Fluides

- liquides, gases
- principe de Pascal
- poussée d'Archimède
- tension superficielle
- écoulement laminaire, tourbulent
- équation de continuité
- équation de Bernoulli, effet Venturi
- écoulement visqueux
- loi de Poiseuille

Liquides et gazes

- liquides : volume constante, indépendant de la pression
- gazes : forte variation du volume avec la pression
- absence de la résistance au cisaillement

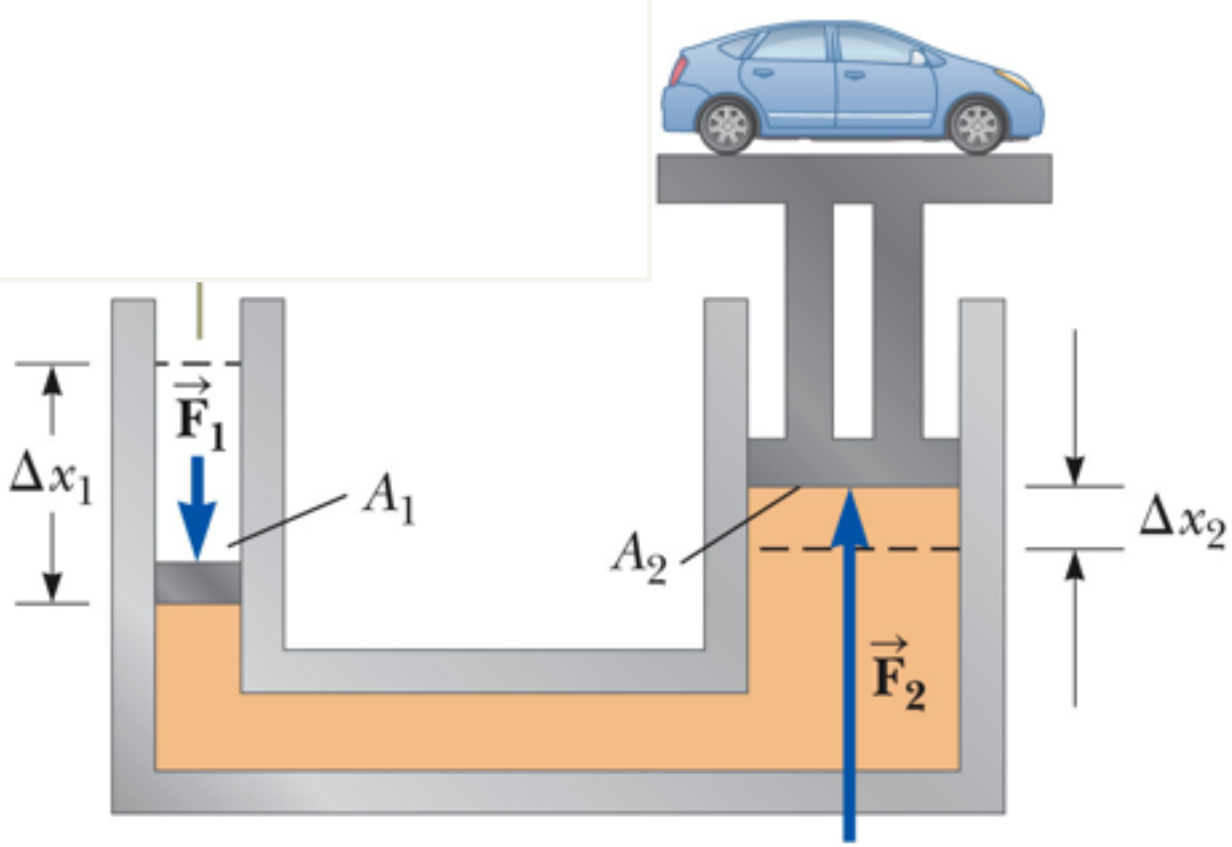
Air

- 3E19 molécules dans chaque cm^3
- 450 m/s vitesse moyenne
- 1E-7 m libre parcours moyenne
- 5E9 collisions par seconde

La pression

- la pression est une forme de contraint, la force par unité de surface
- son unité est le Pa. 1Pa=1N/m^2

La press hydraulique



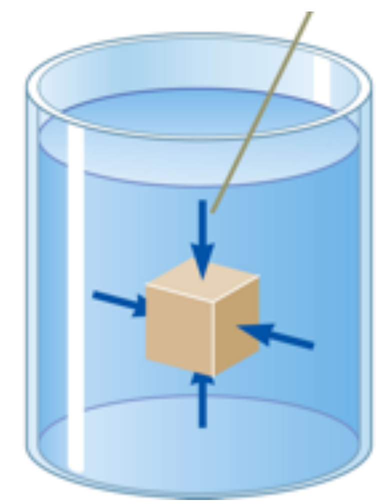
Principe de Pascal : une pression externe appliqué à un fluide confiné est transmise intégralement à travers tout le liquide.

$$p_1 = p_2$$

$$p_1 A_1 \ll p_2 A_2$$

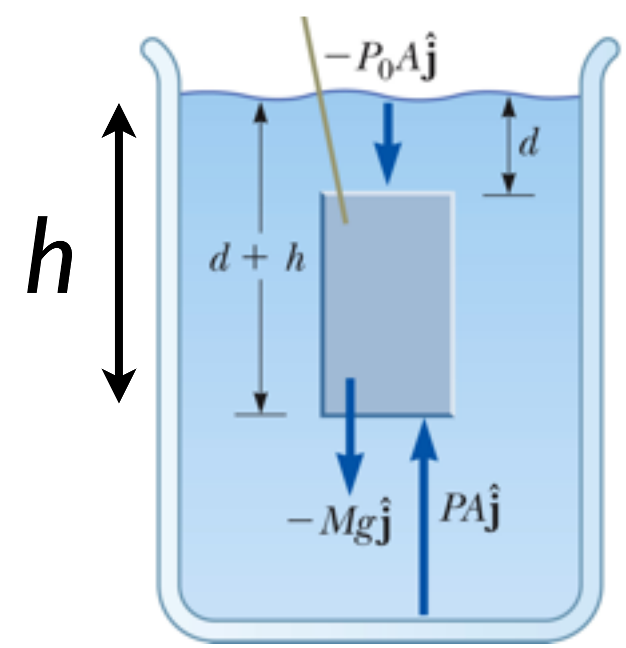
La pression hydrostatique

- la force exercée par un fluide au repos sur toute surface rigide est toujours perpendiculaire à cette surface



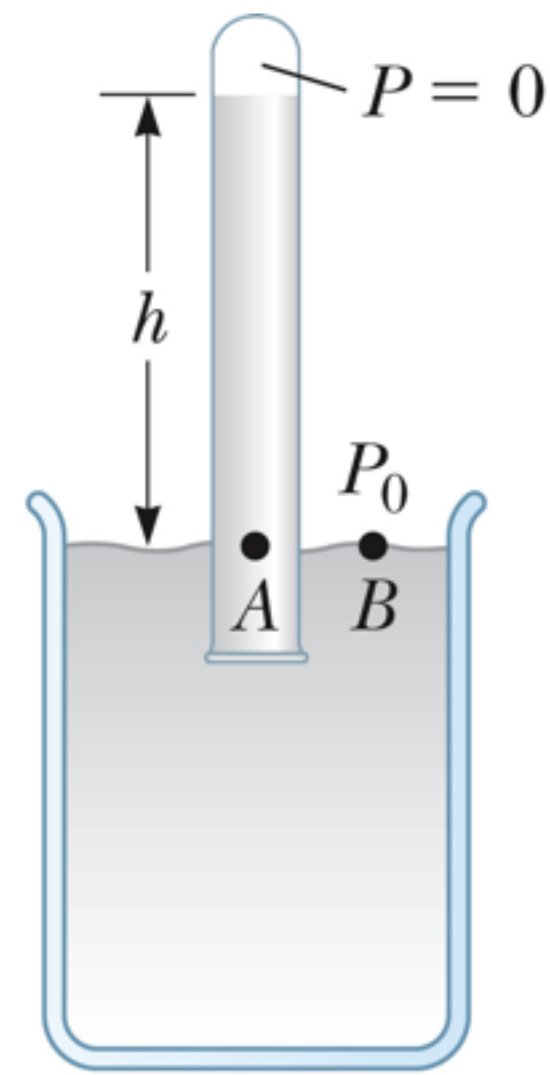
- la force exercée sur une surface dans un fluide a une profondeur *h* est égale au poids de la colonne de fluide qui se trouve au-dessus:

