Chapitre 4 :

DYNAMIQUE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES RÉELS

1/ INTRODUCTION

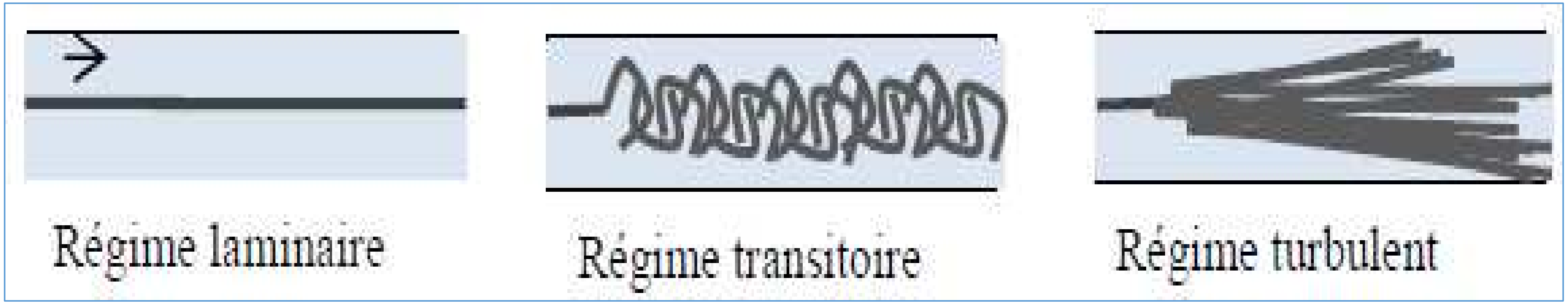
- Dans le chapitre précédent nous avons supposé que le fluide était parfait pour appliquer l'équation de conservation de l'énergie.
- Dans le cas de l'écoulement d'un **fluide réel,** il existe des forces de frottement, dues à la viscosité du fluide, qui s'exercent entre les particules de fluide et les parois, ainsi qu'entre les particules elles-mêmes.

2/ FLUIDE REEL

Un fluide est dit réel si, pendant son mouvement, les forces de contact ne sont pas perpendiculaires aux éléments de surface sur lesquelles elles s'exercent. Cette résistance est caractérisée par la viscosité.

3. REGIMES D'ECOULEMENT - NOMBRE DE REYNOLDS

Reynolds (1883) a varié le débit, la viscosité et le diamètre de la conduite, et Si on injecte un petit volume de colorant dans l'axe d'une canalisation horizontale parcourue par de l'eau, on observe suivant le débit du liquide les phénomènes suivants :



Re < 2000 **2000< Re <3000** **Re > 3000**

Nombre de Reynolds : est un nombre sans dimension qui permettait de déterminer le régime de l’écoulement.

$$Re = vD/\nu \quad \text{ou} \quad Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

v : Vitesse moyenne

υ : viscosité cinématique

μ: viscosité dynamique

D :Diamètre de conduite

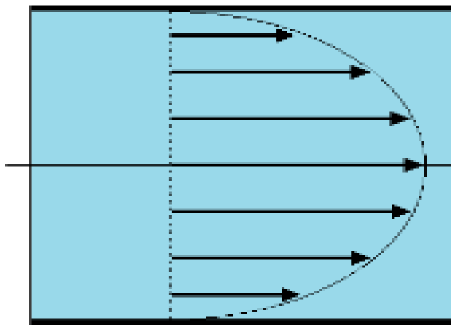
ρ:masse volumique

Si Re<2000 le regime est laminaire
Si 2000<Re<3000 le regime est transitoire
Si Re>3000 le regime est turbulent

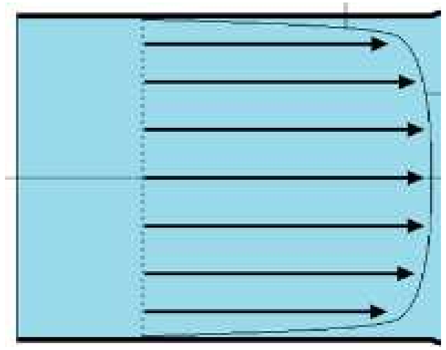
Tout calcul fait, le **débit total** vaut : $$Q = \frac{\pi D^4}{128\mu} \cdot \frac{\Delta p^*}{L}$$

