

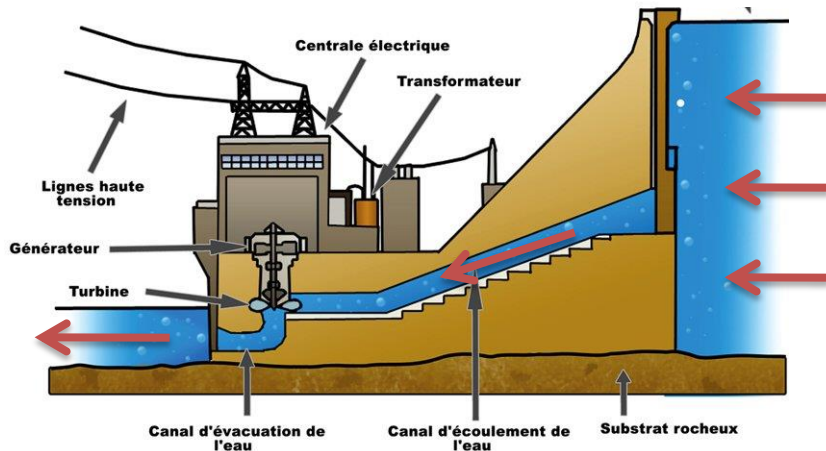
Chapitre III

Dynamique des liquides idéaux

§6. Centrales hydroélectriques

Centrale au fil de l'eau

energies2demain.com



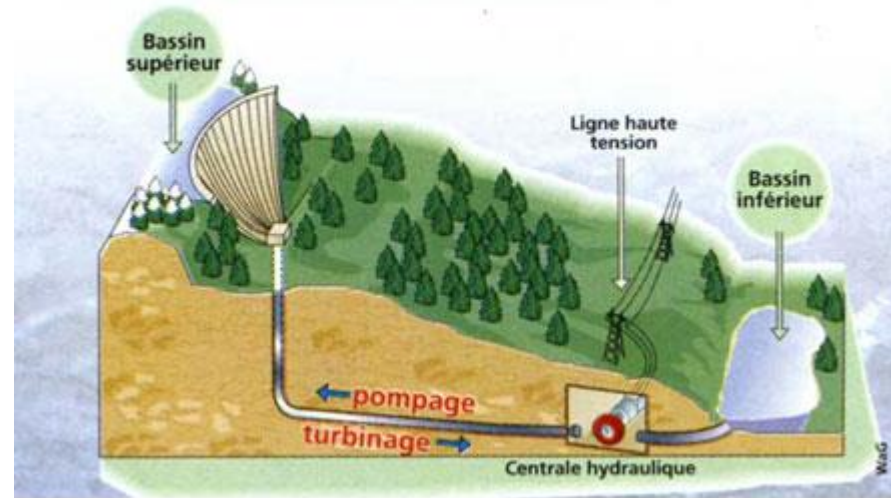
Puissance électrique:

$$N = (\text{pression cinétique}) \times (\text{débit}) \times (\text{rendement})$$
$$N = \frac{1}{2} \rho v^2 Q \eta = \frac{1}{2} \rho v^3 S \eta \propto v^3$$

vS

Station de transfert d'énergie par pompage (STEP)

Principe de fonctionnement d'une STEP



Turbinage-production de l'électricité :