$$p = \rho g h$$

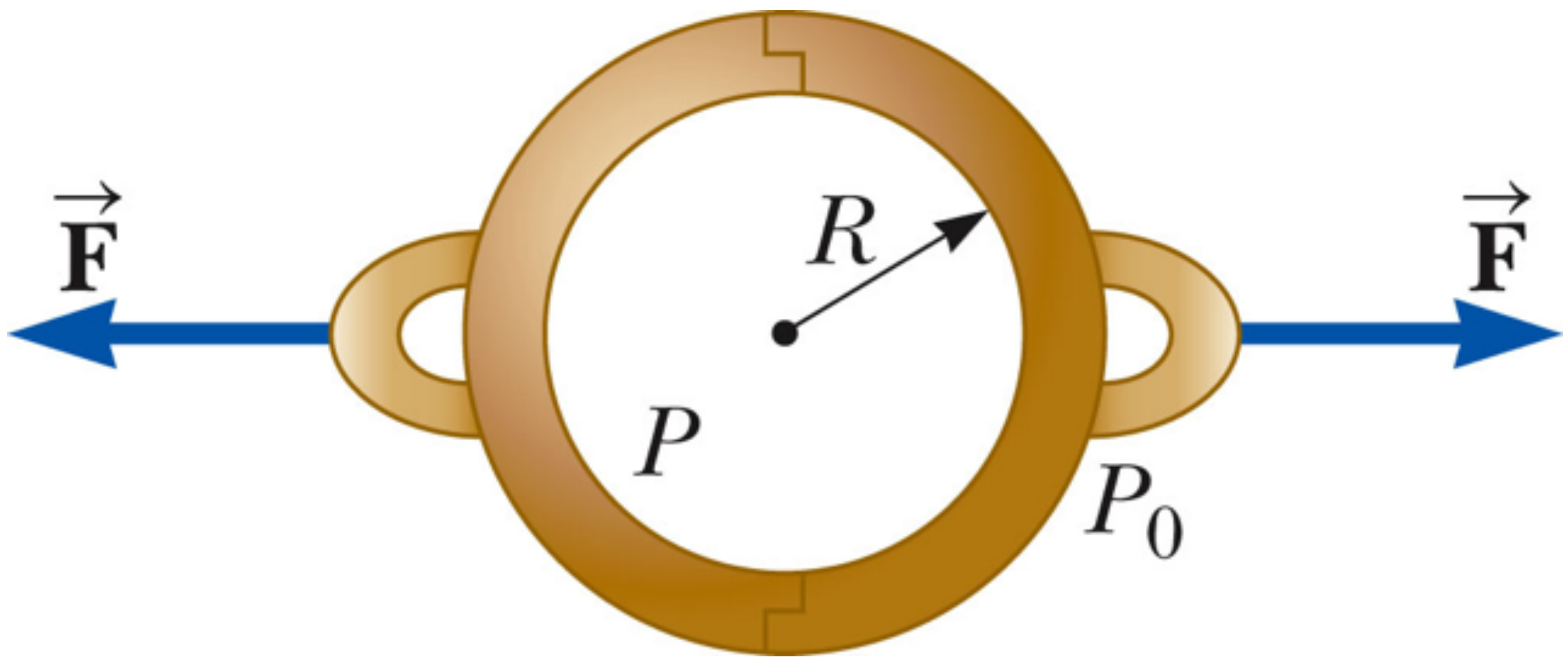


pression atmosphérique

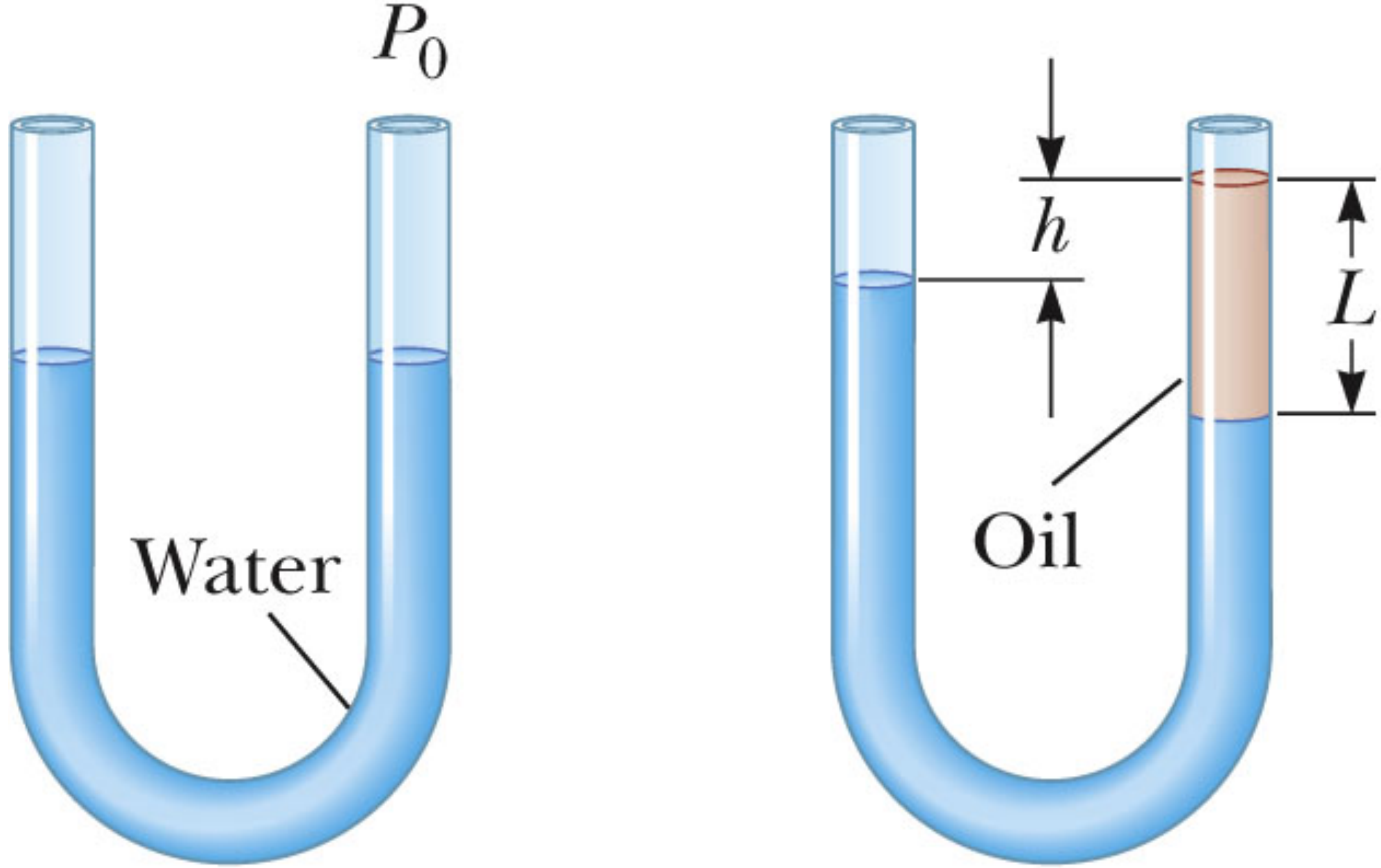
- expérience de Toricelli : verre remplie de mercure



