



Objectifs

- Mesurer la force nécessaire pour détacher un anneau métallique de la surface d'un liquide (eau) et en déduire la tension superficielle : $\gamma = F_{\max} / (2\pi r)$
- Vérifier que ce phénomène est lié aux forces de cohésion à la surface du liquide
- Effectuer plusieurs mesures pour estimer la moyenne de γ et l'écart-type



Durée et niveau de difficulté

Préparation : 15 minutes

Exécution : 1 heure et 15 minutes

Difficulté



Matériel

Désignation	Qté	Référence
Banc de traction compression	1	322087

Informations complémentaires

Se référer à la notice technique Jeulin pour le montage et l'usage du logiciel



Problématique

La tension superficielle est une propriété qui tend à minimiser l'aire de la surface d'un liquide. En tirant verticalement un anneau fin au travers de la surface, il faut vaincre cette tension.

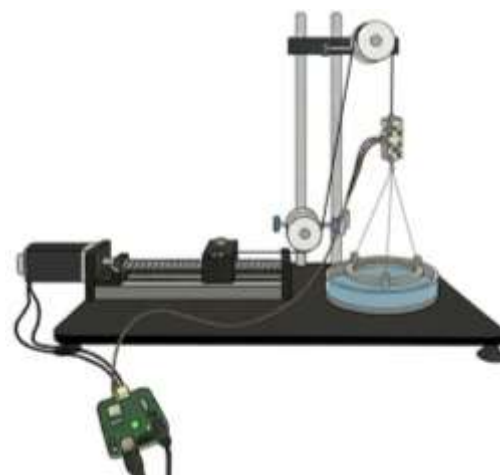
Comment la mesure de la force maximale de décrochage $F_{\max}$ permet-elle de déterminer la tension superficielle γ via la relation $F_{\max} = 2\pi r\gamma$, et dans quelle mesure les résultats expérimentaux valident-ils la nature élastique de la surface d'un liquide ?



Protocole

Montage

Schéma du dispositif



Partie A – Mise en place de l'anneau :

- Descendre lentement le chariot pour plonger l'anneau horizontalement sous la surface de l'eau
- S'arrêter lorsque l'anneau est légèrement sous la surface : le film d'eau doit entourer complètement l'anneau
- Vérifier visuellement qu'aucune bulle d'air n'est piégée sous l'anneau

Partie B – Mesure de $F_{\max}$:

- Remonter doucement et progressivement l'anneau
- Observer la force augmenter sur la courbe jusqu'à atteindre un pic ($F_{\max}$) moment du décrochage du film)
- La force chute brutalement à zéro une fois l'anneau libéré : noter $F_{\max}$
- Calculer pour chaque essai : $\gamma = F_{\max} / 2\pi r$
- Essuyer soigneusement l'anneau avec le papier absorbant entre chaque essai
- Réaliser 5 essais indépendants puis effectuer le traitement statistique

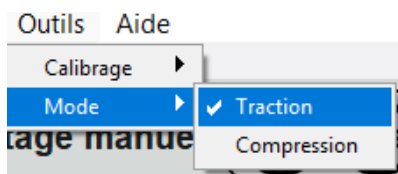




Mise en œuvre

Logiciel - Banc d'étude des matériaux

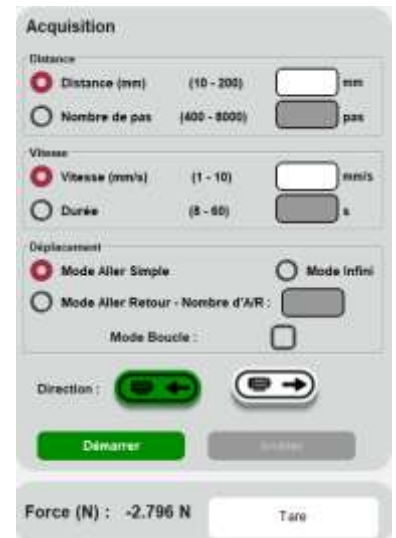
- Lancer le logiciel Maquette traction-compression
- Vérifier que vous êtes bien mode traction



