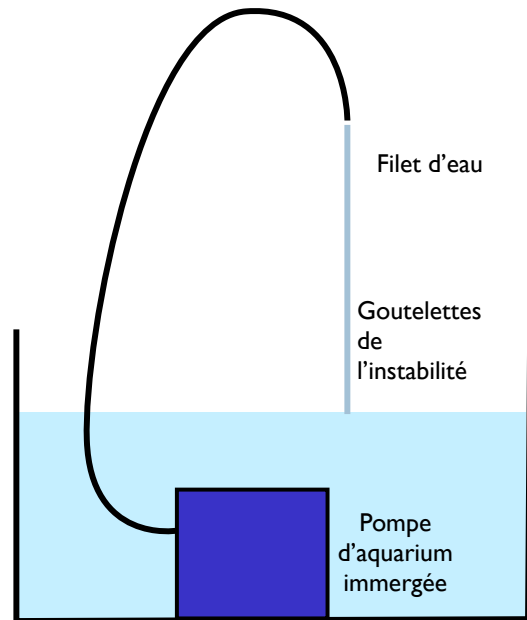


Le filet d'eau du robinet



On s'intéresse à deux choses: d'une part la forme du filet d'eau: il s'amincit parce que l'eau est en chute libre à débit constant. Quelle est cette forme? La photographier à plusieurs débits. Obtenir une formule à partir de la chute libre et conservation du débit et superposer les données expérimentales et théoriques.

En suite on s'intéresse à l'instabilité de Rayleigh-Plateau qui forme des gouttelettes, en prenant des films à haute fréquence. Comment le phénomène dépend du débit? A quelle hauteur les gouttes commencent à se former? Quelles sont les tailles des gouttes?

Attention danger!

La pompe est immergée dans le bassin. On peut régler le débit avec le curseur sur la pompe (+ et -).

Il faut que la pompe soit branchée sur une prise en hauteur (skotchée sur un mur), et ne jamais toucher la prise avec les mains mouillées (celui qui met les mains dans l'eau ne touche pas à la prise)

1.5. Surfaces minimales

Nous avons vu qu'un liquide évolue spontanément pour diminuer sa surface, et nous illustrons cette propriété sur la FIG. 1.9. À l'équilibre, les surfaces d'air minimale satisfont à l'équation de Laplace.

1.5.1. Jet

Si l'on ouvre un robinet, on voit un jet d'eau se fragmenter en gouttelettes (FIG. 1.9.a) pour abaisser son énergie de surface. Pour comprendre cette diminution de surface, cassons un cylindre de rayon R et de longueur L en n gouttelettes de rayon r . La conservation du volume conduit à :

$$\pi R^2 L = \frac{4}{3} \pi r^3 n \quad (1.8)$$

Faisons le rapport de la surface finale des gouttes S_n à la surface initiale S_0 et éliminons n :

$$\frac{S_n}{S_0} = \frac{n \times 4\pi r^2}{2\pi R L} = \frac{3R}{2r} \quad (1.9)$$

Ainsi, dès que $r > \frac{3}{2}R$, la surface des gouttes est inférieure à celle du cylindre.

C'est Plateau [5] qui, le premier, a compris que le cylindre se déforme spontanément pour abaisser son énergie de surface, dès que la longueur d'onde λ_d de la déformation est supérieure au périmètre du cylindre. La déformation s'amplifie, et le cylindre de liquide se fragmente en gouttes. Plus tard, Lord Rayleigh [6] a montré que la taille des gouttes est fixée par le mode de déformation le plus rapide ($\frac{\lambda_d}{2R} = 4,5$ en régime inertiel) ; c'est lui qui a laissé son nom à cette instabilité. Un jet est une façon de réaliser des émulsions monodisperses, où la taille des gouttes est bien calibrée. Cette méthode est utilisée en particulier dans la fabrication du lait homogénéisé, mais aussi dans de nombreux secteurs de l'industrie. Nous

