

Manipulation N°1 :**Mesure de la tension superficielle de quelques liquides
par l'utilisation de la méthode d'arrachement****1. But du travail**

- . Mesure de la tension superficielle de quelques liquides (eau pure, éthanol, etc.).
- . Comparaison des valeurs des coefficients de la tension superficielle des liquides choisis.

2. Principes

L'étude des phénomènes de surface revêt une importance particulière en physique puisque tout corps interagit avec le milieu ambiant à travers la surface qui le délimite.

Dans le cas d'un liquide, les forces intermoléculaires de type de Van Der Waals qui s'exercent sur une molécule (A) qui se situe à l'intérieur de ce liquide proviennent d'un ensemble d'autres molécules et se compensent par symétrie. La résultante de ces forces est nulle. (figure 1)

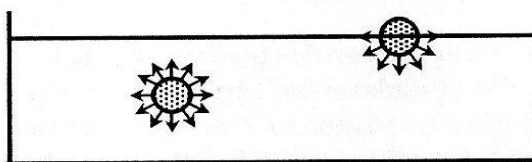


Figure 1

Par contre, la molécule (B) qui se trouve à l'interface liquide- air est soumise aux forces qui ont comme origine l'effet de la moitié de molécules du liquide (l'effet des molécules de l'air est négligeable). Ainsi, la résultante des forces exercées sur les molécules de surface est orientée vers l'intérieur du liquide. Ces forces appelées **forces de tensions superficielles** ont pour origine l'attraction moléculaire due à la polarité des molécules de certains liquides.

Les molécules de la couche superficielle tendent à avoir tendance à comprimer celles situées à l'intérieur du liquide qui réagissent pour stabiliser sa surface libre. Donc, ce

phénomène se traduit par l'apparition d'une tension de surface (dite aussi tension superficielle) qui existe à l'interface qui sépare un liquide d'un autre objet.

La tension superficielle d'un liquide, notée γ gamma, est mesurée par le rapport (quotient) de la norme de la force de tension superficielle (F) par la longueur (L) sur laquelle elle s'exerce.

On écrit donc : $\gamma = F/L$

La force (F) est mesurée en Newton, l'unité de mesure de la longueur (L) est le mètre et l'unité de mesure de la tension superficielle est Newton/mètre (N/m).

N.B :

. La tension superficielle dépend du liquide, du milieu qui surmonte sa surface libre et de la température. Si le fluide qui surmonte un liquide donné est un gaz, la variation de la tension superficielle de ce liquide est négligeable. Cependant, si ce fluide est un liquide, la valeur de la tension superficielle (γ) de celui-ci change sensiblement.

. Dans le cas de contact d'un objet solide avec la surface libre d'un liquide, la longueur (L) dépend de l'objet en contact avec le liquide concerné. Dans ce cas, l'expression de la tension superficielle est :

$\gamma = F/2L$ (lame de longueur L et d'épaisseur négligeable) ; $\gamma = F/2\pi r$ (pour un anneau de rayon r)

3. Matériels

Il y a plusieurs méthodes à utiliser pour mesurer la valeur de la tension superficielle d'un liquide. Dans ce travail, on a choisi la méthode d'arrachement d'une lame mouillée schématisée dans la figure 2.

On souligne que les mesures sont très sensibles à la présence d'impuretés. Pour cette raison, veillez à la propreté du matériel.

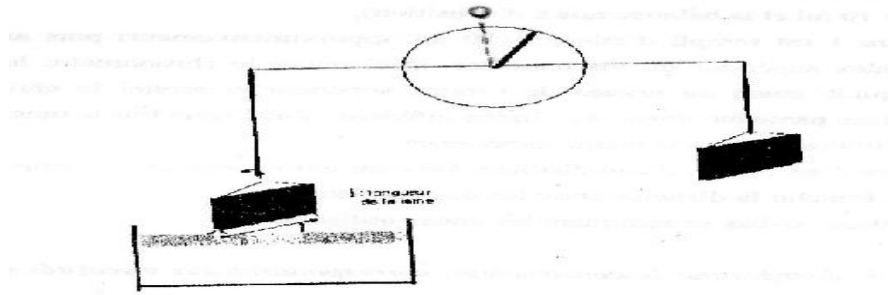


Figure 04 : Schéma du dispositif expérimental

4. Manipulation

Le principe de la méthode d'arrachement consiste à la mesure, avec un dynamomètre de torsion, la force qui s'exerce sur une lame en verre lorsque cette lame affleure (touche légèrement) la surface libre d'un liquide. On constate que la balance perd son équilibre. Ce fait s'explique par la force (F) appliquée par le liquide sur la lame en verre (figure 3). Cette force se dirige vers le bas et correspond à l'expression : $F = 2L\gamma \cos \theta$

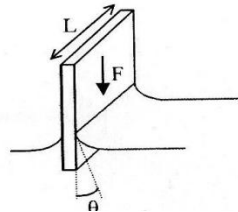


Figure 3

En considérant que les liquides utilisés sont parfaitement mouillants, l'angle de raccordement (contact) du liquide sur la lame est nul : $\theta = 0^\circ$, $\cos \theta = 1$

Donc : $F = 2L\gamma$ et $\gamma = F/2L$

Les lames à utiliser dans ce travail ont une longueur $L = 26$ mm et une épaisseur négligeable.

