

TP – Tension de surface

Travail en binôme, un compte rendu par binôme à rendre à la fin de la séance.

La tension superficielle joue un rôle important lorsque deux milieux différents sont au contact sans se mélanger. Elle permet d'expliquer la forme des gouttes et des bulles, la mousse ou encore les problèmes de capillarité. Déterminante pour le comportement des liquides, elle intervient dans des nombreux phénomènes liés au fonctionnement des organismes vivants.

Surpression dans une bulle de savon

La pression à l'intérieur d'une goutte ou d'une bulle dépend de la forme et de la taille de sa surface. Ce phénomène intervient dans des nombreux processus biologiques : c'est par exemple le rôle du surfactant pulmonaire qui permet de maintenir ouvert l'ensemble des alvéoles de différentes tailles. Une expérience simple permettra ici de faire le lien entre tension superficielle, taille et pression des bulles.

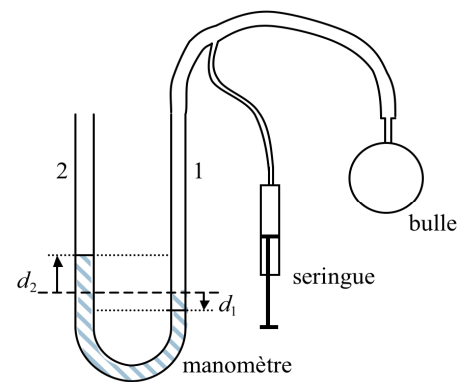
- ✓ **Rappeler la relation théorique existant entre la surpression ΔP à l'intérieur d'une bulle de savon et son rayon r (loi de Laplace, 2 interfaces).**

C'est cette loi qu'on souhaite vérifier.

Matériel et principe de l'expérience

On dispose d'une **solution** qui mousse bien et donne des bulles résistantes. Un **tuyau** est relié à une **seringue** et à un **manomètre** (tube en U) rempli d'éthanol.

Un **petit embout** fixé à l'extrémité du tuyau (et orienté vers le bas) sera trempé dans la solution savonneuse pour pouvoir faire les bulles.



En commençant avec la seringue tirée, on trempe l'extrémité libre du tuyau dans le détergent, puis on forme une bulle en soufflant avec la seringue. La dénivellation du manomètre (voir suite) indique la surpression ΔP entre l'intérieur et l'extérieur de la bulle.

Précautions :

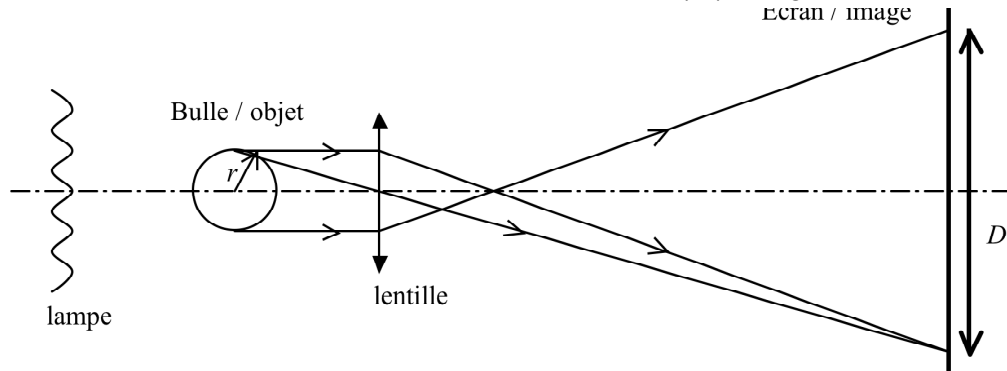
- Prenez garde à toujours démarrer avec la seringue tirée lorsque vous formez des bulles. Vous risquez si non de faire rentrer de la solution savonneuse dans le manomètre et de l'abîmer.
- Si vous avez oublié de tirer la seringue, enlevez le petit embout du tuyau, puis tirez-la avant de le remettre.
- Evitez de serrer trop fort le tuyau dans la pince : vous pouvez le tordre et induire des fuites.

Montage optique

On formera ainsi des bulles de différentes tailles. Afin de ne pas les faire éclater, la mesure de leur taille sera faite sur celle de leur image projetée sur un écran. Le rayon r d'une bulle sera donné par la mesure du diamètre D de son image sur l'écran (voir figure suivante).

- ✓ **En utilisant la règle graduée transparente comme objet, la lentille et l'écran (figure), faire un montage optique afin d'obtenir un grandissement de l'ordre de 4.** Bien fixer l'écran et la lentille. Le positionnement précis de lentille et écran seront déterminés via l'appréciation à l'œil de la netteté de l'image.
- ✓ **Mesurer le grandissement $G = L_{image}/L_{objet}$** (rapport entre la taille de l'image et la taille de l'objet).

Ce montage ne sera plus modifié pour tout le reste de la séance de TP.



Pour pouvoir faire une image nette et stable des bulles à l'écran, l'extrémité du tuyau ou les bulles sont formées sera donc fixé à la position « objet » du montage optique.

