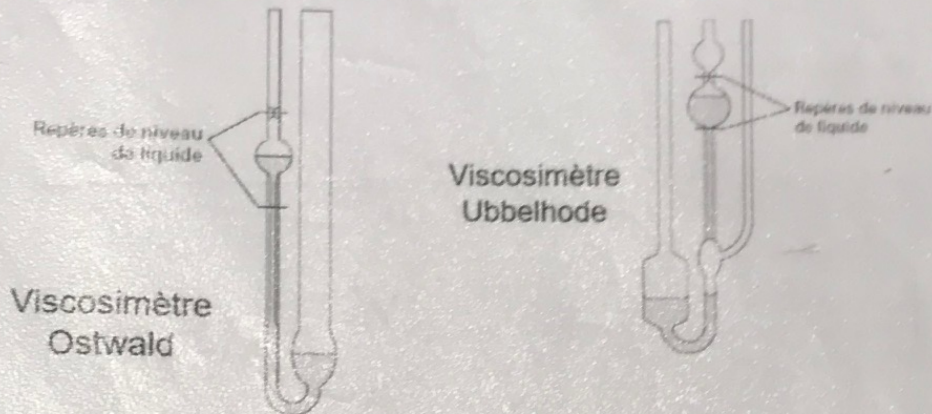


TP n°2 : VISCOSIMETRIE UBBELOHDE

I- Introduction : viscosité dynamique η , viscosité dynamique relative $\frac{\eta}{\eta_0}$

Pour caractériser un fluide peu visqueux, on utilise l'écoulement à travers des tubes capillaires appelés tubes d'OSWALD ou tubes d'UBBELOHDE (ce TP) :



La substance s'écoule dans un capillaire de rayon r , la différence de pression ΔP (pesanteur ou imposée) entraîne un mouvement du liquide contrarié par les frottements aux parois

L'utilisation d'un viscosimètre à capillaire n'a de sens que pour les **liquides newtoniens dont la viscosité est constante à température constante, quelle que soit la vitesse de cisaillement**. Le régime d'écoulement doit être laminaire. Le rayon R du tube capillaire doit être choisi en fonction de la viscosité η du liquide étudié. Les différents écoulements rencontrés dans le TP seront laminaires (hypothèse à vérifier ultérieurement).

La loi de poiseuille donne ainsi l'expression du débit volumique D_v du fluide dans le capillaire :

$$D_v = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot L} \Delta P$$

r : rayon du capillaire
 ΔP : différence de pression dans le capillaire
 L : longueur du capillaire
 η : viscosité dynamique

En déduire l'expression de la viscosité dynamique :

$$\eta = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot t \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot V}$$

r : rayon du capillaire
 t : temps pour que le fluide s'écoule dans le capillaire
 ΔP : différence de pression entre le haut et le bas du capillaire
 L et V : longueur et volume du capillaire

On peut alors poser :

$$\eta = K_T \cdot t \cdot \rho$$

η : viscosité dynamique du fluide
 ρ : masse volumique du fluide à la température considérée.
 K_T : constante caractéristique du capillaire à une température donnée. Cette constante est obtenue par étalonnage en utilisant un liquide de référence, pour lequel on connaît la viscosité dynamique à une température donnée.

On définit également la **viscosité dynamique relative** η_r , définie par la relation :

$$\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0}$$

Où η est la viscosité dynamique de la solution et η_0 est la viscosité dynamique du solvant (eau distillée)

Montrer que cette relation peut s'écrire $\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t \cdot \rho}{t_0 \cdot \rho_0}$

Avec t : temps d'écoulement de la solution et t_0 : temps d'écoulement du solvant (eau distillée)

B. But et principe

1°) But

Le but de l'expérience est de déterminer le **rayon d'une molécule**, celle de la glycérine (ou glycérol) en utilisant un viscosimètre d'Ubbelohde dont le fonctionnement sera détaillé par la suite.

2°) Principe

Le rapport de la viscosité d'une solution de particules considérées comme sphériques à la viscosité η_0 du solvant pur est relié au volume relatif V de la phase dispersée, c'est à dire au volume total des sphères dans l'inf. de solution. La relation est :

$$\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0} = 1 + 2,5 \cdot V$$

Cette équation peut être écrite sous la forme :

$$\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0} = 1 + 6,3 \cdot 10^{21} r^3 C$$

Où r est le rayon de la particule en dm, et C la concentration des particules en mol.L^{-1}

On sait que la viscosité relative $\frac{\eta}{\eta_0}$ est déterminée en utilisant la relation : $\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t \cdot \rho}{t_0 \cdot \rho_0}$

Dans cette équation, t et t_0 se rapportent respectivement aux temps d'écoulement, à travers le capillaire du viscosimètre d'Ubbelohde, d'un volume donné de solution et de solvant pur.

ρ et ρ_0 étant respectivement les masses volumiques de la solution et du solvant pur qui est de l'eau distillée, le **rapport ρ/ρ_0** est alors égal à la densité d de la solution qu'il va falloir déterminer !

On obtiendra alors la relation :

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0} \cdot d$$

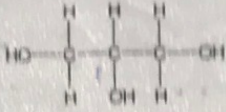
Le déroulement de l'expérience se fera donc en plusieurs phases :

- Préparation d'une solution mère de glycérol et de solutions diluées
- Détermination de la densité des différentes solutions par rapport au solvant (ici l'eau)
- Détermination de la viscosité dynamique relative de chaque solution grâce au viscosimètre d'Ubbelohde.
- Exploitation informatique des résultats pour remonter au rayon r de la molécule de glycérol

III- Manipulations

1°) Données

Le produit étudié est le glycérol (glycérine)

| | |
|---|--|
|  | Glycérine (ou glycérol) H : 1 g.mol ⁻¹ C : 12 g mol ⁻¹ O : 16 g mol ⁻¹ |
|---|--|

Le bain thermostaté du viscosimètre sera réglé en début de séance à 25°C.