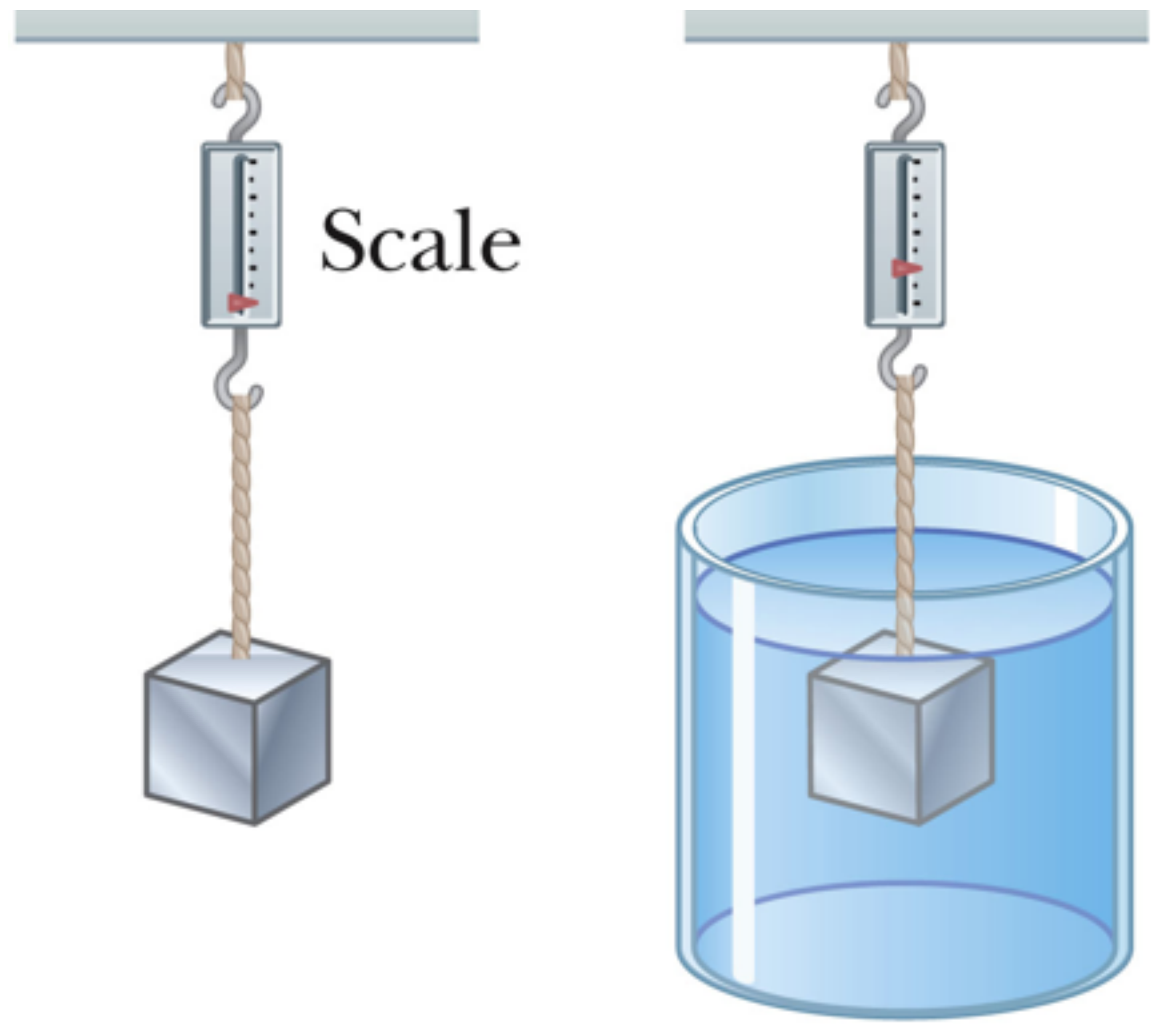
vide : demisphères de Magdebourg



expérience de Otto von Guericke

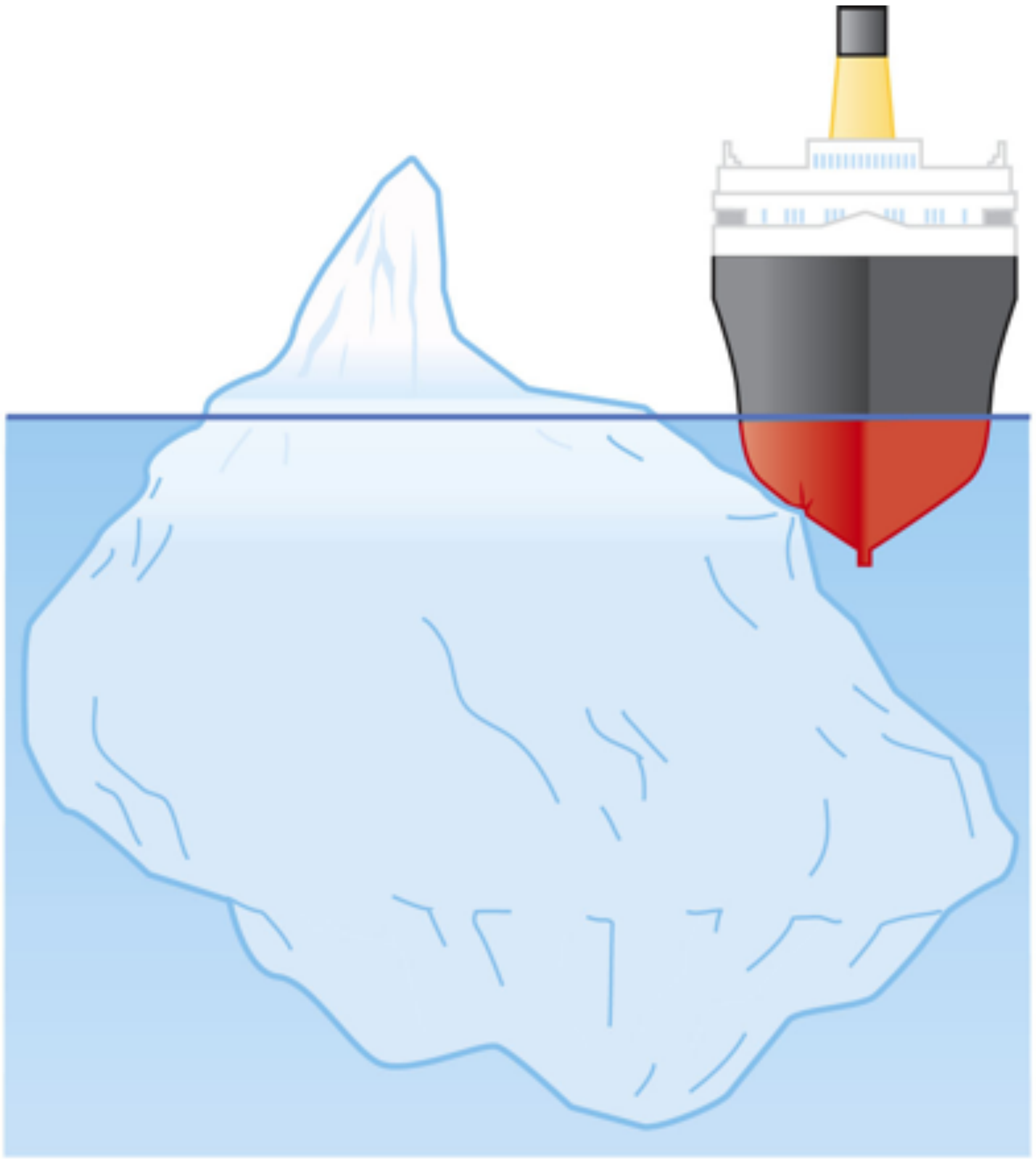

P_0
Water
h
L
Oil

Poussée d'Archimède

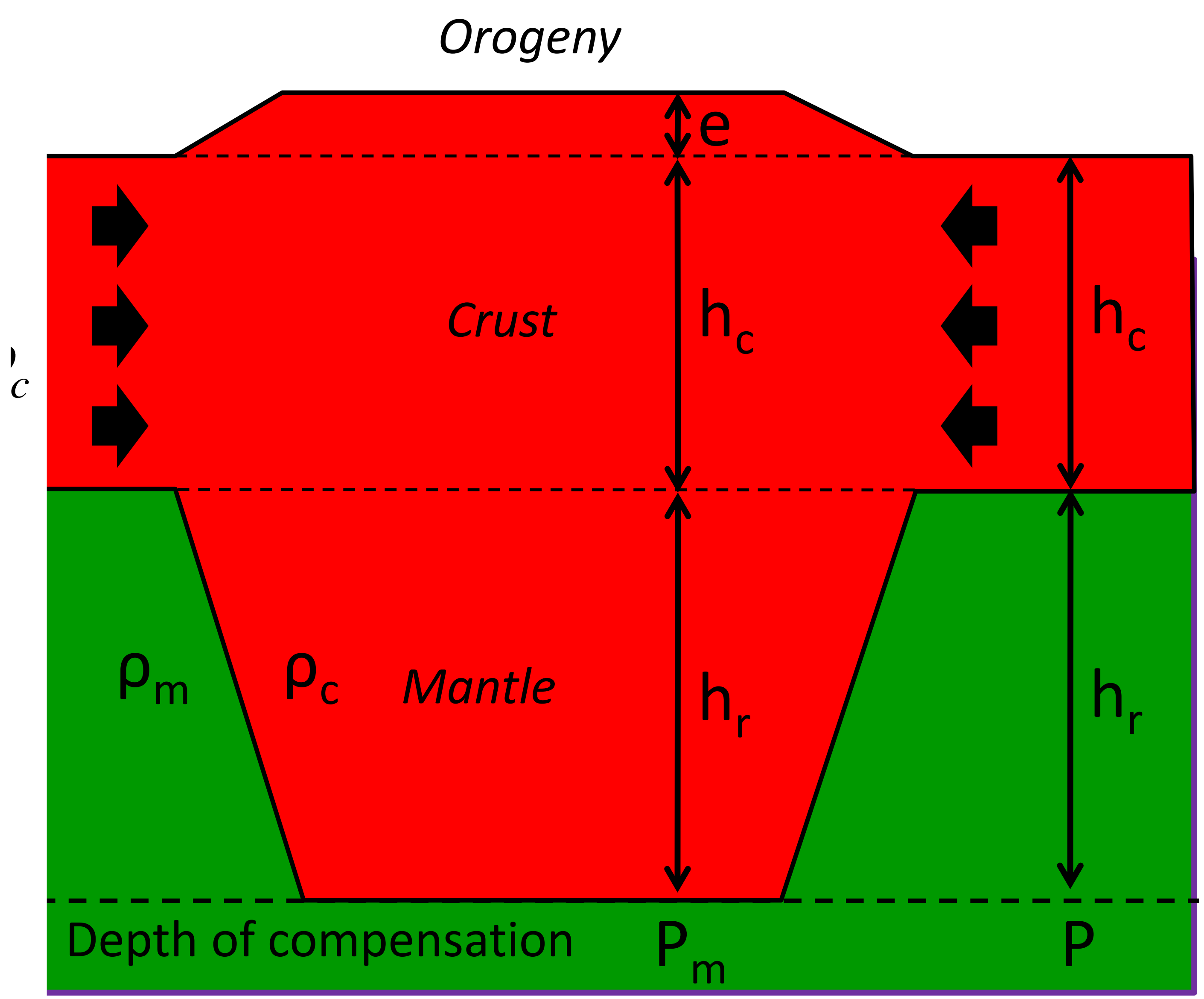


Poussée d’Archimède

- Un objet immergé dans un fluide paraît plus légèr ; il est pussé vers le haut avec une force égale au poids du fluide qu’il déplace.