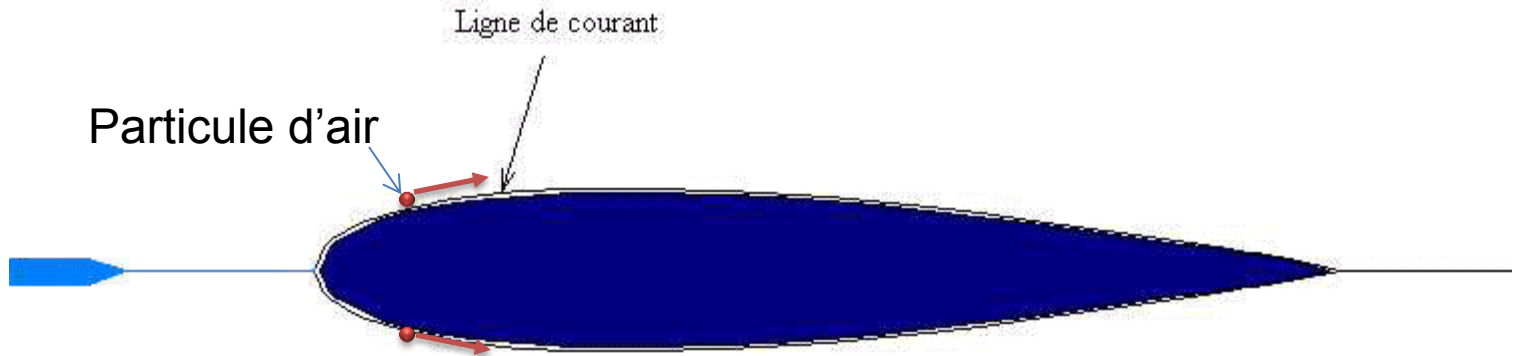
- le jour, électricité est chère, grande demande
- production de supplément d'électricité

Pompage-consommation de l'électricité:

- la nuit, électricité est pas chère, petite demande
- consommation de surplus d'électricité produite par les centrales nucléaires

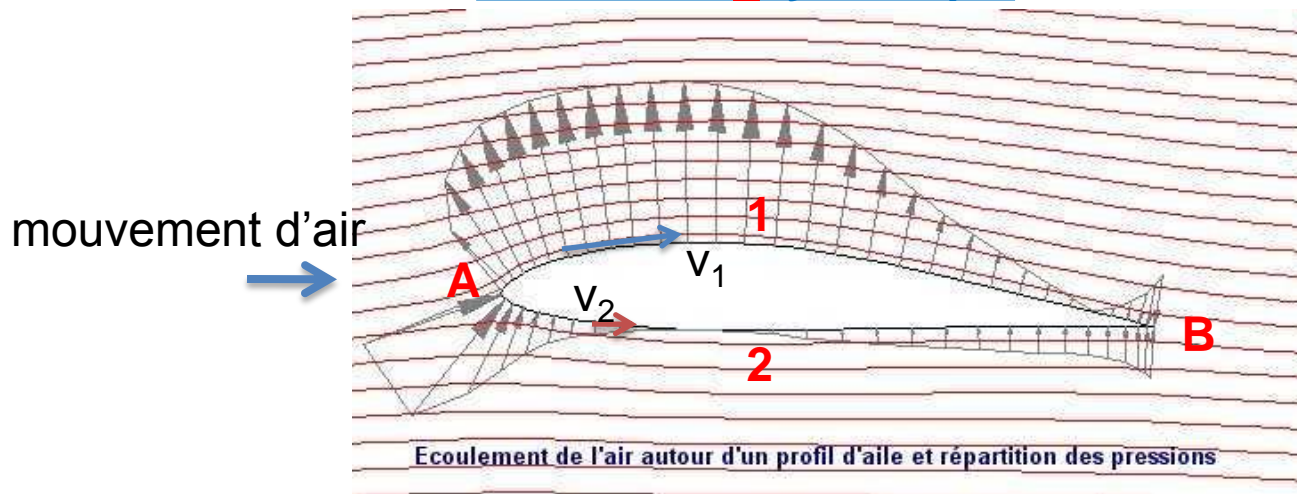
§7. Portance d'avion

Cas 1: Aile symétrique



Les deux particules d'air se déplacent à la même vitesse. La portance de l'aile est nulle

