

**LP03 : Notion de viscosité d'un fluide.
Écoulement visqueux.**



Introduction



Coefficient de viscosité

| | Viscosité dynamique η (Pa.s) | Viscosité cinématique $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ (m ² /s) |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| Eau (20°C) | 10^{-3} | $1,006 \cdot 10^{-6}$ |
| Air (20°C) | $18,2 \cdot 10^{-6}$ | $15,1 \cdot 10^{-6}$ |
| Glycérine (20°C) | 1,49 | $1180 \cdot 10^{-6}$ |
| Mercure (20°C) | $1,55 \cdot 10^{-3}$ | $0,116 \cdot 10^{-6}$ |
| CO ₂ (20°C, 1 atm.) | $14,7 \cdot 10^{-6}$ | $8,03 \cdot 10^{-6}$ |
| H ₂ (20°C, 1 atm.) | $8,83 \cdot 10^{-6}$ | $105 \cdot 10^{-6}$ |

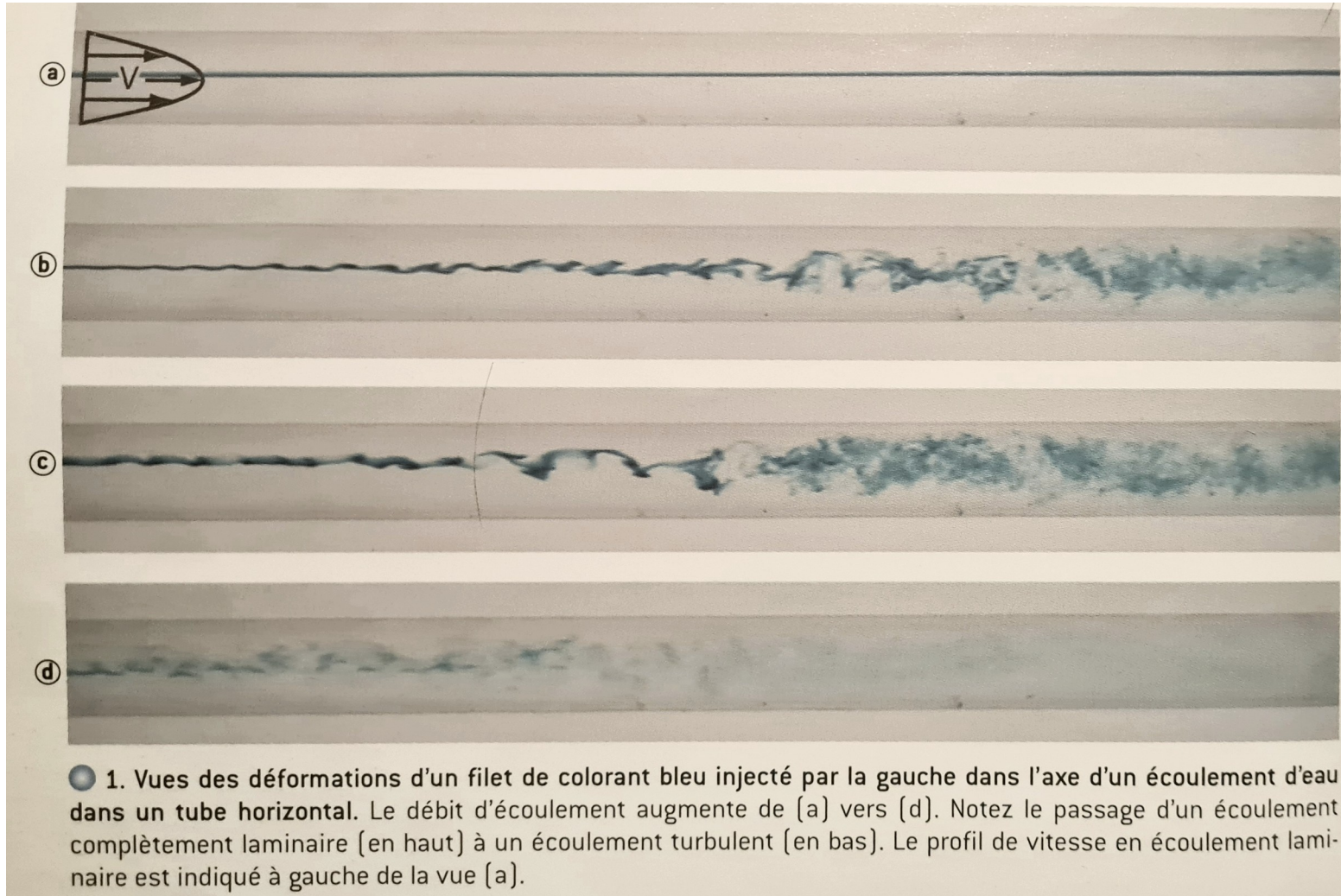
Source : Cours d'hydrodynamique de Marc Rabaud pour la préparation de l'agrégation



