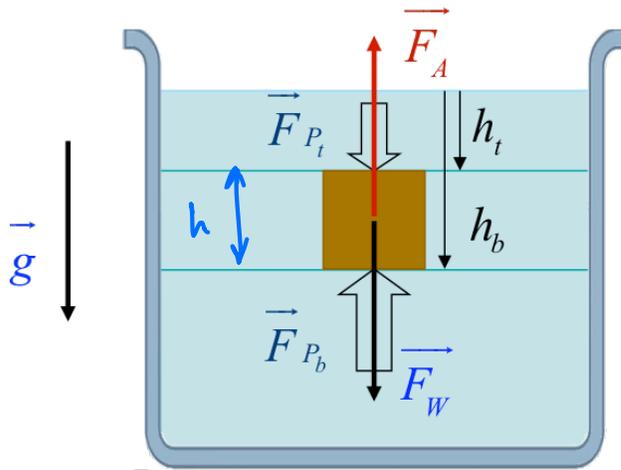


# HYDROSTATIQUE

PGC-07

# POUSSÉE D'ARCHIMÈDE



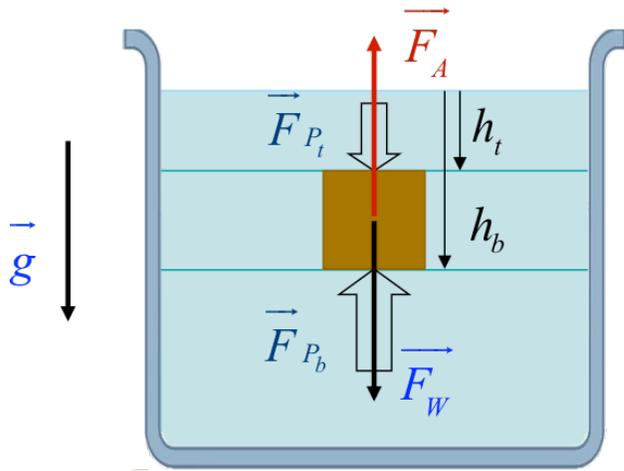
$$\left. \begin{aligned} P_t &= \rho g h_t \Rightarrow F_t = P_t \cdot A \\ P_b &= \rho g h_b \Rightarrow F_b = P_b \cdot A \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{NET} = F_t - F_b$$

$$\Rightarrow F_{NET} = (P_t - P_b)A = -\rho g \underbrace{Ah}_V$$

$$\Rightarrow F_{NET} = -\rho g V$$

$$\Rightarrow F_{NET} = -m_e \cdot g$$

# POUSSÉE D'ARCHIMÈDE - FORCE



$$F = F_W - F_A$$

$$F = mg - m_e g = (m - m_e) g$$

$$\Rightarrow F = (\rho - \rho_e) V g$$

$\rho > \rho_e : F > 0$  descendre  
couler

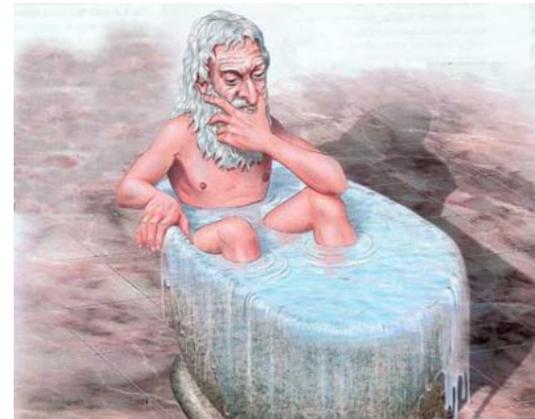
$\rho < \rho_e : F < 0$  monter

$\rho = \rho_e : F = 0$  flotte



# PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

Tout corps plongé dans un fluide subit une poussée de bas en haut égale (et opposée) au poids du volume de fluide déplacé



# EXEMPLE

On parle souvent de la partie visible de l'iceberg sous-entendant que la plus grande partie de l'iceberg est cachée sous l'eau. Quelle est la fraction visible?