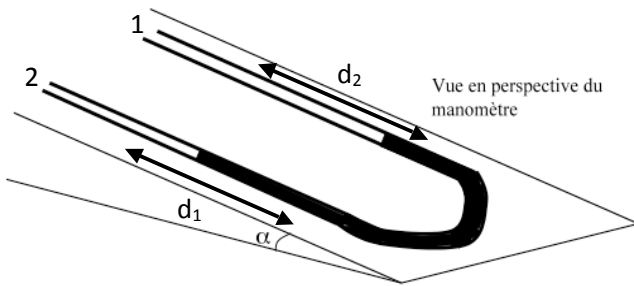
Le **diamètre de la bulle (2r)** est alors donné par le diamètre D de son image et par le grossissement :

$$(2r) = D / G = D L_{\text{objet}} / L_{\text{image}}$$

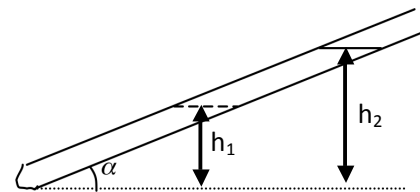
Manomètre

Le tube en U contient de l'éthanol ; la **masse volumique de l'éthanol est $\rho = 810 \text{ kg m}^{-3}$** .

On note **1** la branche du manomètre qui sera reliée à la bulle, **2** celle (ouverte) qui restera toujours à la pression atmosphérique.



Vue de profil du manomètre (tube en U)



Les positions des niveaux de l'éthanol d_1 et d_2 sont mesurées sur une échelle fixée le long du manomètre, dont le zéro est positionné de manière arbitraire (attention : le zéro est au milieu de cette échelle, la moitié des graduations sont négatives).

Par ailleurs, la table et le support du manomètre n'étant pas parfaits, il y a toujours un petit décalage à vide entre les niveaux de chaque branche dont il faut tenir compte :

- ✓ Relevez les deux niveaux à vide (avec leur signe) : d_1^0 à droite et d_2^0 à gauche.

Ces valeurs ne doivent normalement pas changer pour toute l'expérience.

Lorsque une bulle est formée, on peut donc mesurer la surpression à son intérieur à partir du **décalage des niveaux** :

$$\Delta d = (d_2 - d_2^0) - (d_1 - d_1^0) \quad (\text{qu'on peut écrire aussi } \Delta d = d_2 - d_1 - (d_2^0 - d_1^0))$$

- ✓ Comment relier ce décalage à la surpression ΔP à l'intérieur d'une bulle? **Donner la relation entre la surpression dans la bulle ΔP et les valeurs liées au manomètre : Δd , ρ , α (angle d'inclinaison) et g (pesanteur).**
- ✓ **Que vaut l'angle α ?** Estimez-le à partir des mesures qui vous trouverez utiles.
- ✓ À partir de cette formule et de la loi que l'on souhaite vérifier, **quelle représentation graphique des données suggérez-vous pour déterminer le coefficient de tension de surface σ ?** C'est cette représentation que vous allez réaliser dans la partie suivante.

Propagation des incertitudes.

On peut calculer l'incertitude sur une grandeur dérivée à partir d'autres mesures en utilisant des règles simples de propagation des erreurs. Voici les principales :

- 1) L'**incertitude absolue** sur la somme ou la différence de deux grandeurs est la somme des deux incertitudes absolues :

$$\Delta(a + b) = \Delta(a - b) = \Delta a + \Delta b$$

- 2) L'**incertitude relative** sur le produit ou le quotient de deux grandeurs est la somme des deux incertitudes relatives :

$$\frac{\Delta(a \cdot b)}{a \cdot b} = \frac{\Delta(a/b)}{a/b} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

- 3) Cas particuliers du cas (2) où une des grandeurs k est connue sans incertitude ($\Delta k = 0$) :

$$\frac{\Delta(k \cdot a)}{k \cdot a} = \frac{\Delta a}{a} + 0, \quad \frac{\Delta(k/a)}{k/a} = \frac{\Delta a}{a} + 0$$

A partir de ces règles on peut calculer l'incertitude pour une grande quantité de grandeurs dérivées.

Expérience et exploitation des données : mesure de la surpression

- ✓ **Déterminer les relations utiles pour estimer les barres d'erreur** (incertitudes) sur les points du graphe, à partir des mesures que vous allez faire et en utilisant les règles énoncées.
Conseils : écrivez $(2r)$ comme $D_{\text{objet}} / L_{\text{image}}$; négligez l'incertitude sur α .
- ✓ **Préparer un tableau** récapitulatif tout ce qui est nécessaire pour faire le graphique : vérifier que toutes les mesures à effectuer et les grandeurs à calculer y sont prévues (inclus pour les barres d'erreur).
- ✓ **Faire les bulles, les mesurer et remplir le tableau.** Il se forme souvent une goutte de liquide en bas de la bulle. Si son poids perturbe la forme sphérique, utiliser la spatule en plastique pour éliminer délicatement cette goutte et obtenir une bulle bien sphérique.
Les bulles peuvent ne pas être parfaitement stables à cause de petites fuites du manomètre : vérifier leur stabilité et faire la mesure de surpression dans un délai assez court.
- ✓ **Représenter les données sur un graphe. Reportez les barres d'erreur sur les points du graphe.**
- ✓ **Exploitation graphique** : les points sont-ils bien alignés ? On tracera la meilleure droite passant par ces points. On tracera ensuite les deux droites extrêmes que l'on jugera à la limite de l'acceptable (une en dessous, une au-dessus).
- ✓ **De ces trois droites, on tirera une valeur de σ ainsi qu'une estimation de son incertitude $\Delta\sigma$.**

Comparer avec les données du tableau suivant : Votre estimation de σ est-elle raisonnable ?

Liquide	Température (°C)	Tension de surface s ($10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$)
Éthanol	20	22,27
Méthanol	20	22,6
Eau savonneuse	20	~ 25
Eau	50	67,91
Eau	20	72,8
Eau	0	75,64
Glycérol	20	63
Mercure	20	436

- ✓ Comparez également avec les résultats des autres binômes.