

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 $1500, \text{N}$ 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 :

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

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. C'est ce que mesurent la plupart des manomètres (par exemple, le gonfleur de pneus de voiture).

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

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

3. **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