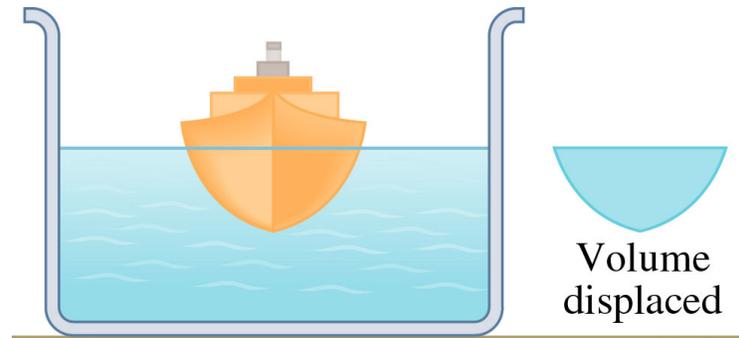
$\rho_o = 917\text{kg/m}^3$  la masse volumique de la glace.

$\rho_l = 1025\text{kg/m}^3$  la masse volumique de l'eau de mer.

$$F_A = F_w$$



# FLOTTABILITÉ



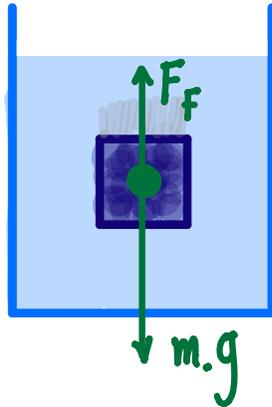
© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

**Quelles sont des conditions pour que le bateau flotte?**

- (a) Volume du bateau  $>$  volume d'eau déplacé
- (b) Poids de l'eau déplacé  $\geq$  poids du bateau
- (c) Poids de l'eau déplacé  $<$  poids du bateau
- (d) Masse volumique moyenne du bateau  $<$  masse volumique moyenne de l'eau

