

Heinrich Blasius a proposé une première formule explicite simple pour le calcul du coefficient f de Darcy-Weisebach pour des écoulements turbulents, notamment : $f=0,316(Re)^{-0,25}$ mais elle n'est valide que pour $Re \leq 10^5$ et **pour des conduites lisses**, c'est-à-dire, sans considérer la rugosité à la paroi.

Cyril Colebrook (1939) a intégré en une seule relation les résultats pour les parois lisses et totalement rugueuses. On peut ainsi calculer le coefficient de frottement f sans avoir à distinguer le type de paroi

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

ε, k : rugosité
 f, λ : frottement
 D, d : Diamètre
 Re : Re ynolds

On note, cependant, que l'inconnue f apparaît dans les deux membres de cette équation non linéaire. Il faut donc procéder par itération pour trouver f .

Pour rendre la tâche pratique, en 1944 Lewis.F.Moody a tracé la formule de Colebrook sous forme d'abaque

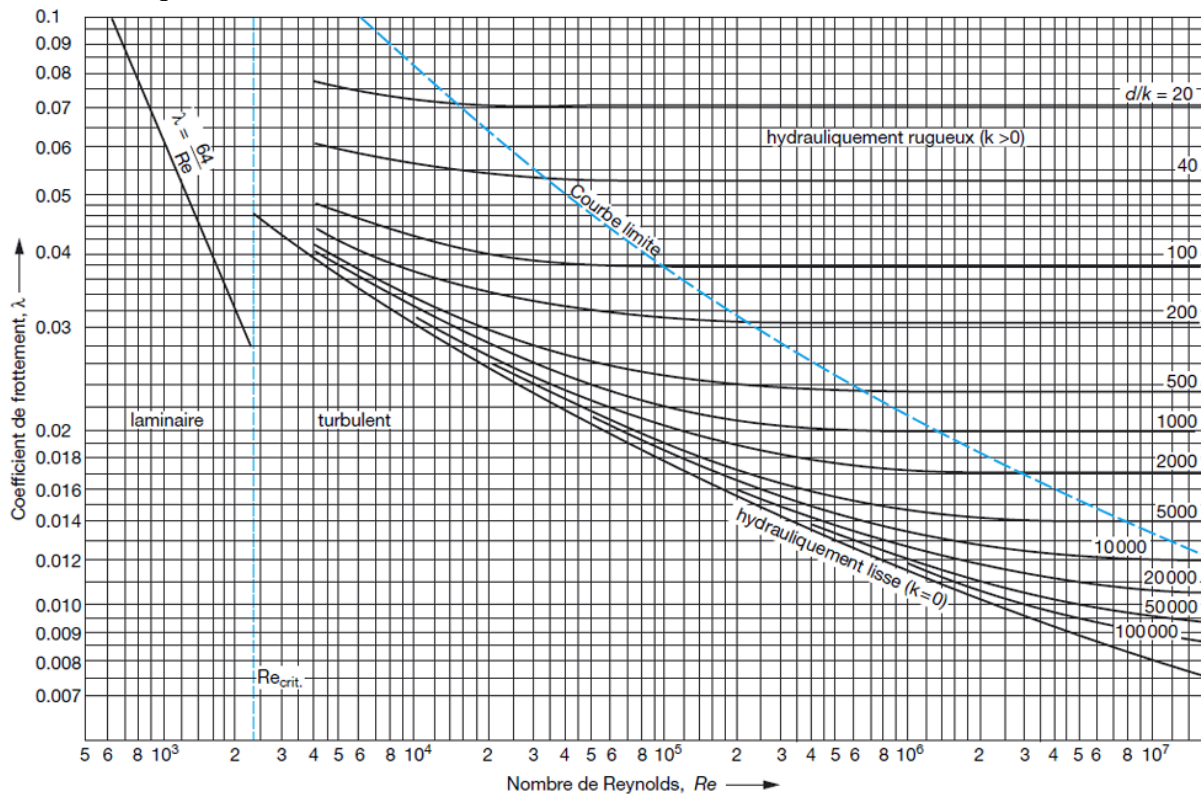


Fig ... Abaque de Moody

3. Pertes de charges linéaires :

Appelées aussi pertes de charges régulières ou systématiques, elles sont dues à la perte d'énergie nécessaire pour vaincre les forces de frottement internes (viscosité / turbulence).

L'expérience montre que la perte de charge dans un tube est :

- ✓ proportionnelle à la longueur L du tube ;
- ✓ inversement proportionnelle au diamètre D du tube ;
- ✓ proportionnelle au carré de la vitesse moyenne débitante v_m du fluide ;
- ✓ proportionnelle à un coefficient sans dimension noté f

$$J_f = f \frac{L}{D} \frac{v_m^2}{2}$$

(en Joule / kg)

$$P_f = f \frac{L}{D} \rho \frac{v_m^2}{2}$$

(en Pascal)

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v_m^2}{2g}$$

(en Mètre de fluide)

Le coefficient sans dimension f dépend du type d'écoulement : écoulement **laminaire** ou écoulement **turbulent**.