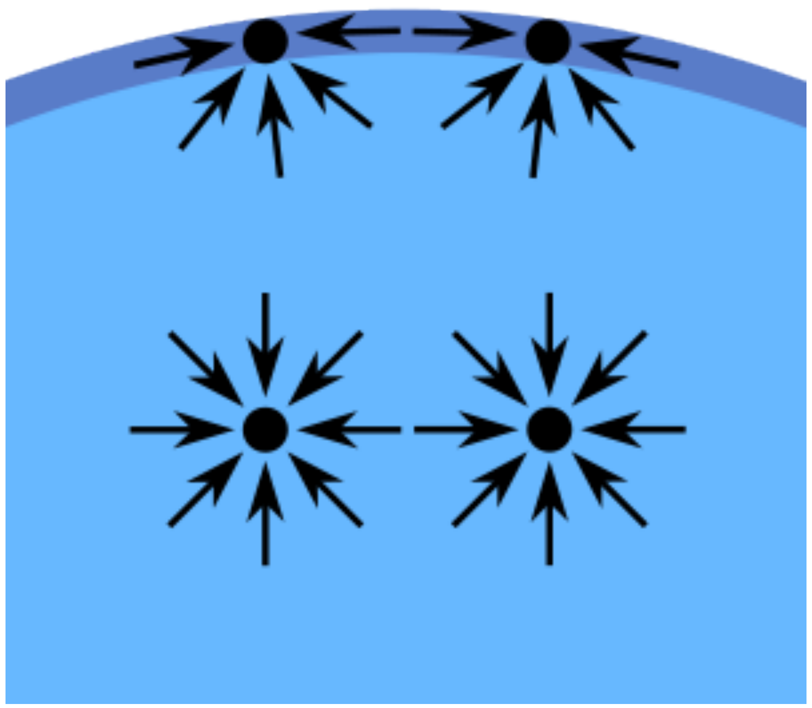


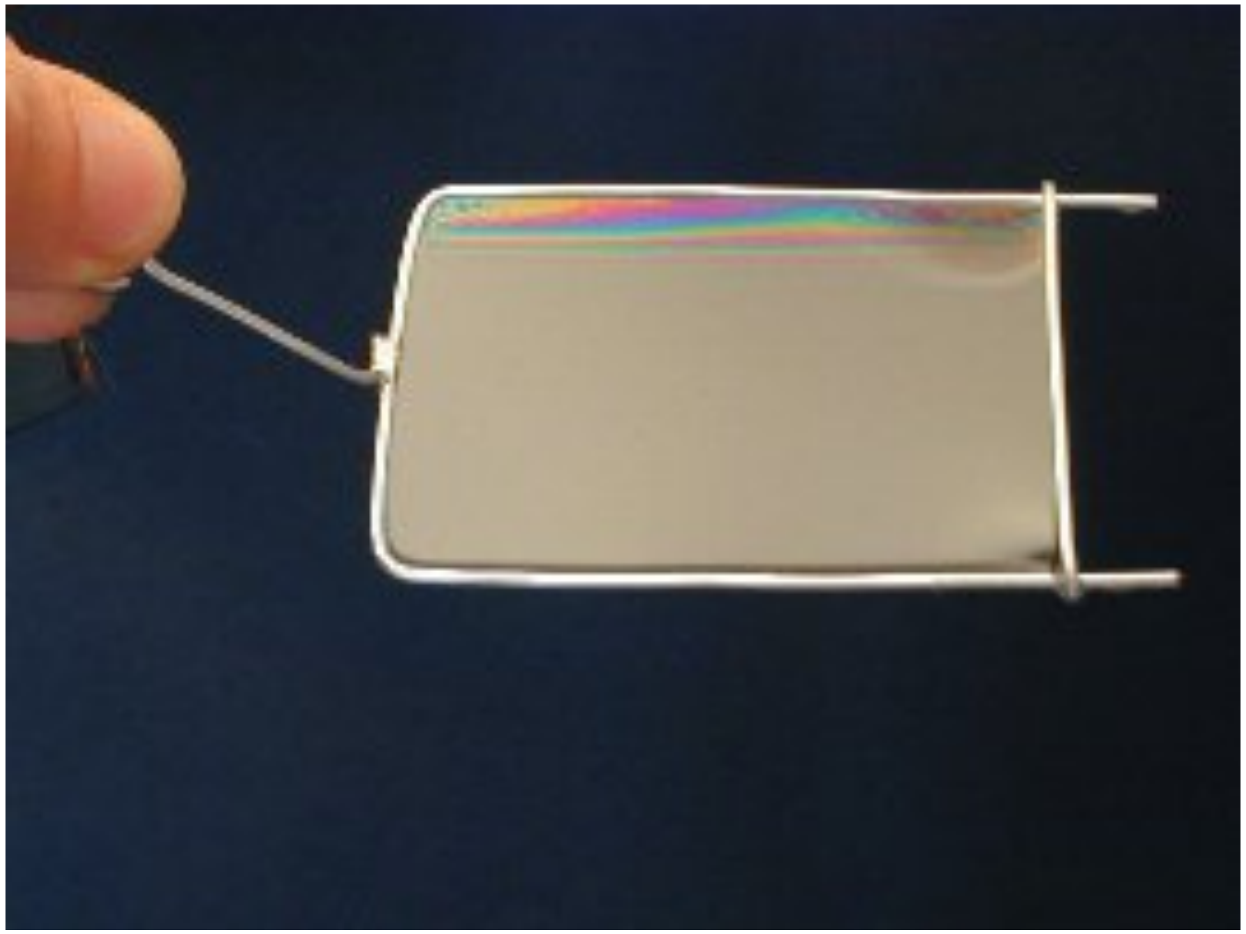
Orogenèse

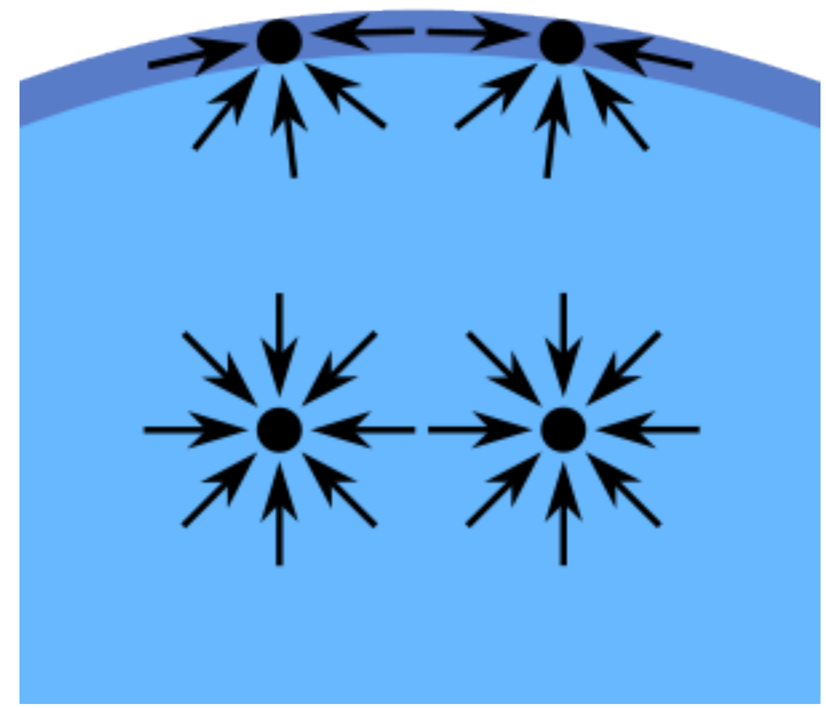


Derive a formula for h_r.

