

CHAPITRE I : PROPRIETES DES FLUIDES

1. Masse volumique :

La masse volumique d'un corps est le rapport entre la masse et le volume occupé. Notée « ρ », elle s'exprime en « Kg/m^3 ».

$$\rho = \frac{M}{V} \quad / \rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

Attention : contrairement aux liquides, les gaz sont fortement compressibles. La variation de masse volumique dépend de la température et de la pression : $\rho = f(p, T)$.

2. La densité :

La densité d'un corps est le rapport de la masse volumique de ce corps à la masse volumique de l'eau.

$$d = \frac{\rho_s}{\rho_{\text{eau}}} \quad / d_{\text{mercure}} = 13.6$$

3. Le poids volumique :

Le poids volumique ou spécifique représente la force de gravité agissant sur la masse par unité de volume.

$$\omega = \rho g \quad [N / \text{m}^3]$$

4. Le volume massique ou spécifique:

Le volume massique est défini par :

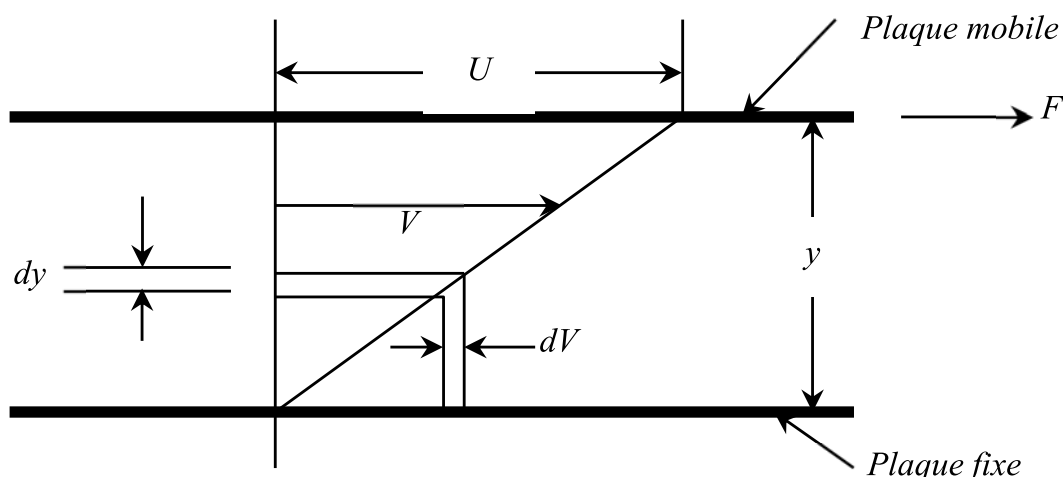
$$g_s = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{M} \quad [\text{m}^3/\text{Kg}]$$

C'est l'inverse de la masse volumique. Il représente le volume par masse unitaire.

5. La viscosité :

La viscosité d'un fluide en mouvement est la propriété qui exprime sa résistance à une force tangentielle. Elle est due principalement à l'interaction entre les molécules des fluides.

Considérons un fluide placé entre deux plaques planes, parallèles, distantes de y . L'une est fixe et l'autre est en mouvement uniforme de vitesse U . Pour générer une vitesse constante de la plaque supérieure (surface A), il faut exercer une force constante F .



A partir des triangles semblables, on a la relation $\frac{U}{y} = \frac{dV}{dy}$, et :

L'expérience montre qu'il y a une proportionnalité entre F et $A \frac{U}{y} = A \frac{dV}{dy}$, c'est à dire :

$\tau = \frac{F}{A}$, est proportionnel à $\frac{dV}{dy}$, on peut introduire la constante μ qui s'appelle viscosité dynamique

ou absolue :

$$\tau = \mu \frac{dV}{dy} \quad / \mu [\text{N. s/m}^2]$$

On définit un deuxième coefficient de viscosité, le coefficient de viscosité cinématique qui s'exprime par :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad / \nu [\text{m}^2/\text{s}]$$

Remarque :