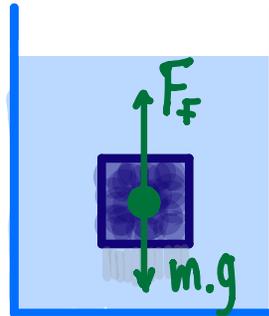
# POUSSÉE D'ARCHIMÈDE

$$\rho_{\text{obj}} > \rho_{\text{fluide}}$$



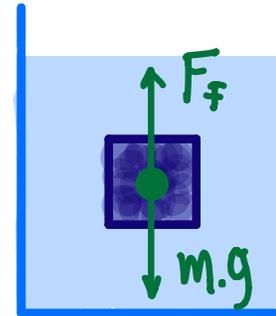
L'objet coule

$$\rho_{\text{obj}} < \rho_{\text{fluide}}$$



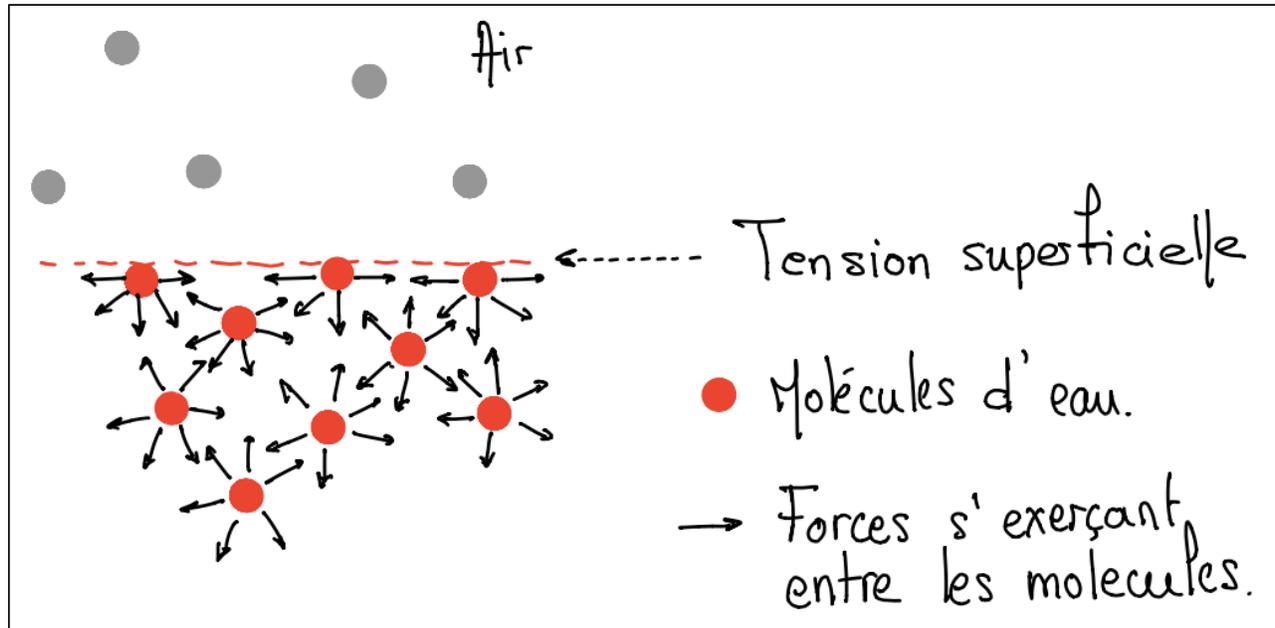
L'objet flotte

$$\rho_{\text{obj}} = \rho_{\text{fluide}}$$



“Flottabilité Neutre”

# TENSION SUPERFICIELLE

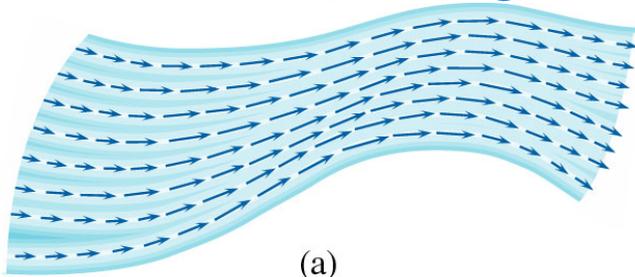


# **HYDRODYNAMIQUE**

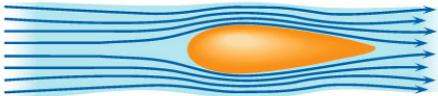
# ÉCOULEMENT D'UN FLUIDE

Laminaire

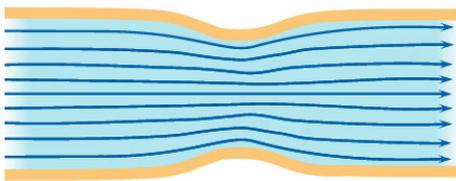
Turbulent



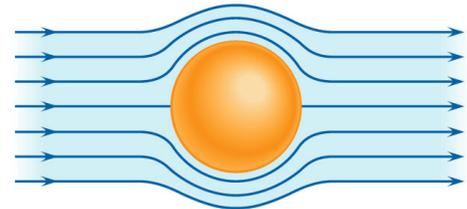
(a)



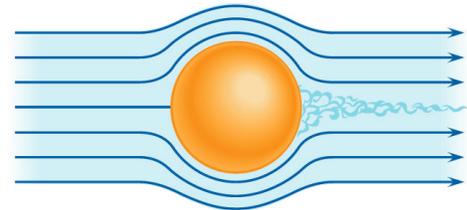
(b)



(c)



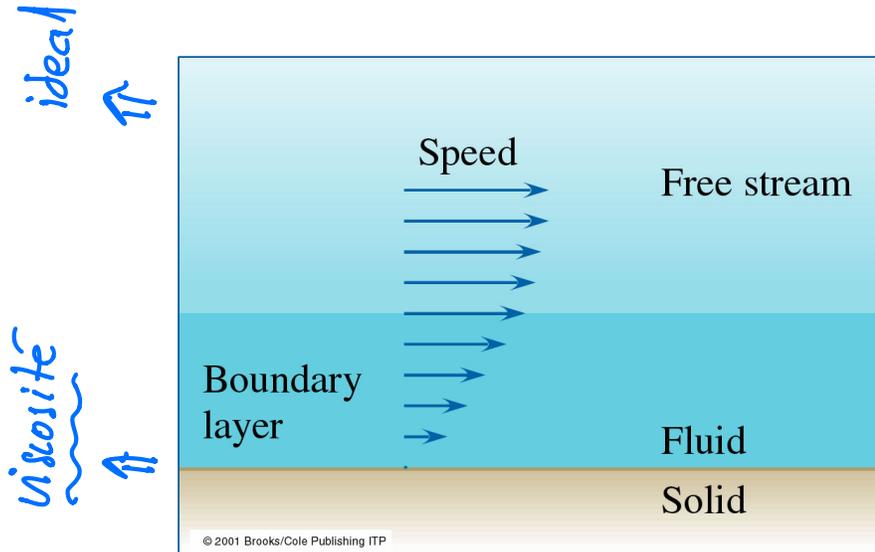
(a)



