turbulence complète :

$$\text{Re}''_{\text{lim}} = \frac{217.6 - 382.4 \cdot \log(\bar{\Delta})}{\bar{\Delta}}$$

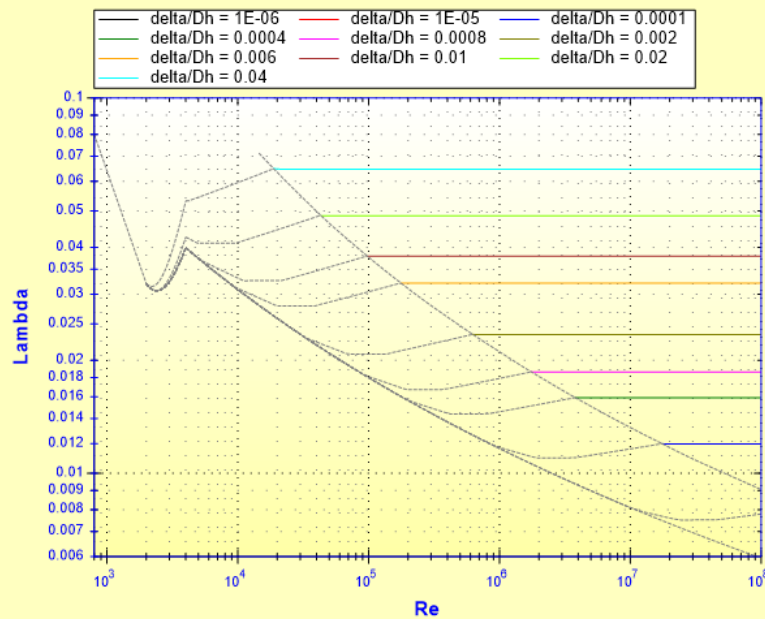
([1] diagramme 2.2)

Zone de transition



Zone de turbulence complète

**Coefficient de friction de Darcy (Ecoulement turbulent-quadratique)  
Tuyaux à section circulaire  
IDELCHIK (parois à rugosité homogène)**



■ régime critique ( $2000 < Re < 4000$ ) :

interpolation linéaire

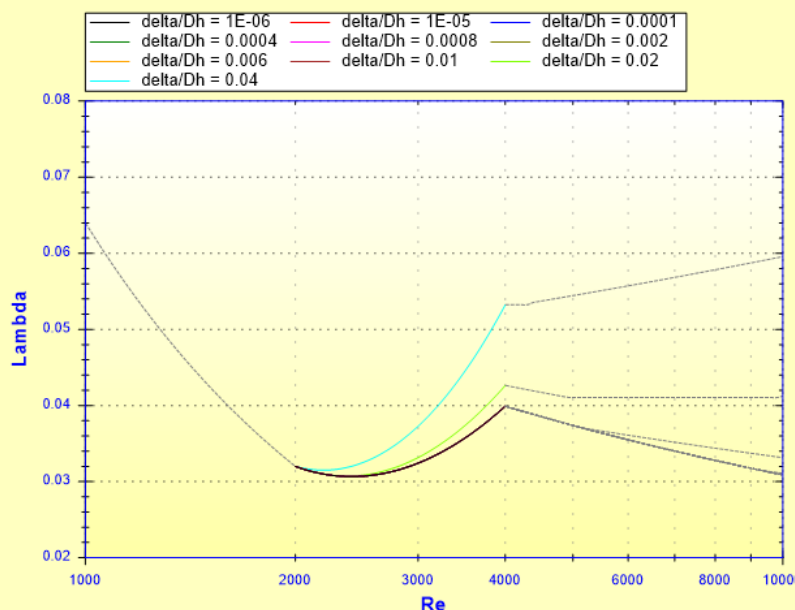
$$\lambda = \lambda_L \cdot \left(1 - \frac{Re - 2000}{2000}\right) + \lambda_T \cdot \left(\frac{Re - 2000}{2000}\right)$$

avec :

