

TP01 : Mesure de la tension superficielle par la méthode stalagmométrique

1. INTRODUCTION

La tension superficielle est une propriété physique des liquides liée aux forces de cohésion entre leurs molécules. Les molécules situées à la surface du liquide ne subissent pas les mêmes interactions que celles présentes à l'intérieur du liquide. Il en résulte une énergie superficielle qui tend à minimiser l'aire de la surface libre.

La tension superficielle, notée (σ), correspond à une force par unité de longueur ou, de manière équivalente, à une énergie par unité de surface.

La méthode stalagmométrique permet de déterminer la tension superficielle d'un liquide en étudiant la formation et le détachement de gouttes à l'extrémité d'un capillaire.

2. BUT DU TRAVAIL

- Comprendre le phénomène de tension superficielle.
- Identifier les différentes parties d'un stalagmomètre.
- Déterminer la tension superficielle d'un liquide par comptage des gouttes.
- Comparer la tension superficielle de l'eau avec celle d'une solution organique.

3. LE STALAGMOMETRE

Le stalagmomètre est un instrument en verre utilisé pour mesurer la tension superficielle ou la tension interfaciale de liquides par une méthode fondée sur la formation de gouttes. Ses principales parties sont :

- Réservoir supérieur : contient le liquide à étudier.
- Tube capillaire : permet l'écoulement du liquide et la formation des gouttes.
- Repères de volume : délimitent un volume déterminé dans le cas d'un stalagmomètre calibré.
- Pointe capillaire : zone où les gouttes se forment et se détachent.
- Support et récipient de réception : permettent de maintenir l'appareil et de recueillir le liquide.

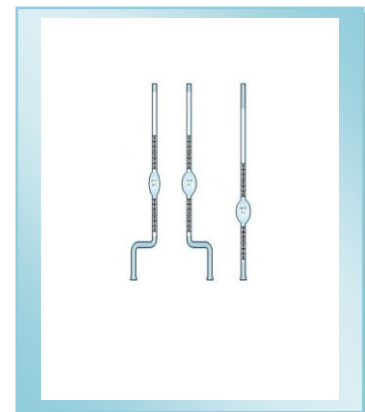


Fig1 : stalagmomètres

4. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Lorsqu'un liquide s'écoule lentement à travers la pointe du stalagmomètre, une goutte se forme progressivement.

La tension superficielle maintient la goutte attachée à l'extrémité du capillaire. Lorsque son poids devient suffisamment important, la goutte se détache.

La méthode consiste à mesurer le nombre de gouttes correspondant à un volume donné, ou à mesurer la masse d'un nombre déterminé de gouttes.

Pour comparer deux liquides, on utilise généralement un liquide de référence, comme l'eau distillée, dans les mêmes conditions expérimentales.

5. RELATION DE LA TENSION SUPERFICIELLE

A. Méthode comparative par comptage des gouttes

Pour un même stalagmomètre et un même volume écoulé, la tension superficielle peut être déterminée par comparaison avec un liquide de référence :

$$(\sigma / \sigma_0) = (\rho \cdot n_0 / \rho_0 \cdot n) \quad \Rightarrow \quad \sigma = \sigma_0 \cdot (\rho \cdot n_0 / \rho_0 \cdot n)$$

Avec :

σ : tension superficielle du liquide à étudier ($\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$).

σ_0 : tension superficielle du liquide de référence ($\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$).

ρ : masse volumique du liquide à étudier.

ρ_0 : masse volumique du liquide de référence.

n : nombre de gouttes du liquide à étudier.

n_0 : nombre de gouttes du liquide de référence.

B. Méthode fondée sur la masse des gouttes

Dans une approximation idéale, la loi de Tate exprime l'équilibre entre le poids d'une goutte et la force de tension superficielle :

$$m \cdot g = 2 \pi r \sigma \quad \Rightarrow \quad \sigma = (m \cdot g / 2 \pi r)$$

où (m) est la masse de la goutte, (g) l'accélération de la pesanteur et (r) le rayon de la pointe capillaire. 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 .

6. MATERIEL UTILISE

- Stalagmomètre propre et sec. - Eau distillée (liquide de référence).
- Liquide à étudier, par exemple : éthanol (200ml)- Support universel et pince.
- Bêchers propres - Récipients de réception.
- Balance analytique - Thermomètre - Papier absorbant.

7. MODE OPERATOIRE

A. Préparation

1. Nettoyer soigneusement le stalagmomètre, puis le rincer à l'eau distillée.
2. Vérifier que la pointe capillaire ne contient ni dépôt ni bulle d'air.
3. Fixer verticalement le stalagmomètre sur son support.
4. Stabiliser la température du liquide et noter sa valeur.

B. Mesure avec le liquide de référence

1. Introduire l'eau distillée dans le stalagmomètre.
2. Laisser le liquide s'écouler à débit régulier.
3. Pour un modèle à deux repères, compter les gouttes formées entre les deux repères.
4. Répéter la mesure au moins trois fois.
5. Calculer le nombre moyen de gouttes.

C. Mesure avec le liquide à étudier

1. Nettoyer et rincer le stalagmomètre.
2. Introduire le liquide à analyser.
3. Répéter le comptage dans les mêmes conditions.
4. Mesurer ou déterminer sa masse volumique à la température de l'expérience.
5. Calculer la tension superficielle à partir de la relation comparative.

D. Exploitation des résultats

Compléter le tableau suivant :

Solution	N1	N2	N3	N4	N5	N6
Ethanol (C_{Eth})	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Eau (C_{eau})	100%	80%	60%	40%	20%	0%
Masse volumique (g/cm^3)	1					0.79
Nombre des gouttes dans V_0						
Tension superficielle (N/m)	$72.7 \cdot 10^{-3}$					

8. QUESTIONS

1. Définir la tension superficielle et préciser son unité dans le Système international.
2. Décrire les différentes parties d'un stalagmomètre.
3. Expliquer le mécanisme de formation et de détachement d'une goutte.
4. Pourquoi on utilise un liquide de référence pour déterminer la tension superficielle ?
5. Établir la relation comparative entre les tensions superficielles, les masses volumiques et les nombres de gouttes.
6. Quel est l'effet d'une augmentation de la température sur la tension superficielle d'un liquide ?
7. Pourquoi, il faut maintenir le stalagmomètre vertical et le débit régulier ?
8. Citer trois sources d'erreurs expérimentales.