

SUIS-JE AU POINT ?

Chapitre 26 : Statique des fluides

💡 Une information utile, mais pas à mémoriser par cœur.

♥ Une définition/formule à connaître PAR CŒUR.

📖 Un savoir-faire à acquérir.

1 Loi fondamentale de la statique des fluides

1.1 Éléments de fluide

💡 Un élément de fluide est un volume **mésoscopique** qui permet de définir localement la pression du fluide, sa masse volumique, sa température, etc. Il permet également d'étudier l'équilibre mécanique du fluide. Pour cela, on assimile chaque élément de fluide à un système fermé sur lequel des forces extérieures agissent, notamment le poids et les forces de pression exercées par le fluide environnant l'élément étudié. Étudier l'équilibre mécanique du fluide revient à déterminer dans quelles conditions **chaque élément de fluide se trouve en équilibre**. Pour cela, on peut utiliser les lois de la mécanique et notamment le PFS.

1.2 Bilan des forces extérieures

📖 Déterminer l'expression de la résultante des forces de pression en modélisant l'élément de fluide par un cylindre élémentaire de section S et hauteur dz ($d\vec{F}_p = -\frac{dP}{dz}dV\vec{u}_z$ avec un axe (Oz) vertical ascendant et $dV = Sdz$ le volume de l'élément de fluide).

1.3 Loi fondamentale de la statique des fluides

♥ Énoncer la loi fondamentale projetée sur un axe (Oz) vertical ascendant ($\frac{dP}{dz} = -\rho g$) ou descendant ($\frac{dP}{dz} = \rho g$).

📖 Établir cette loi en appliquant le PFS à un cylindre élémentaire de section S et hauteur dz .

💡 L'énoncé le plus général s'écrit sous la forme $\vec{\text{grad}} P = \rho \vec{g}$.

💡 La loi fondamentale de la statique des fluides permet, par intégration, de déterminer le champ de pression, à l'équilibre, dans le fluide étudié. Pour cela il est nécessaire de connaître l'**équation d'état** $\rho(P)$ du fluide.

1.4 Surface libre

♥ Savoir que la **pression est continue à la traversée d'une surface libre**.

2 Fluide incompressible et homogène

2.1 Définition

♥ Que peut-on dire de la masse volumique d'un fluide incompressible homogène ? (*elle est la même en tout point*)

2.2 Loi du nivellement barométrique

📖 Justifier que dans un fluide incompressible et homogène la pression est une fonction affine de l'altitude.

📖 Exprimer la différence de pression entre deux points d'un fluide incompressible et homogène, en fonction du dénivelé qui les sépare ($\Delta P = \pm \rho gh$ avec h le dénivelé).

2.3 Principe des vases communicants

- ✍ Justifier que des vases communicants remplis d'un liquide **homogène** ont, à l'équilibre, toutes leurs surfaces libres à la même altitude.
- ✍ Application : étudier l'équilibre de deux liquides non miscibles dans un tube en U.

2.4 Baromètre de Torricelli

- ✍ Expliquer le principe de fonctionnement du baromètre de Torricelli. Déterminer la relation entre la pression atmosphérique et la hauteur de la colonne de mercure. Expliquer l'intérêt d'utiliser du mercure (comparer notamment l'eau et le mercure).
- ✍ Expliquer pourquoi il est impossible de faire s'élever de l'eau sur une hauteur supérieure à 10 m environ avec une simple pompe à vide.

2.5 Principe de Pascal

- ♥ Énoncer le principe de Pascal.

2.5.1 Tonneau de Pascal

- ✍ Expliquer en quoi consiste l'expérience du tonneau de Pascal.

2.5.2 Cric hydraulique

- ✍ Justifier qu'un cric hydraulique permet d'amplifier une force de compression. Exprimer le facteur d'amplification en fonction des sections des pistons qui se trouvent aux deux extrémités.

3 Calcul d'une résultante des forces de pression

3.1 Force exercée sur une barrage

- ✍ Calculer la résultante des forces de pression (air et eau) qui s'exercent sur un barrage plan.

3.2 Corps entièrement immergé, loi d'Archimède

- ♥ Définir la poussée d'Archimède (*résultante des forces de pression exercées par un fluide sur un corps immergé*).
- ♥ Énoncer la loi d'Archimède (*la poussée d'Archimède est égale à l'opposé du poids de fluide déplacé*).
- ✍ Étudier l'équilibre d'un corps flottant (application à l'iceberg).

4 Modèle de l'atmosphère isotherme

4.1 Hypothèses du modèle

- 💡 L'atmosphère est assimilée à un corps simple de masse molaire M , se comportant comme un gaz parfait, occupant le demi-espace $z > 0$ (la surface de la Terre est modélisée par un plan infini). Le champ de pesanteur \vec{g} et la température T sont uniformes.

4.2 Équation d'état intensive des gaz parfaits

- ✍ Établir l'expression intensive de la loi des gaz parfaits faisant intervenir la masse volumique ρ , la température T et la pression P .

4.3 Champ de pression

- ✍ Intégrer la loi fondamentale de la statique dans le modèle de l'atmosphère isotherme et déterminer le champ de pression. Identifier une altitude caractéristique H . Donner son ordre de grandeur et expliquer en quoi elle nous renseigne sur l'atmosphère terrestre (*elle permet d'estimer un ordre de grandeur de l'épaisseur de l'atmosphère*).

4.4 Facteur de Boltzmann



Le champ de pression dans l'atmosphère résulte d'une compétition entre la pesanteur et l'agitation thermique.



Montrer que le champ de pression fait intervenir le facteur de Boltzmann. Interpréter ce facteur en termes de probabilité (la probabilité qu'une particule d'air se situe à l'altitude z est proportionnelle au facteur de Boltzmann

$\exp\left(-\frac{mgz}{k_B T}\right)$).