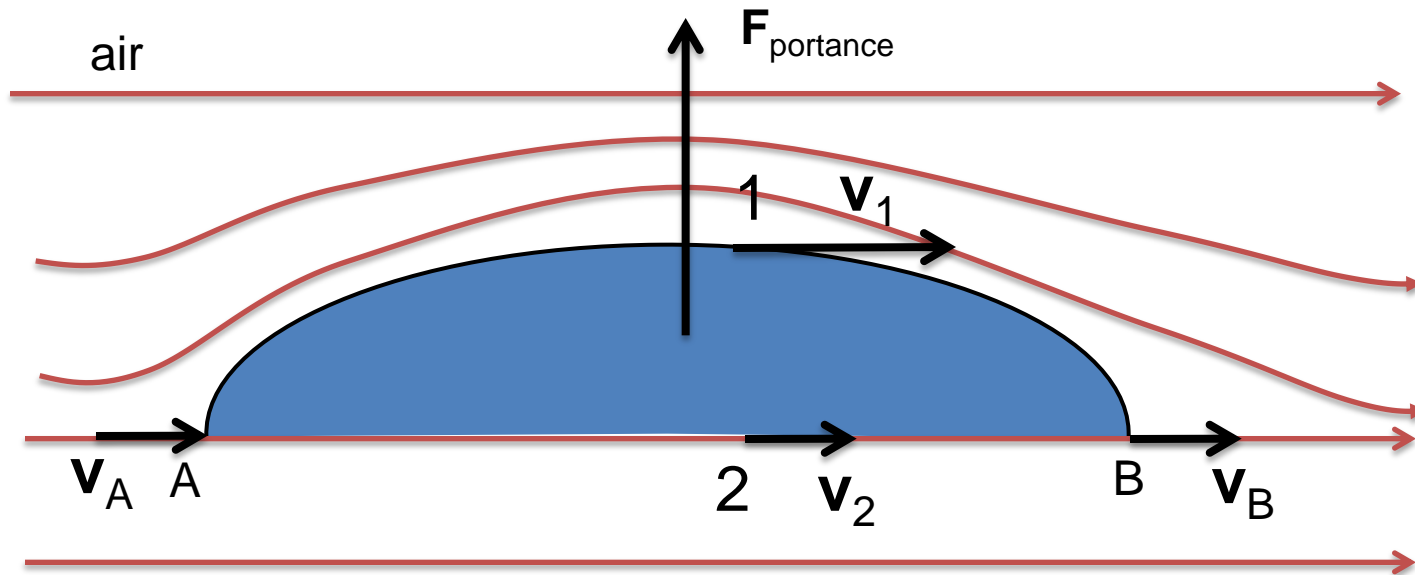
Cas 2: Aile asymétrique



Chemin $A1B > A2B$

$$\downarrow \\ V_1 > V_2$$

$$\downarrow \\ P_1 < P_2$$



Bernoulli A1B: $P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$

Bernoulli A2B: $P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$

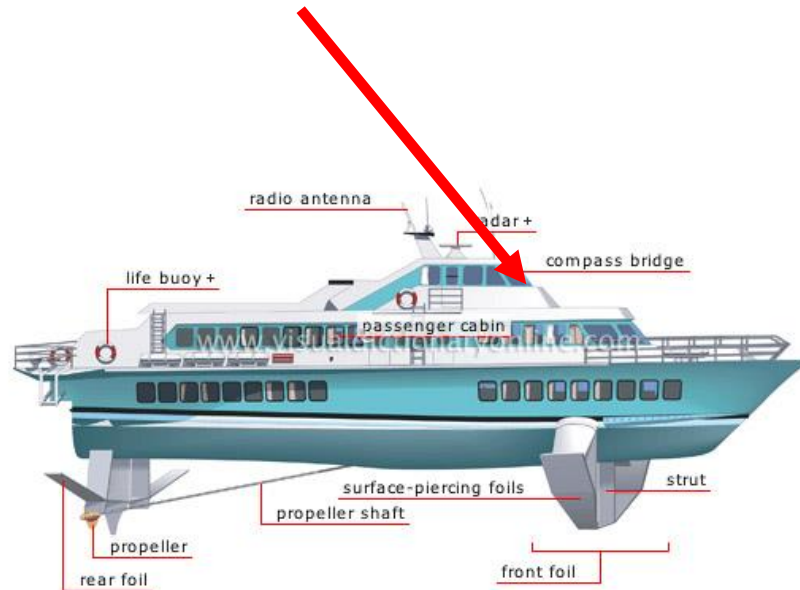
$$P_2 - P_1 = \frac{\rho}{2} (v_1^2 - v_2^2) \propto \frac{\rho v^2}{2}$$

vitesse de l'avion

Portance de l'aile: $F_{\text{portance}} \approx (P_2 - P_1)S \propto \frac{\rho v^2}{2} S$

Surface inférieure de l'aile

Comment fonctionne un hydroptère (hydrofoil)? – même principe!!!