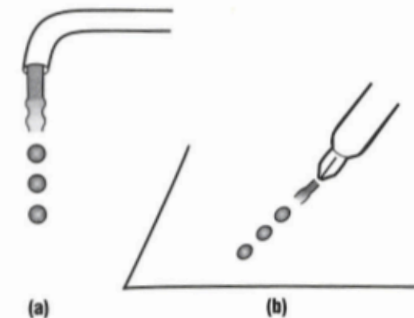
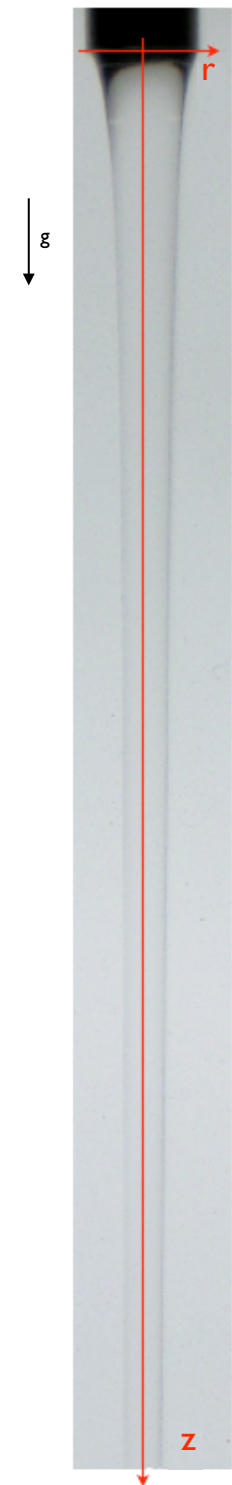


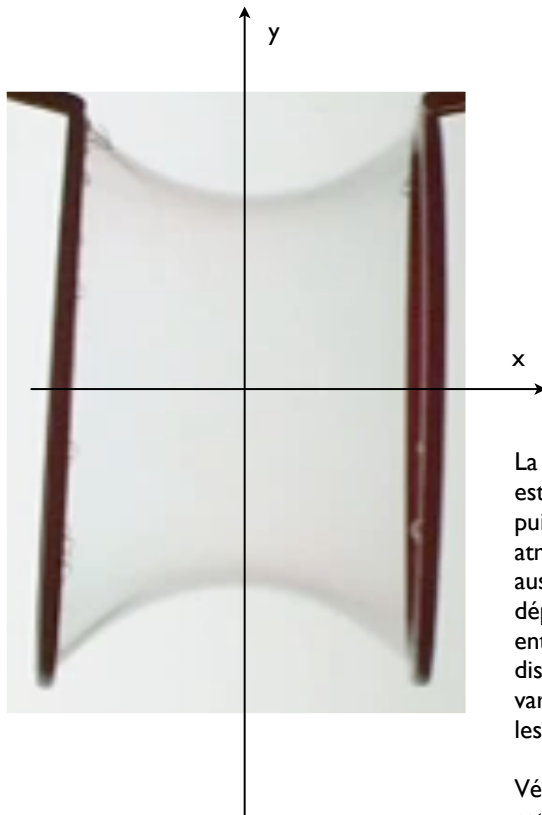
Figure 1.9. Filet d'eau et trait d'encre se cassant en gouttelettes.

PG De Gènes, Gouttes, bulles, perles et ondes, Belin

Matériel: pompe d'aquarium, tuyau vert, embout, caisse pour le bassin



La caténoïde de savon



La surface de liquide savonneux est une surface à courbure nulle puisque il y a la pression atmosphérique à l'intérieur et aussi à l'extérieur. La forme ne dépend que du rapport d'aspect entre le rayon des arceaux et la distance entre les arceaux. Faire varier ce paramètre et capturer les formes.

Vérifier que ce sont bien des caténoïdes ($y=R_m \cosh(x/R_m)$ ou R_m est le rayon de gorge).

