

CHAPITRE I : PRESENTATION

I. Les différents états de la matière

On peut classer les corps selon la matière dont- ils résistent aux efforts extérieurs (forces de pression et de traction)

I.1. Etat solide

C'est un état qui résiste aux efforts de tractions et aux efforts de compressions.



Dans ces corps, les distances entre les atomes (ou molécules) sont très faibles et varient très peu vu leur densité en volume élevée. Ils restent donc liés les uns aux autres, ce qui assure aux solides une rigidité.

Le solide conserve sa forme et ses dimensions en absence d'action extérieure.

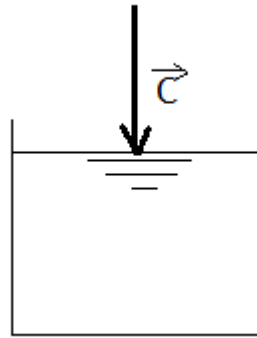
Cependant si on applique des actions extérieures au solide, on peut avoir une déformation ce qui engendre à l'intérieur du solides des actions résistantes :

- Force de répulsion inter -atomique dans le cas la compression
- Forces de cohésion dans le cas de la traction

La déformation du solide dépendra alors de la limite élastique pour la traction ou de la limite de rupture pour la compression du corps solide considéré.

I.2. Etat liquide

Les atomes sont beaucoup plus éloignés les uns des autres que pour les solides d'où une densité en volume plus faible.



(Les atomes ne sont pas liés par des forces d'attraction mutuelles si bien que qu'ils sont très libres et aucune force ne s'oppose à leurs glissements relatifs, il y a tout au plus un gêne dans ce déplacement dû au frottement qui rend compte de la viscosité c'est pour cela qu'un fluide ne peut résister à une traction mais résiste à une compression à cause de l'existence de force de répulsion inter-atomique.)

Les molécules sont liées en distance ce qui en limite le désordre. Ils occupent un volume défini et sont susceptibles de s'organiser en gouttes. Leur densité est telle qu'on définit d'ordinaire (assez mal) les liquides par le fait qu'en situation de repos, ils présentent une surface libre discernable et perpendiculaire au champ de gravité local.

I.3. Etat gazeux

Les atomes sont beaucoup plus éloignés les uns des autres que pour les liquides en plus leur densité en volume est plus faible.

Un gaz ne peut résister ni à une traction ni à une compression. Pas de forme propre et occupe la totalité de l'espace que l'on met à sa disposition.

II. Définition d'un fluide

II.1. Définition

Les gaz et les liquides se distinguent des solides par leur manque de rigidité. Ils sont regroupés sous la dénomination de fluide.

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

(À l'échelle microscopique, ce qui caractérise les fluides, c'est que les molécules ne sont pas bloquées dans leurs orientations relatives; elles ont ce degré de liberté (de désordre) que n'ont pas les molécules dans les solides.



.....
Leurs propriétés communes sont qu'ils n'ont pas de forme propre, c'est-à-dire qu'ils sont dépourvus de rigidité; les forces nécessaires pour engendrer des déformations par glissement et assez lentes sont extrêmement petites.

Cette distinction entre solides et fluides n'est pas parfaitement nette, puisqu'on trouve des corps comme les gelées, les peintures, les pâtes, certaines solutions concentrées de polymères, qui manifestent à la fois des comportements de solides (pendant des temps courts) et des comportements de liquides (pendant des temps longs).

On appelle Mécanique l'étude des déplacements et des déformations des corps au cours du temps, y compris l'étude des conditions qui entraînent ces mouvements. Nous considérerons ici la Mécanique au sens restreint où n'interviennent ni changements d'état physique, ni transformations chimiques (vaporisation, cavitation, combustion...).

La dynamique est la partie de la Mécanique qui étudie (sans expliciter la variable température) les mouvements ou le repos dans leurs rapports avec les forces qui les engendrent.

La cinématique fournit le cadre spatio-temporel dans lequel sont décrits les mouvements dans l'espace euclidien à 3 dimensions. La cinétique se construit à partir de la cinématique en introduisant la notion de masse.