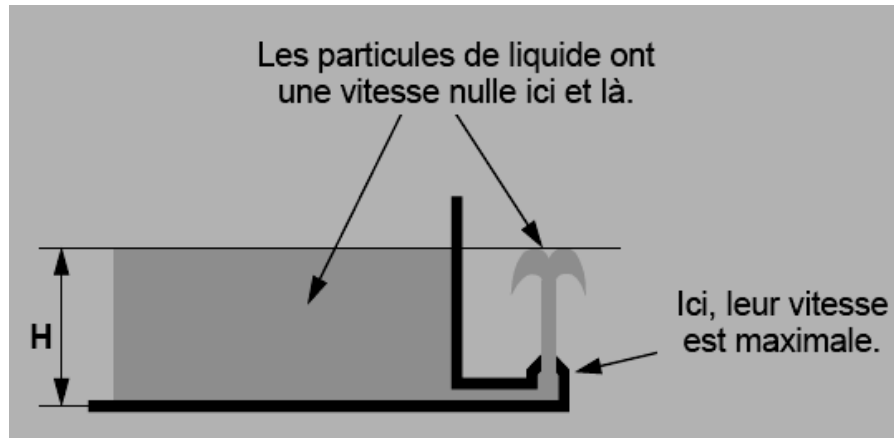
Chapitre IV

Dynamique des liquides réels

§1. Liquides réels. Viscosité

Liquide idéal

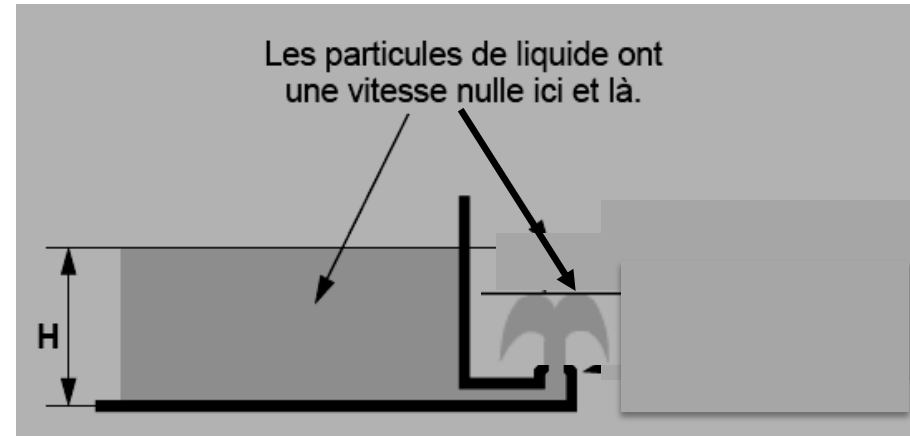
- incompressible
- pas de frottements au sein du liquide