La mesure de la valeur de la force de tension (F) se fait par la déduction de la force équivalente nécessaire à appliquer par le biais du dynamomètre à torsion pour arracher la lame du liquide. Donc, à partir du repérage de la valeur de cette force à l'instant d'arrachement de la lame, on calcule le coefficient de tension superficielle (γ) des liquides choisis.

Pratiquement. avant chaque mesure, nettoyez la lame en verre à l'alcool afin d'éliminer les impuretés,

- Essuyez la lame en utilisant du papier hygiénique,
- Réglez l'aiguille du dynamomètre de torsion sur l'indice « zéro »,
- Montez le liquide qui se trouve dans le cristalliseur jusqu'à effleurement. La lame sera attirée vers le liquide. Pour rétablir l'équilibre, augmentez la valeur de la torsion du fil du dynamomètre et notez, **avec précision**, la valeur qui correspond à l'arrachement de la lame. L'intensité de la force appliquée (F) est donnée en (mN). Pour chaque liquide, faites 3 mesures

Mettez les valeurs obtenues dans le tableau suivant :

	F_1 (mN)	F_2 (mN)	F_3 (mN)	F_{moy} (mN)	γ (N/m)
Eau pure					
Eau+ détergent					
Alcool					
Vinaigre					

5. Questions

- 1) ° Calculez la valeur de la force moyenne et le coefficient de la tension superficielle de chaque liquide.
- 2) Comparez entre les valeurs des tensions superficielles obtenues.
- 3) Expliquez les différences constatables entre les valeurs données par la littérature (livres, revues, etc.) et celles que vous aviez obtenu.
- 4) De point de vu microscopique, comparer et expliquer vos résultats
- 5) Donnez la conclusion de ce travail

Manipulation N°2**MESURE DE LA TENSION SUPERFICIELLE PAR****« la méthode stalagmométrie »****1°) INTRODUCTION :**

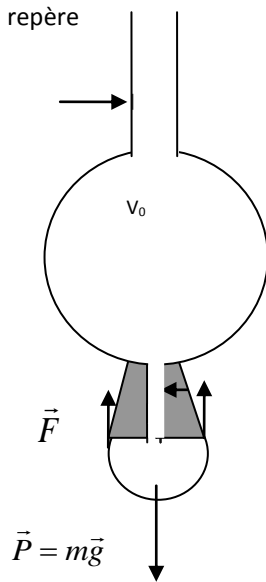
Sur la surface d'un liquide, les molécules subissent, par suite des forces de Van der Waals, des actions dissymétriques dont la résultante est dirigée vers l'intérieur du liquide. Cet effet de surface ou de tension superficielle est donc une manifestation macroscopique des forces de cohésion intermoléculaires. Les conditions d'expérimentation sont telles que les forces de tension superficielle ne sont pas négligeables devant l'action de la pesanteur.

2) But du travail

Diverses méthodes existent pour mesurer la tension superficielle, l'objectif visé par ce travail est de déterminer la tension superficielle de différents liquides par la méthode stalagmométrique. Cette méthode est basée sur la mesure du poids des gouttes d'un liquide qui s'écoule d'un tube capillaire

3°) LE STALAGMOMETRE

Le stalagmomètre est un tube de verre comportant un réservoir de volume V_0 et se terminant par un capillaire de rayon externe R . Le réservoir est délimité par 2 repères. Le liquide s'écoule lentement par le capillaire, sous l'action de son poids, goutte à goutte ; au moment du détachement de la goutte, on peut admettre que son poids est égal à la résultante des forces de tension superficielle agissant sur le périmètre de la goutte. Ceci se traduit par l'égalité.



$$mg = \sigma(2\pi r).$$

Le rayon d'étranglement r est inconnu, Il peut être déterminé soit directement, soit indirectement. La mesure directe se fait avec un microscope horizontal. La mesure indirecte est basée sur le remplacement du rayon d'étranglement r par le rayon du capillaire R et un coefficient k tel que $r = \frac{R}{k}$.

On pose $K = \frac{k}{2\pi}$, on obtient $\sigma = K \frac{mg}{R}$.

Le coefficient K dépend du rapport $\frac{m}{\rho_L R^3}$, où ρ_L est la masse volumique du liquide et m la masse de la goutte.

