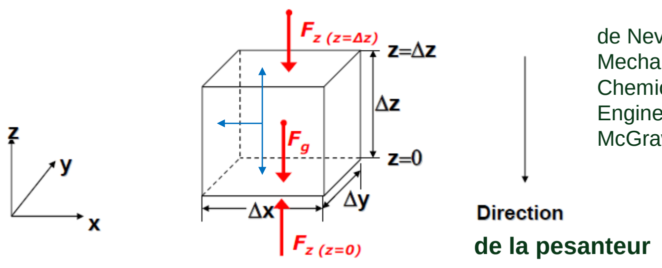
CHG 2712: Mécanique des Fluides

Statique des Fluides

Statique des Fluides

- **Pour un fluide au repos, la pression est équivalente dans toutes les directions.**
- **Il n'y a pas de forces de cisaillement.**
- **La somme des forces actives sur le fluide dans toutes directions est zéro.**



de Nevers, N. Fluid Mechanics for Chemical Engineers 3rd Ed. McGraw-Hill

Statique des Fluides

- **Somme des forces dans la direction de l'axe z:**

$$(P_{z=0})(\Delta x\,\Delta y)-(P_{z=\Delta z})(\Delta x\,\Delta y)-\rho\,g\,(\Delta x\,\Delta y\,\Delta z)=0$$

divisez par (Δ*x*Δ*y*Δ*z)* et reformulez:

$$\frac{P_{z=\Delta z}-P_{z=0}}{\Delta z}=-\rho\,g \qquad \lim_{\Delta z\to 0}\frac{\Delta P}{\Delta z}=\frac{dP}{dz}=-\rho\,g$$

C'est l'équation barométrique ou équation hydrostatique.
C'applique aux liquides newtonian, et non-newtonian, mais pas les liquides de Bingham.
Les changements dans les axes x-y ne touchent pas le résultat.

Variation de la pression avec la profondeur

$$\int dP=-\int \rho g dz$$

- **Lorsque la masse volumique du fluide est constante**
- **Il est une bonne supposition pour de nombreux cas, à proximité de la surface de la Terre, et pour les liquides.**

$$P_2-P_1=-\rho\,g\,(z_2-z_1)$$

Variation de la pression avec la profondeur

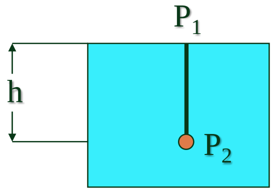
- **Des problèmes impliquant une surface libre, pression gauge, et masse volumique constante**

$$P_{1,gauge} = 0 \quad P_{1,absolute} = 1atm$$

$$h = z_{surface\_libre} - z$$

$$P_{2,gauge} = \rho g h$$

$$P_{2,absolute} = \rho g h + 1atm$$



Variation de la pression avec la profondeur

- **La masse volumique d'un gaz change rapidement avec changements de la pression.**

- **Il faut donc retourner à l'équation hydrostatique et substituer la masse volumique par la loi des gaz parfaits:**

$$\rho = \frac{PM}{RT} \qquad \frac{dP}{dz} = -\frac{PM}{RT}g$$

- **Équation hydrostatique pour un gaz parfait et isotherme**

$$P_2 = P_1 \exp\left(\frac{-gM\Delta z}{RT}\right)$$

Force due à la pression sur une surface

$$dF = PdA$$

$$F = \int PdA$$

- **Surface *horizontale* (Δz = 0) exposée aux fluides statiques:**

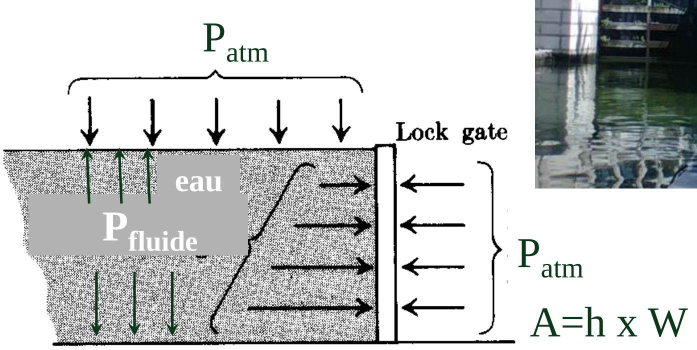
$$F = PA$$

- **Surface *verticale* exposée aux fluides statiques:**
  - **La pression varie. Il faut donc utiliser l'expression de force sous forme d'intégrale.**