(b)

© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

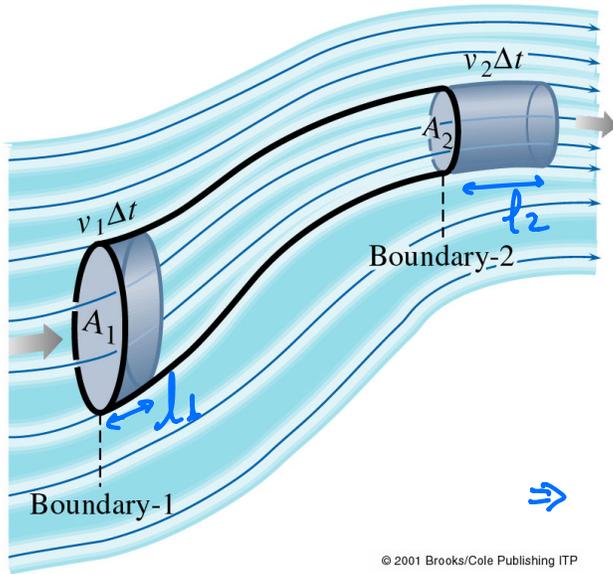
# ÉCOULEMENT D'UN FLUIDE



# FLUIDE PARFAIT

- Incompressible
  - Non visqueux
  - Écoulement laminaire
- 
- Équation de continuité
  - Conservation d'énergie → équation de Bernoulli

# ÉQUATION DE CONTINUITÉ



$\Delta t$

$$l_1 = v_1 \cdot \Delta t \quad \text{entrée}$$

$$l_2 = v_2 \cdot \Delta t$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow l_1 \cdot A_1 = l_2 \cdot A_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_1 \cdot \cancel{\Delta t} \cdot v_1 = A_2 \cdot \cancel{\Delta t} \cdot v_2 \Rightarrow A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Section  $\uparrow \downarrow$  vitesse