Tension superficielle

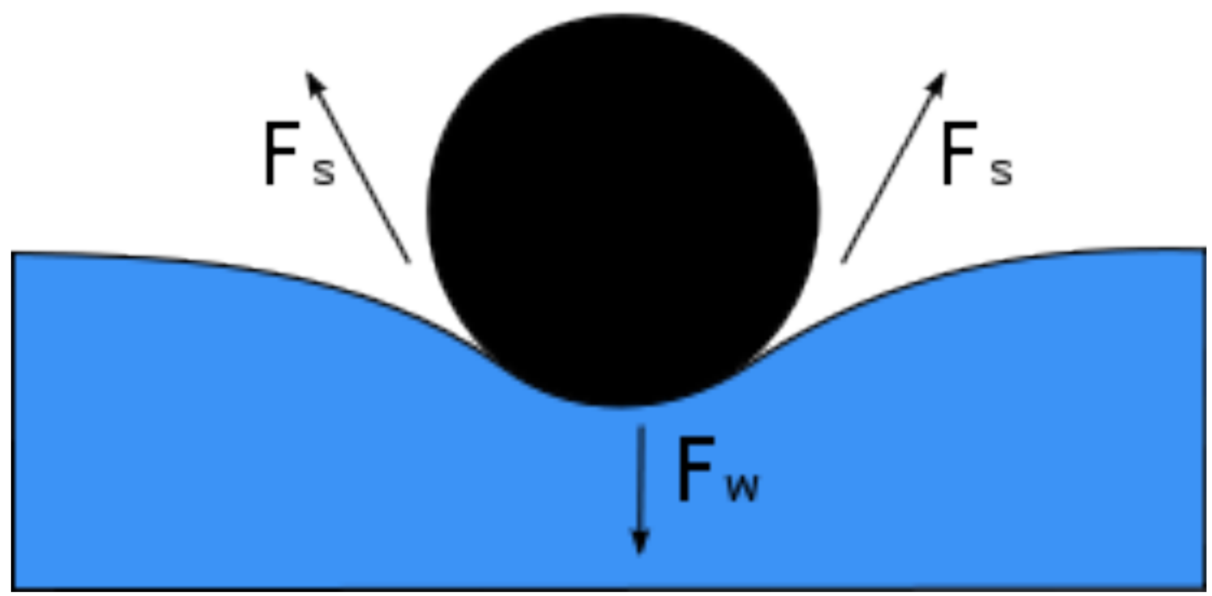






$$F = 2\gamma l$$

$$[\gamma] = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^2}$$



Fs
Fs
Fw

Loi de Laplace : pourquoi la pression à l'intérieure des bulles de savon est élevé ?

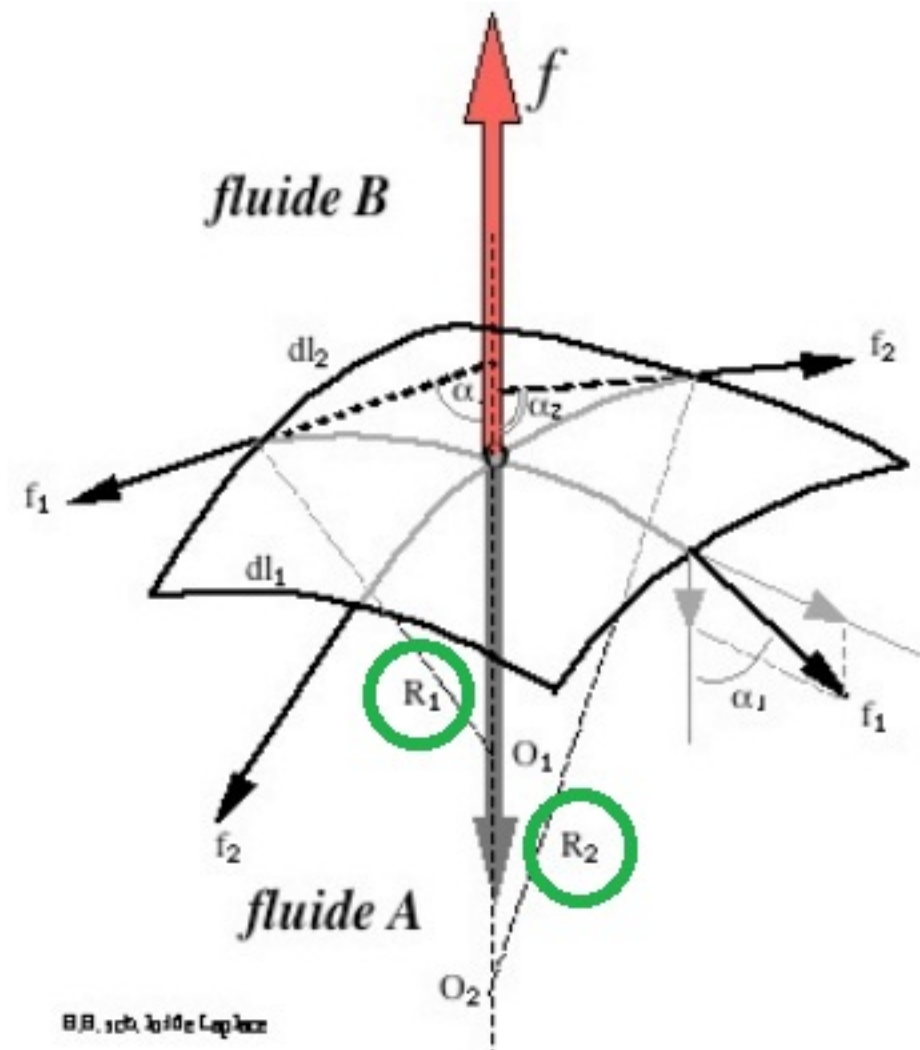
$$f = \left(p_{int} - p_{ext}\right) dl_1 dl_2$$

$$\left(p_{int} - p_{ext}\right) dl_1 dl_2 = 2 f_1 \cos\alpha_1 + 2 f_2 \cos\alpha_2$$

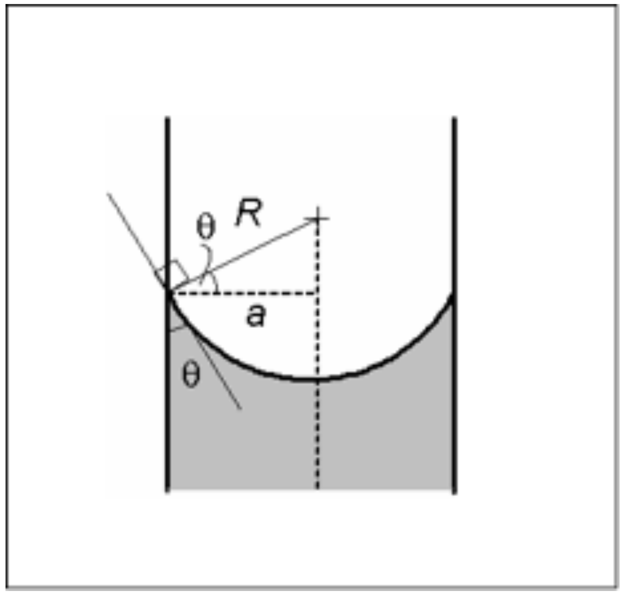
$$f_1 \cos\alpha_1 = 2\gamma dl_2 \frac{dl_1}{2R_1}$$