3.1. Profil de vitesse

Parfait



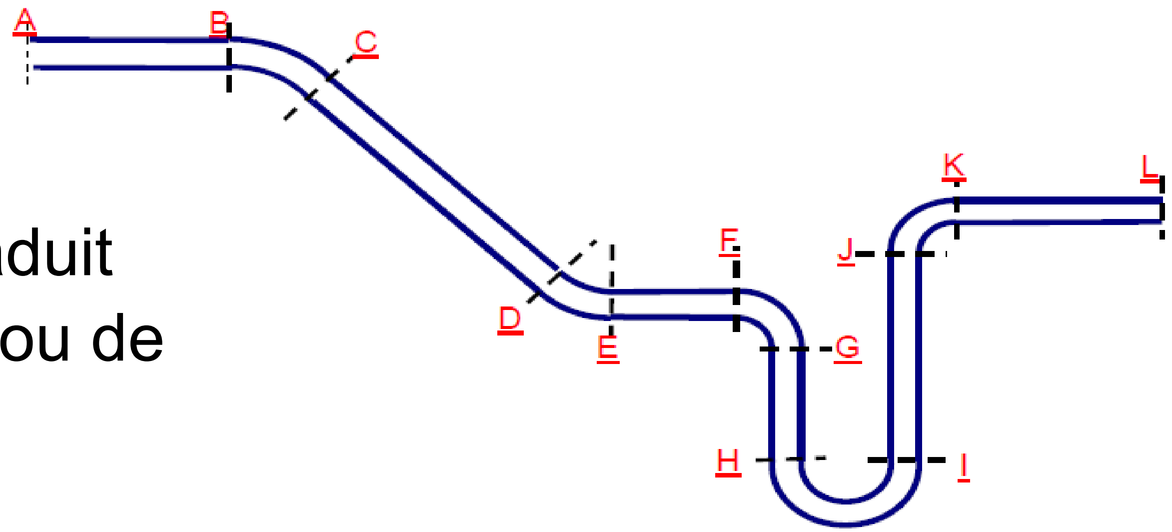
Laminaire



Turbulent

4. Pertes de charge

4.1. Pertes de charge singulières



L'existence des pertes de charge se traduit par la variation brusque de direction et/ou de section (raccord, T, vannes, etc.).

$$\boxed{\Delta Hs = K \cdot \frac{V^2}{2g}}$$

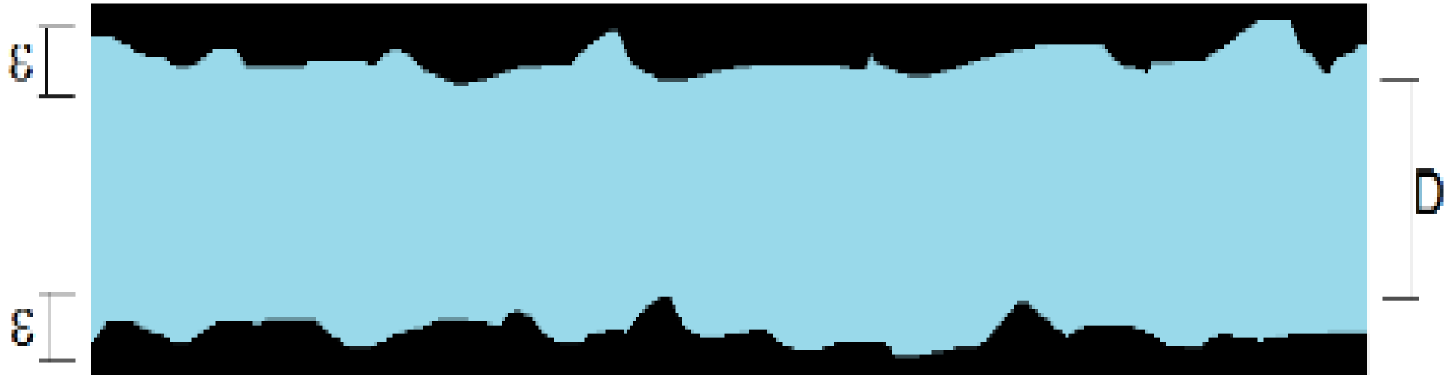
K : Coefficient de pertes de charge (sans unité). Il dépend de la nature et de la géométrie.