Sans frottements, le jet d'eau atteint le niveau du liquide dans le réservoir

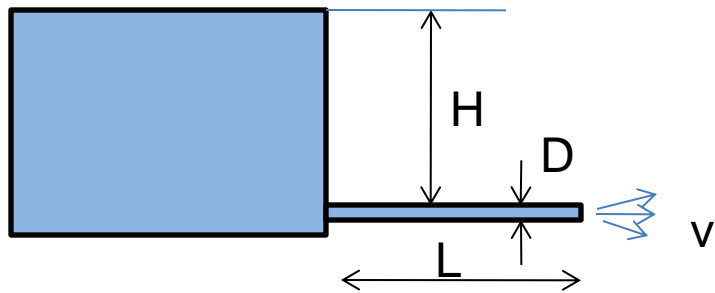
Liquide réel

- incompressible
- frottements au sein du liquide



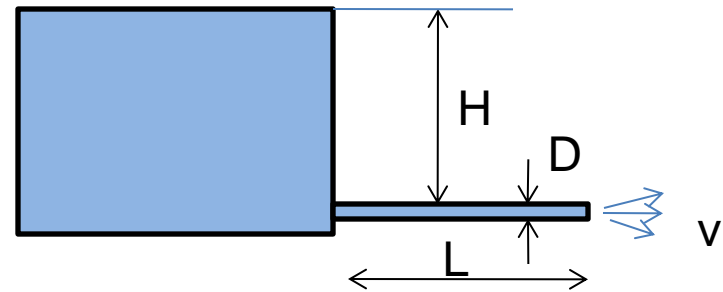
À cause de frottements, une partie d'énergie du liquide est dissipée, le jet n'atteint pas le niveau du liquide dans le réservoir

Liquide idéal



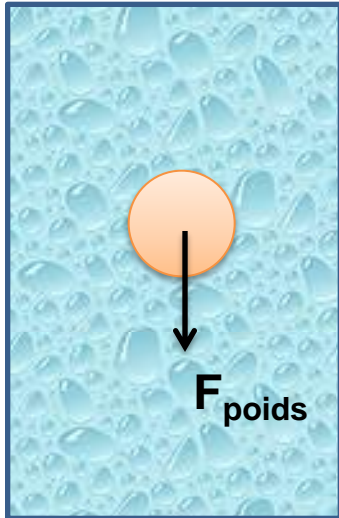
Sans frottements, la vitesse du liquide $v=(2gH)^{1/2}$ ne dépend pas de L , ni D du tube

Liquide réel



Avec frottements, la vitesse du liquide $v \ll (2gH)^{1/2}$
et $v \sim 1/L$, $v \sim D^2$
Résistance hydraulique à l'écoulement

Liquide idéal

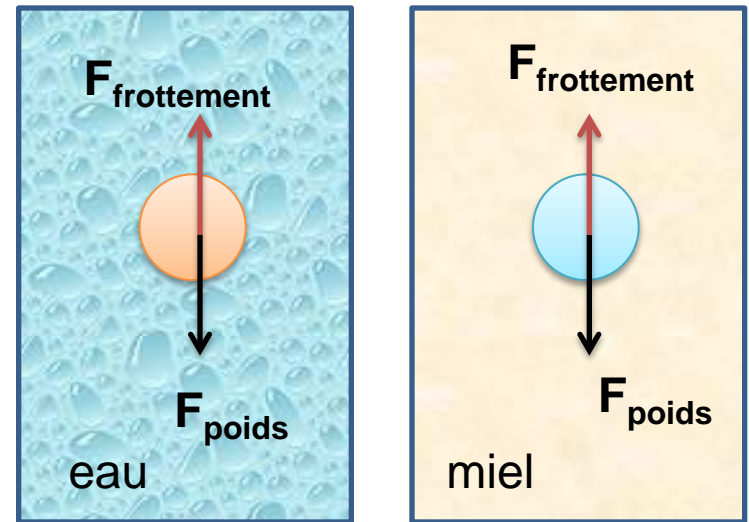


La seule force du poids est exercée sur la bille

La bille chute avec la vitesse:

$$v_{\text{idéal}} = g t$$

Liquide réel



La force de frottement liquide est exercée sur la bille:

$$F_{\text{frottement}} \propto v$$

La bille chute avec la vitesse:

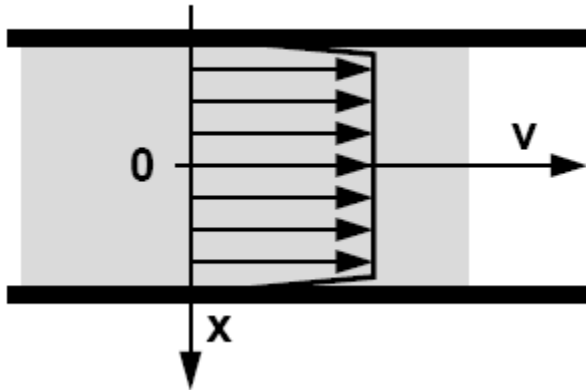
$$v_{\text{réel}} \ll v_{\text{idéal}}$$