$$f_2 \cos\alpha_2 = 2\gamma dl_1 \frac{dl_2}{2R_2}$$

$$\Delta p = 2\gamma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

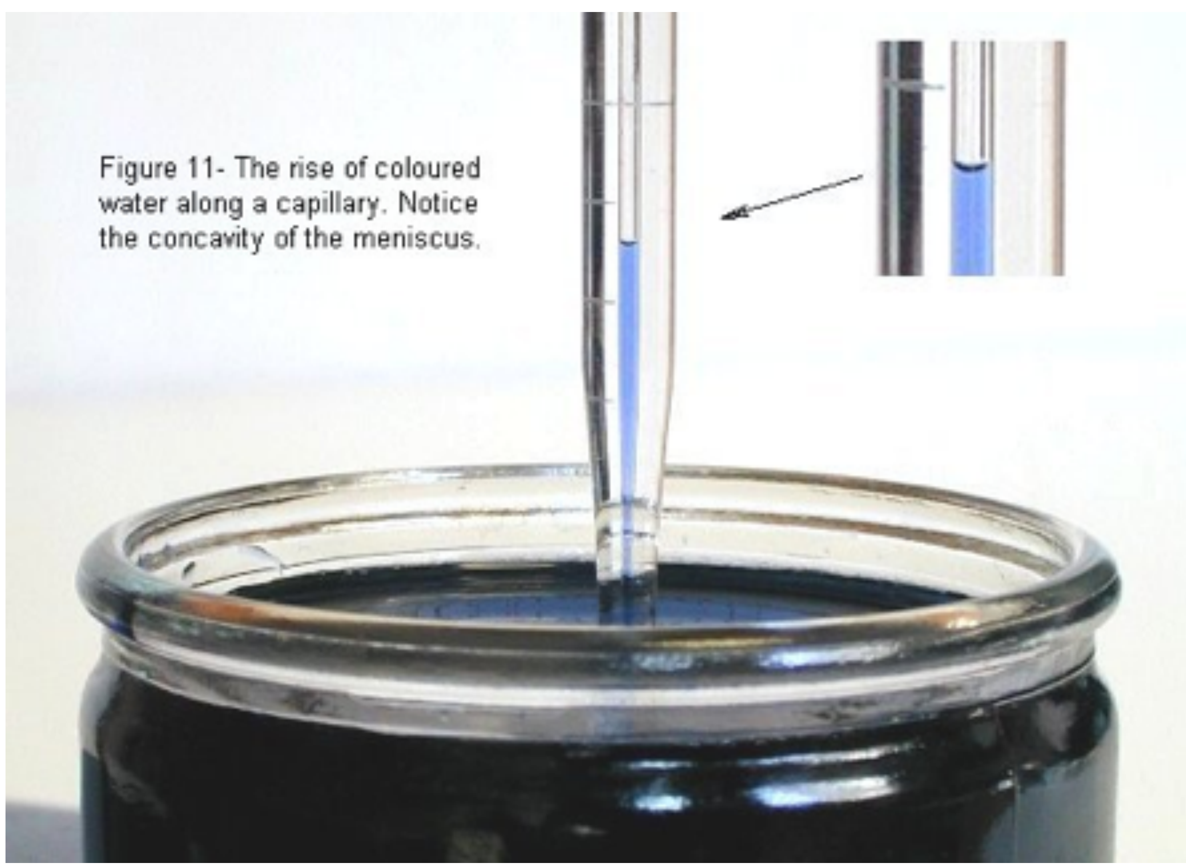


Remonté capillaire



$$\Delta p = \frac{2\gamma}{R} = \frac{2\gamma\cos\theta}{a}$$

il y a une différence de pression de deux côtés d’une surface courbée



$$\Delta p = \rho g h$$

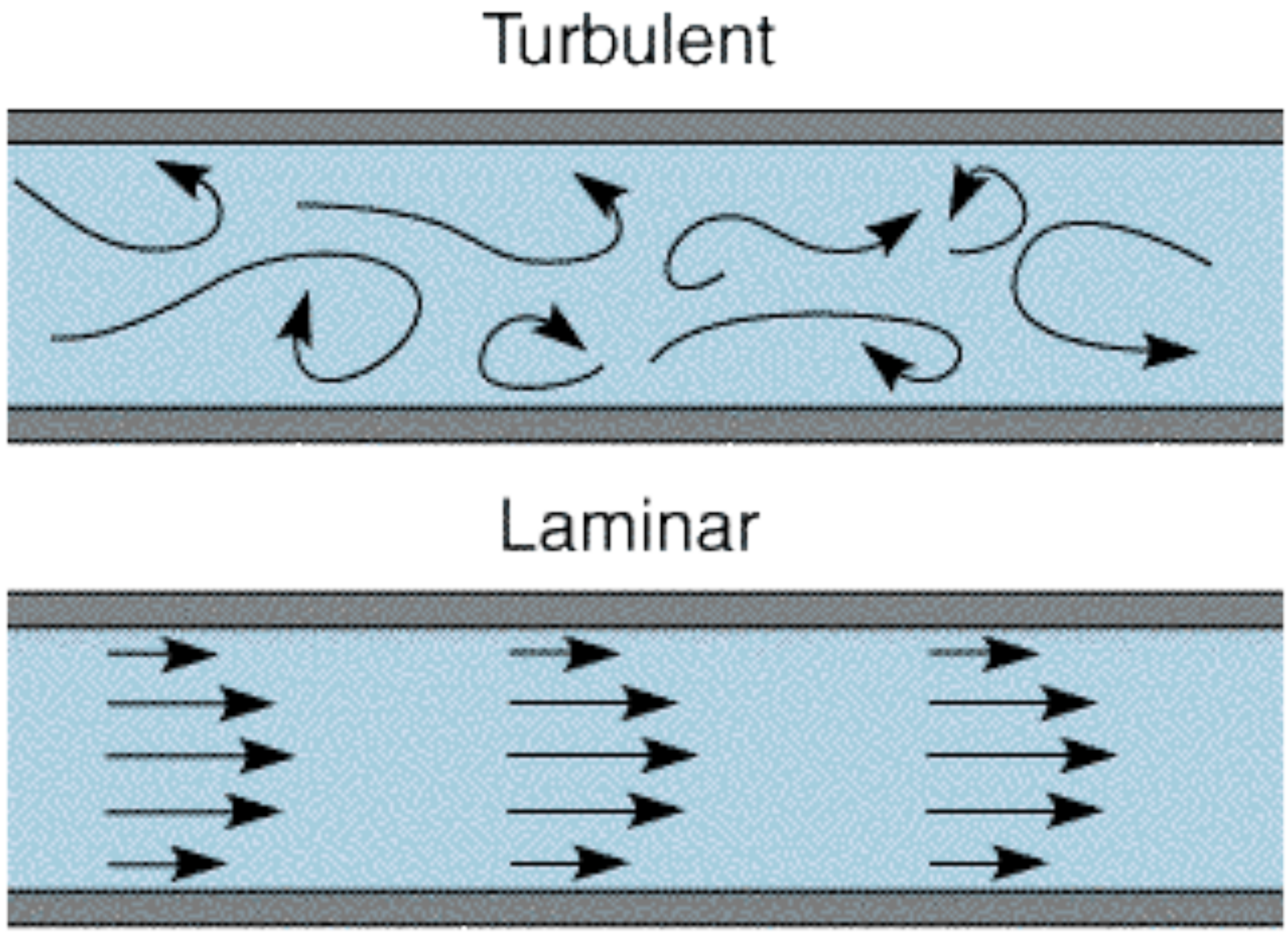
ce différence de pression est égale à la pression hydrostatique de la colonne remonté

$$h = \frac{2\gamma\cos\theta}{\rho g a}$$

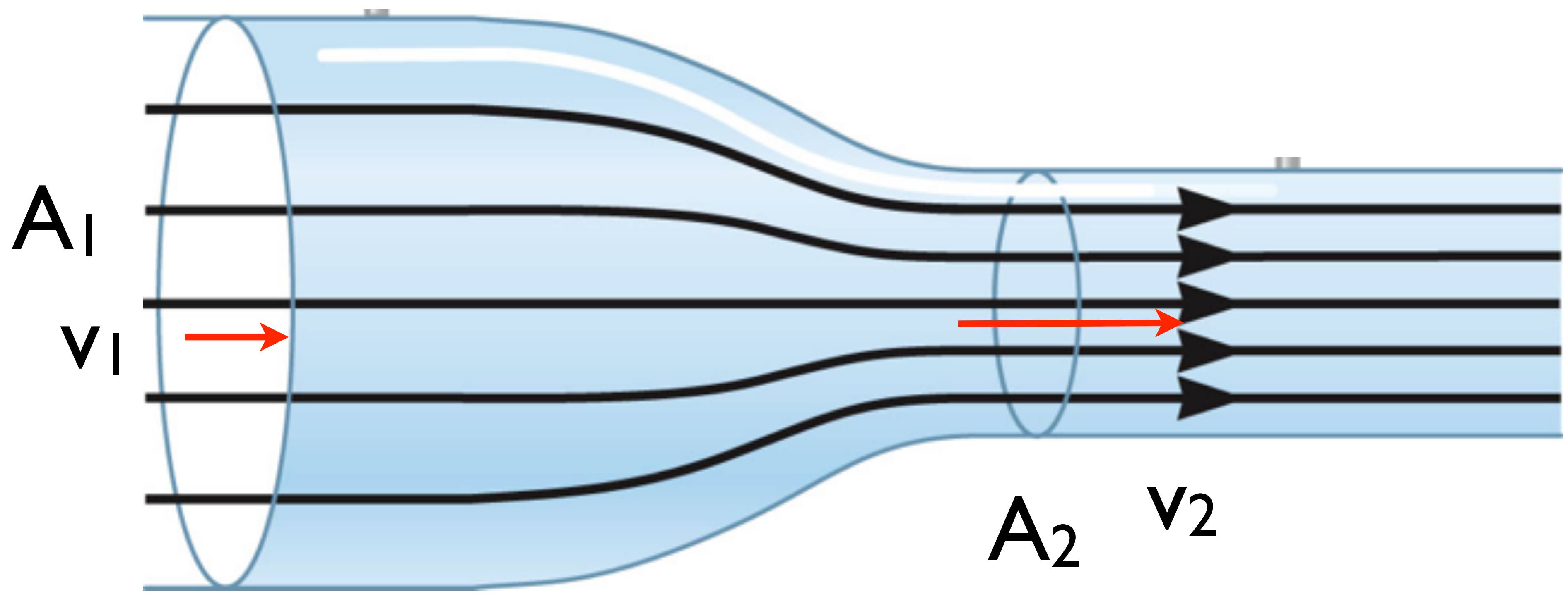
Dynamique des liquides

- écoulement laminaire et turbulent
- lignes de courant
- théorème de Bernoulli
- viscosité, loi de Hagen-Poiseuille