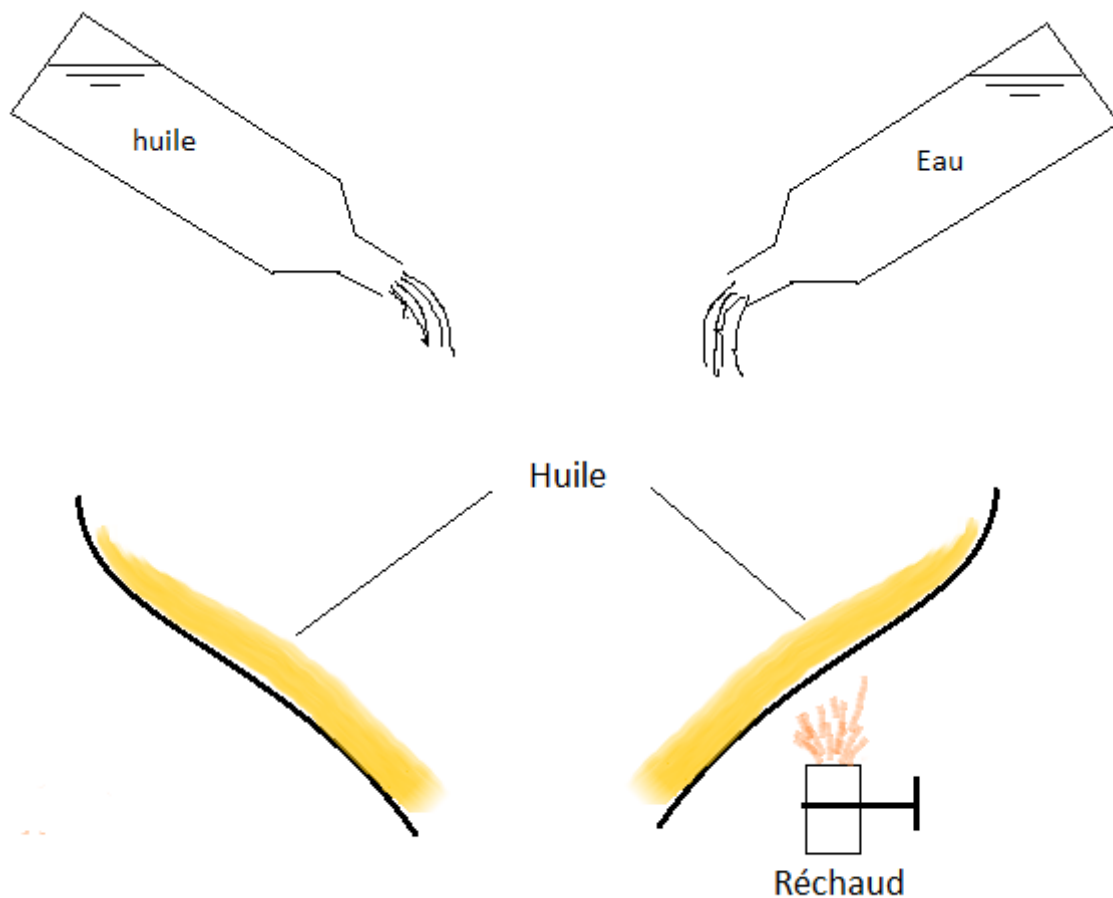
Un milieu fluide : milieu continu, sans rigidité et déformable sous l'action de très faibles efforts. La mécanique des fluides étudie les propriétés des fluides isotropes (mêmes propriétés dans toutes les directions), la mobilité, la compressibilité par les gaz et la viscosité (frottement).

II.2. Fluide parfait

Un fluide est dit parfait ou idéal s'il ne présente aucune caractéristique de viscosité. Du point de vue microscopique on peut dire que la distance interatomique est infinie d'où l'absence de force de liaison inter-atomique. Un fluide parfait n'existe pas dans la réalité, il n'est utilisé qu'en modèle d'étude.

II.3. fluide réel

On soumet deux fluides (eau et huile) à la même contrainte de déformation (champ de pesanteur), l'eau va couler plus vite que l'huile donc les frottements dans l'eau sont plus faibles que ceux dans l'huile. On dit alors que l'huile est plus visqueuse que l'eau. L'huile s'écoule plus vite si la plaque est chaude. Donc la viscosité est fonction de la température.