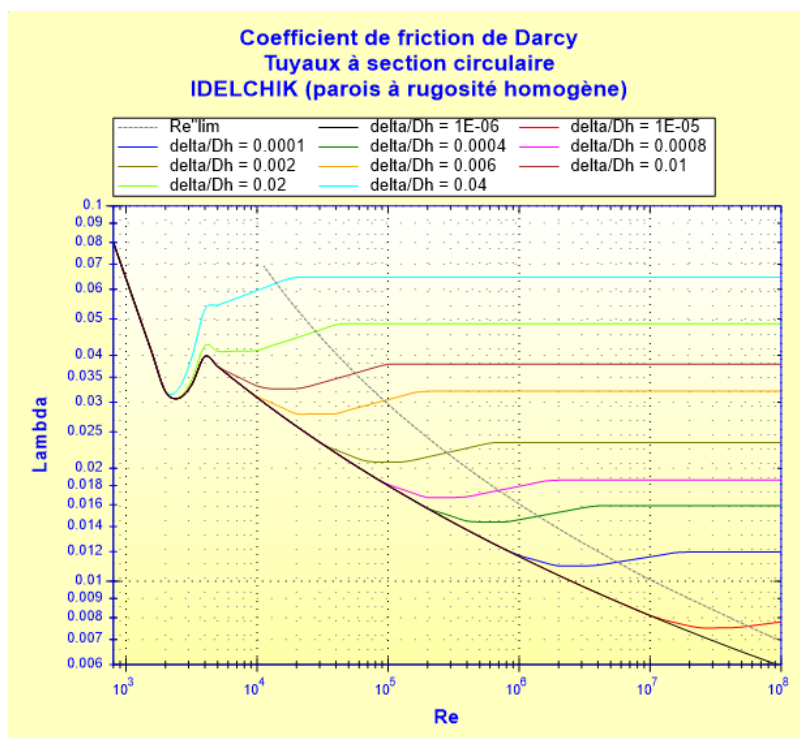
$\lambda_L$  = coefficient de friction laminaire obtenu avec  $Re = 2000$

$\lambda_T$  = coefficient de friction turbulent obtenu avec  $Re = 4000$

**Coefficient de friction de Darcy (Zone critique)  
Tuyaux à section circulaire  
IDELCHIK (parois à rugosité homogène)**



■ tous régimes d'écoulement :



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

$$\zeta = \lambda \cdot \frac{l}{D_h} \quad ([1] \text{ équation 2-2})$$

Perte de pression totale (Pa) :