Ecoulements



Lignes de courant

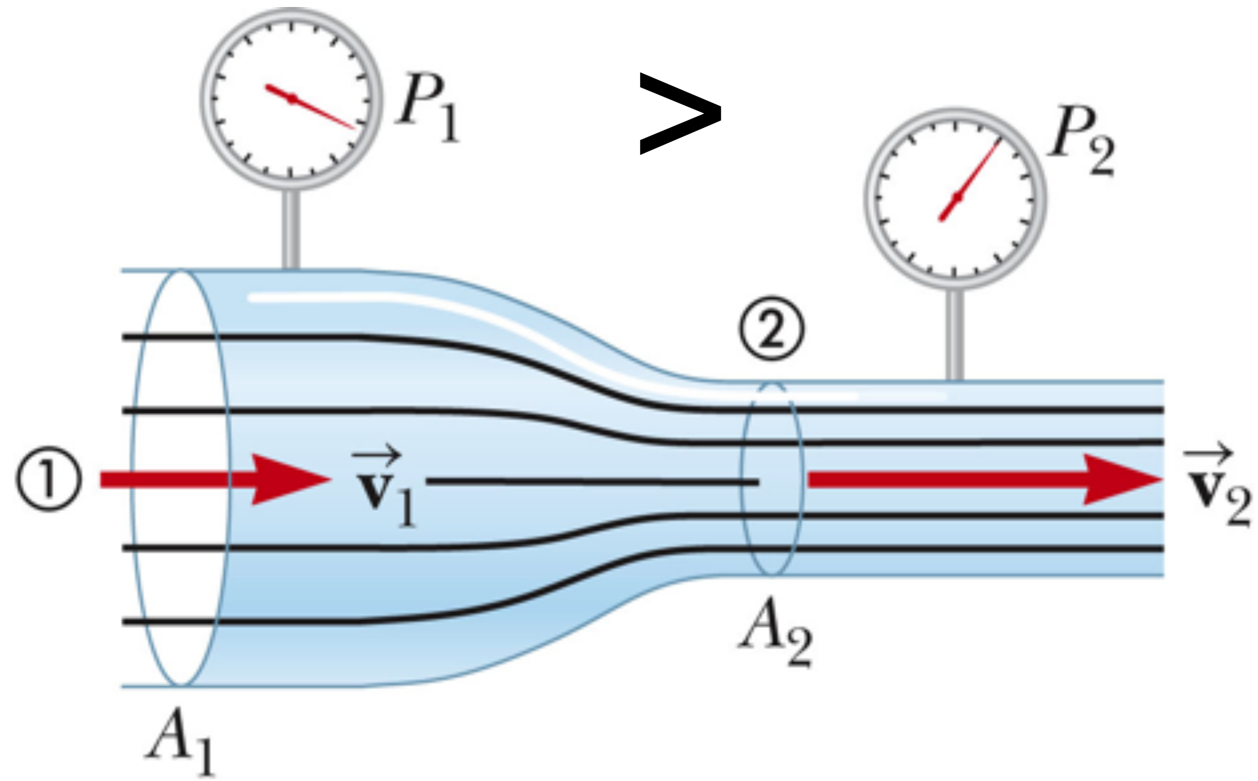


équation de continuité :

flux massique : $$\rho_1 A_1 v_1 dt = \rho_2 A_2 v_2 dt$$

si le liquide est incompressible : $$A_1 v_1 dt = A_2 v_2 dt$$

Equation de Bernoulli dans une fluide incompressible et sans viscosité



$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2 \qquad \left(\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^3}\right)$$

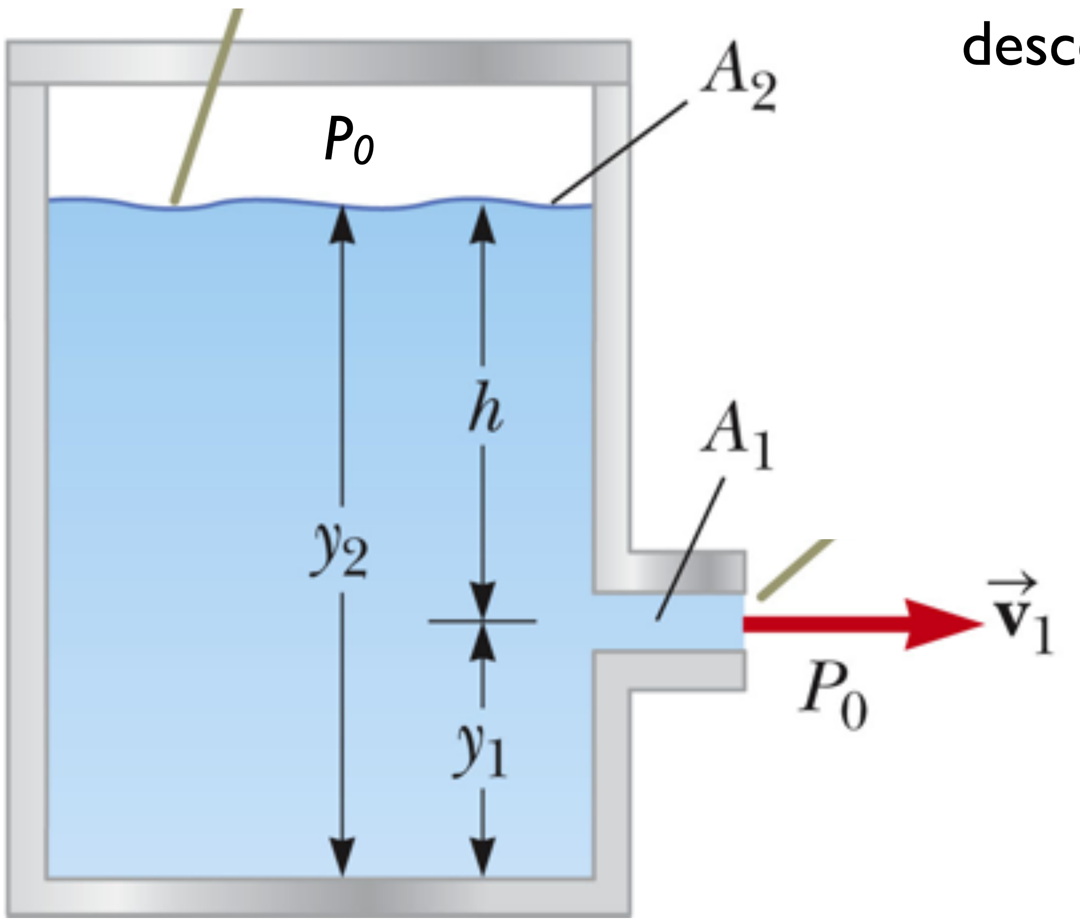
densité de l'énergie dû à la pression

densité d'énergie cinétique

densité d'énergie potentielle

c'est la manifestation de la conservation de l'énergie mécanique pour une fluide idéale

Théorème de Torricelli



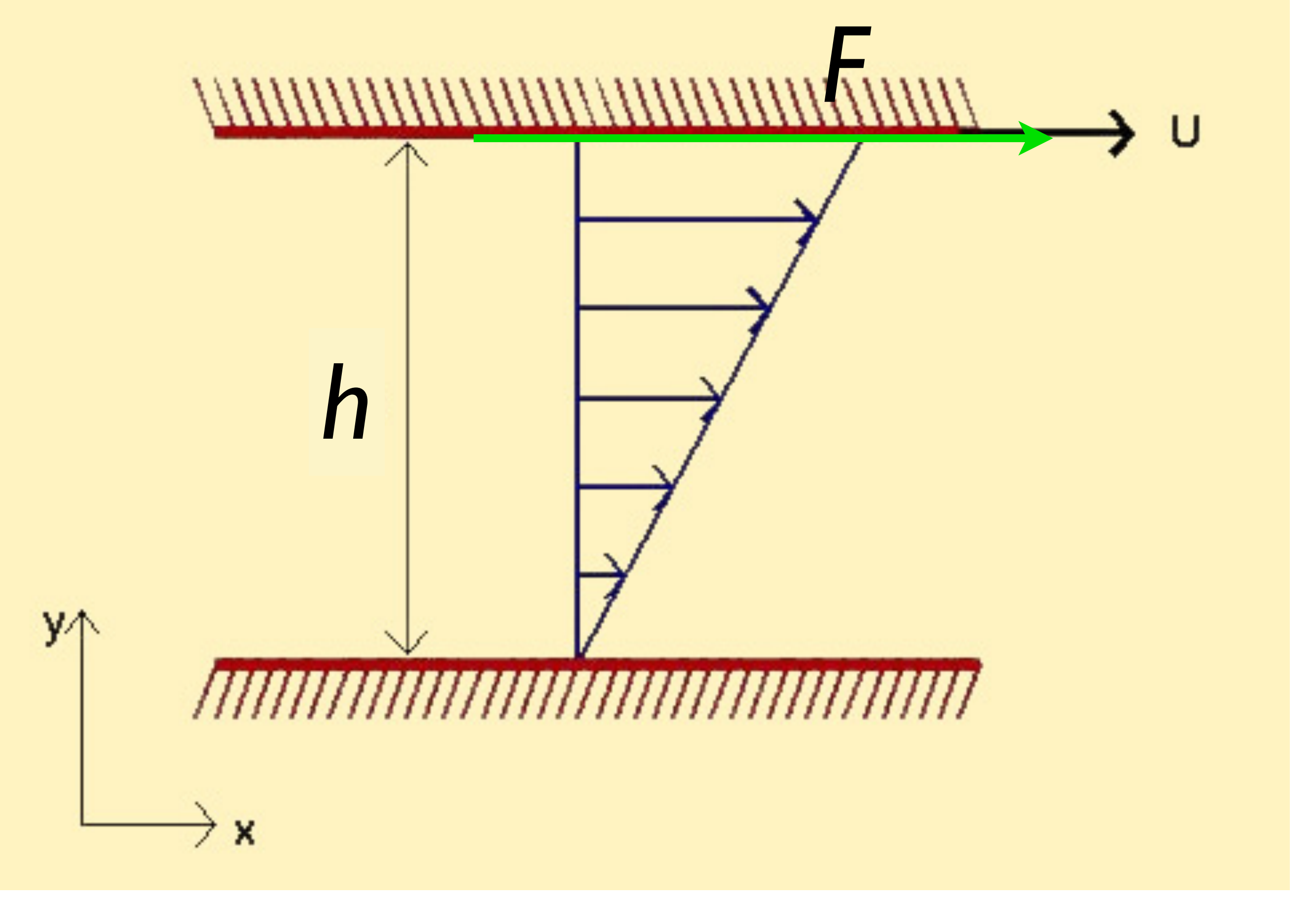
écrivons le théorème de Bernoulli entre la surface libre et de l'eau qui sort à l'ouverture. La vitesse de descente de la surface libre est négligeable.