Les valeurs de ***K*** sont données par les constructeurs dans leurs catalogues.

4.2 Pertes de charges linéaires :

Elles correspondent alors à l'écoulement le long des conduites du à la rugosité de la conduite.

La **rugosité absolue** représente l'épaisseur moyenne des aspérités de surface du matériau composant la conduite. On la note ε , et on l'exprime le plus souvent en millimètres.

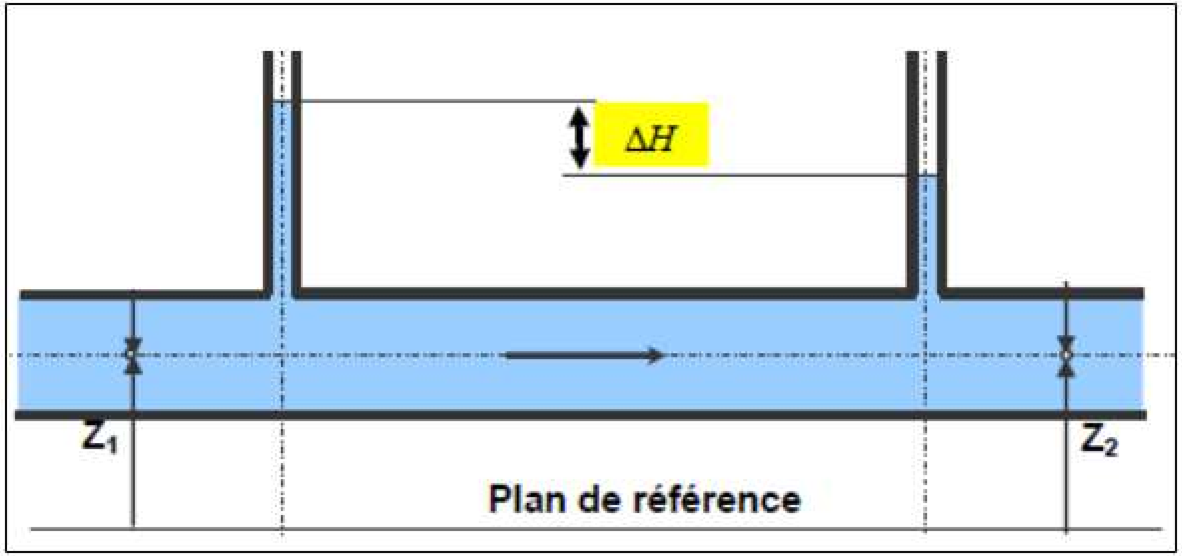


Pour une conduite d'un diamètre D donné, on appelle **rugosité relative** le rapport ε/D .

4.2 Pertes de charges linéaires :

Elles correspondent alors à l'écoulement le long des conduites du à la rugosité de la conduite.

$$\boxed{\Delta H_l = \lambda.\frac{V^2}{2g}.\left(\frac{L}{d}\right)}$$ où



- V : vitesse moyenne d'écoulement dans la conduite (m/s)
- L : longueur de la conduite (m)
- d : diamètre de la conduite (m)
- λ : coefficient de perte de charge linéaire (est le coefficient de frottement). Il dépend du régime d'écoulement et notamment du nombre de Reynolds *Re*.

$$\boxed{\Delta H_l = \lambda.\frac{V^2}{2\,g}.\left(\frac{L}{d}\right)}$$

Dans un régime d'écoulement laminaire : $R_e < 2000$

$\boxed{\lambda = \frac{64}{R_e}}$ (Formule de Poiseuille)

