

Chapitre 1 : Propriétés des fluides

I-DEFINITIONS

I-1 Le fluide : C'est un milieu matériel continu déformable sans rigidité qui peut s'écouler. La notion de fluide s'oppose à la notion de solide, mais l'un et l'autre sont considérés comme formés d'un grand nombre de particules matérielles petites :

- solidement liées entre elles dans le cas des solides.

- Libres de se déplacer les unes par rapport aux autres dans le cas des fluides.

Parmi les fluides on fait la distinction entre liquides et gaz :

Un liquide : c'est un fluide qui occupe le même volume quelle que soit la forme, il est incompressible et il présente une surface libre.

Un gaz : Il tend à occuper tout le volume qui lui est offert, il est compressible(donc expansible) et il ne présente pas de surface libre.

I-2 Le milieu continu : c'est un milieu matériel pour lequel les propriétés physiques telles que la densité, la température... ont une valeur définie en chaque point. Ceci reste vrai tant que les dimensions de notre système sont très grandes devant les dimensions atomiques.

I-3 Force de volume – Force de surface : On classe les forces qui agissent sur un fluide en deux catégories selon leur portée :

- Les forces de volumes sont les forces de pesanteur, magnétiques, électriques etc... qui exercent des actions sur les particules intérieures à une surface s et qui sont proportionnelles à l'élément de volume considéré.
- Les forces de surface sont des forces normales de pression ou des forces tangentielles dues à la viscosité ou contraintes. Elles sont proportionnelles à l'élément de surface considéré. Les forces de surface s'appliquant sur un élément de volume cubique sont données par :

$$\overline{dF} = [T]\vec{n} dS \quad [T] \text{ est le tenseur des contraintes}$$

I-4 Fluide parfait et fluide visqueux : L'expérience nous montre qu'un fluide réel adhère à la paroi sur laquelle il s'écoule. Cette adhérence est due à une propriété du fluide qu'on appelle viscosité dynamique μ . Tous les fluides sont visqueux. Cependant dans certains cas et afin de simplifier les équations, on suppose que le fluide n'a pas cette propriété qui est la viscosité. Ce fluide est donc parfait : Il glisse sur la paroi sur laquelle il s'écoule et n'y adhère pas.

I-5 Fluide Newtonien : C'est un fluide pour lequel les contraintes (forces tangentielles par unité de surface) sont liées aux déformations (gradient de vitesse) par une relation linéaire.

I-6 Fluide compressible-Fluide incompressible : Un fluide est dit compressible quand sa masse volumique change à travers le champ d'écoulement et/ ou à travers le temps (changement du principalement à la variation de pression). Il est incompressible dans le cas contraire.

I-7 Grandeurs physiques importantes :

♣ **La compressibilité :** c'est le caractère de variation de volume de fluide avec une variation de pression (dp), le volume de fluide subit une diminution de volume (dV).

$$\beta = -\frac{\frac{dV}{V}}{dp} = -\frac{dV}{dpV} \quad [\beta] = \frac{L^3}{ML^{-1}T^{-1}L^3}$$

β : coefficient de compressibilité (m^2/N)

V : volume de fluide (m^3)

dV : variation de volume (m^3)

dp : variation de pression (N/m^2)

♣ **La pression :** c'est la force par unité de surface dans la direction normale à cette surface.

$$p = \frac{F}{S} \quad [p] = \frac{MLT^{-2}}{L^2} = ML^{-1}T^{-2}$$

F : la force (N)

S : la surface sur laquelle s'exerce perpendiculairement F (m^2)

p : la pression (N/m^2 ou pascal)

♣ La masse volumique et densité :

La masse volumique d'un fluide est la masse par unité de volume.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad [\rho] = ML^{-3}$$

M : masse du fluide (Kg)

V : volume du fluide (m^3)

ρ : masse volumique (Kg/m^3)

La densité d'un fluide est le rapport de la masse du fluide rapporté à un fluide de référence.

C'est une grandeur sans unité $d = \frac{\rho}{\rho_{ref}}$

$$\rho_{ref} = \rho_{eau} \quad \text{pour les liquides}$$

$$\rho_{ref} = \rho_{air} \quad \text{pour les gaz}$$

Exemples : $d_{eau} = 1$

$d_{mercure} = 13.6$

La masse volumique du liquide est relativement plus importante que celle du gaz.

La masse volumique des gaz dépend de la température et de la pression.

Fluides	mercure	Eau de mer	Eau pure	huile	essence	butane	air
ρ (Kg/m ³)	13600	1030	1000	900	700	2	1.293

♣ **Le poids volumique** (poids spécifique): C'est la force d'attraction exercée par la terre sur l'unité de volume, c'est-à-dire le poids de l'unité de volume.

$$\tilde{\omega} = \frac{G}{V} = \frac{Mg}{V} = \frac{\rho Vg}{V} = \rho g \qquad \tilde{\omega} = \rho g \text{ (N/m}^3\text{)}$$

♣ **Le volume massique** (volume spécifique) : C'est le volume occupé par l'unité de masse. C'est l'inverse de la masse volumique.

$$v = \frac{V}{M} = \frac{V}{\rho V} = \frac{1}{\rho} \quad (\text{m}^3/\text{Kg})$$

♣ **La viscosité** : c'est une propriété du fluide qui traduit sa résistance au mouvement.

Viscosité dynamique : $[\mu] = ML^{-1}T^{-1}$ unité : Kg/m.s ou pa.s ou Pl

Pa.s : pascal seconde

Pl : poiseuille avec 1 pa.s=1 Pl=1 Kg/ms

Viscosité cinématique : $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, $[\nu] = L^2T^{-1}$ unité : m²/s

♣ **Le coefficient de conductibilité thermique :**

Quand un corps solide ou fluide est le siège d'un gradient de température, de l'énergie sous forme de chaleur diffuse des régions chaudes vers les régions froides. Par unité de section et de temps, cette énergie (flux de puissance) est proportionnelle au gradient de température.

$$\vec{\varphi} = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}T}$$

λ : coefficient de conductibilité thermique

$$[\lambda] = MLT^{-3}(\text{température})^{-1} \qquad (\text{Watt/m.K})$$