$$p_0 + \rho g y_2 = p_0 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1$$

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

Ecoulement visqueux

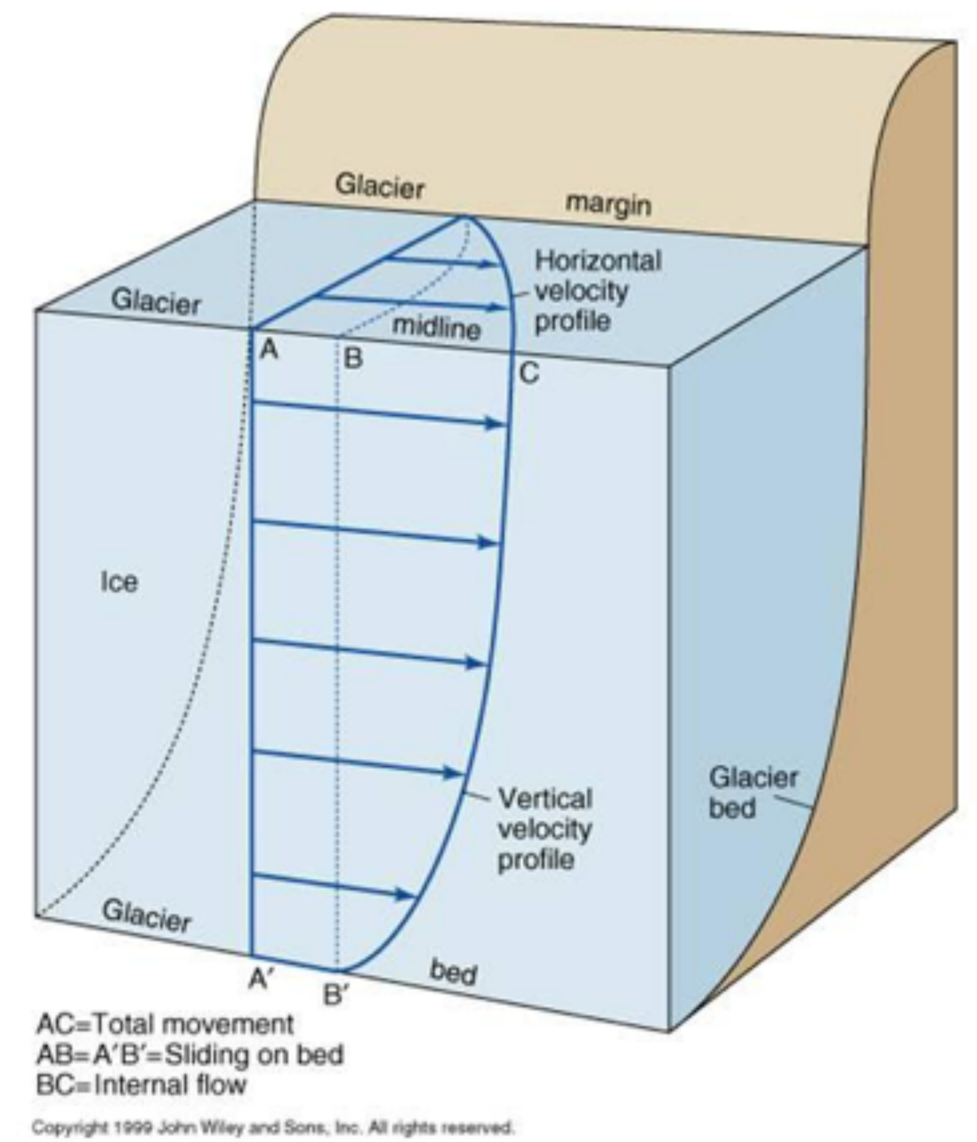
$$\frac{F}{S} = \eta \frac{u}{h}$$



η le viscosité

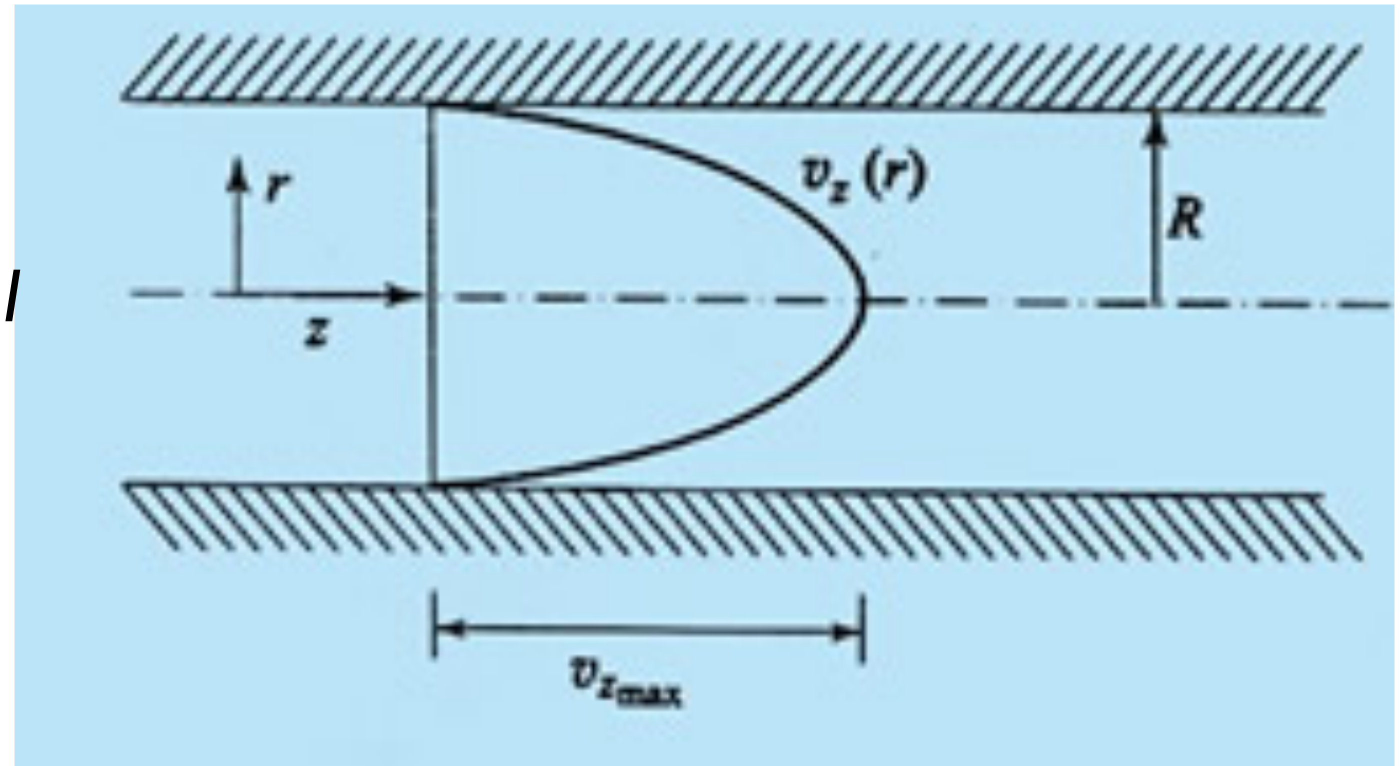
$$[\eta] = \mathrm{Pa\,s}$$

Glaciers


Glacier
margin
Glacier
Horizontal
velocity
profile
midline
A
B
C
Ice
Vertical
velocity
profile
Glacier
bed
Glacier
bed
A′
B′
AC=Total movement
AB=A′B′=Sliding on bed
BC=Internal flow
Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Loi de Hagen-Poiseuille

p_1



p_2

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

L

$$\Phi = \frac{\pi R^4}{8\eta}\frac{\Delta p}{L}$$

$$v_{\max} = \frac{\Delta p R^2}{4\eta L}$$

La semaine prochaine :
oscillations,
ondes élastiques