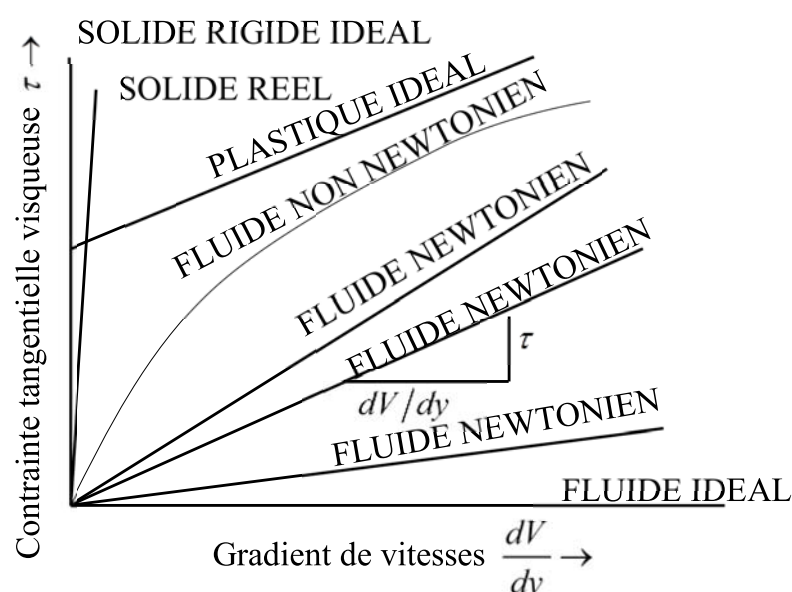
-Les fluides **newtoniens** suivent la loi $\tau = \mu \frac{dV}{dy}$. De ce fait, pour ces fluides, le tracé de la contrainte

tangentielle en fonction du gradient de vitesse donne une droite passant par l'origine. La pente de droite détermine la viscosité.

-Pour le fluide **idéal**, la résistance à une déformation tangentielle est nulle, par conséquent, le tracé coïncide avec l'axe des x, Bien que les fluides idéaux n'existent pas.

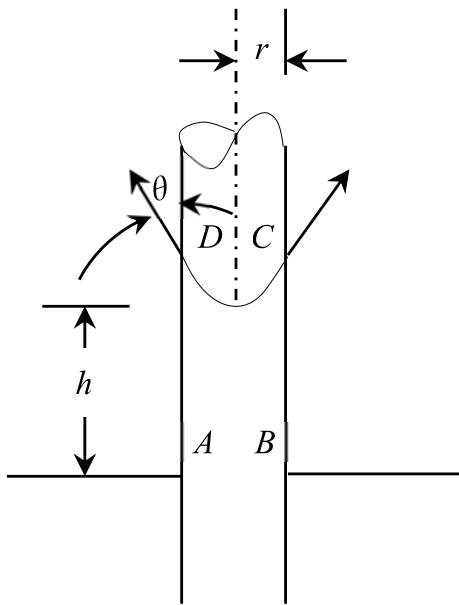
-Pour le solide idéal, il n'y aura aucune déformation quelle que soit la charge. Le tracé coïncide avec l'axe des y. -Les solides réels présentent certaine déformation et son tracé est une ligne droite presque verticale.

-Les fluides non newtoniens se déforment de telle manière que la contrainte tangentielle n'est pas proportionnelle au taux de déformation tangentielle.



6. Capillarité :

La remontée capillaire dans un tube est provoquée par la tension superficielle et dépend de la cohésion du liquide et de son adhésion aux parois.



Le poids de la colonne de liquide dans le tube : $P = mg = \pi r^2 h \rho g$

La force de la tension superficielle qui s'exerce sur la ligne entre liquide et paroi : $F = 2\pi r \sigma \cos \theta$

On obtient ainsi la relation : $h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r \rho g}$ que l'on appelle la loi de **Jurin**.

h : hauteur capillaire.

σ : tension superficielle.

7. La compressibilité :

La propriété physique qui permet de faire la différence entre un liquide et un gaz est la compressibilité.

