

## 1. Généralités :

Les mouvements des fluides sont des phénomènes absolument indispensables à notre organisme. L'étude de ces mouvements permet d'observer et de comprendre des fonctions biologiques telles que la circulation sanguine artérielle et veineuse, l'élimination par voie rénale des toxines... etc.

Cet organisme peut être assimilé à un système qui contient un mécanisme de transport spécifique, le véhicule principal est le sang. Ce dernier va suivre un circuit bien défini pour propager les substances nutritives dans tous les organes du système, et éliminer les toxines qui en résulte.

Une succession de conduites spécifiques (les artères et les veines), et sous l'effet de la pompe cardiaque le sang qui y circule sera régit par les lois de la mécanique des fluides.

**1.1 Objectifs :** Les objectifs de ce cours peuvent se résumer en :

- Comprendre les lois qui régissent les différents écoulements dans l'organisme vivant.
- Comprendre les phénomènes physiques qui en découlent de cet écoulement tel que le transport des substrats ainsi que l'élimination des déchets.
- Modélisation des conduites (artères et veines).
- Comprendre le mouvement de l'air au niveau des poumons.
- Sur le plan rhéologique étudier les écoulements liquidiens chez les humains qui sont des fluides non newtoniens.

## 2. Rappels :

La matière est constituée d'atomes, de molécules ou d'ions. Ces particules sont liées entre elles par des forces de liaisons (cohésions) intermoléculaires.

Selon l'intensité de ces forces on distingue trois états de la matière :

**2.1 L'état Solide :** si l'intensité de la force de cohésion est importante, le mouvement relatif des constituants de la matière les uns par rapport aux autres n'est pas permis. Un petit déplacement de ceux-ci conduit à l'endommagement de cette matière.

**2.2 L'état Liquide :** si les forces de cohésions sont moins importantes, les particules sont plus ou moins libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. Ce mouvement n'entraîne pas l'endommagement de la matière.

**2.3 L'état Gazeux :** dans les gaz les forces de cohésions sont quasiment nulles. Le mouvement de ses constituants est désordonné, il n'y a pratiquement pas d'interaction directe entre les différentes particules.

**2.4 Fluides :** lorsque la matière est dans un état liquide ou gazeux elle est dite fluide. Les fluides sont des corps qui n'ont pas de forme propre, ils sont facilement déformables sous l'action de très faibles forces ou contraintes extérieures.

Une masse donnée d'un fluide ne garde pas sa forme bien déterminée (comme dans le cas des solides), celle-ci varie avec la forme du vase qui la contient, voir la figure suivante.

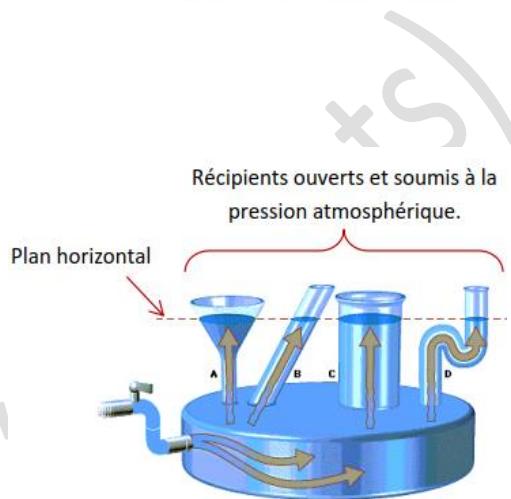
Pour cela, les notions de **masse** et de **force** utilisées en mécanique newtonienne classique seront substituées respectivement aux notions de **masse volumique** et de **pression**.



### 3. Définitions :

Les fluides ne sont pas rigides et ne peuvent pas rester longtemps au repos sous l'action de forces extérieures. Un fluide est au repos seulement lorsqu'il n'existe pas de forces appliquées sur lui.

Alors que dans le cas de la mécanique classique un corps est en équilibre si la résultante des forces appliquées sur ce corps est nulle (première loi de newton).



**3.1 La mécanique Des Fluides** est une branche de la physique qui étudie le comportement des fluides immobiles, ainsi que les lois qui régissent leurs écoulements lorsque ceux-ci subissent des forces ou des contraintes. Elle comprend deux grandes sous branches:

**3.1.1 La Statique Des Fluides :** est la science qui traite de l'étude des fluides (liquides) en situation immobile (en équilibre), dite **hydrostatique**. Cette première situation est caractérisée essentiellement par la notion **de pression**.