Pour mesurer la tension superficielle du liquide étudié on le verse à l'intérieur du stalagmomètre. Dès que le niveau du liquide atteint le repère supérieur, on commence à compter le nombre de gouttes jusqu'au moment où le niveau inférieur est atteint.

Cette méthode permet de faire des mesures relatives : il suffit de mesurer la masse m_0 d'un certain nombre n_0 de gouttes d'un liquide de tension superficielle connue σ_0 et le nombre de gouttes n de masse m d'un liquide à étudier de tension superficielle σ .

$$\text{On a : } \frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{m}{m_0} \frac{n_0}{n} = \frac{\rho V_0}{\rho_0 V_0} \frac{n_0}{n} = \frac{\rho n_0}{\rho_0 n}.$$

On opère de la façon suivante : on remplit le stalagmomètre d'eau distillée et on le fixe bien verticalement. Ensuite on fait tomber n_0 gouttes d'eau dans un récipient et on mesure leur masse m_0 (la masse volumique de l'eau pure est ρ_0). De la même façon,

on mesure la masse m des n gouttes du liquide à étudier (la masse volumique du liquide est ρ). On n'oubliera pas de bien sécher le stalagmomètre lorsqu'on passe d'un liquide à un autre.

$$\text{D'où} \quad \sigma = \sigma_0 \frac{\rho n_0}{\rho_0 n}.$$

Pour l'eau pure : $\sigma_0 = 72.7 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ à 20°C et $\sigma_0 = 71.2 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ à 30°C .

4) MATERIEL :

- balance de précision
- stalagmomètre ou tube capillaire (compte –gouttes)
- poire soufflante
- compteur
- liquides divers

5) MANIPULATION :

- Laver soigneusement le stalagmomètre.
- Fixer verticalement le stalagmomètre avec le support.
- Le remplir d'eau distillée.
- Compter les n_0 gouttes.
- Mesurer leur masse m_0 .
- Répéter la mesure au moins 4 fois.
- Préparer les solutions des mélanges (éthanol + eau).
- Vider le stalagmomètre et nettoyer le puis le sécher.
- Le remplir du liquide à étudier (les solutions).
- Compter les n gouttes et mesurer leur masse m .
- Prendre la température des expériences.
- Rassembler les résultats dans un tableau.

Solution	N1	N2	N3	N3	N5	N6
Concentration en alcool C_a (éthanol)	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Concentration En eau C_e	100%	80%	60%	40%	20%	0%
Masse volumique (g/cm ³)	1					0.79
Nombre de gouttes dans V_0						
Tension superficielle σ (N/m)	$72.7 \cdot 10^{-3}$					

Manipulation N°3 :**Capillarité : Vérification expérimentale de la loi de Jurin****1.) But du travail**

Observation du phénomène de capillarité (ascension capillaire) dans des tubes parfaitement mouillants.

Vérification expérimentale de la loi de Jurin et calcul du coefficient de la tension superficielle du liquide utilisé.

2). Principes : phénomène de capillarité

Quand on plonge un tube capillaire dans un liquide mouillant, celui-ci monte dans le tube. Le liquide «s'accroche» à la paroi intérieure du tube en formant un « ménisque » (figure 1).

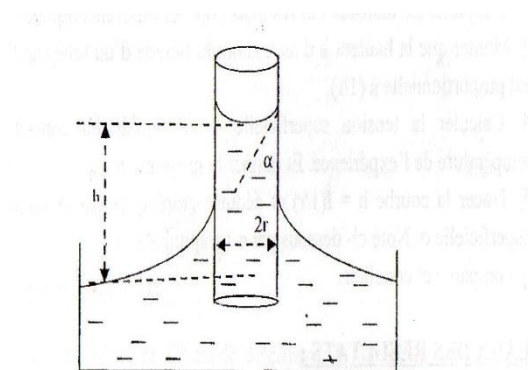


Figure 1

La loi de Jurin permet de calculer l'ascension (h) d'un liquide de masse volumique (ρ) dans un tube capillaire de rayon (r) :

$$h = (2\gamma/r\rho g) \cdot \cos \alpha \text{ avec :}$$

(γ) : la tension superficielle du liquide, (g) : la gravitation terrestre, (α) : L'angle de raccordement liquide- paroi du capillaire.

Dans le cas d'un liquide parfaitement mouillant, l'angle $\alpha = 0^\circ$ donc : $h = 2\gamma/r\rho g$

3). Matériels

- Un support de tubes muni d'une cuve en verre,
- Cinq tubes capillaires de diamètres internes différents,
- Thermomètre.

4.) Manipulation (suivez les mêmes étapes pour chaque liquide utilisé)

- Montez l'ensemble des tubes capillaires sur le support de l'appareil,
- Mettez le liquide (eau pure) dans la cuve et observez l'ascension du liquide dans le tube capillaire.

Remarque : pour effectuer les mesures de la hauteur (h) du liquide dans le tube capillaire, il est nécessaire de mouiller le dernier. Pour cela, aspirez le liquide dans chacun des capillaires puis laissez redescendre.