Si le rapport d'aspect est trop grand, il n'y a plus de solution à cette équation. Mettez ce résultat en évidence. Ensuite, capturez la rupture de la caténoïde avec un fil à haute vitesse. Montrez bien les étapes de cette rupture.

Matériel: fil de fer, liquide à bulles.

■ Film de savon

Reproduisons l'expérience de Plateau. On tend un film de savon (liquide glycérique) entre deux anneaux circulaires de rayon R . On peut fabriquer les anneaux avec du gros fil de cuivre, que l'on martèle. On les trempe dans le mélange savonneux et on les écarte doucement le long de leur axe normal (FIG. 1.12.b). $2D$ est la distance entre les anneaux. La pression étant la même à l'extérieur et à l'intérieur, la surface est de courbure nulle $R_1^{-1} + R_2^{-1} = 0$. On écarte les anneaux, la surface rentrée s'étire et claque pour $\frac{R}{D} \sim 1,5$. Plateau a étudié en premier cette surface engendrée en écartant les deux anneaux. Le profil $r(x)$ est celui d'une surface de révolution à courbure nulle, satisfaisant à l'équation 1.13 avec $\Delta p = 0$. Le profil du liquide a, d'après l'équation 1.18, la forme d'une chaînette qui doit se raccorder aux anneaux : $r(x = \pm D) = R$. Si R_m est le rayon du cercle de gorge ($x = 0$), le profil est :

$$r(x) = R_m \cosh\left(\frac{x}{R_m}\right) \quad (1.19)$$

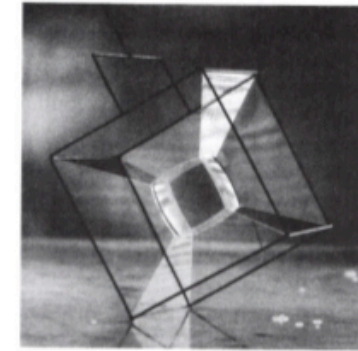
Pour $x = D$:

$$\frac{R}{R_m} = \cosh\left(\frac{D}{R_m}\right) \quad (1.20)$$

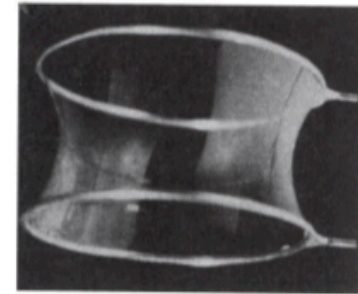
Cette équation a deux solutions pour R_m , qu'on reporte dans 1.19; on obtient ainsi deux surfaces, toutes deux à courbure nulle, mais l'une d'aire minima, et l'autre d'aire maxima, plus creusée.

Pour une valeur critique de $\frac{R}{D}$ ($\frac{R}{D} = 1,509$), ces deux solutions deviennent identiques. Pour $\frac{R}{D} < 1,509$, il n'y a plus de solution : le film éclate.

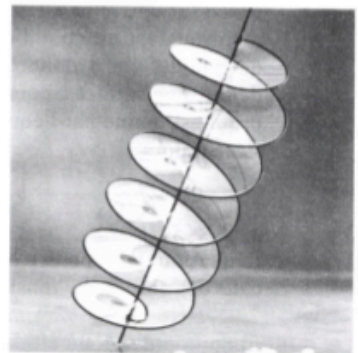
On peut, avec des armatures complexes et de l'eau savonneuse, engendrer une grande variété de surfaces minimales et de courbure nulle, si la surface n'est pas connexe. On montre sur la FIG. 1.12 une structure cubique, une chaînette et une spirale.



(a)



(b)



(c)

Figure 1.12. Bulles de savon : a. structure cubique, b. chaînette, c. spirale.

La double bulle de savon



C'est la courbure de cette membrane qui nous intéresse

Il y a un saut de pression à travers une interface courbée. Pour la double bulle, il y a une interface entre les deux bulles. Si une bulle est petite et l'autre très grosse, cette interface sera courbée par la différence de pression entre les deux bulles. C'est une manière de mettre en évidence le saut de pression de Laplace sans avoir besoin de mesurer la tension de surface.