Fluide incompressible

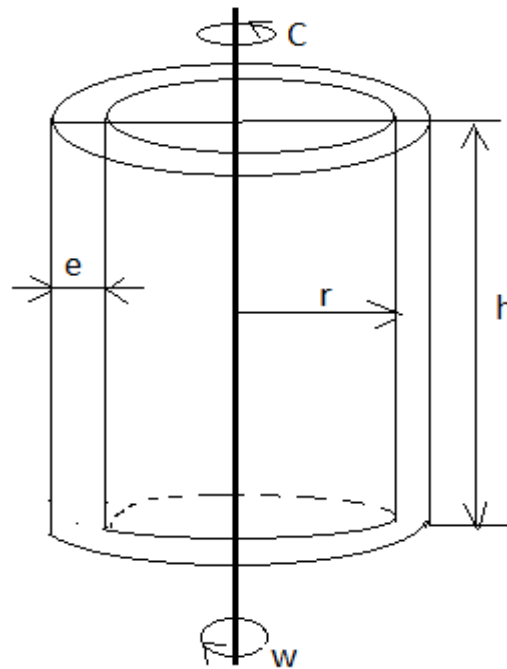
Un fluide est dit incompressible lorsque le volume occupé par une masse donnée ne varie pas en fonction de la pression extérieure. Les liquides peuvent être considérés comme des fluides incompressibles (eau, huile, etc.)

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.

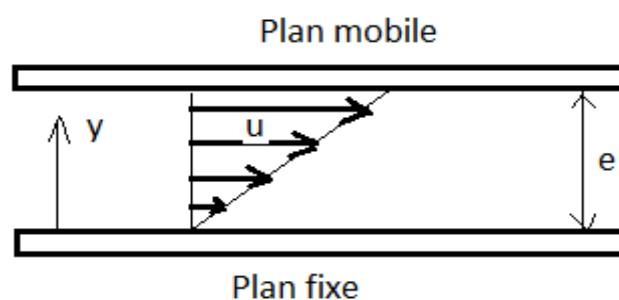
Par exemple, l'air, l'hydrogène, le méthane à l'état gazeux, sont considérés comme des fluides compressibles.

II.4. Mise en évidence de la viscosité : expérience de COUETTE



Soient deux cylindres coaxiaux avec un très faible espace entre les deux (e) remplis d'un fluide déterminé. On fait tourner le cylindre extérieur à l'aide d'un moteur à la vitesse angulaire w , on constate que le cylindre intérieur tourne dans le même sens et il faut lui appliquer un couple C en sens inverse pour le maintenir immobile. Cette expérience met en évidence l'existence de contraintes tangentielles qui sont d'autant plus importantes que l'on se rapproche du cylindre mobile.

Soit r_m le rayon moyen des cylindres on a $e \ll r_m$. On peut schématiser l'expérience dans le plan.



Il y a adhérence du fluide à la paroi

Mise en évidence des forces tangentielles qui cisailent le fluide

- Surface des cylindres en contact avec le fluide : $S \approx 2\pi r_m h$
- V vitesse linéaire du cylindre mobile (extérieur)

Le plan immobile est soumis à une force F : $F = \mu \frac{SV}{e}$

F est la force sur le cylindre maintenu immobile

En ramenant à l'unité de surface on a $\tau_0 = \mu \frac{V}{e}$ qui est appelé Contrainte de Cisaillement ou

$$\tau_0 = \mu \frac{du}{dy} \text{ avec } \frac{du}{dy} \text{ le gradient de vitesse de déformation}$$

μ : viscosité dynamique ou absolue, elle dépend du fluide, dépend fortement de la température et faiblement de la pression.

On peut définir également la viscosité cinématique $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ avec ρ la masse volumique du fluide

NB : Pour les fluides au repos, il n'y a pas de déplacements relatifs des molécules, et la viscosité n'interviendra pas. Nous pouvons donc considérer un fluide au repos comme parfait.

III. Dimensions et unités

Il y a deux types d'unités le SI (MKSA) et le cgs

Il y a trois sortes d'unités (unités de base, unités supplémentaires ou complémentaires et les unités composées).