- Mesurez la hauteur (h) d'ascension (montée) du liquide dans chaque tube capillaire en utilisant le ruban en papier millimétré collé sur la cuve.
- Pour chaque liquide, mettez les valeurs mesurées dans le tableau correspondant :

Liquide (A) : $\rho_A = \dots\dots\dots \text{Kg/m}^3$, $\gamma_{\text{moy}} = \dots\dots\dots \text{N/m}^3$

Rayon intérieur r (mm)					
h (mm)					
h.r (mm ²)					
γ (N/m)					

Liquide (B) : $\rho_B = \dots\dots\dots \text{Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{moy}} = \dots\dots\dots \text{N/m}^3$

Rayon intérieur r (mm)					
h (mm)					
h.r (mm ²)					
γ (N/m)					

N.B: On donnera les valeurs des rayons internes des tubes lors de la manipulation.

5). Questions

- 1) - Complétez les tableaux précédents.
- 2) - Montrez que la hauteur d'ascension (h) du liquide d'un tube capillaire de rayon (r) est proportionnelle à $(1/r)$.
- 3) - Calculez la tension superficielle de chaque liquide correspondant à chaque mesure et donnez la tension superficielle moyenne.
- 4) - Donnez une conclusion de ce travail.

Manipulation N°4 :**Mesure de la viscosité de liquides par l'usage
de la méthode de la chute de bille****1). But du travail**

. Détermination du coefficient de viscosité dynamique de liquides par l'utilisation du viscosimètre à chute de bille (Hopper).

. Calcul des incertitudes absolues et relatives des valeurs des viscosités de ces liquides.

2.) Notion de viscosité dynamique d'un liquide

Les fluides (liquides et gaz) réels ont une viscosité. Dans le cas des liquides, la viscosité dynamique se manifeste à cause du mouvement relatif des couches voisines d'un même liquide. En d'autres termes, les vitesses des molécules qui composent deux couches successives ne sont pas identiques car elles atteignent une valeur maximale au centre de la section d'une canalisation et tendent vers une valeur nulle à la proximité des parois des tubes en question.

La viscosité d'un liquide peut donc être considérée comme les frottements internes qui résultent du glissement d'une couche de fluide sur une autre couche de celui-ci. Ainsi, un liquide très visqueux se caractérise par des frottements internes élevés entre ces molécules.

Généralement, on modélise un liquide visqueux par des lames successives de fluides qui exercent des forces de frottements les unes sur les autres.

Par définition, la viscosité dynamique, notée par le symbole η éta, est définie par la relation suivante : $F = \eta \cdot S \cdot dv/dx$ où :

(F) : indique la force de frottement dite aussi celle de cisaillement

(S) : surface de la couche du liquide

(dv/dx) : variation de la vitesse des molécules d'une couche par rapport aux molécules de celles distante de (dx) qui sépare ces deux couches.

Remarque : Il est important de préciser que la viscosité dynamique (η) est différente de celle dite cinématique. En effet, la viscosité cinématique, notée généralement par la lettre ν mu, est utilisée chaque fois que l'accélération des molécules du liquide intervient. Cette viscosité est égale au rapport de la viscosité dynamique par la masse volumique du liquide étudié.

On écrit donc : $\nu = \eta/\rho$

On souligne aussi que la viscosité dynamique d'un fluide dépend de sa température.

Unité de mesure :

À partir de l'équation aux dimensions de la viscosité dynamique, on déduit l'unité de mesure de la viscosité dynamique : $[\eta] = \text{N.m/m}^2.\text{m/s} = \text{pascal. Seconde (Pa.s)}$

$$1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ Poiseuille (PI)}$$

3). Mouvement d'une bille dans un liquide et formule physique de la viscosité de celui-ci

Une bille de rayon (r) et d'une masse volumique (ρ_{bille}) est posée dans un liquide visqueux de coefficient de viscosité dynamique (η) avec une vitesse initiale nulle (figure 1). La bille est alors soumise à trois forces :

- Son poids : $\mathbf{P} = \mathbf{m.g} = \rho_{\text{bille}} \cdot \mathbf{V}_{\text{bille}} \cdot \mathbf{g}$ (\mathbf{V} : volume de la bille ; \mathbf{g} : la gravitation terrestre)

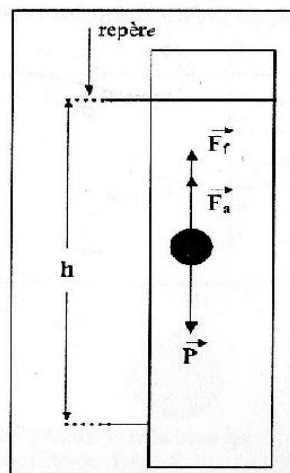


Fig.1 - Bilan des forces dans le mouvement de la bille

- Poussée d'Archimède : $F_{Ar} = \frac{4}{3} \pi \rho_{liq} \cdot r^3 \cdot g$
- La force de viscosité du liquide exprimée par la loi de Stokes : $F_f = 6\pi\eta \cdot r \cdot v$
- Avec v : vitesse de déplacement de la bille dans le liquide.