Cette manipe est délicate car les bulles ont tendance à claquer, et il faut les manipuler pour les mettre en place.

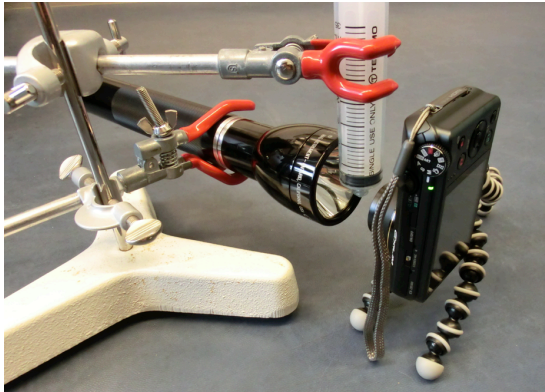
Un montage expérimental: la bulle pend depuis un arceau, et une aiguille est disposée, qui sera plantée dans la bulle du haut une fois celle-ci en place. La membrane intermédiaire est juste au dessus de la limite de l'éclairage de sorte à ce que la lumière se reflète dessus.



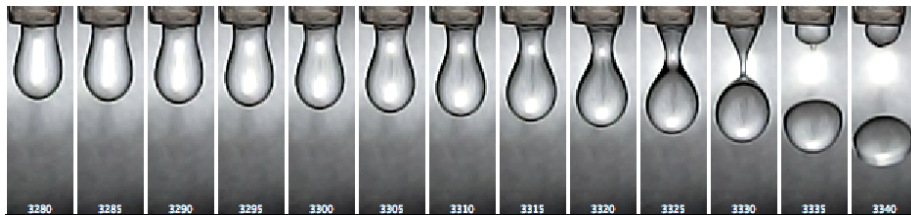
Matériel: fil de fer, liquide à bulles, seringue (pour faire varier le volume de la bulle du dessus).

Le détachement d'une goutte

Un montage expérimental: le goutte est très petite, à filmer en super-macro. Et pour le film du détachement il faudra filmer à très haute vitesse, donc il faudra beaucoup de lumière.



La «goutte idéale» pèse $2\pi r\sigma$ lorsqu'elle se détache (c'est le poids que peut porter la tension de surface sur un cercle de rayon r). En fait le poids qui se détache n'est qu'une fraction de ce poids idéal, décrit par la courbe ci-dessous. « a » est la longueur capillaire.



A quel volume une goutte d'eau se détache? Comment cela dépend du diamètre du support qui tient la goutte? Comment varient les fréquences d'oscillation de la goutte en fonction de son volume (plus elle est grosse, plus elle oscille lentement).

