

La statique des fluides : équilibre et pression

Prérequis

Avant d'aborder ce cours, il est essentiel de maîtriser les notions suivantes issues des classes de seconde et de première : - La notion de force et son unité, le Newton (N). - La définition de la masse volumique ρ et son unité en $kg \cdot m^{-3}$. - Les conversions d'unités de surface (m^2 , cm^2) et de volume (m^3 , L). - La notion d'interaction gravitationnelle et l'intensité de la pesanteur $g \approx 9,81 N \cdot kg^{-1}$.

Ce chapitre se situe généralement au milieu du programme de physique-chimie de terminale technologique, après l'étude de la dynamique du point et avant d'aborder la dynamique des fluides ou les transferts thermiques.

Résumé

- La **pression** P est définie comme le rapport de la norme de la force pressante F par la surface S sur laquelle elle s'exerce :
$$P = \frac{F}{S}$$
.
- L'unité légale de pression est le **Pascal** (Pa), équivalent à $1 N \cdot m^{-2}$. On utilise aussi souvent le bar ($1 bar = 10^5 Pa$) ou l'hectopascal ($1 hPa = 100 Pa$).
- La **force pressante** \vec{F} exercée par un fluide sur une paroi est toujours perpendiculaire à cette paroi et dirigée vers elle. Sa norme est $F = P \cdot S$.
- La **pression absolue** est la pression réelle mesurée par rapport au vide total.
- La **pression relative** est la différence entre la pression absolue et la pression atmosphérique :
$$P_{relative} = P_{absolue} - P_{atm}$$
.
- La **pression différentielle** est la différence de pression entre deux points ou deux enceintes :
$$\Delta P = P_1 - P_2$$
.
- La **loi fondamentale de la statique des fluides** (pour un liquide incompressible) stipule que la différence de pression entre deux points A et B dépend de leur différence de profondeur :
$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$
.
- Dans un liquide au repos, la pression est la même en tous les points situés à la même altitude (ou profondeur).
- Les instruments de mesure incluent le **baromètre** (pression atmosphérique) et le **manomètre** (pression relative ou différentielle).

Chapitre 1 : Le concept de fluide et la pression à l'échelle macroscopique

1. Qu'est-ce qu'un fluide ?

En physique, un fluide est un milieu matériel continu et déformable. Contrairement aux solides, les fluides n'ont pas de forme propre ; ils épousent la forme du récipient qui les contient. On distingue deux grandes familles : - **Les liquides** : Ils sont quasiment incompressibles (leur volume ne change presque pas sous l'effet de la pression) et possèdent une surface libre au repos. - **Les gaz** : Ils sont compressibles et expansibles (ils occupent tout l'espace disponible).

À l'échelle microscopique, la pression résulte des chocs incessants des molécules du fluide contre les parois du récipient ou contre un objet immergé. Plus ces chocs sont nombreux et violents (vitesse élevée des particules), plus la pression est importante.

2. Définition de la pression et de la force pressante

Lorsqu'un fluide (liquide ou gaz) est en contact avec une surface, il exerce sur chaque élément de cette surface une action mécanique appelée **force pressante**.

Définition de la force pressante : La force pressante \vec{F} exercée par un fluide sur une surface S possède les caractéristiques suivantes : - **Point d'application** : Le centre de la surface considérée. - **Direction** : Perpendiculaire à la surface (normale à la paroi). - **Sens** : Du fluide vers la paroi. - **Normale (Valeur)** : $F = P \cdot S$.

Définition de la pression : La **pression** P est la grandeur scalaire qui caractérise l'intensité de cette force par unité de surface.

$$P = \frac{F}{S}$$

Avec : - P en Pascals (Pa) - F en Newtons (N) - S en mètres carrés (m^2)

Remarque pédagogique : Une erreur fréquente consiste à oublier de convertir la surface en m^2 .
Rappelez-vous que $1cm^2 = 10^{-4}m^2$.

3. Les unités de pression usuelles

Bien que le Pascal soit l'unité du Système International (SI), d'autres unités sont couramment rencontrées dans le milieu technique : - **Le bar** : $1bar = 10^5 Pa = 100kPa$. C'est l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique au niveau de la mer. - **L'hectopascal** : $1hPa = 100Pa$. Très utilisé en météorologie. - **L'atmosphère** : $1atm = 1,01325 \cdot 10^5 Pa = 1013,25hPa$.

Question de réflexion : Pourquoi une personne portant des talons aiguilles s'enfonce-t-elle davantage dans un sol meuble qu'une personne portant des chaussures plates, à poids égal ?

Réponse : À force égale (le poids), la surface de contact est plus petite, donc la pression exercée sur le sol est beaucoup plus élevée.

Chapitre 2 : Mesure de la pression et typologie

En milieu industriel et médical, il est crucial de savoir quelle pression on mesure exactement. Il existe trois types de pressions distinctes.

1. Pression absolue, relative et différentielle

La pression absolue (P^{abs}) : C'est la pression mesurée par rapport au vide absolu (pression nulle). Elle est toujours positive. C'est celle utilisée dans les lois physiques comme la loi des gaz parfaits.

La pression relative (P^{rel}) : C'est la pression mesurée par rapport à la pression atmosphérique ambiante (P^{atm}).

$$P^{abs} = P^{rel} + P^{atm}$$

Si vous gonflez un pneu à $2,5\text{bars}$ avec un manomètre standard, vous mesurez une pression relative. La pression réelle à l'intérieur du pneu (absolue) est d'environ $3,5\text{bars}$ ($2,5+1,0$).