En appliquant la loi fondamentale de la dynamique, la vitesse (v) de la bille augmentera jusqu'à atteindre, après le parcours de quelques centimètre, une vitesse limite (v_{max}) avec laquelle elle va poursuivre son mouvement.

À partir de cet instant, le mouvement du centre d'inertie de la bille deviendra rectiligne uniforme car : $\sum F = 0 \Leftrightarrow P + P_{Ar} + F_f = 0$

Par projection de ces trois forces sur l'axe de mouvement vertical, il est facile de déduire l'expression physique permettant de calculer la valeur de la viscosité dynamique du liquide étudié :

$$\eta = \frac{2r^2(\rho_{bille} - \rho_{liq}) \cdot g}{9v_{max}}$$

La mesure du temps (t) de la chute de la bille pour parcourir une distance verticale (h) choisie permettra de calculer la vitesse limite de déplacement de la bille $v_{max} = h/t$. Donc, nous pouvons calculer également la viscosité dynamique du liquide utilisé.

4). Matériels

Le viscosimètre à chute de bille est composé de trois tubes en verre gradué. Chacun de ces tubes contient un liquide donné de viscosité dynamique (η).

5). Manipulation

Dans cette méthode, il est demandé de chronométrer la durée (t) prise par la chute d'une bille pour traverser un liquide de viscosité dynamique (η) dont la distance verticale concernée est égale à $h = 20 \text{ cm}$ à la température ambiante. Utilisez les chronomètres de vos téléphones portables. Pour chaque liquide, faites trois mesures de la durée (t) et calculez le temps moyen $t_{moy} = (t_1 + t_2 + t_3)/3$. Mettez les valeurs dans le tableau suivant :

	Glycérol pure	Liquide vaisselle	Huile de table
t_{moy}			
$v_{\text{max}} = h/t$			
η			

6. Questions

- Calculez la vitesse limite (v_{max}) de la bille dans chaque liquide.
- En tenant en compte la valeur de rayon de la bille utilisée et celles des masses volumiques de la bille (ρ_{bille}) et du liquide (ρ_{liq}) concerné et de la gravitation terrestre (g) (**consultez la notice affichée**), calculez la viscosité dynamique de chaque liquide en utilisant la relation :

$$\eta = 2r^2(\rho_{\text{bille}} - \rho_{\text{liq}}) \cdot g/9v_{\text{max}}$$

- Classez ces liquides en fonction de leur viscosité dynamique décroissante (plus visqueux \rightarrow moins visqueux).
- Calculez les incertitudes absolue et relative de la viscosité dynamique de chaque liquide en considérant que les incertitudes absolues $\Delta r = 0.5 \text{ mm}$, $\Delta \rho_{\text{bille}} = \Delta \rho_{\text{liq}} = 0 \text{ kg/m}^3$, $\Delta g = 0.01 \text{ m/s}^2$, $\Delta h = 2 \text{ mm}$ et $\Delta t = 0.5 \text{ s}$
- Donnez la conclusion de ce travail pratique ?

Manipulation N°5 :**Étude de la variation de la viscosité dynamique d'une solution alcoolique par l'usage du viscosimètre d'Ostwald****1°). But du travail**

- . Mesure de la viscosité dynamique (η) des différentes solutions (eau pure + éthanol) préparées.
- . Représentation graphique de la relation $\eta = f(C(\%))$.
- . Déduction de l'impact de l'augmentation de la concentration volumique de l'éthanol dans la solution sur la viscosité dynamique de ces solutions.

2.) Notion de viscosité dynamique d'un liquide

Les fluides (liquides et gaz) réels ont une viscosité. Dans le cas des liquides, la viscosité dynamique se manifeste à cause du mouvement relatif des couches voisines d'un même liquide. En d'autres termes, les vitesses des molécules qui composent deux couches successives ne sont pas identiques car elles atteignent une valeur maximale au centre de la section d'une canalisation et tendent vers une valeur nulle à la proximité des parois des tubes en question.

La viscosité d'un liquide peut donc être considérée comme les frottements internes qui résultent du glissement d'une couche de fluide sur une autre couche de celui-ci. Ainsi, un liquide très visqueux se caractérise par des frottements internes élevés entre ces molécules.

Généralement, on modélise un liquide visqueux par des lames successives de fluides qui exercent des forces de frottements les unes sur les autres.

