

La viscosité

I Notion de viscosité

II Mesure du coefficient de viscosité d'un fluide

Introduction

- De nombreuses pathologies peuvent être liées à un écoulement défectueux du système circulatoire.
- La viscosité du sang est donc un facteur important qu'il est nécessaire de prendre en compte.



- Certains fluides s'écoulent facilement, d'autres sont épais et gluants, et s'écoulent difficilement.
- L'eau est moins visqueuse que la glycérine, par exemple.

Définition :

- La résistance d'un liquide à l'écoulement est appelée viscosité.
- La viscosité dynamique, celle qui est mesurée, est notée η et elle s'exprime en Pa.s (Pascal seconde).

Remarque : $1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ poiseuille (1 Pl)}$ (ancienne unité).

b- Origine de la viscosité

- L'origine de la viscosité se situe à l'échelle microscopique. Elle est liée aux interactions intermoléculaires au sein du fluide.
- Quelles sont ces interactions?
- Il s'agit des liaisons hydrogènes et des interactions de Van der Waals.
- Elles sont très faibles pour les gaz mais peuvent être très importantes dans le cas des liquides.

Quelques viscosités dynamiques

Produits	η en Pa.s (à 20°C)
Dihydrogène	$8,9 \cdot 10^{-6}$
Diazote	$14,8 \cdot 10^{-6}$
Air	$18,5 \cdot 10^{-6}$
Hexane	$0,3 \cdot 10^{-3}$
Aniline	$0,47 \cdot 10^{-3}$
Benzène	$0,65 \cdot 10^{-3}$
Eau	$1,01 \cdot 10^{-3}$
Éthanol	$1,20 \cdot 10^{-3}$
Mercure	$1,55 \cdot 10^{-3}$
Lait	$2,0 \cdot 10^{-3}$
Sang humain (37°C)	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Huile d'olive	$84 \cdot 10^{-3}$
Glycérol	1,49
miel	6
Gels / crèmes	1 à 100

c- Influence de la température sur la viscosité

- Quelle est, qualitativement, l'influence de la température sur la viscosité?

**How Temperature Affects
the Viscosity of Honey**

c- Influence de la température sur la viscosité

- Quelle est, qualitativement, l'influence de la température sur la viscosité?
- La viscosité diminue considérablement avec la température.
- On montre que pour un liquide pur : $\eta = Ae^{\frac{B}{T}}$
- Ex : pour le miel, une élévation de 1°C divise la viscosité par 10.
- Il est donc très important de réguler la température lors d'une mesure de viscosité,

II Mesure du coefficient de viscosité

a- Viscosimètre à chute de bille

1- Loi de Stokes.

- Le viscosimètre à chute de bille consiste à mesurer la durée de chute d'une bille lors d'un mouvement rectiligne uniforme dans un fluide visqueux.
- La bille est sujette à plusieurs forces, dont une force de frottement fluide donnée par la loi de Stokes.

Loi de Stockes

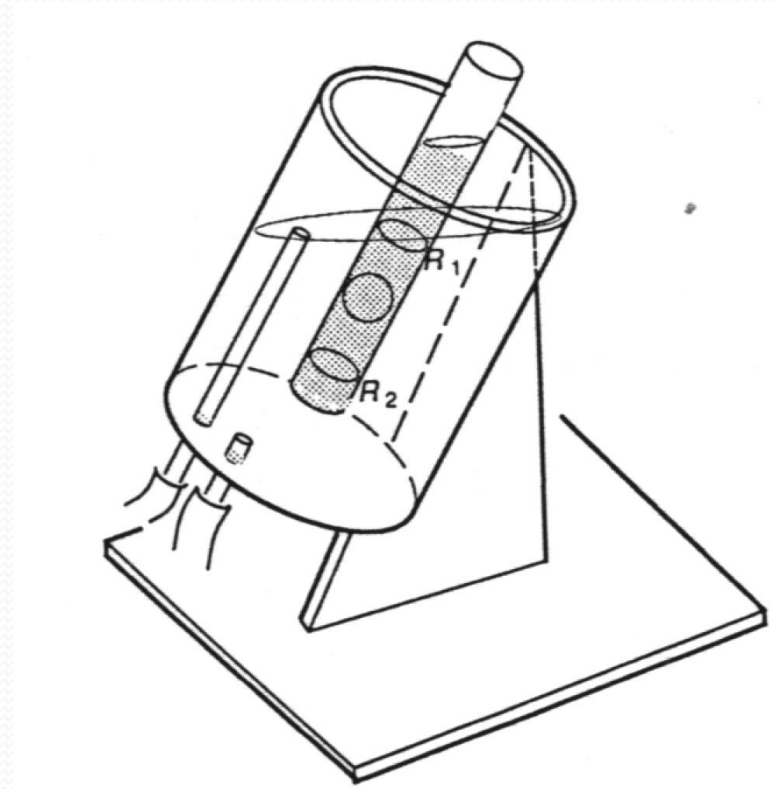
$$F = 6\pi r\eta v_{\text{lim}}$$

- F : intensité de la force de frottement fluide (N), cette force s'oppose au mouvement.
- r : rayon de la bille (m).
- η : Viscosité dynamique du liquide (Pa.s)
- v_{lim} : Vitesse de la bille une fois que le mouvement est uniforme ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

2- Détermination de la viscosité dynamique.