- Etalonner puis tarer le capteur de force



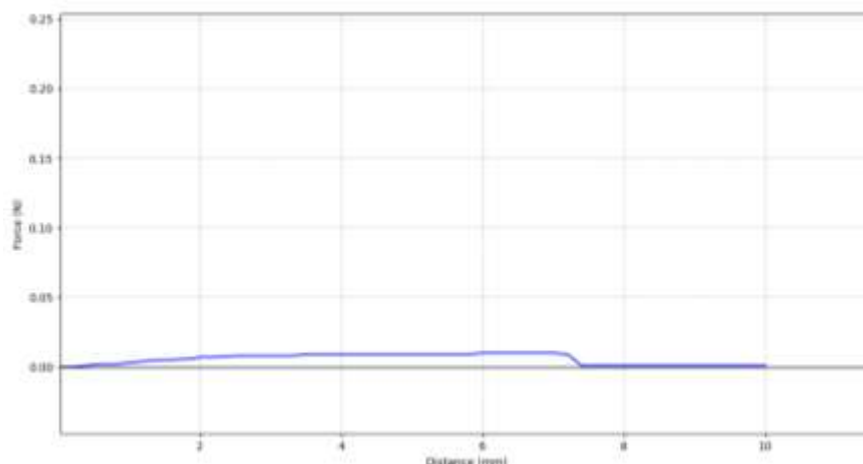
- Rentrer les paramètres requis avant de lancer l'acquisition
- Appuyer sur démarrer



Résultats

L'essai de décrochage de l'anneau constitue une méthode directe pour mesurer la tension superficielle d'un liquide. Il permet d'analyser la réponse du film liquide lors d'une sollicitation verticale progressive et d'en extraire la force maximale de décrochage F_{max} .

1. Analyse de la courbe $F = f(\text{distance})$



La courbe enregistrée par le logiciel présente trois phases distinctes :

Phase 1 — Montée progressive : Dès que l'anneau commence à remonter, la force augmente de manière quasi-linéaire. Le film d'eau s'étire progressivement sous l'anneau, formant un ménisque. L'anneau "tire" sur la surface du liquide qui résiste grâce à ses forces de cohésion.

Phase 2 — Pic F_{max} : La force atteint son maximum F_{max} : c'est l'instant précis où le film d'eau est au maximum de son étirement avant rupture. C'est cette valeur qu'on relève pour calculer γ :

$$\gamma = \frac{F_{max}}{2\pi r}$$

Phase 3 — Chute brutale à zéro : Le film se rompt brusquement : la force chute instantanément à zéro. L'anneau est libéré de la surface du liquide. Cette rupture nette confirme le comportement élastique de la surface de l'eau.





2. Tableau des résultats et calcul de γ

Dans notre cas, l'anneau est mesuré au pied à coulisse : $r = 0,03 \text{ m}$

Essai n°	F _{max} (mN)	γ (mN/m)
1	12	63,6619772
2	10	53,0516477
3	10	53,0516477
4	10	53,0516477
5	10	53,0516477
Moyenne $\bar{\gamma}$:		55,1737136
Ecart-type s :		4,24413182

✓ Tips

Le bas de l'anneau ne crée qu'une seule interface liquide-air (et non deux).

La formule utilisée est donc :

$$\gamma = F_{\max} / (2\pi r)$$

3. Traitement statistique

$$u(\gamma) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{4,24}{\sqrt{5}} = 1,89 \text{ mN/m}$$

Ainsi l'intervalle de confiance à 95 % est :

$$\gamma = 55,17 \pm 3,78 \text{ mN/m}$$

4. Comparaison à la valeur théorique

La valeur théorique de l'eau pure à 20°C : $\gamma = 72 \text{ mN/m}$

$$\text{L'écart relatif est : } \frac{|55,17-72|}{72} \times 100 = 23,4 \%$$

L'écart de 23,4% s'explique par :

- L'eau utilisée n'est pas parfaitement pure $\rightarrow$ même une légère trace de minéraux suffit à réduire significativement γ
- Un résidu infime sur l'anneau malgré le séchage entre les essais peut faire chuter γ
- La valeur théorique de 72 mN/m correspond à de l'eau ultra-pure, ce qui est difficile à atteindre en conditions expérimentales réelles



Conclusion

Ce TP a permis de mesurer la tension superficielle de l'eau par la méthode de l'anneau et de vérifier expérimentalement la relation $F_{\max} = 2\pi r\gamma$. Les résultats confirment la présence d'un pic de décrochage net sur la courbe $F = f(\text{déplacement})$, caractéristique du comportement élastique de la surface du liquide, avec une valeur mesurée de $\gamma = 55,17 \text{ mN/m}$.

L'écart de 23,4% par rapport à la valeur théorique de l'eau pure à 20°C (72 mN/m) illustre l'influence des impuretés présentes dans l'eau sur les forces de cohésion superficielle.