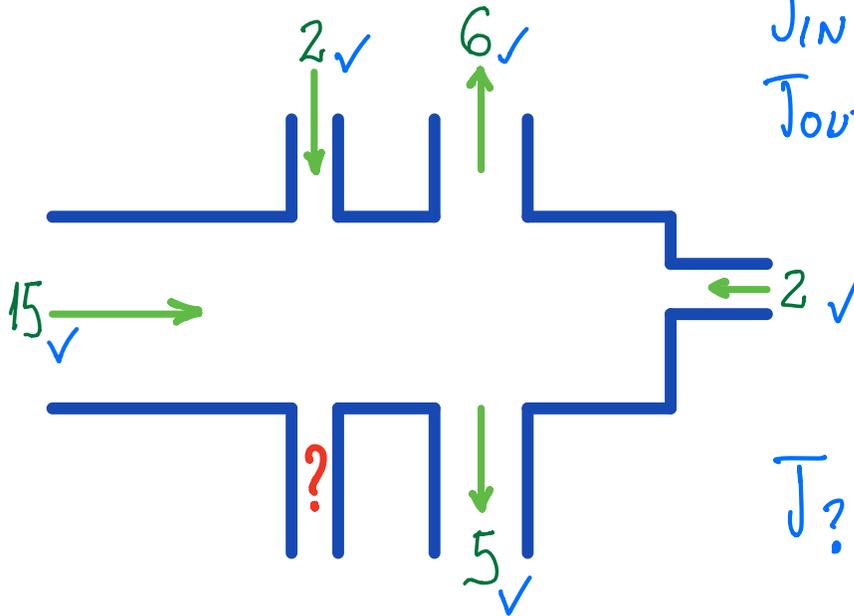
$$A \cdot v = \text{const.}$$

Débit Volumique

$$J = A \cdot v = A \frac{dl}{dt} = \frac{dV}{dt}$$

$$[J] = \text{m}^3/\text{s}$$

# QUESTION – LE DÉBIT VOLUMIQUE



$$J_{IN} = J_{OUT}$$

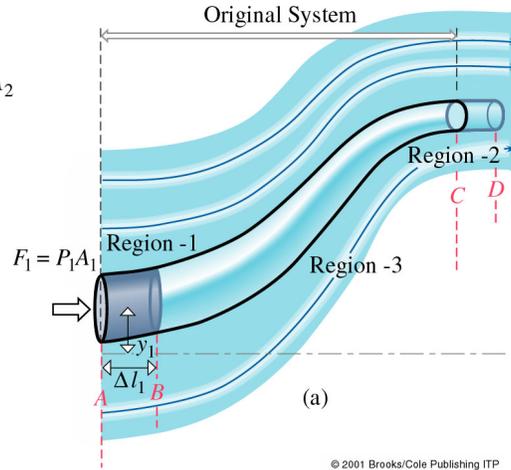
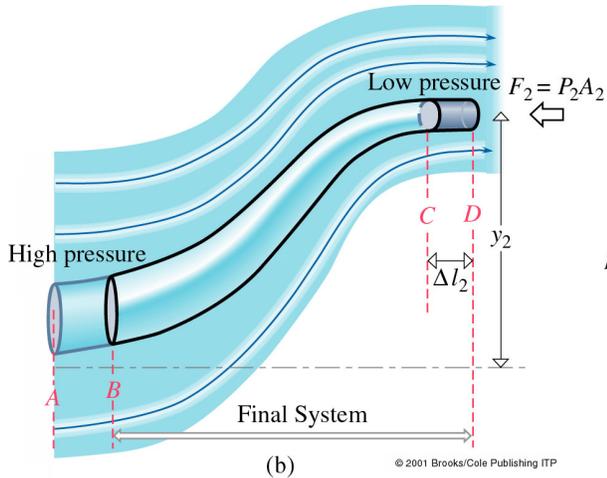
$$J_{IN} = (15 + 2 + 2) \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$J_{OUT} = (6 + 5) \text{ cm}^3/\text{s}$$

Débit volumique  
en  $\text{cm}^3/\text{s}$

$$J_{?} = 8 \text{ cm}^3/\text{s} \quad \downarrow$$

# CONSERVATION D'ÉNERGIE: L'ÉQUATION DE BERNOULLI



$$\Delta W = \Delta E_{\text{cin}} + \Delta E_p$$

# CONSERVATION D'ÉNERGIE: L'ÉQUATION DE BERNOULLI

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{constante}$$

↓                      ↓                      ↓

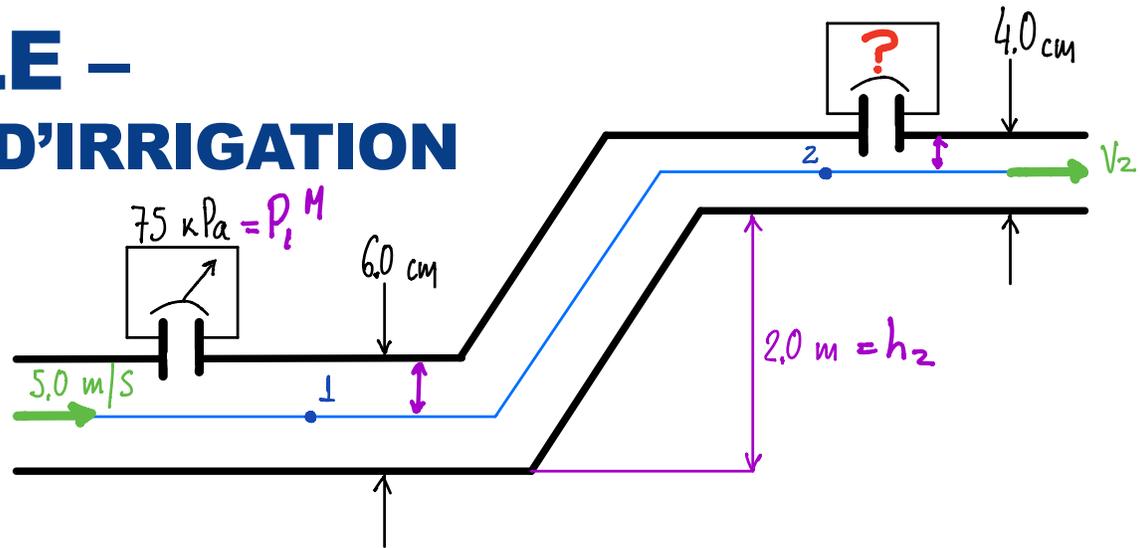
Energie interne                       $E_{cin}$                        $E_p$ /unité de volume