Vous allez mesurer des viscosités cinématiques, vous devez donc déterminer le temps nécessaire à ce qu'un volume exact de liquide coule à travers un tube capillaire de dimensions définies (diamètre et longueur).

2°) Préparation des solutions

Vous disposez d'une solution mère de glycérol à 2,00 mol.L⁻¹ [Solution A].

A l'aide matériel à votre disposition, réaliser 50,0 mL des solutions suivantes :

Solution A₁ à 0,200 mol.L⁻¹

Solution A₂ à 0,400 mol.L⁻¹

Solution A₃ à 0,600 mol.L⁻¹

Solution A₄ à 0,800 mol.L⁻¹

Solution A₅ à 1,00 mol.L⁻¹

Indiquer les calculs effectués ainsi que la verrerie utilisée.

Travailler avec soin et précision, le résultat final de votre manipulation en dépend !

3°) Détermination des densités

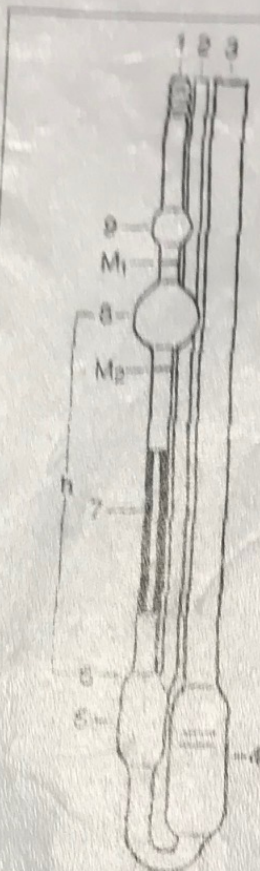
Il faut déterminer la densité par rapport à l'eau de chacune des solutions préparées.

On utilisera pour cela la méthode de pycnométrie.

Rappeler le protocole expérimental et les calculs permettant de déterminer la densité d'une solution par pycnométrie.

Réaliser les manipulations et déterminer la densité des 5 solutions A₁, A₂, A₃, A₄ et A₅

4°) Utilisation de la centrale de mesures (viscosimètre d'Ubbelohde)



Description

Le viscosimètre est constitué principalement par les trois parties tubulaires (1, 2 et 3), le tube capillaire (7) avec la sphère de mesure (8), la sphère des avant-coulants (9) (pour les viscosimètres selon Ubbelohde) et le vase à niveau (5). Au-dessus et au-dessous de la sphère de mesure (8), les marques annulaires M_1 et M_2 sont imprimées sur le tube (1). Ces marques définissent non seulement le débit de l'échantillon, mais aussi la pression hydrostatique moyenne h . Le tube capillaire (7) se termine dans la partie supérieure, réalisée comme calotte sphérique (6), du vase à niveau (5). Par la surface intérieure de cette calotte sphérique (6), l'échantillon s'écoule du tube capillaire (7) sous forme d'un film mince (niveau sphérique suspendu).

Remarque

Matériel très fragile et cher.

Mode de remplissage

Pour remplir le viscosimètre, incliner celui-ci d'environ 30° sur la verticale, le réservoir se trouvant en dessous du capillaire : introduire ensuite suffisamment de liquide dans le tube 3 pour amener le niveau jusqu'au trait inférieur lorsque le viscosimètre est redressé. Le volume du liquide étudié sera toujours le même !

Pour faire monter le liquide dans le viscosimètre, placer un doigt sur le tube 2 et aspirer à l'aide d'une propipette par le tube 1 jusqu'à ce que le liquide atteigne le centre du réservoir 9.

Débrancher alors la propipette puis retirer le doigt du tube.

Mesurer le temps d'écoulement du liquide entre les repères M_1 et M_2 .

Ce travail étant particulièrement laborieux, nous allons utiliser du matériel relié à une centrale de mesure qui va faire tout cela à votre place.



Fig 1



Fig 2

Pour des mesures automatiques du temps d'écoulement, le système dispose de barrières photoélectriques.

A votre arrivée, le bain sera thermostaté à 25°C (ne pas modifier, mais vérifier que cette température est atteinte).

Fig 1 : Le viscosimètre doit être placé sur son support (attention, il ne plie pas).

Fig 2 : Ce support sera ensuite placé dans le système permettant l'immersion dans la cuve thermostatée.

Matériel à manipuler avec d'énormes précautions !

En utilisant le viscosimètre déterminer le temps d'écoulement d'un volume donné d'eau distillée (faire cinq mesures et ainsi déterminer le temps moyen t_0).

Déterminer les temps d'écoulement des solutions, en commençant par la plus diluée et en terminant par la plus concentrée et ce pour un même volume de solution (faire cinq mesures et ainsi déterminer le temps moyen t).

Remarques :

Le viscosimètre sera lavé à l'eau, puis séché à l'acétone et à l'air comprimé entre chaque mesure.

IV- Exploitation des résultats

| Fiole | Concentration $C \text{ (mol.L}^{-1}\text{)}$ | Densité d | t_0 moyen (en s) | t moyen (en s) | Viscosité Dynamique relative η_r |
|-------|--|-------------|-----------------------|---------------------|--|
| A1 | | | | | |
| A2 | | | | | |
| A3 | | | | | |
| A4 | | | | | |
| A5 | | | | | |

1. Connaissant η_r et d pour différentes concentrations C , quel graphe proposeriez-vous de tracer pour déterminer le rayon r de la molécule de glycérol ?
2. Construire le graphe.
3. En déduire le rayon de la molécule de glycérol. Vérifier la validité du résultat.