Force due à la pression sur une surface

- **Exemple 2.8:**

La force de l'eau contre la porte = ?



de Nevers, N. Fluid Mechanics for Chemical Engineers 3rd Ed. McGraw-Hill

Force due à la pression sur une surface

- **Force de l'eau est une fonction de profondeur:**

$$F_{eau} = \int P dA = \int (P_{atm} + \rho g h) dA \quad A = hW$$

$$F_{eau} = \int (P_{atm} + \rho g h) d(hW)$$

$$F_{eau} = P_{atm}(hW) + \rho g W(h) dh$$

$$F_{eau} == P_{atm}\, hW + \rho\, g\, W \left.\frac{h^2}{2}\right|_{0m}^{10m}$$

Force due à la pression sur une surface

- **Force net à l'axe x contre la tur:**

$$F_x = F_{eau} - F_{aire}$$

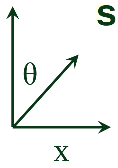
$$F_x = P_{atm}(hW)\frac{N \cdot m \cdot m}{m^2 2} + \rho\, g\, W \left.\frac{h^2}{2}\right|_{0m}^{10m} \frac{kg \cdot m \cdot m \cdot m^2}{m^3 \cdot s^2} - P_{atm}(hW)$$

$$F_x = \rho\, g\, W \left.\frac{h^2}{2}\right|_{0m}^{10m} \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

$$F_x = 998.2 \frac{kg}{m^3}\left(9{,}8\frac{m}{s^2}\right)(20\,m)\frac{(10-0)^2 (m^2)}{2} = 9{,}80 \times 10^6\ N$$

Force due à la pression sur une surface

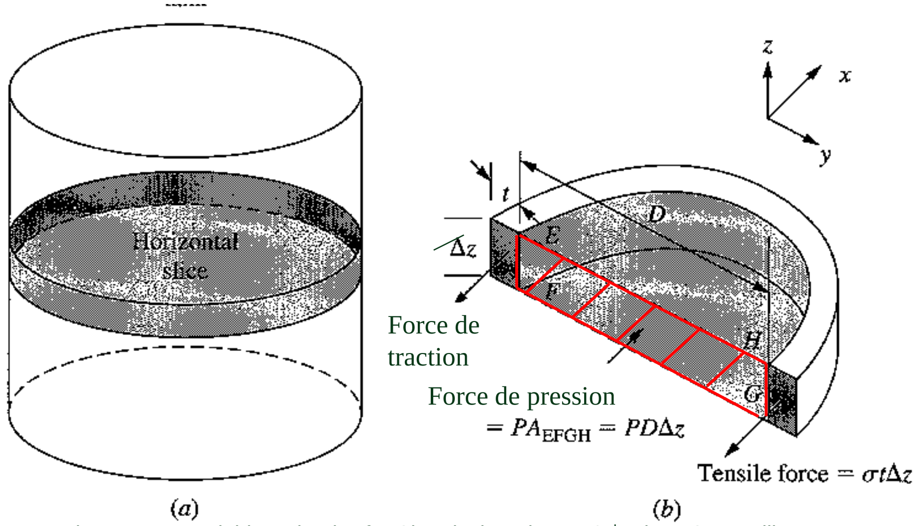
- **Pour les surfaces courbées ou inclinées, il est habituellement pratique de connaître les composantes x et y de la force de pression sur la surface:**



$$dF_x = (\text{composante - } x \text{ de } dF) = \sin\theta \cdot dF$$
$$= \sin\theta \cdot P\, dA$$
$$dF_y = (\text{composante - } y \text{ de } dF) = -\cos\theta \cdot dF$$
$$= -\cos\theta \cdot P\, dA$$

Force due à la pression sur une surface

Cuve cylindrique



de Nevers, N. Fluid Mechanics for Chemical Engineers 3rd Ed. McGraw-Hill

Force due à la pression sur une surface

- réservoirs cylindriques

$$P\,.\,D\,.\,\Delta Z = 2\,\sigma_{tensile}\,.\,\Delta Z\,.\,t$$

$$t = \frac{P\,D}{2\,\sigma_{tensile}}$$

- réservoirs sphériques

$$P\,.\,\frac{\pi}{4}D^{2} = \sigma_{tensile}\,.\,\pi\,.D\,.\,t$$

$$t = \frac{P\,D}{4\,\sigma_{tensile}}$$

Flottabilité

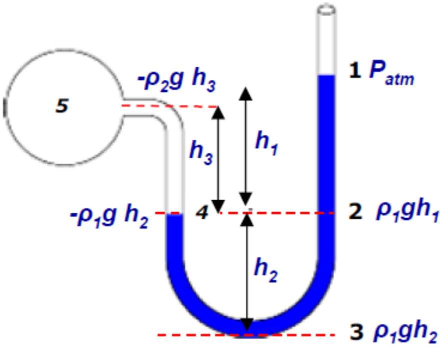
- **Le principe Archimède: La poussée d'Archimède (force de flottabilité) d'un objet est égale et opposée au poids du fluide qu'elle déplace.**