Pour  $v_1 = v_2 \Rightarrow P_1 + \rho g h_1 = P_2 + \rho g h_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow$  si  $h_1 = h_2 \Rightarrow P_1 = P_2$

Si  $h_1 = h_2 : P_1 \neq P_2 \Rightarrow v_1 \neq v_2$

# EXEMPLE – SYSTÈME D'IRRIGATION



$$P_1 \neq P_1^M = 75 \text{ kPa}$$

$$P_1 = P_1^M + P_{atm} = 75 \text{ kPa} + 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 176.3 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{const}$$

$$v \cdot A = \text{const} \Rightarrow v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \Rightarrow v_1 \cdot 2\pi r_1^2 = v_2 \cdot 2\pi r_2^2 \Rightarrow v_2 = v_1 \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$P_e = P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \cancel{\rho gh_1} - \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \rho gh_2 \Rightarrow P_2 = \dots = 105.900 \text{ Pa}$$

$$P_2^M = P_2 - P_{atm} = 4.6 \text{ kPa}$$

# EFFET VENTURI

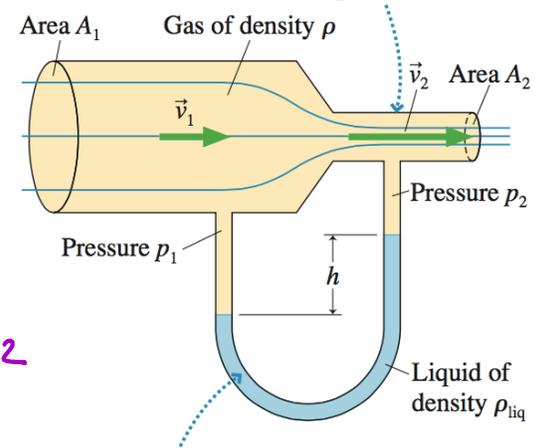
La région d'un fluide forcée à se déplacer rapidement, devient le siège d'une pression inférieure à celle d'une partie du fluide qui se déplace plus lentement.

Eq. continuité  $A \cdot v = \text{const} \Rightarrow U_1 < U_2$

Eq. Bernoulli  $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{const} \Rightarrow$

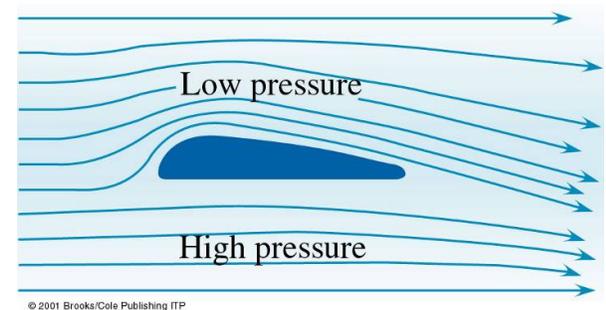
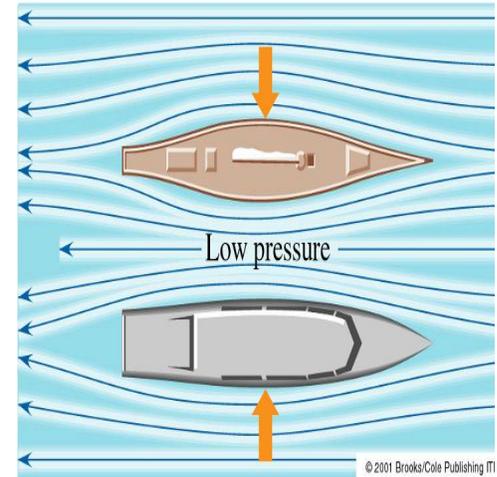
$h: \text{const} \Rightarrow P_1 > P_2$

1. As the gas flows into a smaller cross section, it speeds up (equation of continuity). As it speeds up, the pressure decreases (Bernoulli's equation).



