

SUIS-JE AU POINT ?

Chapitre 22 : Statique des fluides

- 💡 Une notion à bien comprendre, un point à retenir.
- ♥ Une définition/formule à connaître PAR CŒUR.
- ✍ Un savoir-faire à acquérir.
- TD Un exercice du TD pour s'entraîner.

1 Loi fondamentale de la statique des fluides

1.1 Élement 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 **volumique** des forces de pression en modélisant l'élément de fluide par un cylindre élémentaire de section S et hauteur dz .
- ♥ Énoncer sans démonstration l'expression dans le cas général ($\vec{f}_P = -\vec{\text{grad}} P$).

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

- 💡 Une surface libre est une interface entre deux fluides. On retient que **la pression est continue à la traversée d'une surface libre**.

2 Fluide incompressible et homogène

2.1 Définition

- ♥ Définir ce qu'est un fluide **incompressible et homogène**.
- 💡 Dans ce chapitre, on adoptera le modèle du fluide incompressible et homogène pour étudier l'équilibre des **liquides**. Dans ce modèle, **la masse volumique du liquide est indépendante de l'altitude**. La loi fondamentale s'écrit sous la forme :

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g = \text{Cste}$$

On dit que **le gradient de pression est uniforme**.

2.2 Loi du nivellement barométrique

- ♥ Énoncer en une phrase la loi du nivellement barométrique dans un fluide incompressible et homogène (*la pression est une fonction affine de l'altitude*).
- ✍ Retrouver ce résultat en intégrant la loi fondamentale et énoncer la loi du nivellement barométrique dans un fluide incompressible et homogène sous sa forme mathématique ($P(z) = -\rho g z + \text{Cste}$, avec un axe (Oz) vertical ascendant).
- ✍ Exprimer la différence de pression entre deux points d'un fluide incompressible et homogène, en fonction du dénivelé qui les sépare ($\Delta P = \rho g h$ avec h le dénivelé et ΔP mesuré positivement).
- TD Loi du nivellement barométrique : exercices 1,3,4.

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.
- ✍ Justifier que les surfaces libres s'établissent à des hauteurs différentes dans un tube en U rempli avec deux liquides non miscibles de densités différentes.

2.4 Baromètre de Torricelli

- ♥ Expliquer qualitativement le principe de fonctionnement d'un baromètre de Torricelli.
- ✍ En s'appuyant sur la loi du nivellement barométrique, déterminer la relation entre la pression atmosphérique et la hauteur de la colonne de mercure. Expliquer l'intérêt d'utiliser du mercure (*c'est un liquide très dense, ce qui limite la hauteur de la colonne*).
- ✍ 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 surface quelconque

- ♥ Exprimer la force de pression exercée sur une surface quelconque sous la forme générale d'un intégrale double.
- ✍ Calculer l'intégrale dans des cas simples : surface plane et pression uniforme, surface plane et pression non uniforme (barrage rectangulaire).

3.2 Corps entièrement immergé : loi d'Archimède

- ♥ Énoncer la **loi d'Archimède**.
- ✍ Établir la condition d'équilibre d'un corps entièrement immergé dans un fluide (*le corps doit avoir la même densité que le fluide*).
- ✍ Application aux corps flottants : déterminer la fraction du volume d'un iceberg qui est immergé dans l'eau.
- TD Poussée d'Archimède : exercices 2,5,8.

4 Modèle de l'atmosphère isotherme

4.1 Hypothèses du modèle

- ♥ Énoncer toutes les hypothèses du modèle utilisé en cours pour établir le champ de pression dans l'atmosphère terrestre.

4.2 Équation d'état intensive du gaz parfait

- ♥ Énoncer l'équation d'état reliant la masse volumique d'un gaz parfait à sa pression. La retrouver à partir de l'équation d'état extensive.

4.3 Loi de pression

- ✍ Montrer que $P(z)$ est solution d'une équation différentielle linéaire du premier ordre. Introduire une distance caractéristique H dont on donnera l'expression littérale et une estimation numérique en ordre de grandeur.
- ✍ Établir le champ de pression dans le modèle de l'atmosphère isotherme. Donner une estimation, en ordre de grandeur, de l'épaisseur de l'atmosphère terrestre.
- TD Atmosphère isotherme : exercices 5,7.
- TD Application : atmosphère non isotherme : exercices 6.

4.4 Facteur de Boltzmann

- ♥ Reconnaître le **facteur de Boltzmann** dans la loi de pression pour l'atmosphère isotherme.
- ✍ Expliquer en quoi la répartition des molécules dans l'atmosphère terrestre est le résultat d'une compétition entre deux effets antagonistes. Quel est le rôle joué par le facteur de Boltzmann dans cette interprétation ?
- ✍ Citer une autre loi qui fait intervenir le facteur de Boltzmann (loi d'Arrhenius par exemple).