- On lâche une bille sphérique dans un liquide visqueux thermostaté dont on veut déterminer η .
- Une fois la vitesse limite atteinte, le mouvement devient rectiligne uniforme.
- On détermine, alors, la vitesse de la bille par mesure de la durée écoulée entre deux repères.

Viscosimètre à chute de bille ou de Hoppler.





Mouvement de la bille



On va étudier la chute de la bille.

- Système : La bille.
- Référentiel : terrestre.
- La mesure de d , entre les deux repères et de Δt la durée de la chute permet de déterminer v_{lim} .

Données :

- Masse volumique de la bille : ρ_{bille} .
- Masse volumique du liquide: ρ_{liq} .
- Volume d'une sphère : $V = \frac{4}{3} \pi r^3$

- Représenter la bille ainsi que les différentes forces qui s'appliquent sur elle.
- Donner les expressions littérales des intensités de toutes ces forces.
- Puisque le mouvement est rectiligne uniforme, que peut-on dire de la somme des forces qui s'appliquent sur la bille?
- En déduire une relation liant les intensités des forces.
- Exprimer les masses à partir des masses volumiques et les volumes en fonction de r .
- En déduire une relation pour η qui montre qu'il y a proportionnalité entre η et Δt .

$$P = m_{\text{bille}} \cdot g \text{ (poids)}$$

$$\pi = m_{\text{liq}} \cdot g \text{ (poussée d'Archimède)}$$

$$F = 6\pi r \eta v_{\text{lim}} \text{ (frottement fluide)}$$

- D'après le principe de l'inertie, on a :

$$P + \pi + F = 0$$

$$\text{Soit } \pi + F = P$$

$$\text{Donc : } m_{\text{liq}} \cdot g + 6\pi r \eta v_{\text{lim}} = m_{\text{bille}} \cdot g$$

$$\text{Et : } \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \rho_{\text{liq}} \cdot g + 6\pi r \eta \frac{d}{\Delta t} = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \rho_{\text{bille}} \cdot g$$

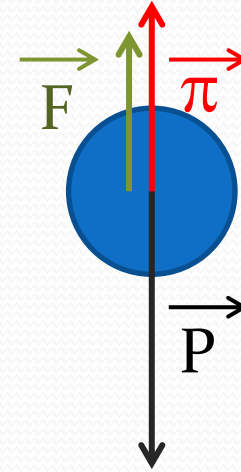
On aboutit à :

$$\eta = \frac{2r^2}{9d} (\rho_{\text{bille}} - \rho_{\text{liq}}) \cdot \Delta t$$

Soit, compte tenu des constantes

$$\eta = K \cdot \Delta t$$

Il y a proportionnalité.



b- Viscosimètre d'Ostwald

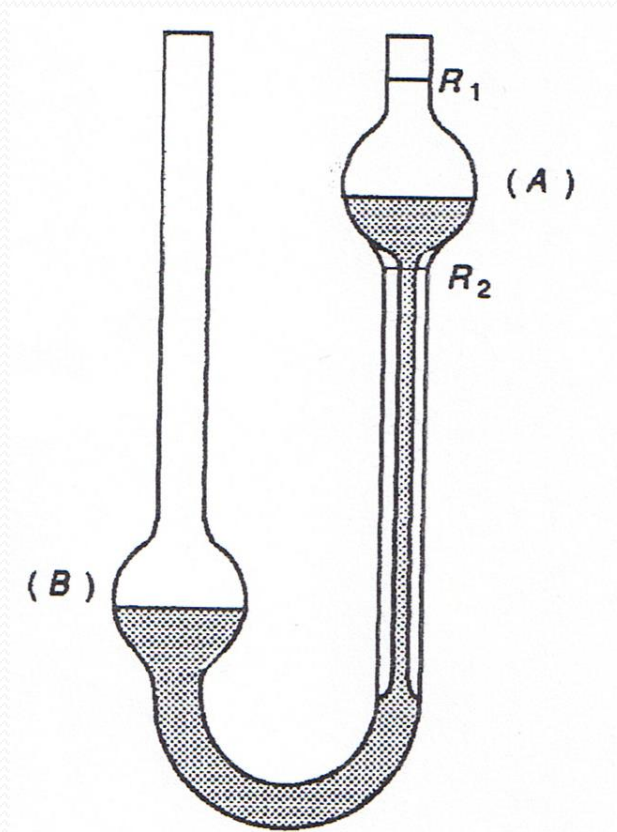
L'appareil comporte :

- Un capillaire bien calibré,
- Une ampoule A portant deux repères R_1 et R_2 .
- Un réservoir en U contenant le liquide étudié.

L'ensemble est thermostaté.

- On aspire le liquide jusqu'à R_1 et on mesure la durée Δt qu'il met pour s'écouler jusqu'au repère R_2 .
- On montre que $\eta = K \cdot \rho_{\text{liq}} \cdot \Delta t$

K étant une constante caractéristique de l'appareil.



c- Viscosimètre rotationnel de laboratoire

- Les viscosimètres rotationnels mesurent le couple nécessaire pour faire tourner une tige en immersion dans un liquide.
- La tige est entraînée en rotation par un moteur en passant par un ressort calibré.
- La résistance à l'écoulement va augmenter en fonction de la grosseur de la tige et/ou la vitesse de rotation.
- On peut déterminer η en fixant les autres facteurs.

FIN