C'est le rapport entre la variation de pression et la variation du volume.

$$\chi = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad [Pa^{-1}] \quad \text{où : } V \text{ est le volume } [m^3].$$

Le signe (-) signifie que $\left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T < 0$, le volume diminuant quand la pression augmente.

$$E = \frac{1}{\chi} \text{ avec } E: \text{ module d'élasticité } [N/m^2], \text{ Dans les conditions isothermes } E = P_2$$

8. La dilatation :

L'augmentation du volume d'un corps due à une augmentation de sa température, à une pression constante, est caractérisée par un coefficient appelé coefficient de dilatation thermique (α).

Il est défini par :

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dT} \right)_P \quad [K^{-1}]$$

9. L'équation d'état des gaz parfaits:

La loi des gaz parfait est définie par la relation : $PV = nRT$

avec: P la pression en pascal, V le volume en m^3 , T la température en $^{\circ}K$, R la constante universelle des gaz parfait en $J.mol^{-1}.K^{-1}$ et n le nombre de mols.

Elle n'est valable que pour de faibles pressions où les interactions entre les molécules du gaz sont très faibles.

Dans les conditions normales, c'est à dire sous une pression de 1 bar (105 Pa), à T= 273°K, l'air se comporte comme un gaz parfait.

Si un gaz n'a pas un comportement parfait, le gaz se comporte comme un gaz réel, et obéit à l'équation empirique de **Van Der Waals** suivante:

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

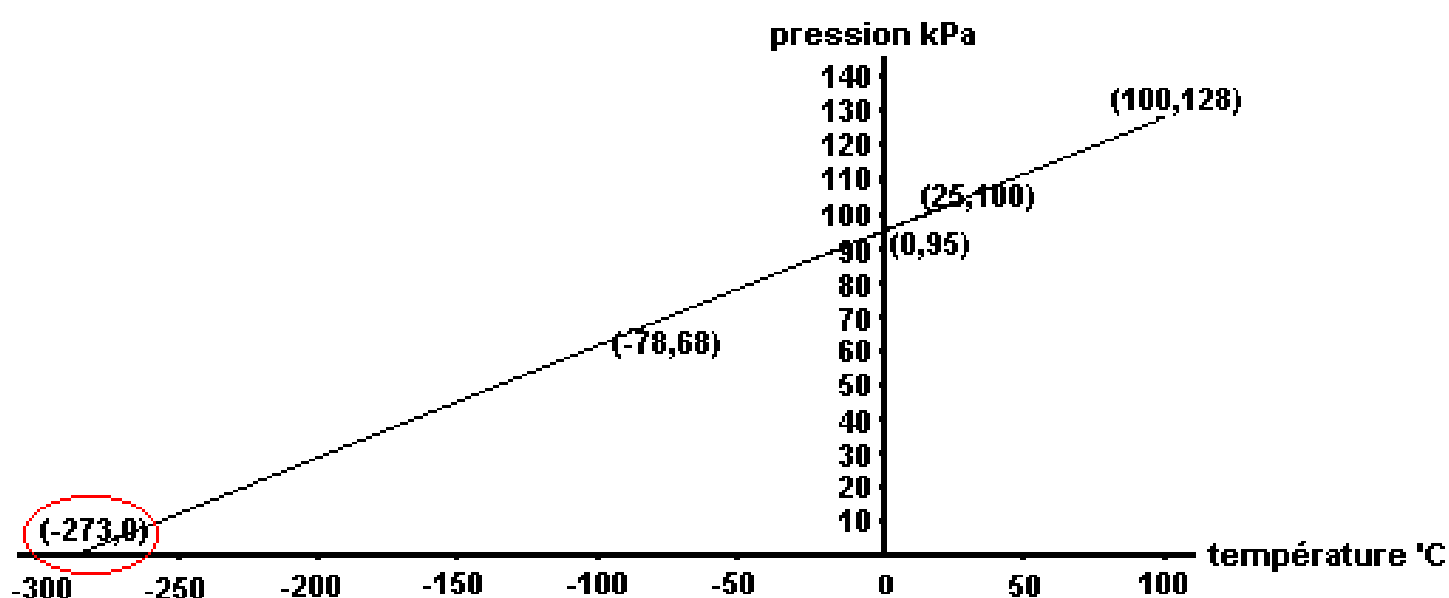
Avec *a* et *b* des constantes dépendantes du gaz.