2. The U tube acts like a manometer. The liquid level is higher on the side where the pressure is lower.

# EXEMPLES – EFFET VENTURI



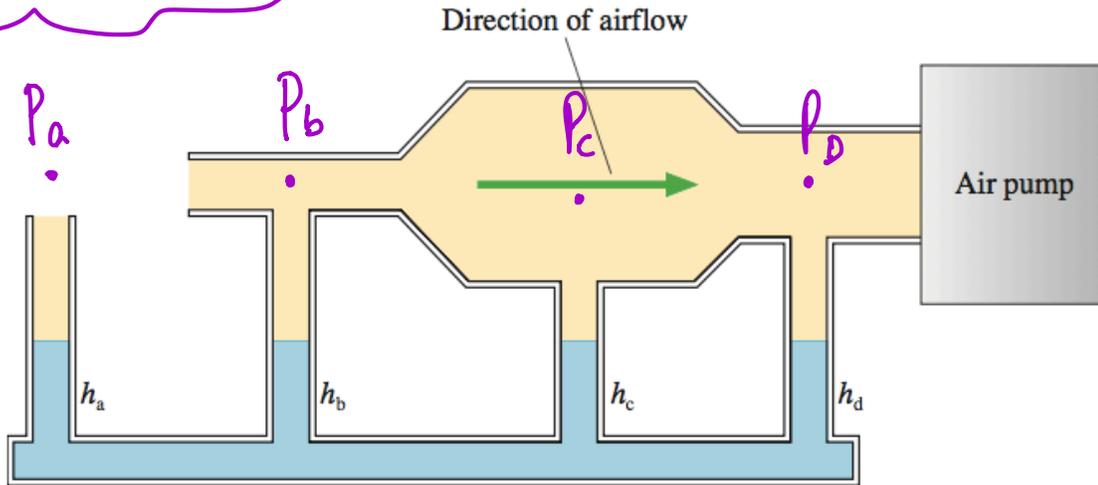
(Demos en cours)

# QUESTION

Pour trouver  $h_a ? h_b ? h_c ? h_d$   
on doit trouver une relation entre :  
 $P_a ? P_b ? P_c ? P_d$

Classer l'hauteur d'eau de chaque tube.

$$\left. \begin{array}{l} P_b < P_c \\ P_c > P_b \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_b < P_D < P_c < P_a \\ h_b > h_d > h_c > h_a \end{array} \right.$$



(Demo

# EXEMPLE – EXPÉRIENCE DE TORRICELLI

Un réservoir rempli d'un liquide est percé d'un trou à sa base.  
Quelle est la vitesse à laquelle le liquide jaillit par ce trou.

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{const} \Rightarrow$$

$$v_2^2 = v_1^2 + \frac{2(P - P_A)}{\rho} + 2gh$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

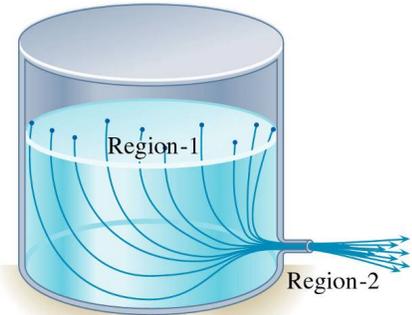
$$v_2^2 = \frac{2(P - P_A)}{\rho} + 2gh$$

$$A_2 \ll A_1 \Rightarrow v_2 \gg v_1$$

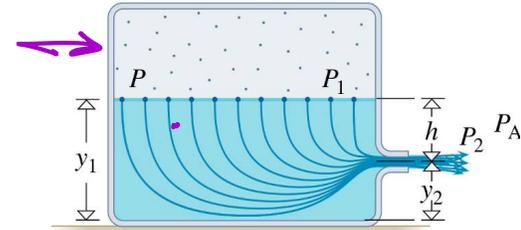
$$v_1 \approx 0 \text{ wrt } v_2$$

(Demo: Tour Toricelli)

Si  $P = P_A$  :  $v_2 = \sqrt{2gh}$   
(notes h l' hauteur depuis surface!)



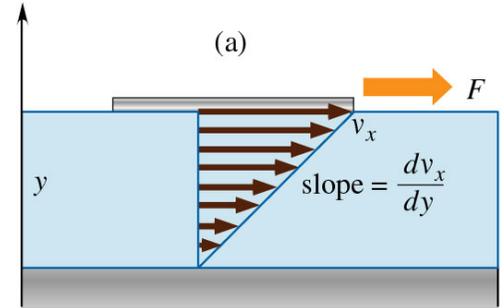
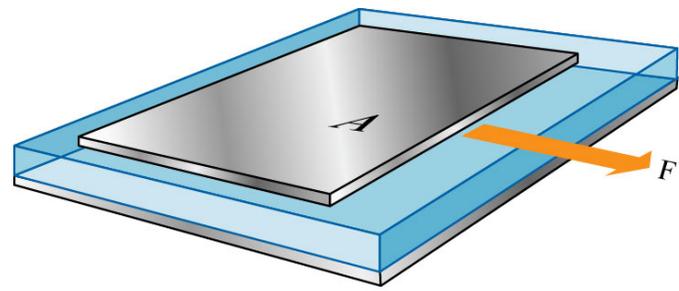
© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP



© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

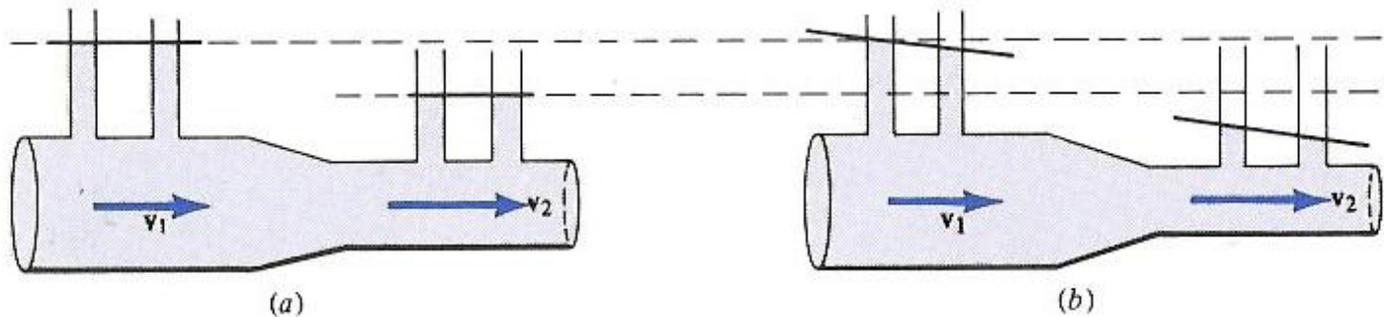
(b)

# LA VISCOSITÉ



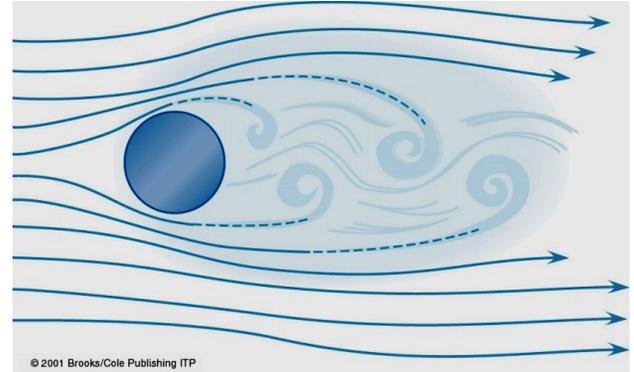
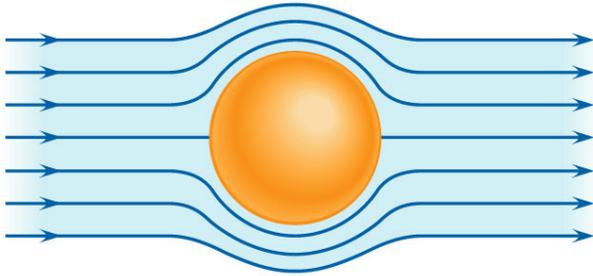
(b) © 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

# ÉCOULEMENT LAMINAIRE DANS UN TUYAU CYLINDRIQUE



(Démonstration de l'effet Venturi en fluide réel)

# ÉCOULEMENT ILLIMITÉ AUTOUR D'UN OBSTACLE



# POUR INFORMATION...

Pendant un cycle cardiaque complet, la pression dans le coeur et le système circulatoire passe par un maximum (phase de pompage du coeur) et par un minimum (sang renvoyé par les veines). On mesure ces pressions extrêmes.

Le principe de mesure est basé sur le fait que l'écoulement sanguin dans les artères n'est pas toujours laminaire. L'écoulement devient turbulent quand les artères sont comprimées. Il est alors bruyant et peut être perçu au moyen d'un stéthoscope.

Rapport systolique/diastolique : 120/80 en mm Hg.

