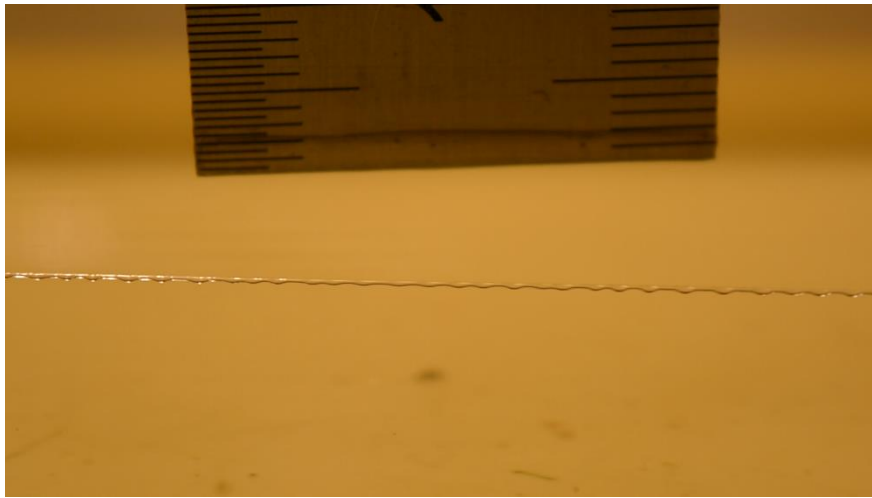


Compte Rendu de l'expérience n°1 : Inégalité de Plateau et temps caractéristiques

Introduction :

Le but de cette expérience est dans un premier temps de vérifier l'inégalité de Plateau. Cette inégalité s'énonce ainsi :

Un cylindre de liquide recouvrant un fil de rayon R se décompose en gouttelettes si la perturbation provoquant la déformation du cylindre a une longueur d'onde λ supérieure à $2\pi(R+e_0)$, avec e_0 le rayon de la gaine de liquide qui enveloppe à l'instant initial



En deuxième partie nous chercherons à déterminer le temps caractéristique de formation des gouttes pour les différents fils et les différents liquides. Pour cela nous allons réaliser le montage décrit précédemment dans le wiki et filmer le phénomène à l'aide d'un appareil photo prêté par le PMClab. Puis nous utiliserons le logiciel « Adapter » pour convertir les vidéos en séquences d'images et analyser ces séquences à l'aide de « ImageJ ».

Manipulation :

Après plusieurs essais, nous avons repéré différents soucis qui pouvaient nous gêner pendant l'expérimentation. Ainsi, plusieurs paramètres devaient être surveillés pour s'assurer de la réussite de l'expérience :

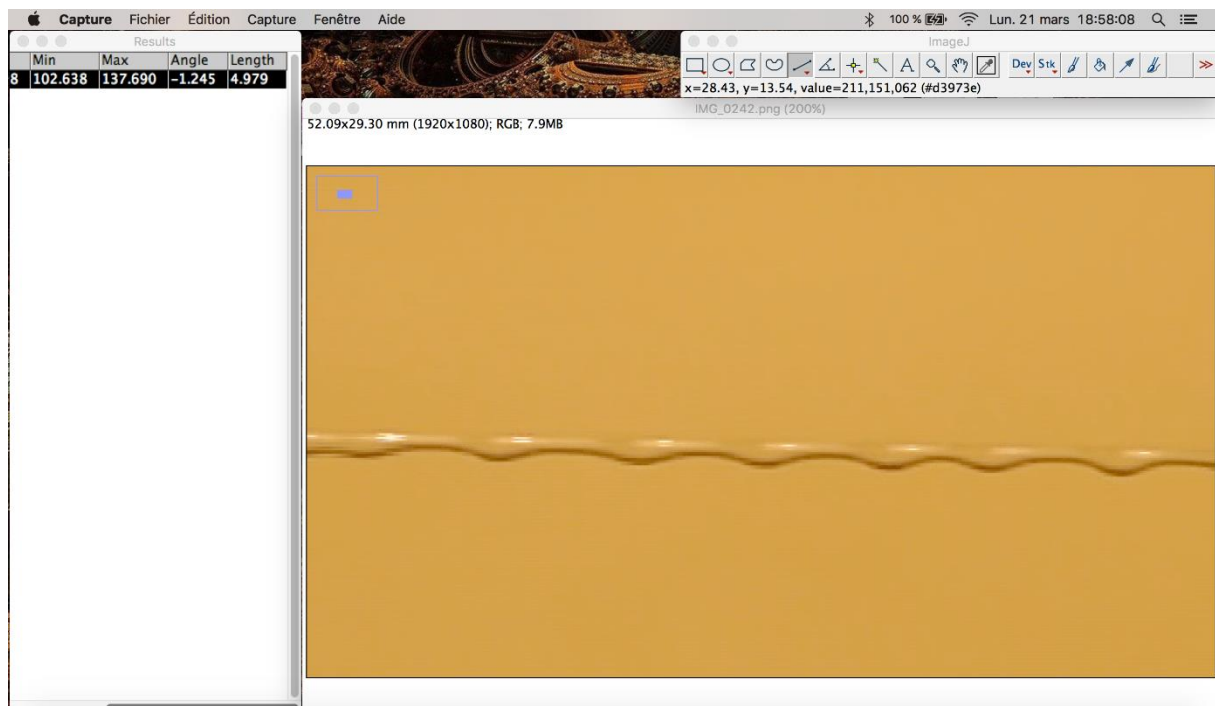
- Maintenir le fil fixe pour ne pas accélérer la déformation. Pour cette raison, nous avons choisi de placer le liquide sur un support élévateur qui nous permettra d'immerger le fil et de le sortir sans le toucher.
- Avoir une échelle pour l'analyse d'image (règle sur la photo ci-dessus) qui soit sur le même plan que le fil pour éviter les incertitudes de parallaxe.
- Maintenir le fil tendu et parallèle au sol pour avoir une déformation du cylindre homogène sur l'ensemble du fil.
- Bien régler l'éclairage ambiant, notamment avec une lampe et un fond noir.