4. Pertes de charges singulières :

Appelées aussi pertes de charges localisées, elles sont dues aux formes des tuyaux (raccords, coudes, robinets, filtres ...) et aux variations brusques de sections et de direction .elles sont données par les relations :

$$J_s = \xi \frac{v_m^2}{2}$$

(en Joule / kg)

$$P_s = \xi \rho \frac{v_m^2}{2}$$

(en Pascal)

$$h_s = \xi \frac{v_m^2}{2g}$$

(en Mètre de fluide)

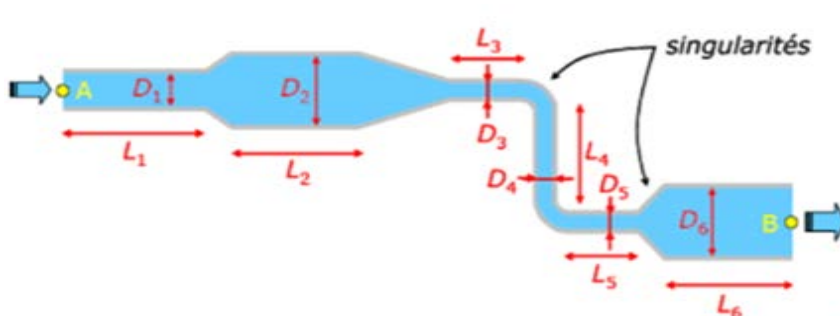
Les valeurs de ξ sont calculées d'après les formules suivantes

5. Pertes de charges Totales dans un circuit hydraulique :

C'est la somme des pertes de charges linéaires et des pertes de charges singulières dans tout le circuit.

$$p_f = \left(\sum_i f \frac{L_i}{D_i} v_{m-i}^2 + \sum_j \xi_j v_{m-j}^2 \right) \frac{\rho}{2}$$

$$h_f = \left(\sum_i f \frac{L_i}{D_i} v_{m-i}^2 + \sum_j \xi_j v_{m-j}^2 \right) \frac{1}{2g}$$



6. Correspondance des pompes aux caractéristiques du système

L'équation de Bernoulli généralisé est appliquée à l'entrée de la pompe et la surface libre du réservoir de refoulement aboutit à :

$$\left(\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z \right)_{ent} + h_{pompe} - h_{turbine} - h_{frott} = \left(\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z \right)_{sort}$$

$$\left(\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z \right)_{ent} + h_{pompe} - \Delta h_{frott} = \left(\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z \right)_{sort} = cte$$

Δh_{frott} = somme des pertes de charge dans l'installation

Le point de fonctionnement ($h_{sys} = h_{pompe}$)

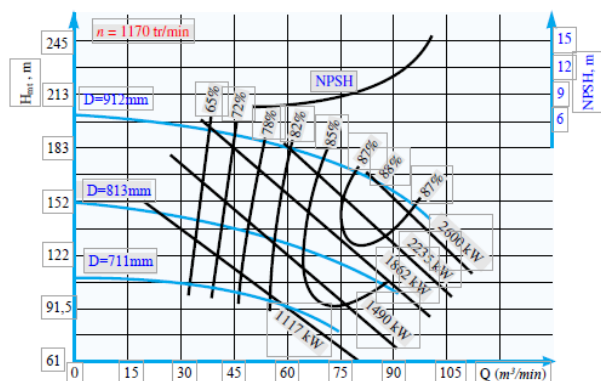
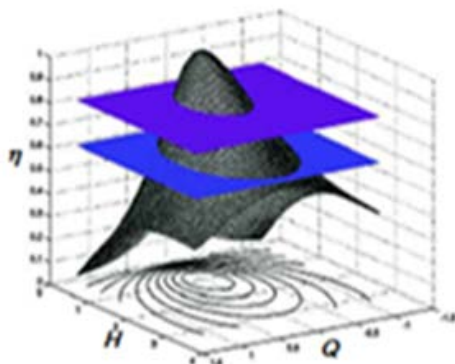
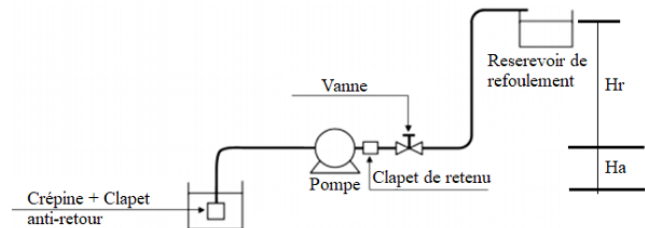
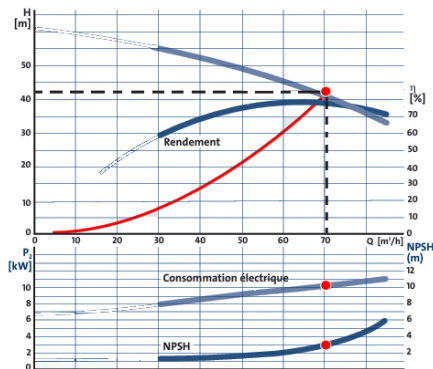
$$h_{sys} = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + \Delta h_{frott} \quad \Delta h_{frott} = \left(\sum_i f \frac{L_i}{D_i} + \sum_j \xi_j \right) \frac{v_m^2}{2g}$$

$$h_{sys} = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + \left(\sum_i f \frac{L_i}{D_i} + \sum_j \xi_j \right) \frac{v_m^2}{2g}$$

$$p_2 = p_1 = p_{atm} \quad v_1 = v_2 \approx 0 \quad v_m = \left(4Q / \pi D^2 \right)$$

La pompe sert pour convaincre les pertes du system d'où l'équation suivante :

$$H_{sys} = \underbrace{(z_2 - z_1)}_{H_g} + \underbrace{\left(\sum_i f \frac{L_i}{D_i} + \sum_j \xi_j \right)}_C \frac{8}{\pi^2 D^4 g} Q^2 = Hg + CQ^2$$



FigureCaractéristique complète d'une pompe centrifuge