$$F_{flottabilité} = \sum m_{fluide}\,g = \sum \rho_{fluide} V_{fluide}\,g$$

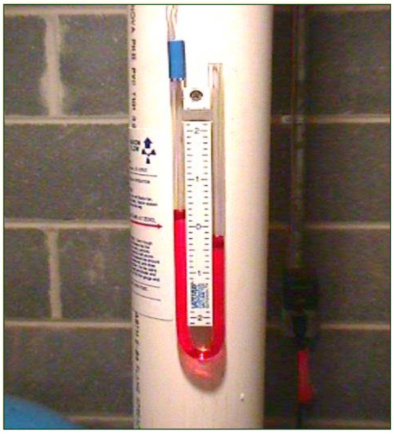
- **Information sur les sous-marins:**
Http://www.heiszwolf.com/subs/tech/tech01.html

Mesure de la pression

- **Exemple de *manomètre*.**

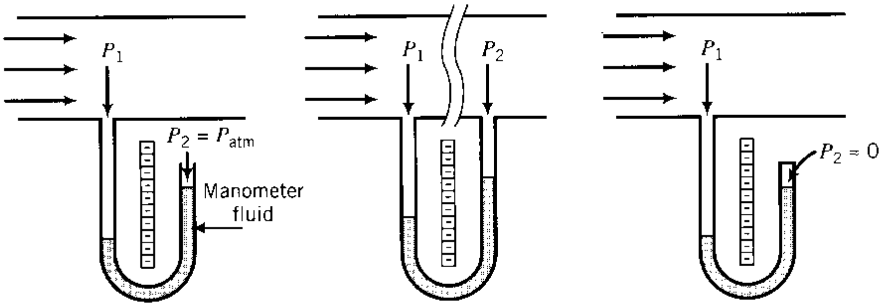


de Nevers, N. Fluid Mechanics for Chemical Engineers 3rd Ed. McGraw-Hill



Mesure de la pression

- **Un manomètre peut être construit pour mesurer la pression gauge, différentielle et absolue.**



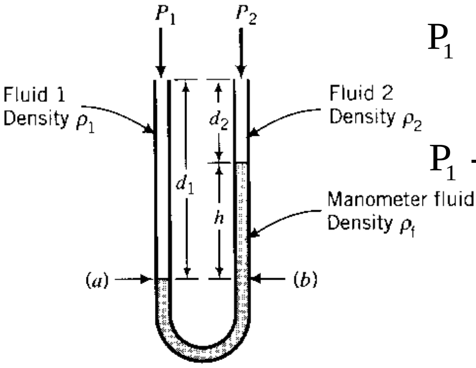
Pression gauge

Pression différentielle

Pression absolue

Mesure de la pression

- **Pour mesurer une différence de pression, il est nécessaire de corriger pour la pression exercée par l'autre fluide. Il suffit de suivre la variation de la pression hydrostatique d'un point à l'autre.**



$$P_1 + \rho_1 g d_1 - \rho_f g h - \rho_2 g d_2 = P_2$$

$$P_1 - P_2 = \rho_f g h + \rho_2 g d_2 - \rho_1 g d_1$$

Manomètre différentiel (même type de fluide aux points 1 et 2)

$$P_1 - P_2 = (\rho_f - \rho)\, g h$$

Mesure de la pression

- **Afin d'augmenter la précision des lectures de basses pressions, on peut employer un fluide de faible masse volumique et un indicateur de pression incliné ou courbé.**

Source: http://www.cgindustrial.com/98-31p.htm

Mesure de la pression

- **Les manomètres sont encore utilisés en industrie.**
- **Les manomètres ne peuvent pas mesurer un changement (fluctuation) rapide de pression. Le temps de réponse est lent.**
- **Les piézomètres de quartz fonctionnent grâce aux changements des propriétés électriques du quartz lors de changements de pression qui .**