Dans un régime d'écoulement turbulent lisse : $2000 < R_e < 10^5$

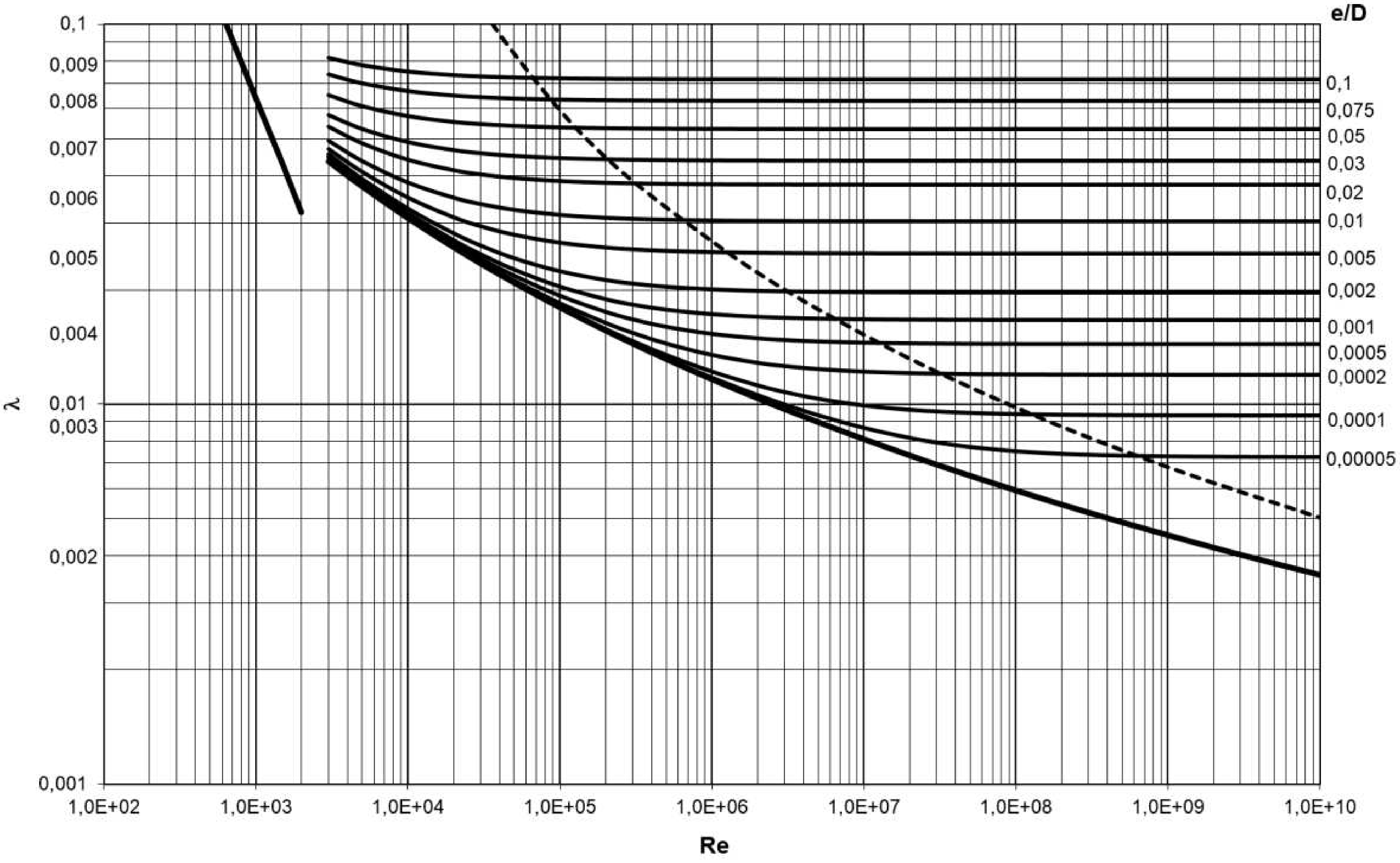
$\boxed{\lambda = 0{,}316 / R_e^{\;0{,}25}}$ (Formule de Blasius)

Dans un régime d'écoulement turbulent rugueux : $R_e > 10^5$

$\boxed{\lambda = 0{,}79.\sqrt{\frac{\varepsilon}{d}}}$ (Formule de Blench)

Parfois, on lit la valeur de λ sur un abaque établie par Moody.

$$\Delta H_l = \lambda . \frac{V^2}{2\,g} . \left(\frac{L}{d} \right)$$



5. THEOREME DE BERNOULLI APPLIQUE A UN FLUIDE REEL

$\Delta H_{1,2}$: Somme de toutes les pertes de charge, singulière et linéaires entre les sections 1 et 2.

P : Puissance mécanique échangé entre le fluide et les machines placées entre (1) et (2).
Le Théorème de Bernoulli prend la forme générale suivante :

$$\frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{P}{\rho g Q_V} = \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \Delta H_{1,2}$$