

La statique des fluides : Comprendre la pression et l'équilibre des liquides et des gaz

Prérequis

Pour aborder ce cours sereinement, vous devez maîtriser les notions suivantes issues des classes de seconde et de première :

- La notion de **force** et sa modélisation par un vecteur (direction, sens, point d'application, norme).
- La définition de la **masse volumique** $\rho = \frac{m}{V}$ et ses unités ($1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$).
- La relation de base du poids d'un corps : $P = m \cdot g$.
- La manipulation des puissances de dix et des conversions d'unités (notamment les surfaces en m^2 et les volumes en m^3).

Ce chapitre s'inscrit dans le pôle « Énergie » du programme de Terminale Technologique. Il constitue une base indispensable pour comprendre les systèmes hydrauliques, la plongée sous-marine, la météorologie et le fonctionnement de nombreux capteurs industriels.

Chapitre 1 : La pression et la force pressante

La statique des fluides est l'étude des fluides (liquides ou gaz) au repos. Contrairement aux solides, les fluides n'ont pas de forme propre et exercent des actions mécaniques sur toutes les surfaces avec lesquelles ils sont en contact.

1.1 Qu'est-ce qu'un fluide ?

Un fluide est un milieu matériel déformable. On distingue deux types :

1. **Les liquides** : Ils sont quasiment incompressibles (leur volume ne change pas, ou très peu, sous l'effet de la pression).
2. **Les gaz** : Ils sont compressibles et expansibles (ils occupent tout le volume qui leur est offert).

À l'échelle microscopique, la pression résulte des chocs incessants des molécules du fluide contre les parois du récipient. C'est cette multitude de chocs qui, à l'échelle macroscopique, crée une force répartie appelée **force pressante**.

1.2 Définition de la force pressante

Lorsqu'un fluide est au repos, il exerce sur toute surface S en contact avec lui une force pressante \vec{F} dont les caractéristiques sont les suivantes :

- **Direction** : Perpendiculaire à la surface (normale à la paroi).
- **Sens** : Du fluide vers la paroi.
- **Point d'application** : Le centre de la surface considérée (pour une petite surface).
- **Norme** : Notée F , elle dépend de la pression P et de l'aire de la surface S .

1.3 La relation fondamentale de la pression

La pression P est une grandeur scalaire (elle n'a pas de direction) qui caractérise l'intensité de la force pressante par unité de surface.

Définition :

La pression P exercée par un fluide sur une surface plane d'aire S est définie par la relation :

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

Avec :

- P : la pression en pascals (Pa)
- F : la norme de la force pressante en newtons (N)
- S : l'aire de la surface en mètres carrés (m^2)

Remarques importantes :

- Le pascal est une petite unité. Dans la vie courante, on utilise souvent le bar :
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 1000 \text{ hPa}$.
- À force égale, si la surface diminue, la pression augmente. C'est pourquoi une aiguille s'enfonce facilement dans la peau alors qu'un doigt ne le peut pas.

1.4 Exercice d'application n°1 : Le vérin hydraulique

Un piston de section circulaire de rayon $r = 5,0 \text{ cm}$ exerce une force de 1500 N sur une huile hydraulique. Quelle est la pression exercée sur le fluide ?

Corrigé guidé :

1. Calculons d'abord la surface S du piston en m^2 .

$$r = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (5,0 \cdot 10^{-2})^2 \approx 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

2. Appliquons la formule de la pression :

$$P = \frac{1500}{(7,85 \cdot 10^{-3})}$$

$$P \approx 1,91 \cdot 10^5$$

Résultat : La pression est de $1,91 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ (soit environ $1,91 \text{ bar}$).

Chapitre 2 : Les différents types de pression et leur mesure

Dans l'industrie et dans la vie quotidienne, on ne parle pas toujours de la même "pression". Il est crucial de distinguer la référence utilisée pour la mesure.

2.1 La pression atmosphérique

L'air qui nous entoure possède une masse. Cette colonne d'air au-dessus de nos têtes exerce une pression sur tout ce qu'elle touche : c'est la **pression atmosphérique**, notée P_{atm} .

Au niveau de la mer, sa valeur moyenne (pression atmosphérique normale) est de :

$$P_{atm} = 1013,25 \text{ hPa} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

2.2 Pression absolue, relative et différentielle

Il existe trois façons d'exprimer une pression :

1. **La pression absolue** (P_{abs}) : C'est la pression réelle du fluide par rapport au vide total ($P=0$ dans le vide). Elle est toujours positive.
2. **La pression relative** (P_{rel}) : C'est la différence entre la pression absolue et la pression atmosphérique.

$$P_{rel} = P_{abs} - P_{atm}$$

- Si un pneu affiche $2,2 \text{ bar}$, sa pression absolue est en réalité d'environ $3,2 \text{ bar}$.*

1. **La pression différentielle** (ΔP) : C'est la différence de pression entre deux points ou deux milieux distincts.