10. Comparaison entre les gaz parfaits et réels :

Gaz	Réels	Parfaits
Interactions	Peu/ collisions élastiques (pas dissipation d'énergie sous d'autres formes).	Aucune
Nature	Peu (soit de N ₂ ou O ₂ même comportement)	Aucune influence
Volume	Le volume des particules est Négligeable	Nul (point matériel)
Equation	$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$	PV = nRT

Loi de CHARLES :

À pression constante (conditions isobares), le volume d'une quantité constante de gaz augmente proportionnellement avec la température: $\frac{V}{T} = Cste$

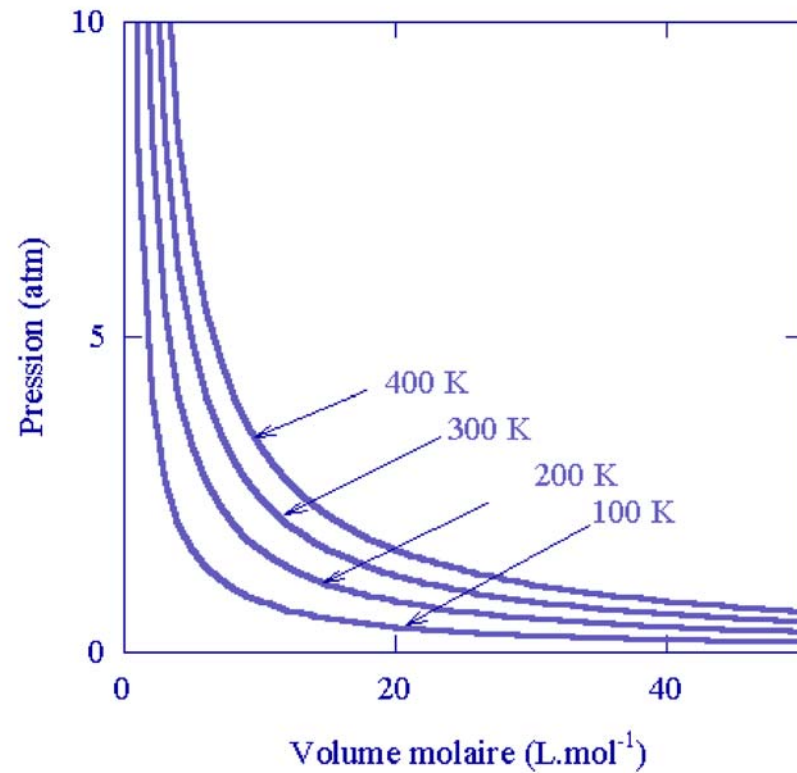
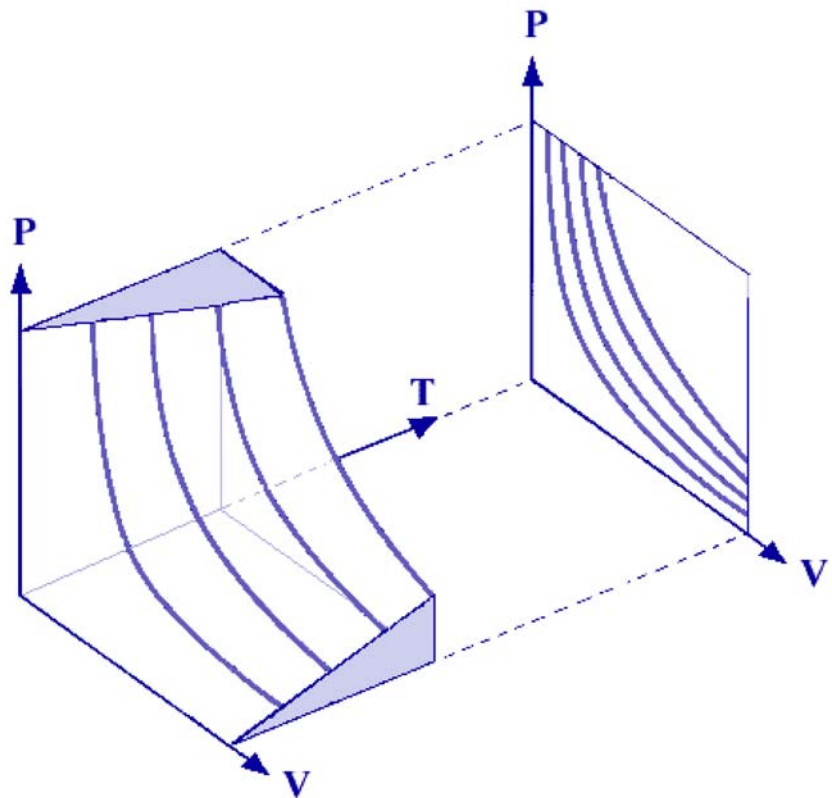