Nombre de Reynolds

| Exemples | Grandeurs caractéristiques | Nombre de Reynolds |
|---------------------|---|------------------------|
| Personne qui marche | $L = 1,70 \text{ m}$ $U = 1 \text{ m/s}$ $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ | $Re \sim 10^5$ |
| Personne qui nage | $L = 1,70 \text{ m}$ $U = 0,8 \text{ m/s}$ $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ | $Re \sim 10^6$ |
| Avion en vol | $L = 50 \text{ m}$ $U = 230 \text{ m/s}$ $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ | $Re \sim 8 \cdot 10^8$ |
| Bactérie dans l'eau | $L = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ $U = 10 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ | $Re \sim 10^{-6}$ |
| Puce qui saute | $L = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $U = 1,9 \text{ m/s}$ $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ | $Re \sim 400$ |

Nombre de Reynolds



Source : **Ce que disent les fluides**, Guyon, Hulin, Petit (édition Belin - 2005)

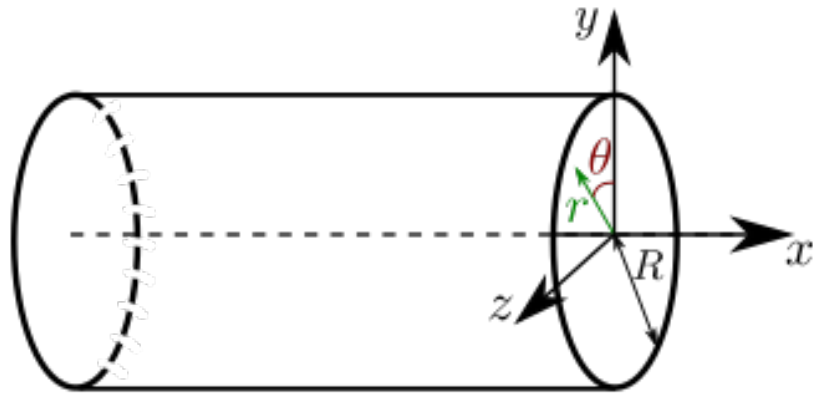


Réversibilité à faible nombre de Reynolds

<https://youtu.be/51-6QCJTAjU?t=961>



Écoulement de Poiseuille



Coordonnées cylindriques (r, θ, x)

Champ de vitesse $\vec{v} = v_x(r)\vec{e}_x$

Condition aux bords : $\vec{v}(R) = \vec{0}$

$$\Rightarrow \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dv_x}{dr} \right) = \frac{1}{\eta} \frac{dP}{dx} = cste$$

Profil de vitesse :
$$v_x(r) = \frac{-1}{4\eta} \frac{dP}{dx} (R^2 - r^2)$$

Débit volumique :
$$Q = \int_0^R v_x(r) 2\pi r dr$$

$$Q = \frac{\pi}{8\eta} \left(\frac{-dP}{dx} \right) R^4$$

Conclusion

- Introduction notion de viscosité
- Description écoulement visqueux :
 - Équation de Navier-Stokes
 - Nombre de Reynolds
- Écoulement de Poiseuille
 - Observation écoulement visqueux
 - Mesure viscosité de l'eau



Ouverture – Cas des écoulements réels