**3.1.2 La Dynamique Des Fluides :** au contraire, lorsque les fluides sont en mouvement (en écoulement) les lois correspondantes relèvent de la dynamique des fluides, et on parle **d'hydrodynamique**. Cette dernière situation est caractérisée par la notion de **débit**.

**3.2 Masse Volumique :** La masse volumique d'un corps est le rapport de sa masse par son volume. Elle est

notée ( $\rho$ ), définie par :  $\rho = \frac{m}{\text{Vol}}$  avec:  $\left\{ \begin{array}{l} \rho : \text{la masse volumique: } \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] \\ m : \text{la masse du fluide: } [\text{Kg}] \\ \text{Vol} : \text{le volume du fluide: } [\text{m}^3] \end{array} \right.$

**3.3 Poids Volumique :** Le poids volumique d'un corps est le rapport de son poids par son volume. Il est noté ( $\varpi$ ), définit par :

$$\varpi = \frac{m \times g}{\text{Vol}} = \rho \times g \quad \text{avec: } \left\{ \begin{array}{l} \varpi : \text{le poids volumique: } \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \\ m : \text{la masse du fluide: } [\text{Kg}] \\ \text{Vol} : \text{le volume du fluide: } [\text{m}^3] \\ g : \text{est l'accélération de la gravité: } \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \end{array} \right.$$

**3.4 Densité :** La densité d'un corps est le rapport de sa masse volumique par la masse volumique du corps de référence. Elle est notée ( $d$ ), définie par :

$$d_{liquide} = \frac{\rho_{corps}}{\rho_{référence}} \begin{cases} \text{pour les liquides la référence est l'eau } \rho = 10^3 \frac{Kg}{m^3} \\ \text{pour les gaz la référence est l'air } \rho = 1,2 \frac{Kg}{m^3} \end{cases}$$

### 3.5 Remarque :

On notera que la densité :

- Est un nombre sans dimension.
- Ne doit pas être confondue avec la masse volumique.
- Est indépendante de la température, de la pression et du volume considéré.
- Enfin dans le cas des gaz soumis à des conditions normales de pression et de température, c'est-à-dire {P = 1 (atm); T = 0° (C) et V = 22,4 (l)}, on peut utiliser la relation :

$$d_{gaz} = \frac{M}{29} \begin{cases} M \text{ est la masse molaire du gaz en gramme} \\ 29 \text{ est déduite des condition normales (voir cours de chimie).} \end{cases}$$

### 3.6 Fluide Idéal (Parfait) Et Fluide Réel.

**3.6.1 Fluide Idéal Ou Parfait** Une grande partie des principes théoriques qui vont suivre ne vont s'appliquer qu'à un fluide **Parfait Idéal**, pour lequel on admet **qu'il n'existe pas de forces de frottement**, ni entre les molécules qui constituent le fluide, ni entre ces molécules et les parois de la conduite à travers laquelle il s'écoule.

**3.6.2 Fluide Réel.** : Si les forces de frottements ne sont pas négligées, **le fluide est réel**, ces forces se traduisent par l'existence **d'une viscosité** (frottements des particules du fluide entre elles) mais aussi aux frottements des particules fluides avec la paroi de la conduite (rugosité de la conduite).

### 3.7 Fluide Compressible Et Incompressible.

Les fluides sont des substances susceptibles de s'écouler et d'épouser la forme du récipient qui les contient; on dit qu'ils sont sans forme propre.

On peut répartir les fluides en deux grandes catégories:

#### 3.7.1 Les Fluides Incompressibles (liquides):

Les fluides seront incompressibles lorsque leurs volumes ne varient pas si l'on augmente la pression (la variation de leur volume est négligeable). **Ne pas confondre entre déformable et incompressible.**

#### 3.7.2 Les Fluides incompressible (gaz) :

Les gaz sont expansibles ou compressibles, ils se dilatent jusqu'à occuper toutes parties du récipient qui les contient. Le volume qu'ils occupent varie en fonction de la température ainsi que de la pression à laquelle ils seront soumis (loi de Boille Marriott).