

MÉCANIQUE DES FLUIDES

Nombre de Reynolds – Régimes d'écoulement

7

1 – PRÉAMBULE

Reynolds réalisa des expériences fondamentales relatives à l'étude des écoulements des fluides visqueux. De ses travaux, il en sort un nombre sans dimension, appelé nombre de Reynolds, noté R_e et qui permet de classer les écoulements selon leur nature qui peut être **laminaire**, **transitoire** ou **turbulent**.

Pratiquement, le nombre de Reynolds permet de définir le cadre théorique à utiliser quand on cherche à évaluer :

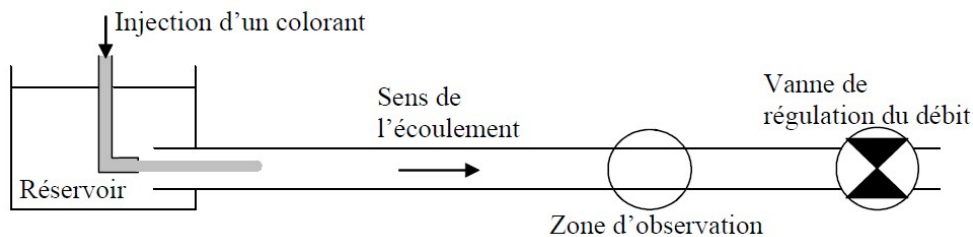
- ⇒ Les forces de frottement subit par un corps dans un fluide en mouvement,
- ⇒ Les pertes de charges singulières et régulières,
- ⇒ L'épaisseur de la couche limite (non abordé)



Osborne Reynolds
(1842 – 1912)

2 – EXPÉRIENCE DE REYNOLDS – RÉGIMES D'ÉCOULEMENT

* Présentation du dispositif expérimental



Un premier réservoir d'eau de niveau constant est vidangé par un conduit. Une vanne placée à l'extrémité du conduit permet de faire varier le débit. Un tuyau placé à l'intérieur du réservoir permet d'injecter un mince filet fluide coloré au centre du conduit.

* Résultats

Quand la vitesse est faible, le filet coloré reste bien défini, rectiligne et parallèle à l'axe du tuyau.

- ⇒ Le régime est dit **laminaire**.



Régime laminaire

Si on augmente un peu la vitesse, le filet coloré ne reste plus bien rectiligne et parallèle à l'axe du tuyau. Des petites ondulations variables apparaissent.

- ⇒ Le régime est dit **transitoire**.



Régime transitoire

Quand la vitesse est plus élevée, le filet devient ondulé et très instable. Il se mélange rapidement au fluide ambiant. Des tourbillons de différentes tailles apparaissent.

- ⇒ Le régime est dit **turbulent**.



Régime turbulent

3 – NOMBRE DE REYNOLDS

Les expériences menées par Reynolds montrent que la **vitesse de l'écoulement** est un paramètre essentiel pour déterminer si on est en régime laminaire ou turbulent, mais ce n'est pas le seul. La **viscosité du fluide** a une incidence, ainsi qu'une **distance caractéristique** (le diamètre du conduit dans l'expérience). De ses travaux, Reynolds en sort son nombre qui exprime le rapport entre les forces de frottement dues à la viscosité et celles dues à la vitesse (forces inertielles) :

La longueur caractéristique peut être :

- ⇒ Ecoulement en conduit cylindrique : L = diamètre de la conduite
- ⇒ Ecoulement entre deux plaques parallèles : L = distance entre les deux plaques
- ⇒ Ecoulement autour d'une sphère : L = diamètre de la sphère
- ⇒ Ecoulement autour d'une aile d'avion : L = corde (distance entre les bords d'attaque et de fuite)

$$R_e = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

avec

$$\left\{ \begin{array}{l} R_e : \text{nombre de Reynolds (sans dimension)} \\ V : \text{vitesse de l'écoulement (m.s}^{-1}\text{)} \\ L : \text{longueur caractéristique (m)} \\ \nu : \text{viscosité cinématique (m}^2\text{.s}^{-1}\text{)} \end{array} \right.$$

4 – RÉGIMES D'ÉCOULEMENT EN FONCTION DU NOMBRE DE REYNOLDS

* Régime de stokes : $R_e < 1$

L'écoulement est gouverné par les forces de viscosité (il est dit « rampant »). On parle parfois d'écoulements microfluidiques (petit volume de fluide s'écoulant très lentement dans des petits canaux) ; ils ont une dimension applicative dans les domaines de la chromatographie, l'électrophorèse, le séquençage du génome humain, etc.

* Régime laminaire : $R_e < 2500$

L'écoulement est gouverné par les forces de viscosité ; en hydraulique, on cherche autant que faire se peut de se placer dans ce régime car les pertes d'énergie sont moindres.

* Régime de transition (ou critique) : $2500 < R_e < 4000$

Très complexe à décrire sur le plan théorique. D'un point de vue calculatoire, il est assimilé au régime turbulent.

* Régime turbulent : $R_e > 4000$

L'écoulement est gouverné par les forces d'inertie (liées à la vitesse du fluide) ; en hydraulique, on cherche autant que faire se peut à l'éviter car les pertes d'énergie sont proportionnelles au carré de la vitesse et donc grandissent très vite.