

Chapitre

1

Introduction et concepts fondamentaux

1.1 Introduction générale

La mécanique des fluides est une science de la mécanique appliquée qui concerne le comportement des liquides et des gaz au repos ou en mouvement [1]. C'est une branche de la physique qui étudie les écoulements de fluides c'est-à-dire des liquides et des gaz lorsque ceux-ci subissent des forces ou des contraintes. Elle comprend deux grandes sous branches:

- ❖ la statique des fluides, ou hydrostatique qui étudie les fluides au repos. C'est historiquement le début de la mécanique des fluides, avec la poussée d'Archimède et l'étude de la pression.
- ❖ la dynamique des fluides qui étudie les fluides en mouvement. Comme autres branches de la mécanique des fluides.

On distingue également d'autres branches liées à la mécanique des fluides : l'hydraulique, l'hydrodynamique, l'aérodynamique,...

La mécanique des fluides a de nombreuses applications dans divers domaines comme l'ingénierie navale, l'aéronautique, mais aussi la météorologie, la climatologie ou encore l'océanographie [2].

1.2 Définitions

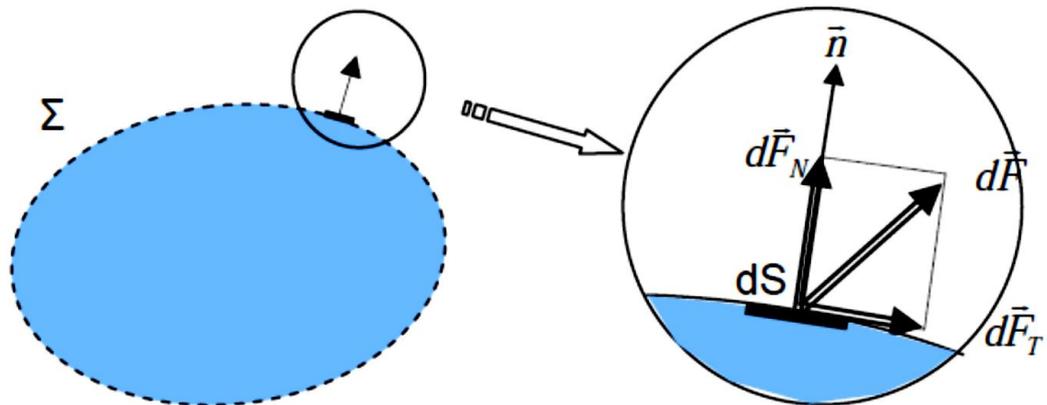
Un fluide peut être considéré comme étant une substance formé d'un grand nombre de particules matérielles, très petites et libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. C'est donc un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler. Pour

des liquides (eau, huile...), les molécules sont plus espacées, les forces intermoléculaires sont plus faibles que dans le cas des solides et les molécules ont la liberté de mouvement de sorte que le fluide est un corps sans forme propre qui prend la forme du récipient qui le contient, ou s'écouler dans un tube par exemple: les métaux en fusion sont des fluides qui permettent par moulage d'obtenir des pièces brutes de formes complexes.

Les fluides peuvent aussi se classer en deux familles relativement par leur viscosité. La viscosité est une de leur caractéristique physico-chimique qui sera définie dans la suite du cours et qui définit le frottement interne des fluides. Les fluides peuvent être classés en deux grande familles : La famille des fluides "newtoniens" (comme l'eau, l'air et la plupart des gaz) et celle des fluides "non newtoniens" (quasiment tout le reste... le sang, les gels, les boues, les pâtes, les suspensions, les émulsions...). Les fluides "newtoniens" ont une viscosité constante ou qui ne peut varier qu'en fonction de la température. La deuxième famille est constituée par les fluides "non newtoniens" qui ont la particularité d'avoir leur viscosité qui varie en fonction de la vitesse et des contraintes qu'ils subissent lorsque ceux-ci s'écoulent [1-2].

1.2.1 fluide parfait

Soit un système fluide, c'est-à-dire un volume délimité par une surface fermée Σ fictive ou non.



Considérons $d\vec{F}$ la force d'interaction au niveau de la surface élémentaire dS de normale \vec{n} entre le fluide et le milieu extérieur.

On peut toujours décomposer $d\vec{F}$ en deux composantes:

- une composante $d\vec{F}_T$ tangentielle à dS .
- une composante $d\vec{F}_N$ normale à dS .

En mécanique des fluides, un fluide est dit parfait s'il est possible de décrire son mouvement sans prendre en compte les effets de frottement. C'est à dire quand la composante $d\vec{F}_T$ est nulle. Autrement dit, la force $d\vec{F}$ est normale à l'élément de surface dS [2].

1.2.2 Fluide réel

Contrairement à un fluide parfait, qui n'est qu'un modèle pour simplifier les calculs, pratiquement inexistant dans la nature, dans un fluide réel les forces tangentielles de frottement interne qui s'opposent au glissement relatif des couches fluides sont prises en considération. Ce phénomène de frottement visqueux apparaît lors du mouvement du fluide.

C'est uniquement au repos, qu'on admettra que le fluide réel se comporte comme un fluide parfait, et on suppose que les forces de contact sont perpendiculaires aux éléments de surface sur lesquels elles s'exercent. La statique des fluides réels se confond avec la statique des fluides parfaits [2].