Grandeur	Unité (SI)	Dimension
1. Unités de base - Longueur - Masse - Temps - Température - Intensité de courant - Intensité lumineuse - Quantité de matière	M Kg s K A Candéla Mole	L M T Θ I
2. Unités complémentaires - Angle plan - Angle solide	Rad st	
3. Unités composées Elles sont obtenues à partir des opérations mathématiques de multiplication et de division des unités de base		

Dimension de μ et ν

$$[\mu] = \frac{[F][e]}{[S][V]} = \frac{MLT^{-2}L}{L^2LT^{-1}} = ML^{-1}T^{-1} \text{ et } [\nu] = \frac{[\mu]}{[\rho]} = \frac{ML^{-1}T^{-1}}{ML^{-3}} = L^2T^{-1}$$

Unité de μ

- Dans le SI c'est le Poiseuille (Pl) ou Pa.s (pascal seconde)
- Dans le cgs c'est le Poise (Po)

Unité de ν

- Dans le SI c'est le Myriastokes (Mast)
- Dans le cgs c'est le Stokes (St)

On dira couramment m^2/s

Quelques valeurs de viscosités dynamiques

Fluide	μ (Pa.s)
Eau (0°C)	$1,787 \cdot 10^{-3}$
Eau (20°C)	$1,002 \cdot 10^{-3}$
Eau (100°C)	$0,2818 \cdot 10^{-3}$
Huile d'olive (20°C)	$\sim 100 \cdot 10^{-3}$
Glycérol (20°C)	$\sim 1000 \cdot 10^{-3}$
Hydrogène (20°C)	$0,86 \cdot 10^{-5}$
Oxygène (20°C)	$1,95 \cdot 10^{-5}$

IV. Autres propriétés des fluides

IV.1. Masse volumique

a. Définition – unité

Les fluides (liquide ou gaz) sont pesants. Cela signifie qu'un volume donné de fluide (par exemple 1 m³) représente une masse une bien définie. Toutefois cette masse sera différente pour chaque fluide. Ainsi, 1 m³ d'eau possédera une masse de 1000 kg, alors qu'1 m³ de mercure possédera une masse de 13600 kg. On peut ainsi définir pour chaque fluide une grandeur appelée *masse volumique* qui est le rapport de la masse m de fluide et du volume V qu'occupe cette masse. On utilisera le symbole ρ (la lettre grecque rho) pour désigner la masse volumique.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

L'unité de la *masse volumique* dans le système d'unité international (S.I.) est le *kilogramme par mètre cube*, abrégé kg/m^3 . On veillera donc à exprimer *la masse en kg* et *le volume en m³*.

On trouvera dans la table suivante, les masses volumiques de divers fluides usuels. On peut constater ici que les masses volumiques des liquides sont beaucoup plus grandes que celles des gaz (environ 1000 fois). Ce phénomène s'explique par le fait que les particules constituant un liquide sont jointives. Aussi, l'ensemble des particules est plus compact et un volume plus réduit contient donc une plus grande masse.

Fluide	Masse volumique (kg/m ³)
Eau (à température ambiante)	1000
Eau de mer	1020—1030
Mercure	13600
Air (à 20 °C et à pression atmosphérique)	1,2
Vapeur d'eau (à 100 °C et à pression atmosphérique)	0,6
Ethanol (alcool éthylique)	789
Huile végétale	910—940
Huile minérale (lubrifiants)	880—940
Essence	700—750
Kérosène	780—820
Pétrole	870

b. Densité

Afin d'éviter les problèmes d'unités lorsqu'on donne la valeur de la masse volumique d'un fluide, on a introduit la notion de *densité*. La densité d'un fluide est définie comme le rapport de la masse volumique de ce fluide (exprimée dans une unité quelconque) sur la masse volumique de l'eau (exprimée dans la même unité). L'équation suivante permet de calculer la densité que l'on notera par la lettre *d*.



$$d_{\text{fluide}} = \frac{\rho_{\text{fluide}}}{\rho_{\text{Fl.ref}}}$$

Il est *impératif d'exprimer la masse volumique du fluide et celle de référence dans la même unité*. Nous distinguerons deux cas : le cas des liquides où le fluide de référence est l'eau et celui des gaz où l'air est le référent.

La densité est donc une grandeur qui n'a donc pas d'unité (on dit qu'elle est sans dimension). Sa valeur ne dépend pas du système d'unité utilisé.