Par définition, la viscosité dynamique, notée par le symbole η éta, est définie par la relation suivante : $F = \eta \cdot S \cdot dv/dx$ où :

(F) : indique la force de frottement dite aussi celle de cisaillement

(S) : surface de la couche du liquide

(dv/dx) : variation de la vitesse des molécules d'une couche par rapport aux molécules de celle distante de (dx) et qui sépare ces deux couches.

Remarque : Il est important de préciser que la viscosité dynamique (η) est différente de celle dite cinématique. En effet, la viscosité cinématique, notée généralement par la lettre ν mu, est utilisée chaque fois que l'accélération des molécules du liquide intervient. Cette viscosité est égale au rapport de la viscosité dynamique par la masse volumique du liquide étudié.

On écrit donc : $\nu = \eta/\rho$

On souligne aussi que la viscosité dynamique d'un fluide dépend de sa température.

Unité de mesure :

À partir de l'équation aux dimensions de la viscosité dynamique, on déduit l'unité de mesure de la viscosité dynamique : $[\eta] = \text{N.m/m}^2.\text{m/s} = \text{pascal. Seconde (Pa.s)}$

$$1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ Poiseuille (Pl)}$$

3). Matériels : description du viscosimètre d'Ostwald

Le viscosimètre d'Ostwald, nommé d'après Wilhelm Ostwald, est un viscosimètre à capillaire composé d'un tube en U à rayon variable. Dans une des branches verticales du U, se trouve en hauteur une partie plus large en forme de bulbe (espace sphérique) qui est directement suivi par un capillaire (figure 2). Le tube reprend sa largeur standard puis effectue la partie courbée du tube. Dans l'autre branche verticale, on trouve un second bulbe, plus large encore, mais cette fois situé dans la partie inférieure

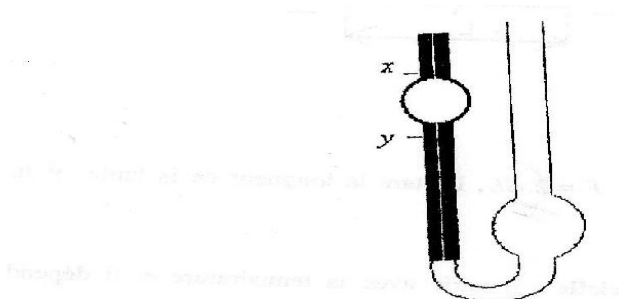


Figure 02 : Schéma d'un viscosimètre d'Ostwald

Deux points situés l'un au-dessus du bulbe supérieur (x), l'autre en dessous de ce même bulbe (y) déterminent un volume connu. Le but est de mesurer la durée du temps nécessaire au liquide pour passer du point supérieur A au point inférieur B. Cette durée (t) de vidange est proportionnelle à la viscosité dynamique (η) du liquide et inversement proportionnelle à la pression motrice appliquée par la colonne du liquide utilisé, donc, à sa masse volumique (ρ).

On déduit la relation suivante qui nous permet de calculer la viscosité dynamique du liquide contenu dans le bulbe du viscosimètre d'Ostwald :

$$\text{On a : } \eta = k \cdot \rho \cdot t$$

Où (k) est une constante propre au viscosimètre fournie par le fabricant dans un certificat d'étalonnage. Cette constante spécifique est calculée par étalonnage avec un liquide dont la masse volumique ρ et la viscosité η sont connues. Cependant, k est une constante uniquement si le liquide est toujours mis au même niveau (point x) au début de chaque manipulation et s'il n'y a pas de bulles d'air.

Les valeurs de la constante (k) seront affichées en fonction du numéro de série du viscosimètre d'Ostwald dont vous disposerez. (Voyez la fiche technique affichée devant le dispositif expérimental de ce TP).

4.) Manipulation

- On met à votre disposition 4 solutions alcooliques en diluant de l'éthanol à différentes concentrations volumiques dans l'eau pure.
- Prenez environ 10 ml de chaque solution alcoolique et versez ce volume dans la branche vaste du viscosimètre, puis aspirez au dessus de l'index supérieur (x) pour permettre au liquide de remplir le bulbe délimité par les traits (x) et (y).
- Déclenchez le chronomètre lorsque la surface supérieure de la solution utilisée passe au niveau de l'index supérieur (x) et arrêtez le chronomètre lorsque la surface de cette solution passe par l'index inférieur (y) de ce bulbe. Le temps (t) mesuré correspond à la durée de vidange de l'espace sphérique délimité par les deux traits (x) et (y).
- Pour chaque solution, faites deux mesures.

Remarque : La présence de bulles d'air entraînera des erreurs considérables. Il est nécessaire donc de ne pas commencer les mesures en cas de l'existence de quelques bulles d'air dans la solution étudiée.

