

LP 16 : MODÉLISATION DE L'ÉCOULEMENT D'UN FLUIDE

EI : Analogie électricité/hydraulique

Timothée AUDINET, Gabriel BALAVOINE

Introduction pédagogique

- **Bibliographie :**
 1. T^{le} spécialité Physique-Chimie, *lelivrescolaire*
 2. Physique, tout-en-un, PC-PC*, *Sanz*
- **Niveau :** Terminale, enseignement de spécialité

3. Modéliser l'écoulement d'un fluide	
Poussée d'Archimède.	Expliquer qualitativement l'origine de la poussée d'Archimède. Utiliser l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède. <i>Mettre en œuvre un dispositif permettant de tester ou d'exploiter l'expression de la poussée d'Archimède.</i>
Écoulement d'un fluide en régime permanent.	Exploiter la conservation du débit volumique pour déterminer la vitesse d'un fluide incompressible.
Débit volumique d'un fluide incompressible. Relation de Bernoulli. Effet Venturi.	Exploiter la relation de Bernoulli, celle-ci étant fournie, pour étudier qualitativement puis quantitativement l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent. <i>Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'écoulement permanent d'un fluide et pour tester la relation de Bernoulli.</i>

Figure 1: Extrait du programme de physique-chimie de terminale, enseignement de spécialité

Introduction pédagogique

- **Pré-requis :**

1. Force de pression [1^{ère}]
2. Accélération du champ de pesanteur [1^{ère}]
3. Expression vectorielle [1^{ère}]
4. Lois de Newton [1^{ère}]
5. Notions d'électricité (tension, intensité, résistance) [1^{ère}]

- **Objectifs :**

1. Expliciter qualitativement la poussée d'Archimède
2. Exploiter la conservation du débit volumique pour déterminer la vitesse d'un fluide
3. Exploiter la relation de Bernoulli

- **Difficultés :**

1. Lors du calcul du débit les surfaces doivent être orthogonales à la vitesse
2. Les notations : V pour un volume et v pour une vitesse
3. Savoir quand utiliser la loi de Bernoulli ou la conservation du débit volumique, ou les deux

Introduction

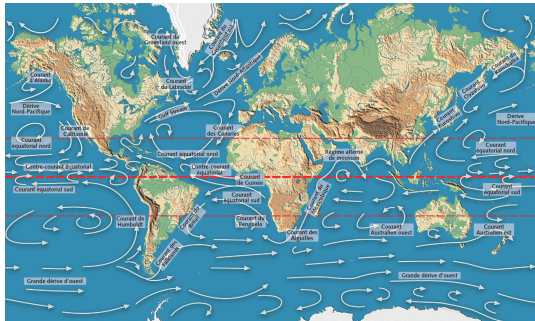


Figure 2: Les courants océaniques terrestres

Fluide

Etat de la matière dans lequel un corps peut s'écouler, changer de forme et épouser celle de son contenant.

La poussée d'Archimède



Figure 3: Archimède (287-212 av. J.-C.)

Mathématicien et physicien grec de Syracuse, Archimède est l'un des principaux scientifiques de l'Antiquité.

- Etudie géométrie et algèbre
- Développe le levier, la poulie et la balance
- Connaît la forme sphérique de la Terre
- Etudie les objets plongés dans des liquides

La poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède

Résultante des forces de pressions exercées par un fluide au repos sur un corps immergé dans ce fluide.



Figure 4: Photo d'un iceberg, 90% de son volume est immergé.

Écoulements de fluides

Particule fluide

Volume très petit devant les échelles de l'écoulement. Elle comporte un nombre important d'entités microscopiques (molécules d'eau par exemple).

Écoulement incompressible

Écoulement dans lequel la masse volumique ρ est uniforme et constante.

Écoulement permanent

Écoulement où le vecteur vitesse \vec{v} est indépendant du temps. On peut parler d'écoulement stationnaire.

Écoulements de fluides

Débit volumique :

$$D_v = \frac{dV}{dt}$$

avec D_v le débit volumique ($m^3 \cdot s^{-1}$), V le volume de fluide écoulé (m^3) et t le temps (s).

Écoulements de fluides

Débit volumique :

$$D_v = \frac{dV}{dt}$$

avec D_v le débit volumique ($m^3.s^{-1}$), V le volume de fluide écoulé (m^3) et t le temps (s).

Débit volumique pour un écoulement incompressible :

$$D_v = v \times S$$

avec D_v le débit volumique ($m^3.s^{-1}$), v la vitesse du fluide écoulé ($m.s^{-1}$) et S la surface traversée (m^2).

Écoulements de fluides

Pour un écoulement stationnaire : **conservation du débit volumique !**

$$D_V = v_1 \times S_1 = v_2 \times S_2$$

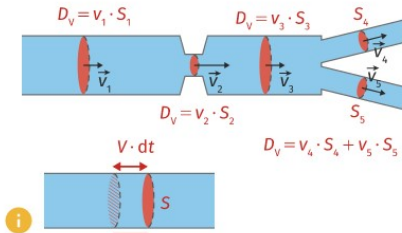


Figure 5: Conservation du débit volumique.

Relation de Bernoulli

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

avec ρ la masse volumique (kg.m^{-3}), v la vitesse du fluide (m.s^{-1}), g l'intensité de la pesanteur (N.kg^{-1}), h la hauteur du fluide (m) et P la pression au point de mesure (Pa).

- $\rho \frac{v^2}{2}$: énergie cinétique par unité de volume
- ρgh : énergie potentielle de pesanteur par unité de volume
- P : est une pression donc homogène à une énergie par unité de volume

Analogie électrique/hydraulique

Grandeurs électriques ↔ Grandeurs hydrauliques

$$U = \Delta V$$

↔

$$\Delta P$$

$$I$$

↔

$$D_v$$

$$R = \frac{U}{I}$$

↔

$$R_h = \frac{\Delta P}{D_v}$$

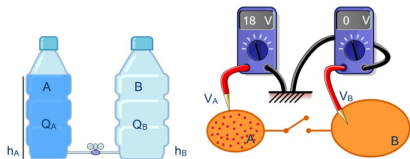


Figure 6: Système à $t = 0$

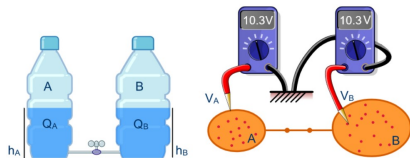


Figure 7: Système à $t > 0$