De plus, la chute est bien plus lente dans le miel que dans l'eau

§3. Régimes laminaire et turbulent de l'écoulement. Nombre de Reynolds

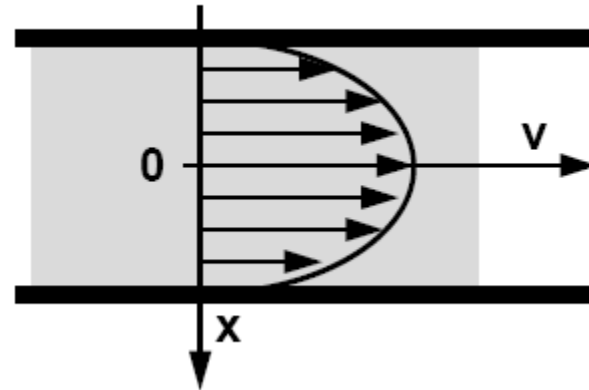
Profil de vitesse pour un écoulement à travers un tube

Liquide idéal



La vitesse est nulle sur les parois mais non-nulle et constante dans toute la section

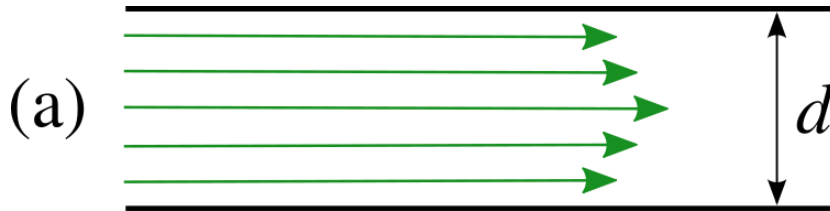
Liquide réel



La vitesse est nulle sur les parois. Les couches du liquide freinent l'une l'autre et ceci d'autant plus qu'on s'approche des parois. La vitesse varie dans la section

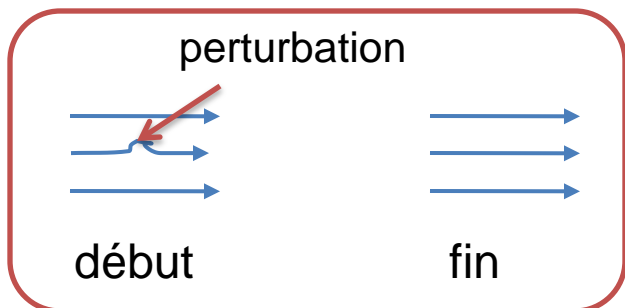
Liquide réel

Ecoulement laminaire

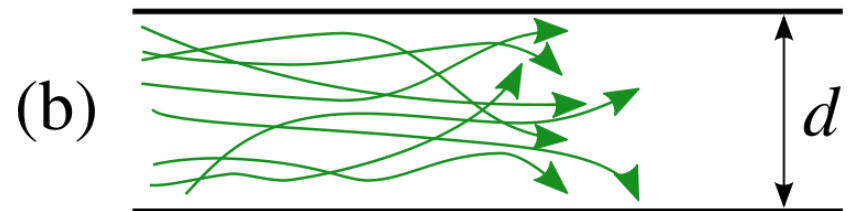


A faible vitesse, les lignes de courant sont parallèles l'une à l'autre.

Si apparaît une petite perturbation des lignes de courant, **la force visqueuse** va stabiliser cette perturbation. L'écoulement redeviendra laminaire.