1.2.3 Fluide incompressible

Un fluide est dit incompressible lorsque le volume occupé par une masse donnée ne varie pas en fonction de la pression extérieure. Les liquides peuvent être considérés comme des fluides incompressibles (eau, huile, etc.) [2].

1.2.4 Fluide compressible

Un fluide est dit compressible lorsque le volume occupé par une masse donnée varie en fonction de la pression extérieure. Les gaz sont des fluides compressibles. Par exemple, l'air, l'hydrogène, le méthane à l'état gazeux, sont considérés comme des fluides compressibles [2].

1.3 Propriétés des fluides

1.3.1 Masse volumique

La masse volumique représente le rapport entre la masse d'un fluide et son volume, elle a les dimensions $M.L^{-3}$. En système S.I l'unité est (kg/m^3).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

Où : ρ : Masse volumique en (Kg/m^3)

m : Masse en (Kg)

V : Volume en (m^3)

1.3.2 Poids volumique

Le poids spécifique est le rapport entre le poids du liquide est son volume, l'unité est le (N/m^3) .

$$\varpi = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g \quad (1.2)$$

ϖ : Poids volumique en (N/m^3)

m : Masse en en (Kg)

V : Volume en (m^3)

g : Accélération de la pesanteur en (m/s^2)

1.3.3 Densité

La densité « d » est le rapport de la masse (ou le poids) d'un certain volume du corps en question à la masse (ou du poids) d'un égale volume d'eau à la température $4^\circ C$.

$$d = \frac{\text{masse vvolumique du fluide}}{\text{masse volumique d'unfluide de référence}} = \frac{\rho}{\rho_{ref}} \quad (1.3)$$

Dans le cas des liquides en prendra l'eau comme fluide de référence. Dans le cas des gaz on prendra l'air comme fluide de référence.

1.3.4 Viscosité

La viscosité est définie comme étant la propriété d'un fluide à résisté au mouvement d'une couche de fluide au-dessus d'une autre couche de fluide adjacente.

a- Viscosité dynamique

Soit deux couches de liquide en mouvement s'une sur l'autre comme le montre la figure.

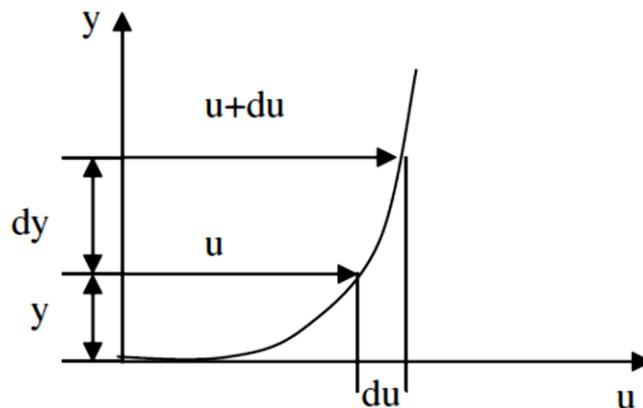


Fig. 1.1. Profile des vitesses

Il y a un effort tangentiel qui se forme entre les deux couches directement proportionnel au gradient de vitesse.

$$\tau = \frac{F}{S} = \mu \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (1.4)$$

C'est la loi de Newton. La force \vec{F} induit une contrainte de cisaillement qui est égale à : $\tau = \frac{F}{S}$. La loi de Newton peut alors s'écrire comme :

$$\tau = \mu \gamma \quad (1.5)$$

Où $\gamma = \frac{du}{dy}$ est le taux de cisaillement (ou vitesse de cisaillement) et μ est la viscosité dynamique qui dépend en général de la pression et de la température (par exemple les polymères à l'état fondu). L'unité de la viscosité est (kg/m.s) ou (Pa.s)

Le Tableau 1.1 donne quelques valeurs de viscosité pour différents matériaux.

Tableau 1.1 – Valeurs de viscosité cinématique et dynamique pour quelques fluides à pression atmosphérique.

Fluide	$\mu(PI)$	$\nu(m^2/s)$
Air (0°C)	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-5}$
Eau (20°C)	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,79 \cdot 10^{-6}$
Mercure (20°C)	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Huiles	10^{-2} à 1	10^{-5} à 10^{-3}
Polymères fondus-verre fondu	10^2 à 10^4	10^{-1} à 10

Remarque

Lorsque le fluide est parfait (fluide idéal, non visqueux) alors $m = 0$.

b- Viscosité cinématique

Elle est définie comme étant le rapport entre la viscosité dynamique et la masse volumique du fluide.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.6)$$

La viscosité cinématique s'exprime en (m²/s) ou Stokes (1St=10⁻⁴m²/s).

Remarque

La différence entre viscosité dynamique et viscosité cinématique est que la viscosité cinématique caractérise le temps d'écoulement d'un liquide. Par contre, la viscosité dynamique correspond à la réalité physique du comportement d'un fluide soumis à une sollicitation (effort).

Références

- [1] **Sakir Amiroudine. Jean-Luc Battaglia.** Mécanique des fluides. Dunod, Paris, 2011, ISBN 978-2-10-056922-9
- [2] **Riadh ben hamouda.** Notions de mécanique des fluides, cours et exercices corrigés. Centre de Publication Universitaire. 2008.
- [3] **A. Ammari .**Hydraulique Générale