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

2.3 Les instruments de mesure

Instrument	Type de pression mesurée	Utilisation type
Baromètre	Pression atmosphérique	Météorologie, altimétrie
Manomètre relatif	Pression relative	Cuves, pneumatiques, circuits hydrauliques
Capteur différentiel	Différence de pression	Mesure de débit, encrassement de filtres

Question de réflexion : Pourquoi les plongeurs sous-marins doivent-ils expirer en remontant à la surface ?

Réponse : En remontant, la pression diminue. L'air contenu dans les poumons se dilate (loi de Boyle-Mariotte). Si l'on ne laisse pas cet air s'échapper, il peut provoquer des lésions graves.

Chapitre 3 : Loi fondamentale de la statique des fluides

Cette loi, également appelée principe fondamental de l'hydrostatique (PFH), permet de calculer l'évolution de la pression au sein d'un liquide au repos.

3.1 Énoncé de la loi

Considérons un liquide de masse volumique ρ constante (liquide incompressible). Soient deux points A et B situés à des altitudes respectives z_A et z_B dans ce fluide.

Loi fondamentale de la statique des fluides :

La différence de pression entre deux points A et B d'un fluide au repos est donnée par :

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

Où :

- P_A et P_B sont les pressions aux points A et B en pascals (Pa)
- ρ est la masse volumique du fluide en $kg \cdot m^{-3}$
- g est l'intensité de la pesanteur ($g \approx 9,81 N \cdot kg^{-1}$ ou $m \cdot s^{-2}$)
- z_A et z_B sont les altitudes (en mètres) mesurées sur un axe vertical ascendant.

Interprétation physique :

Si le point B est plus profond que le point A ($z_B < z_A$), alors $z_A - z_B > 0$, ce qui implique $P_B > P_A$.

La pression augmente avec la profondeur.

Si l'on utilise la profondeur h (distance verticale sous la surface libre), la formule devient souvent :

$$P(h) = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

3.2 Conséquences de la loi

- **Surface libre** : La surface libre d'un liquide au repos en contact avec l'atmosphère est toujours un plan horizontal.
- **Vases communicants** : Dans un système de réservoirs reliés entre eux, le niveau du liquide est le même partout, quelle que soit la forme des réservoirs, car la pression à la surface est la même (P_{atm}).
- **Indépendance de la forme** : La pression au fond d'un récipient ne dépend que de la hauteur du liquide et non de la forme du récipient ou de la quantité totale de liquide.

3.3 Exercice d'application n°2 : Pression ressentie par un plongeur

Un plongeur descend à une profondeur $h=30,0 \text{ m}$ dans l'océan. La masse volumique de l'eau de mer est $\rho=1030 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. On prendra $g=9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ et $P_{atm}=1,01\cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Quelle est la pression absolue subie par le plongeur ?

Corrigé guidé :

1. Identifions les données :

$$h=30,0$$

$$\rho=1030$$

$$g=9,81$$

$$P_{atm}=1,01\cdot 10^5$$

2. Appliquons la relation :

$$P=P_{atm} + \rho\cdot g\cdot h$$

3. Calcul du terme de pression hydrostatique :

$$\rho\cdot g\cdot h=1030\cdot 9,81\cdot 30,0\approx 3,03\cdot 10^5$$

4. Somme avec la pression atmosphérique :

$$P=1,01\cdot 10^5 + 3,03\cdot 10^5$$

$$P=4,04\cdot 10^5$$

Résultat : La pression absolue est de $4,04\cdot 10^5 \text{ Pa}$, soit environ 4 bar .

Note pédagogique : On retient souvent en plongée que la pression augmente d'environ 1 bar tous les 10 mètres de profondeur.

Résumé

- Un **fluide** (liquide ou gaz) exerce une **force pressante** \vec{F} perpendiculaire aux parois qu'il touche.
- La **pression** est le rapport de la force sur la surface : $P = \frac{F}{S}$. L'unité légale est le **pascal** (Pa), avec $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.
- La **pression absolue** est mesurée par rapport au vide, tandis que la **pression relative** est mesurée par rapport à la pression atmosphérique : $P_{abs} = P_{rel} + P_{atm}$.
- La **pression différentielle** est l'écart de pression entre deux points : $\Delta P = P_1 - P_2$.
- La **Loi Fondamentale de la Statique des Fluides** (PFH) stipule que dans un liquide au repos, la pression augmente avec la profondeur : $P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$.
- Pour un liquide de masse volumique ρ , la pression à une profondeur h est : $P = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$.
- Dans un liquide homogène au repos, tous les points situés sur un même **plan horizontal** sont à la même pression.

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

Permanent link:
https://wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:sti2d:terminale_technologique:physique_chimie:la_statique_des_fluides&rev=1779261661

Last update: 2026/05/20 09:21