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

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 :**

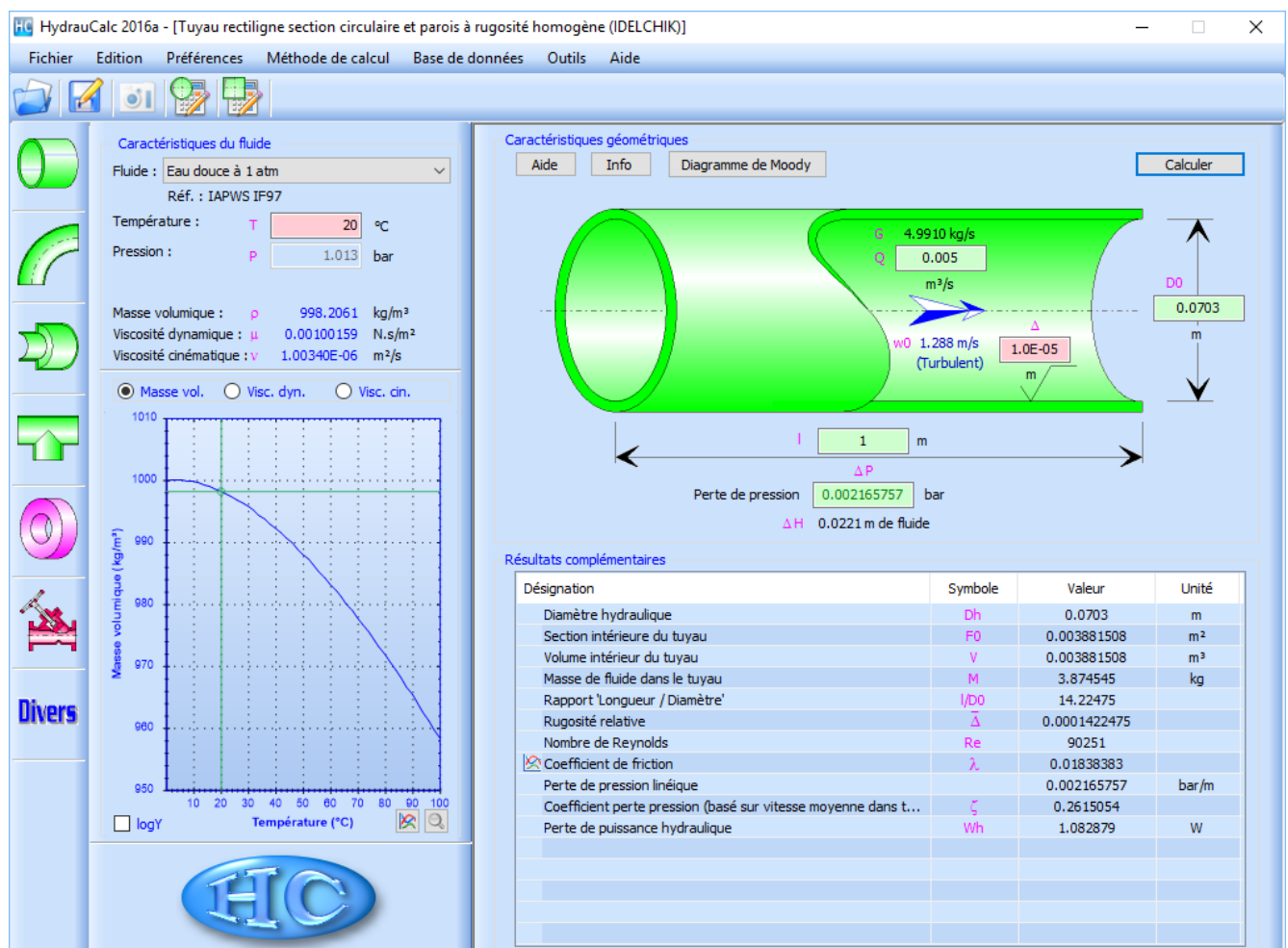
$D_h$	Diamètre hydraulique (m)
$D_0$	Diamètre intérieur (m)
$F_0$	Section transversale de passage (m <sup>2</sup> )
$Q$	Débit volumique (m <sup>3</sup> /s)
$G$	Débit massique (kg/s)
$w_0$	Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)
$l$	Longueur du tuyau (m)
$V$	Volume de fluide dans le tuyau (m <sup>3</sup> )
$M$	Masse de fluide dans le tuyau (kg)
$Re$	Nombre de Reynolds ( )
$Re'_{lim}$	Limite du nombre de Reynolds pour loi hydrauliquement lisse ( )

$Re''_{lim}$	Limite du nombre de Reynolds pour loi quadratique ( )
$\Delta$	Rugosité absolue des parois intérieures du tuyau (m)
$\overline{\Delta}$	Rugosité relative des parois intérieures du tuyau ( )
$\lambda$	Coefficient de friction de Darcy ( )
$\zeta$	Coefficient de perte de pression (basé sur la vitesse moyenne dans le tuyau) ( )
$\Delta P$	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, critique et turbulent ( $Re \leq 10^8$ )
- $\bar{\Delta} \leq 0.05$
- écoulement stabilisé

### Exemple d'application :



### Références :

[1] Handbook of Hydraulic Resistance, 3rd Edition, I.E. Idelchik (2008)

