

agrégation de physique 2002 –2003

montage MP02 : tension superficielle : mise en évidence, mesure

- Bibliographie :**
- [1] – Dictionnaire de physique exp. tome 1 et tome 2 (Pierron) nouvelles éditions
 - [2] – Bruhat mécanique (Masson).
 - [3] – Encyclopædie Universalis.
 - [4] – P. G. de Gennes, *Les objets fragiles* (Plon 1994).
 - [5] – Revue « Pour la Science ».
 - [6] – E. Guyon, *Hydrodynamique physique nouvelle édition*, EDP Sciences/CNRS Éditions, 2001.

⇒ Des modifications seront peut être apportées à ce montage.

NB : dans beaucoup d'expériences on utilisera un dispositif de projection : projecteur, caméscope, ou simplement source + condenseur + lentille... et on manipulera avec un maximum de propreté.

⇒ Les références essentielles sont [1] mécanique (pour le plan et les expériences) et [6].

1 • Introduction

Origine du phénomène ; « contradiction » apparente avec les lois de l'hydrostatique. Voir [6]

⇒ Ne pas oublier d'introduire la notion de longueur capillaire (justifier ainsi l'utilisation de dispositifs de projection pour agrandir le phénomène) et le nombre de Bond

2 • Expériences qualitatives

On se reportera essentiellement à [1].

2.1 Mise en évidence d'une force

- lame de rasoir sur l'eau ; fil tendu sur un cadre...

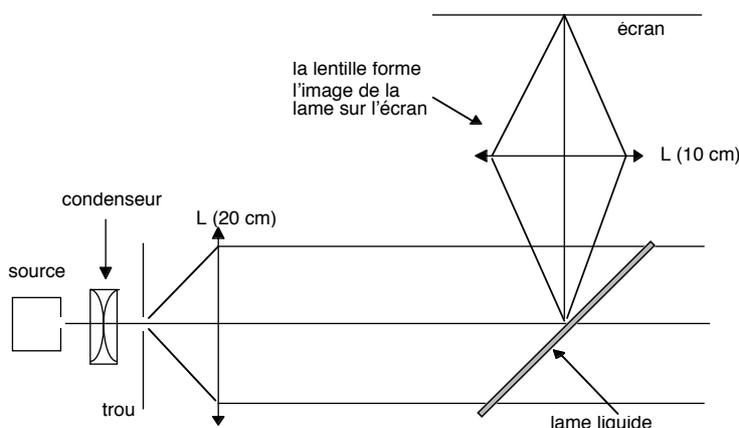
Faire l'expérience avec le dispositif d'arrachement (une balance met en évidence une force).

2.2 Les lames minces

Observations de lames minces sur des cadres métalliques. Montrer avec des structures complexes (cubes, tétraèdres,...) que les surfaces réalisées avec les lames sont des surfaces minimales.

Avec une lame mince plate on réalisera l'expérience suivante :

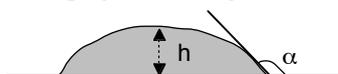
On observe sur l'écran des franges d'interférences du type « coin d'air » ($\delta \cong 2n\cos\alpha$). La lame s'amincissant vers le haut (par gravité) on atteint des épaisseurs telles qu'il n'y a plus d'interférences ; la teinte est uniforme (gris, ou noir ou blanc,...)



2.3 Équilibre d'un liquide soumis aux forces superficielles (voir [2])

- Contact entre deux liquides.
- Bulles.
- Raccordement entre un solide (verre, téflon,...) et un liquide (eau, huile, glycérine, mercure,...) : gouttes, tubes capillaires (NB : la goutte de mercure sera enfermée dans une boîte étanche).

Pour cette expérience il est impératif de faire une projection (un grandissement de l'ordre de 50 est recommandé) :



On appliquera la relation : $h^2 = 2A \frac{1 + \cos\alpha}{\rho g}$ (ρ étant la masse volumique du liquide) valable si la goutte est suffisamment large pour avoir un sommet plat.