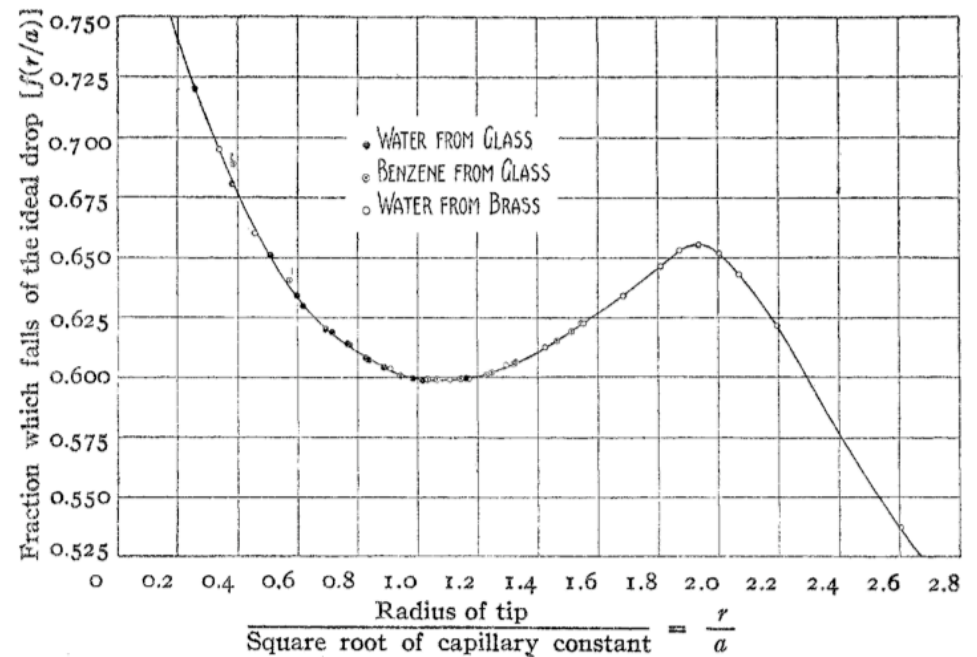
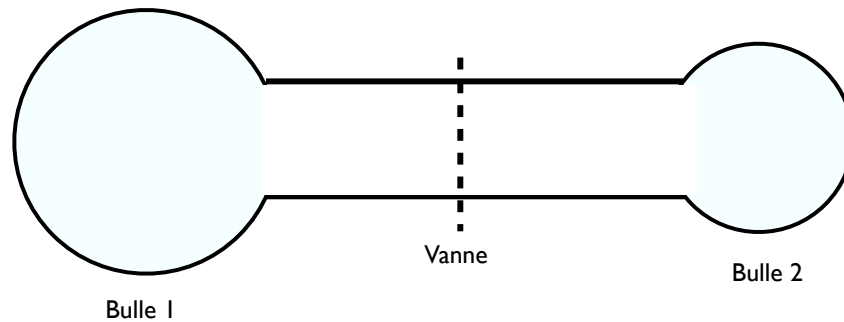


Fig. 3b.—Drop-weight correction curve. (Note: Points 1 and 2 do not belong on the curve since the benzene crawled up the side of the tips.)

Compétition de pression entre deux bulles



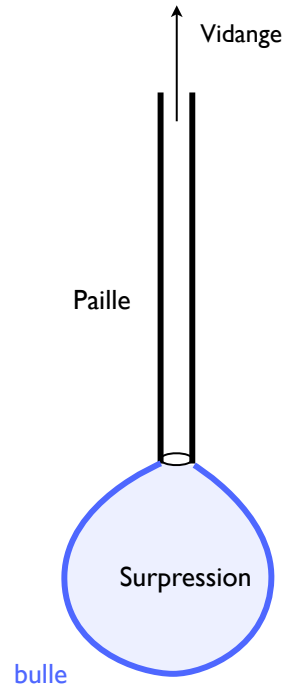
Etude des états stationnaires et de leur stabilité pour ce système à deux bulles. On peut mettre en place une condition initiale en fermant la vanne, disposant les bulles, faisant varier leur volume en pompant avec une seringue. Puis on ouvre la vanne.

Dynamique d'instabilité si on ouvre la vanne alors que les deux bulles ont le même diamètre? L'évolution dans le temps est-elle compatible avec une résistance visqueuse dans la vanne (la vanne est à peine ouverte pour freiner l'écoulement).

Attention à bien positionner l'éclairage de sorte à bien voir la surface des bulles.

Matériel: liquide à bulles, vanne de jardinage, seringue pour pomper/vider

Vidange d'une bulle de savon



L'air est en surpression dans la bulle, si l'on débouche la paille, un écoulement se produit. Mesurer la vitesse à laquelle la bulle se vidange et comparer avec une théorie ou c'est l'inertie qui freine l'écoulement (équation de Bernoulli), et une théorie ou c'est la viscosité qui freine l'écoulement (écoulement proportionnel au saut de pression).

On peut faire varier la résistance de la paille avec un tube de diamètre plus petit ou bien un tube plus long.

