

Chapitre 1

Propriétés physiques des fluides

Objectifs

A la fin de ce chapitre, l'étudiant doit être capable de :

- Définir les propriétés physiques d'un fluide
- Définir les fluides compressibles et les fluides incompressibles
- Définir les fluides parfaits et les fluides réels

Définitions

1. Fluide

Un fluide est un milieu matériel continu dont les propriétés sont les mêmes dans toutes les directions de l'espace, sans rigidité et peut se déformer sous l'action des forces très faibles. Il s'agit des corps à l'état liquide ou gazeux.

Les fluides peuvent se classer en deux groupes :

- Les fluides compressibles : Un fluide est dit compressible lorsque le volume occupé par une masse donnée varie en fonction de la pression extérieure.

Les gaz (air, hydrogène, etc) sont considérés comme des fluides compressibles

- Les fluides incompressibles : Un fluide est dit incompressible lorsque le volume occupé par une masse donnée ne varie pas en fonction de la pression extérieure.

Les liquides (eau, huile, etc) sont considérés comme des fluides incompressibles

Les fluides peuvent aussi se classer en deux familles relativement par leur viscosité :

- Fluide parfait : un fluide est dit parfait s'il est possible de décrire son mouvement sans prendre en compte les effets de frottement
- Fluide réel : un fluide réel est un fluide visqueux. Lors de son mouvement, toute particule est soumise aux forces de frottement.

Mécanique des fluides

2. Masse volumique (ρ)

C'est le quotient de la masse (m) d'un corps par son volume (V).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Déterminer l'unité de la masse volumique dans le système international.

$$[\rho] = \frac{Kg}{m^3} \quad (2)$$

Tableau 1: Masse volumique de quelques fluides usuels

Fluide		Masse volumique (Kg/m ³)
Liquide	Lait	1030
	Alcool	794
	Pétrole	800
Gaz	Air	1.293
	Chlore	3.22
	Oxygène	1.429

3. Densité

C'est le quotient de la masse volumique (ρ) d'un corps par la masse volumique (ρ_R) d'un corps de référence à des conditions P et T qui doivent être spécifiées.

$$d = \frac{\rho}{\rho_R} \quad (3)$$

Corps de référence : Eau pour les liquides

Air pour les gaz

A partir de ce qui a été vu précédemment déterminer l'unité de la densité dans le système international.

La densité d'un corps est un nombre sans unité

4. Poids volumique

Le poids volumique d'un corps est donné par l'expression suivante :

$$\bar{\omega} = \frac{\|\vec{P}\|}{V} = \frac{m\|\vec{g}\|}{V} = \rho\|\vec{g}\| \quad (4)$$

Avec :

$\bar{\omega}$: Poids volumique (N/m^3)

$\|\vec{P}\|$: Poids de corps

$\|\vec{g}\|$: Accélération de pesanteur

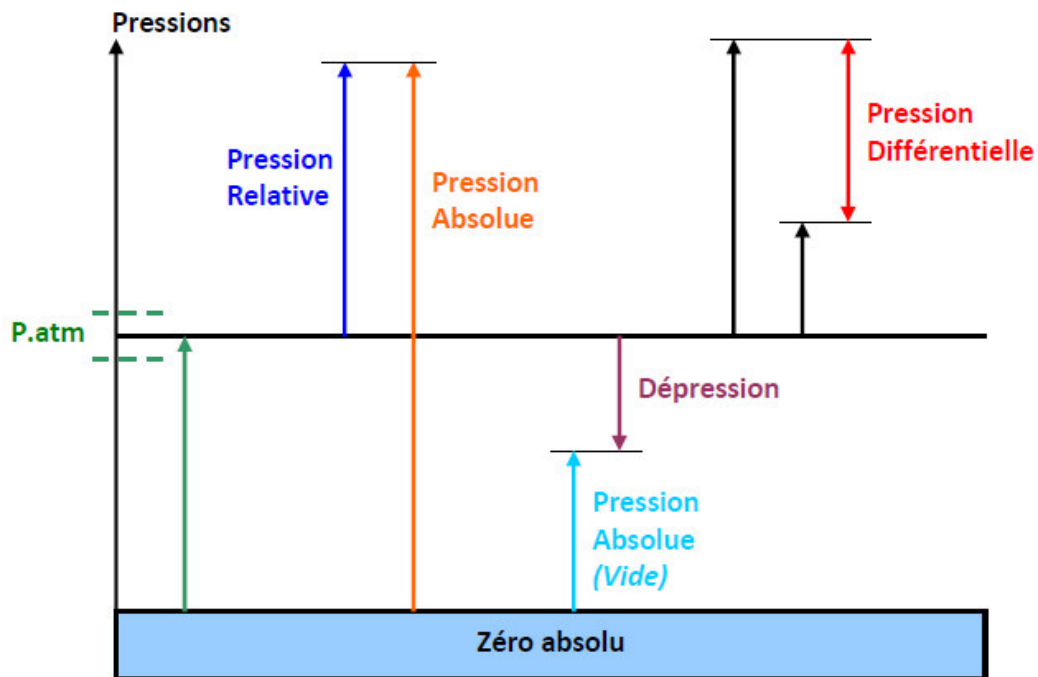
m : Masse de corps

5. Pression

La pression caractérise une force exercée uniformément sur une unité de surface et normale à celle-ci. La pression est donc égale à la force ramenée à une unité de surface:

$$\text{Pression} = \frac{\text{Force}}{\text{Surface}} \quad (5)$$

Définition des différents types de pression



La Pression atmosphérique

La pression atmosphérique (notée P_{atm}) est la pression exercée par l'atmosphère à la surface de la terre. Au niveau de la mer, la pression atmosphérique moyenne à $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, est de 1013 mbar. Elle peut varier, de ± 25 mbar, avec la pluie ou le beau temps.

La pression relative

C'est la différence de pression par rapport à la pression atmosphérique.

Mécanique des fluides

La pression absolue

C'est la pression réelle. Elle est comptée à partir de zéro absolu.

On peut rajouter 1 bar à la pression relative pour avoir une approximation de la pression absolue.

Le vide

Le vide est une pression inférieure à la pression atmosphérique. Le vide parfait correspond théoriquement à une pression absolue nulle. Il ne peut être atteint, ni dépassé. Quand on s'en approche, on parle alors de vide poussé.

Unités de pression

Plusieurs unités existent:

- le pascal (Pa) : unité SI, peu employée en pratique
- le bar (bar) et son sous multiple le millibar (mbar)
- le millimètre de mercure ou Torr
- le millimètre de colonne d'eau ou le mètre de colonne d'eau (m CE)
- l'atmosphère (atm).

Le tableau suivant représente l'équivalence entre les différentes unités de pression

Unités de pression	Pa Pascal	kPa	MPa	Bar	mbar	mmH ₂ O	mm Hg	Atm
Pa		1.10^{-3}	1.10^{-6}	1.10^{-5}	1.10^{-2}	$1,02.10^{-1}$	$7,5.10^{-3}$	$9,869.10^{-6}$
kPa	1.10^3		1.10^{-3}	1.10^{-2}	10	$1,02.10^2$	7,5006	$9,869.10^{-3}$
MPa	1.10^6	1.10^3		10	1.10^4	$1,02.10^5$	$7,5.10^3$	9,869
bar	1.10^5	1.10^2	1.10^{-1}		1.10^3	$1,02.10^4$	$7,5.10^2$	0,9869
mbar	1.10^2	0,1	1.10^{-4}	1.10^{-3}		10,197	0,75006	$9,869.10^{-4}$
mm H ₂ O	9,806	$9,81.10^{-3}$	$9,81.10^{-6}$	$9,81.10^{-5}$	$9,806.10^{-2}$		0,07355	$9,68.10^{-5}$
mm Hg	$1,333.10^2$	$1,333.10^{-1}$	$1,333.10^{-4}$	$1,333.10^{-3}$	1,333	13,595		$1,315.10^{-3}$
atm	$1,01325.10^5$	$1,0132.10^2$	$1,0132.10^{-1}$	1,0132	$1,0132.10^3$	$1,0132.10^4$	760	

6. Viscosité

La viscosité d'un fluide est caractérisée par la résistance qu'opposent les molécules à une force tendant à les déplacer au sein du liquide. C'est la propriété, résistance à l'écoulement qui l'empêche de s'écouler dans une canalisation ou de s'étaler sur une surface. Lorsque la viscosité augmente, la capacité du fluide à s'écouler diminue. Pour un liquide, la viscosité tend généralement à diminuer lorsque la température augmente.

On distingue la viscosité dynamique et la viscosité cinématique.

La viscosité dynamique (notée μ) représente la contrainte de cisaillement nécessaire pour produire un gradient de vitesse d'écoulement d'une unité dans la matière.

Dans le système international (SI), l'unité de la viscosité dynamique est le Pascal seconde (Pa·s) ou Poiseuille (Pl) : $1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1 \text{ Pl} = 1 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$

La viscosité cinématique (notée ϑ) caractérise le temps d'écoulement d'un liquide. C'est le quotient de la viscosité dynamique par la masse volumique du fluide.

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} \quad (6)$$

L'unité de la viscosité cinématique est le (m^2/s).

On utilise souvent le Stokes (St) comme unité de mesure de la viscosité cinématique.

$$1 \text{ St} = 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

7. Système d'unités

Tableau 2: Unité de base en système International

Quantité	Unité	Symbole
Longueur	Mètre	m
Masse	Kilogramme	Kg
Temps	Second	s
Température	kelvin	K

Tableau 3: Unités dérivés du système international

Quantité	Unité	Formule	Symbole
Pression (Tension)	Pascal	N/m^2	Pa
Force	Newton	Kg.m/s^2	N
Energie (Travail et chaleur)	Joule	N.m	J
Puissance	Watt	J/S	W
Viscosité dynamique	Pascal-seconde	$\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s}$	Pa.s
Viscosité cinématique	Mètre carré par seconde		m^2/s