2.4 Influence de divers facteurs sur A

- Nature du corps : le bateau en polystyrène..
Exemple : les surfactants...
- Température (cf. ci-dessous).

3 • Lois

3.1 Loi de Laplace

Discontinuité de pression ΔP à la traversée d'une surface libre Σ non plane : $\Delta P = A \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$.

Conséquence : surpression dans les bulles ; la mesure de $\Delta P = \frac{4A}{R}$ est délicate car ΔP est de l'ordre de quelques Pa mais on la réalise facilement avec un manomètre à eau et une très grande amplification optique (grandissement ≈ 50)

3.2 Loi de Jurin

D'après la loi de Laplace : $\Delta P = \rho gh = \frac{2A}{R} = \frac{2A \cos \alpha}{r}$ avec α angle de raccordement et r rayon du tube capillaire.

Donc : ascension dans les tubes capillaires, vérification de la loi, tracé de $h = f(1/r)$ avec h ascension (ou dépression) et r rayon. On profitera de cette expérience pour montrer l'influence de T (voir [1]) (?)

- Les rayons du dispositif sont (en cm) : 0,20 ; 0,15 ; 0,10 ; 0,075 ; 0,050. On effectue une projection avec un grandissement de 10 au minimum.

NB : faire l'expérience avec l'alcool. De plus, les tubes doivent être bien propre ; lorsqu'ils sont placés dans la cuve, on les agite légèrement verticalement afin d'éliminer les éventuelles impuretés influençant les ascensions.

4 • Mesures de A (faire au moins 4.1 et 4.4)

4.1 Méthode d'arrachement

Voir [1] ainsi que la doc. de l'appareil ; on peut montrer ici l'influence de la température et de la nature du corps (on ajoute un tensio-actif)

4.2 Méthode des gouttes

Voir [1].

4.3 Méthode utilisant la loi de Jurin

Voir [1].

4.4 Vitesse des ondes capillaires à la surface de l'eau

Voir [1].

On utilise la cuve à ondes : pour différentes fréquences (comprises entre 10 et 80 Hz) on mesure λ (on doit obtenir des valeurs comprises entre 2,5 cm et 4 mm environ), on en déduit la vitesse $V = \lambda f$ (comprise entre 18 et 33 cm/s environ)

On trace par exemple $V = f(\lambda)$: le milieu est dispersif.

Attention au grandissement !!

Pour déterminer A on trace $V^2 = (1/\lambda)$ ou mieux

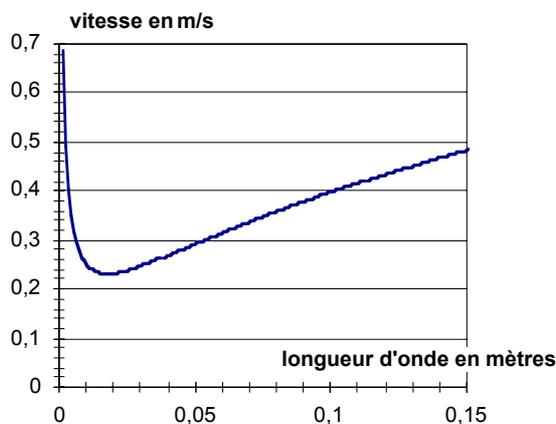
$V^2 - \frac{g\lambda}{2\pi} = f\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ qui est théoriquement une droite de pente

$\frac{2\pi A}{\rho}$ (ρ masse volumique).

- L'expérience est intéressante mais délicate : il est très facile de faire des erreurs de mesure de λ ...quant à f !...

tracé de $V = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} + \frac{2\pi A}{\rho\lambda}}$ (formule de Kelvin)

Tracé expérimental



Quelques valeurs de A :

	eau	éthanol	acide acétique	benzène	CCl_4	CS_2	Hg	glycérine
A (en 10^{-2} N.m ¹)	7,6	2,2	2,8	2,9	2,7	3,2	47	6,3