Pression en fonction de la température °C

Loi de BOYLE -MARIOTTE:

A température constante (conditions isothermes), le volume d'une quantité donnée de gaz est inversement proportionnel avec la pression.

$$PV = Cste.$$



Loi de GAY-LUSSAC :

A volume constant (conditions iso volumes), la pression d'une quantité donnée de gaz augmente proportionnellement avec la température:

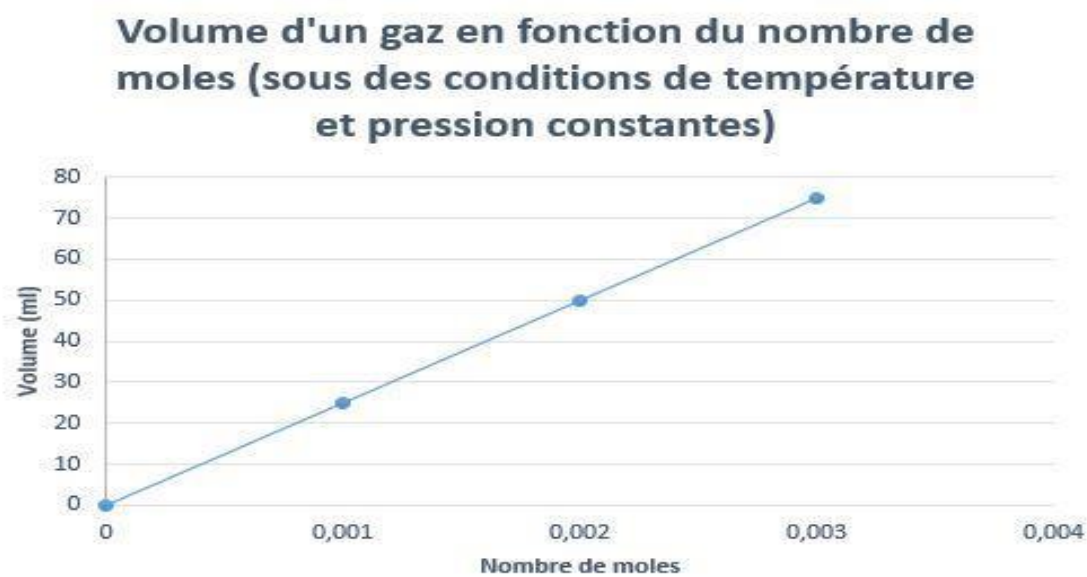
$$\frac{P}{T} = Cste$$



Pression en fonction de la température absolue

Loi D'AVOGADRO

À température et pression constantes, le nombre de molécules de gaz contenu dans un volume donné est le même quel que soit le gaz: $\frac{V}{n} = Cste$.



Loi de DALTON :

Dans le cas d'un gaz parfait, la pression totale exercée par un mélange est égale à la somme des pressions partielles des constituants, c'est la loi de Dalton.

Démonstration : Soit un mélange de plusieurs gaz, contenu dans un volume V , placé à une température T et soumis à une pression P . On note n_i le nombre de moles de gaz i , n_j pour le gaz j

$$P_i = \frac{n_i RT}{V} \text{ Pour le Gaz } i, \text{ et } P_j = \frac{n_j RT}{V} \text{ pour le Gaz } j.$$

$$\text{Donc: } P_{\text{totale}} = \frac{n_{\text{total}} RT}{V} = \frac{(n_i + n_j) RT}{V} = \frac{n_i RT}{V} + \frac{n_j RT}{V} = P_i + P_j = \sum_{i=1}^{i=n} P_i$$