Matériel: liquide à bulles, paille, tuyaux

Mesure de la tension de surface

High precision pressure measurement with a funnel

T López-Arias, L M Gratton and S Oss

Physics Department, University of Trento, 38100 Povo (Trento), Italy

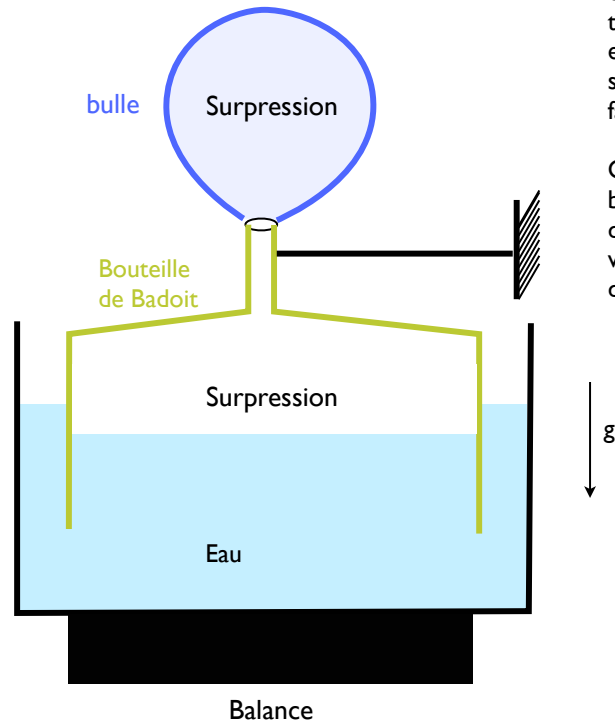
E-mail: teresa@science.unin.it, gratton@science.unin.it and stefano.oss@unitn.it

Received 21 June 2008, in final form 13 August 2008

Published 22 September 2008

Online at stacks.iop.org/EJP/29/1235

Eur. J. Phys. **29** (2008) 1235–1241



La surpression dans la bulle fait baisser le niveau d'eau dans la bouteille. La balance enregistre ainsi un surpoids proportionnel à la section de cette bouteille. C'est une technique pour magnifier les efforts dus à la tension de surface pour les mesurer facilement et précisément.

On fait varier le rayon de la bulle en pompant de l'air dedans avec une seringue. On vérifie bien ainsi la loi du saut de pression de Laplace.

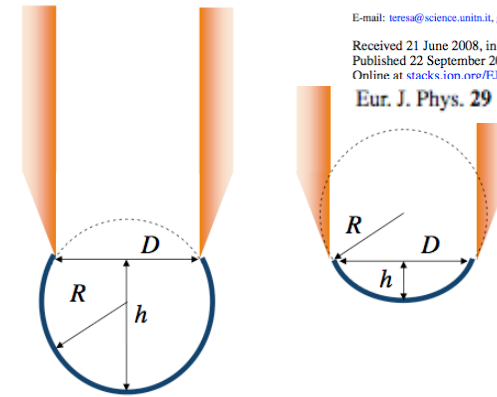


Figure 3. Schematic geometry of measurement of the bubble's radius by inspecting the pictures and application of the second theorem of Euclid, $D = 2\sqrt{h(2R - h)}$.