Toutefois nous n'avons pas réussi à manipuler les fils de 1,8 et 3,4mm diamètres car ils étaient trop rigides et difficiles à maintenir tendus. Nous sommes donc contents des deux autres diamètres que nous avons à notre disposition.

Mesures :

Pour chaque fil et chaque liquide, nous avons pris deux vidéos. Après la conversion des vidéos, nous avons choisi des images à plusieurs instants entre le moment où la déformation est visible et le moment où les gouttes sont formées. En effet il est important de ne pas prendre d'image après la fin de la déformation car la distance entre deux gouttes ne représente pas forcément la longueur d'onde de la perturbation.



Nous faisant la moyenne des longueurs d'ondes mesurées pour les différentes situations, nous avons résumé les résultats dans ce tableau :

	Huile	Savon
0,16mm	$1,763 \pm 0,6$ mm	$1,754 \pm 0,6$ mm
0,35mm	$3,436 \pm 0,6$ mm	$2,924 \pm 0,6$ mm

L'incertitude a été calculée en sommant les incertitudes évaluées lors des différentes étapes de l'expérience :

- Sur la manipulation : précision de la règle ($\pm 0,2$ mm).
- Sur l'analyse d'image : définition de l'échelle ($\pm 0,2$ mm), mesure de la distance entre deux gouttes ($\pm 0,2$ mm)

On néglige ici les possibles incertitudes dues à une légère inclinaison du fil (parallélisme imparfait) ou à la parallaxe qui subsistait entre l'échelle et le fil sur la vidéo. On considère également que les informations sur les fils données par le fabricant sont exactes.

Si on calcule le produit $2\pi(R+e_0)$ (e_0 ayant été mesuré de la même manière que la longueur d'onde) pour les deux fils (le liquide utilisé n'influe pas sur le résultat) :

- Pour le fil de 0,16mm :

$$e_0 = (1,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{m} \text{ et } 2\pi(R+e_0) = (1,244 \pm 0,001) \text{ mm}$$

- Pour le fil de 0,35mm :

$$e_0 = (1,6 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{m} \text{ et } 2\pi(R+e_0) = (2,146 \pm 0,001) \text{ mm}$$

Dans les deux cas nous constatons que la valeur trouvée expérimentalement vérifie bien l'inégalité de Plateau recherchée.

La théorie nous donne une longueur d'onde optimale qui est de $2\pi\sqrt{2}(R + e_0)$:

- Pour le fil de 0,16mm :

$$2\pi\sqrt{2}(R + e_0) = (1,760 \pm 0,001) \text{ mm}$$

- Pour le fil de 0,35mm :

$$2\pi\sqrt{2}(R + e_0) = (3,034 \pm 0,001) \text{ mm}$$

Dans une seconde partie, nous nous sommes servis des vidéos pour en déduire les temps caractéristiques des fluides. Pour cela nous avons regardé le nombre d'images qu'il y avait entre le moment où le fil s'est retrouvé hors du liquide et celui où les gouttes sont formées. En sachant le nombre d'image que nous avons par seconde (Nombre d'images total/ durée de la vidéo en seconde), nous pouvons facilement en déduire le temps caractéristiques et ainsi les comparer ces temps à une valeur théorique, donnée par la formule :

$$\tau = 12 \frac{\eta R^4}{\gamma e_0^3}$$

Où η est la viscosité du liquide et γ sa tension de surface.

Nous avons récapitulé les résultats obtenus dans le tableau suivant :

	Temps caractéristiques (expérimental)	Temps caractéristiques (théoriques)
Huile 0,16mm	$(0,49 \pm 0,17) \text{ s}$	$0,0051 \pm 0,0008 \text{ s}$
Huile 0,35mm	$(2,81 \pm 0,84) \text{ s}$	$0,11 \pm 0,02 \text{ s}$
Savon 0,16mm	$(7,3 \pm 1,7) \text{ s}$	/
Savon 0,35mm	$(38 \pm 7) \text{ s}$	/

On obtient une incertitude assez conséquente sur la valeur expérimentale, due à la difficulté de repérer le moment où l'on considère que la goutte est formée (Pour le dernier cas, il y a une incertitude de 400 images pour un nombre d'images par seconde d'environ 60). D'autre part, Nous avons une incertitude sur la valeur théorique car, on peut le voir dans l'équation plus haut, celle-ci dépend de l'épaisseur initiale de la couche de liquide qui est une grandeur que l'on a mesurée. Enfin nous n'avons pas pu déterminer le temps théorique pour le savon car il nous manque la valeur de sa tension de surface.

Conclusion :

Cette expérience avait deux objectifs principaux. Le premier était la vérification de l'inégalité de Plateau. Nous sommes parvenus à montrer que dans les différents cas étudiés, l'inégalité s'applique. En outre la valeur « idéale » de la longueur d'onde de la perturbation rentre bien dans l'intervalle de confiance de nos mesures.

Le second objectif n'a cependant pas été atteint. Il y a un facteur important entre nos mesures et ce que nous dit la théorie, qui n'est pas expliqué par les incertitudes considérées. Pour expliquer cette différence, nous pensons peut être avoir sous-estimé les incertitudes, notamment l'incertitude sur l'épaisseur d'eau initiale. De plus, les valeurs considérées comme « exactes » (diamètre du fil, tension de surface, viscosité) des différents éléments de l'expérience peuvent présenter une légère erreur.