- Mettez les valeurs des mesures effectuées dans le tableau suivant :

Concentration éthanol C(%)	Densité (d)	t ₁ (s)	t ₂ (s)	t _{moy} (s)	η (unité ?)
Eau pure 0 %					
Solution 10 %					
Solution 25 %					
Solution 50 %					
Solution 75 %					
Ethanol pure 100 %					

5.) Questions

- Calculez la densité (d) de chaque solution en utilisant la relation suivante :

$$d_{x\%} = [0.79 \cdot x\% + 1 \cdot (100 - x\%)] / 100$$

avec (x%) est le concentration volumique de l'éthanol dans chaque solution étudiée.

On a : d_{eau pure} = 1, d_{éthanol} = 0.79 et $d_{x\%} = \rho_{x\%} / \rho_{\text{eau pure}}$

[densité = rapport des masses volumiques].

- Calculez la viscosité dynamique (η) de chaque solution alcoolique en tenant en compte la constante (k) du viscosimètre utilisé dans votre manipulation.

- tracez la courbe de la variation de la viscosité dynamique (η) en fonction de la concentration volumique de l'éthanol dans les solutions étudiées.

- Expliquez le graphe obtenu.

- Donnez une conclusion de ce travail.

Manipulation N°6:**Étude de la sédimentation de particules
sous l'effet de la gravitation terrestre****1). But du travail**

. Le but visé par ce travail est, d'une part de faire observer à l'étudiant le phénomène de sédimentation des particules dans un liquide visqueux à l'état de repos, et d'autre part, de le familiariser a utilisé les notions théorique (loi de Stokes) pour déduire le rayon des grains de sable utilisé.

2). Phénomène de sédimentation et la loi de stokes

Sous l'effet de la force de pesanteur, les particules solides (E) immergées dans un liquide (H) se sédimentent Le résultat de ce phénomène apparaît à travers la formation des couches superposées. Les particules solides sont localisées au fond du liquide voir

figure 1.

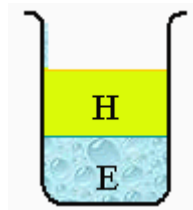


Figure 1

Lors de la sédimentation d'une particule solide caractérisée par (m, r, ρ_s) dans un milieu liquide (ρ_L, η) à priori au repos, les particules sont soumises à l'effet de trois forces ; à s'avoir:

1. le propre poids est dirigé verticalement vers le bas.
2. La poussée d'Archimède exercée par le liquide sur les particules est dirigée vers le haut.
3. La force intermoléculaire à l'intérieur des fluides (les liquides) sont responsables des phénomènes de viscosité η , ces forces de résistance ou de frottement, confèrent

aux fluides une certaine résistance à leurs déplacement. Cette force est donnée par la **loi de Stokes**, nommée en l'honneur de George Stokes. Elle est exprimée par la formule physique suivante:

$$\vec{F} = -6\pi\eta r\vec{v}, \text{ où ;}$$

η : la viscosité dynamique du fluide mesurée en Pascal. seconde (Pa s).

r : le rayon de la particule considérée

v : la vitesse de déplacement vertical de cette particule dans le liquide.

ρ_s : masse volumique du solide

3). Dédution de la relation physique du rayon (r) des particules sédimentées

Dans un liquide au repos, une particule de forme sphérique et de masse volumique (ρ_s) se déplace verticalement dans un liquide visqueux dont le coefficient de viscosité dynamique est (η) et avec une vitesse instantanée (v). Cette particule est soumise à trois types de forces citées au-dessus:

- Son propre poids : $\mathbf{P} = \mathbf{m}_s \cdot \mathbf{g} = \rho_s \cdot \mathbf{V}_s \cdot \mathbf{g}$ (V_s : volume de la particule de sable et ; g : la gravitation terrestre).