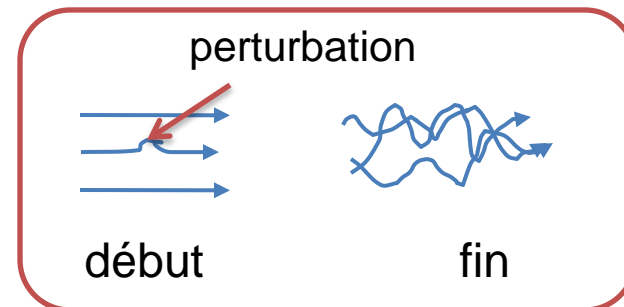


Ecoulement turbulent



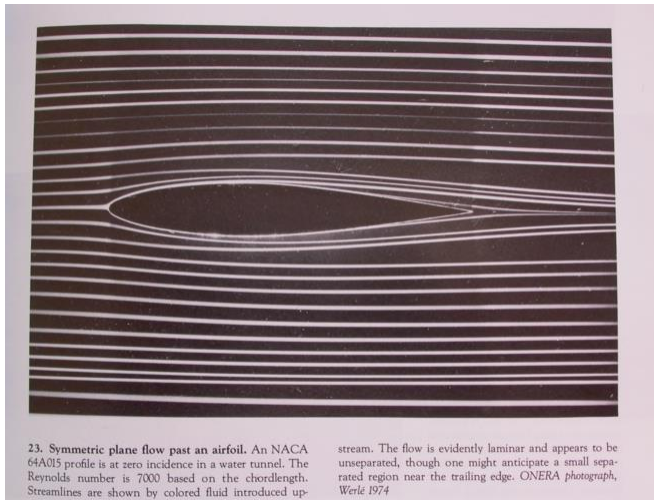
A grande vitesse, les lignes de courant se mélangent entre elles et des tourbillons apparaissent.

Si l'écoulement est laminaire au départ, toute petite perturbation ne se stabilise plus, les lignes de courant sont emportées par **l'inertie**.



Ecoulement laminaire

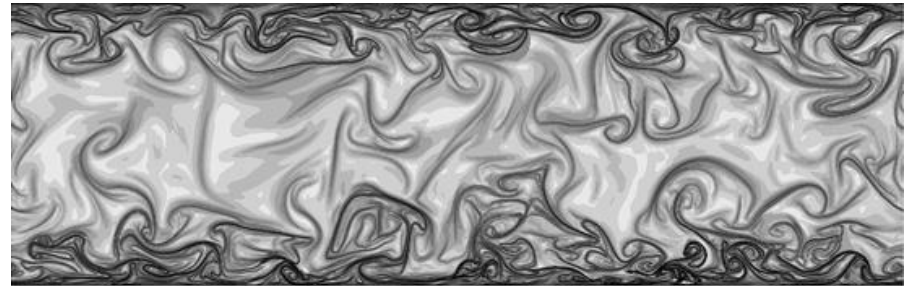
- L'écoulement est régulier,
- La dissipation d'énergie et les pertes de charges sont relativement faibles



Application: On conçoit les ailes des avions et les coques des bateaux pour avoir l'écoulement le plus laminaire possible

Ecoulement turbulent

- L'écoulement est très irrégulier,
- la longueur effective de parcours des particules est plus grande;
- la dissipation d'énergie et les pertes de charges sont élevées



Application: mouvement des masses d'air sont turbulents (météo)

Ecoulements dans des réseaux hydrauliques sont souvent turbulents

Le passage d'un régime laminaire au régime turbulent se fait à partir d'une vitesse critique. L'écoulement devient turbulent lorsque les forces d'inertie (provenant de l'énergie cinétique) deviennent importantes devant les forces de frottement.

Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{\text{force d'inertie}}{\text{force de frottement}} = \frac{\rho v D}{\eta} = \frac{v D}{\nu}$$

Annotations :

- v : vitesse
- D : Diamètre du canal
- η : Viscosité dynamique
- ν : Viscosité cinématique

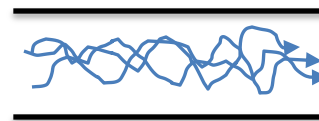
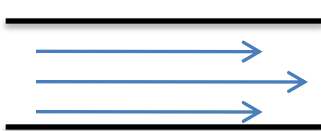
$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Viscosité cinématique

$$[\nu] = 1 \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{Système SI}$$

$$[\nu] = 1 \text{ cSt (centiStokes)} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Unités ingénieur



2000

→ Re