La pression différentielle (ΔP) : C'est la différence de pression entre deux points quelconques 1 et 2.

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

Elle est utilisée, par exemple, pour mesurer l'encrassement d'un filtre ou le débit dans une canalisation.

2. Les instruments de mesure

- **Le baromètre** : Mesure la pression atmosphérique absolue. Le premier baromètre fut inventé par Torricelli en 1643 à l'aide d'un tube de mercure. - **Le manomètre** : Mesure une pression relative ou différentielle. - *Le manomètre à tube en U* : On utilise la différence de hauteur h d'un liquide entre deux colonnes pour déterminer ΔP . - *Le manomètre à aiguille (Bourdon)* : Utilise la déformation d'un tube métallique sous l'effet de la pression. - **Les capteurs de pression électroniques** : Utilisent souvent l'effet piézorésistif (variation de résistance électrique d'un matériau sous contrainte) pour fournir un signal électrique proportionnel à la pression.

3. Exemple concret : La plongée sous-marine

Un plongeur descend à 20mètres de profondeur. À cette profondeur, la pression due à l'eau est de 2bars (pression relative). Cependant, la pression totale subie par son corps est la pression absolue : $P^{abs} = P^{relative} + P^{atm} = 2+1=3\text{bars}$

Le plongeur doit donc équilibrer cette pression pour ne pas endommager ses tympans.

Chapitre 3 : Loi fondamentale de la statique des fluides

Ce chapitre constitue le cœur scientifique du sujet. Nous allons établir comment la pression varie au

sein d'un liquide au repos (statique).

1. Énoncé de la loi fondamentale

Considérons un liquide de masse volumique ρ (en $kg \cdot m^{-3}$), supposé incompressible et au repos. Soient deux points A et B situés à des altitudes respectives z_A et z_B (l'axe Oz est dirigé vers le haut).

Loi fondamentale de l'hydrostatique : La différence de pression entre deux points B et A d'un fluide au repos est donnée par la relation :

$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

Ou, si l'on définit la profondeur h comme étant la distance verticale entre A et B ($h = z_A - z_B$ si A est au-dessus de B) :

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$$

Avec : - $P_B - P_A$ en Pascals (Pa) - ρ en $kg \cdot m^{-3}$ (pour l'eau douce, $\rho = 1000 kg \cdot m^{-3}$) - $g = 9,81 N \cdot kg^{-1}$ (intensité de la pesanteur) - h en mètres (m)

Interprétation : La pression augmente avec la profondeur. Elle ne dépend pas de la forme du récipient, ni de la quantité totale de liquide, mais uniquement de la nature du fluide (ρ) et du dénivelé vertical (h).

2. Conséquences et applications

- **Surfaces isobares :** Dans un fluide au repos, tous les points situés sur un même plan horizontal sont à la même pression. - **Principe des vases communicants :** Un liquide au repos dans des récipients reliés entre eux s'établit à la même hauteur, quelle que soit la forme des récipients (tant que la pression en surface est la même). - **Barrages hydrauliques :** La base d'un barrage est toujours beaucoup plus épaisse que le sommet, car la pression exercée par l'eau augmente linéairement avec la profondeur. La force pressante sur la paroi est donc gigantesque au fond.

3. Exercices d'application (Corrigés)

Exercice 1 : Calcul de force pressante Un hublot de sous-marin a une surface de $0,05 m^2$. Il subit une pression absolue de $5 \cdot 10^5 Pa$. Quelle est la valeur de la force pressante exercée par l'eau sur le hublot ?

Corrigé guidé :

1. On utilise la formule $F = P \cdot S$.
2. On vérifie les unités : P est en Pa , S est en m^2 . C'est correct.
3. Calcul : $F = 5 \cdot 10^5 \cdot 0,05$.
4. Résultat : $F = 25000 N$ (soit $25 kN$).

Exercice 2 : Calcul de pression au fond d'une cuve Une cuve contient du fioul de masse

volumique $\rho=850\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. La hauteur de liquide est de $4,0\text{m}$. La surface est à l'air libre $P_{atm}=10^5\text{Pa}$ (ρ). Calculer la pression absolue au fond de la cuve. On prendra $g=9,81\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Corrigé guidé :

1. On identifie les points : Point A à la surface ($P_A=P_{atm}, z_A=4,0$), Point B au fond ($P_B=? , z_B=0$).
2. On applique la loi : $P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$.
3. On isole P_B : $P_B = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$.
4. Calcul : $P_B = 100000 + 850 \cdot 9,81 \cdot 4,0$.
5. $P_B = 100000 + 33354 = 133354\text{Pa}$.
6. Résultat : $P_B \approx 1,33 \cdot 10^5\text{Pa}$ (soit environ $1,33\text{bar}$).

4. Encadré Méthode : Résoudre un problème de statique des fluides

- **Étape 1** : Repérer les deux points d'intérêt (souvent la surface et le fond). - **Étape 2** : Vérifier la masse volumique du fluide. Attention, si elle est donnée en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, il faut la multiplier par 1000 pour l'avoir en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. - **Étape 3** : Appliquer la formule $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$. - **Étape 4** : Ne pas oublier d'ajouter la pression atmosphérique si on demande la pression **absolue**.

From:
<https://www.wikiprof.fr/> - wikiprof.fr

Permanent link:
https://www.wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:sti2d:terminale_technologique:physique_chimie:la_statique_des_fluides&rev=1779262648

Last update: 2026/05/20 09:37