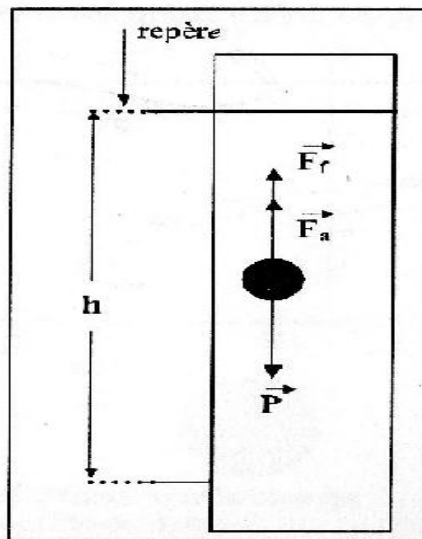


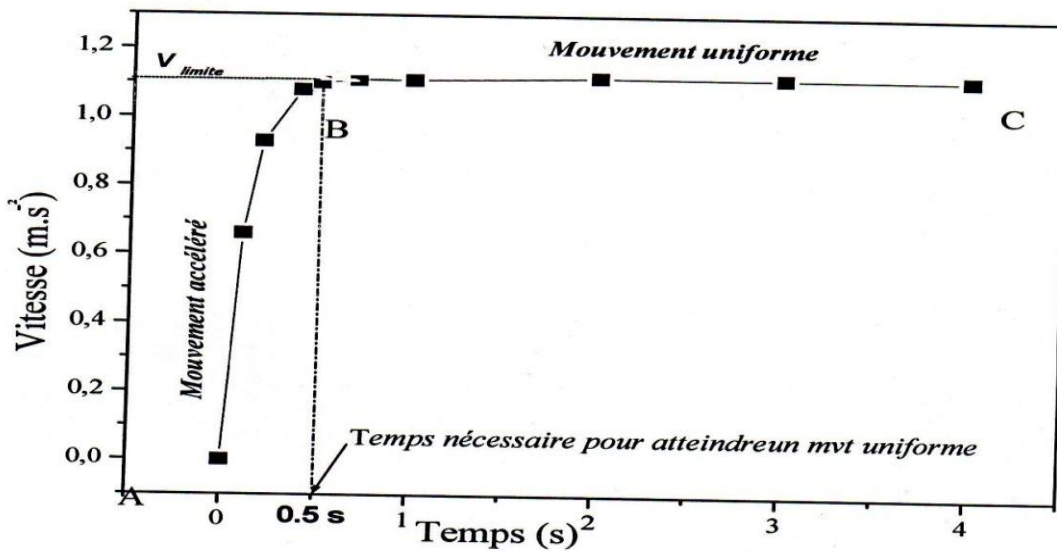
Fig.1 - Bilan des forces dans le mouvement de la bille

- Poussée d'Archimède : $\mathbf{F}_a = \rho_L \mathbf{V}_s \mathbf{g} = 4/3 \pi \cdot r^3 \cdot \rho_L \cdot \mathbf{g}$

- La force de viscosité ou de frottement exprimée par la loi de Stokes : $F_f = 6\pi\eta.r.v$ avec (v : vitesse de déplacement des grains de sable dans le liquide)

En appliquant la loi fondamentale de la dynamique, la vitesse (v) de la molécule augmentera jusqu'à atteindre, après le parcours de quelques centimètre, une vitesse limite (v_{max}) avec laquelle elle va poursuivre son mouvement.

La variation de la vitesse instantanée (v) en fonction du temps est représentée dans le graphe suivant :



Lorsque la vitesse atteint sa valeur maximale, le mouvement de cette particule deviendra rectiligne uniforme car la somme des forces vectorielles exercées sur celle-ci est un vecteur de force nul: $\sum F = 0$.

Par la projection des trois forces précédentes sur l'axe de mouvement vertical, il est facile de déduire la relation physique suivante qui nous permet d'obtenir la valeur numérique du rayon (r) de la particule sédimentée :

$$r = [9\eta v_{max} / 2(\rho_s - \rho_L) g]^{1/2}$$

avec : η : la viscosité dynamique du liquide ; v_{max} : la vitesse limite de chute des grains de sable ; ρ_L : masse volumique du liquide ; ρ_s : masse volumique des grains de sable sédimentés et g : la gravitation terrestre.

Dans cette relation physique, nous remarquons que les principaux facteurs impliqués dans le phénomène de sédimentation sont la différence de masse volumique entre le solide (grains de sable) et le liquide ; la taille des grains de sable, la viscosité dynamique du fluide et la gravitation terrestre.

La mesure du temps (t) pris par les grains de sable pour parcourir la longueur (l) du tube en verre permettra de calculer la vitesse limite de déplacement de ces grains $v_{\max} = h/t$.

4) Dispositif expérimental utilisé

Dans un tube en verre de longueur (l) monté verticalement sur un support métallique contient un liquide visqueux de viscosité dynamique (η) et dans lequel on a mis une quantité de grains de sable de forme sphérique et de volume supposé identique.

5.) Manipulation et mesure

- Agitez le tube en verre afin d'avoir une distribution homogène des grains de sable dans le liquide visqueux,

- Fixez verticalement le tube sur le support métallique,

Utilisez les chronomètres de vos téléphones portables pour mesurer la durée prise par les grains de sable pour subir une sédimentation totale (On obtient, donc, un liquide nettement transparent).

6). Questions

a- Donner une brève description du phénomène observé dans le tube.

b- Calculer la vitesse (v_{\max}) de déplacement des grains de sable dans le liquide visqueux :

$$v_{\max} = \text{longueur du tube}/\text{durée} = l/t$$

c- Démontrer la relation précédente qui permet de calculer le rayon des grains sphériques du sable utilisé dans ce phénomène de sédimentation.

d- Calculer la valeur du rayon (r) des grains de sable de forme sphérique sédimentés.

NOTA : pour l'application numérique, utiliser les valeurs des grandeurs physiques affichées c-à-d : ρ_L , ρ_s , η , et g .

e- En réalisant la sédimentation des grains de sable par l'usage d'une centrifugeuse, déduire l'intérêt pratique de l'utilisation de cet appareil.