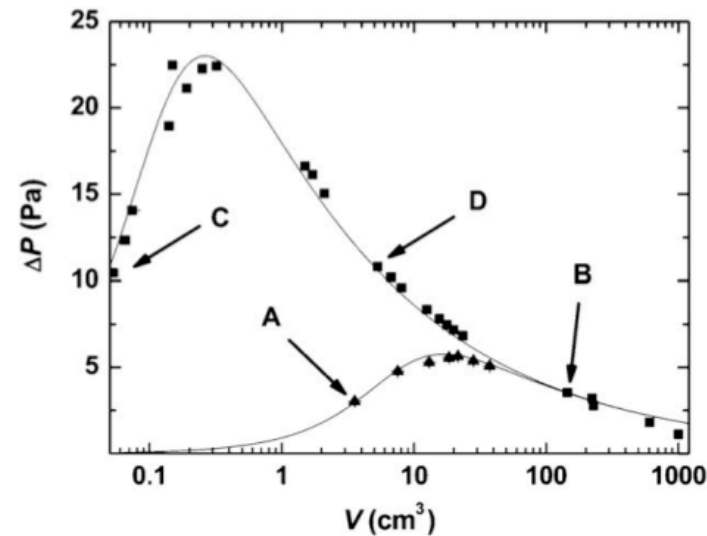
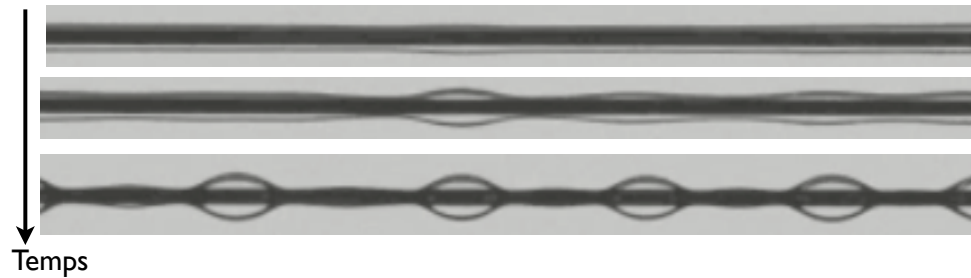


Figure 5. Excess pressure as a function of the bubble's volume for the bubbles made with the cylinder of $D = 1$ cm (squares) and $D = 4$ cm (triangles). Error bars are too small to be visible. The values of the excess pressure, volume and radius for the indicated points are displayed in table 1. The solid lines are the theoretical calculation generated by using the Young–Laplace equation with the surface tension obtained with the Du Nouy ring.

Matériel: liquide à bulles, bouteille de Badoit, balance, seringue.

Instabilité de Rayleigh-Plateau sur une fibre



On dépose un film liquide visqueux sur une fibre, on regarde comment se forment les gouttelettes dues à l'instabilité: quel temps cela prend? Comment cela dépend du rayon du fil. Quelles sont les longueurs d'ondes? Comment cela dépend de la manière dont on dépose le film liquide?

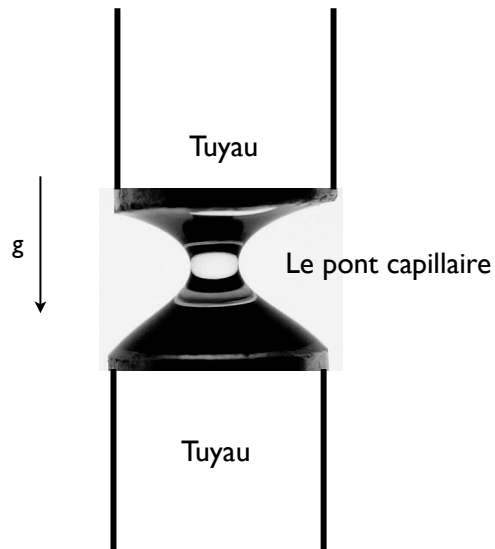
Matériel: fil de pêche en nylon de différents rayons, huile.

On dépose un mince film visqueux de viscosité μ et de tension de surface γ sur une fibre de rayon b , et on observe l'instabilité ci dessus, c'est ce qui se passe lorsque l'araignée dépose sa colle sur les fils spiraux de sa toile.

Pour une perturbation de forme sinusoïdale de nombre d'onde α un calcul utilisant l'approximation de la lubrification donne la dynamique de $e(t)$, la perturbation d'épaisseur par rapport à une épaisseur constante e_0

$$\dot{e} = e \frac{\gamma e_0^3}{3\mu b^2} \alpha^2 (1 - \alpha^2 b^2)$$

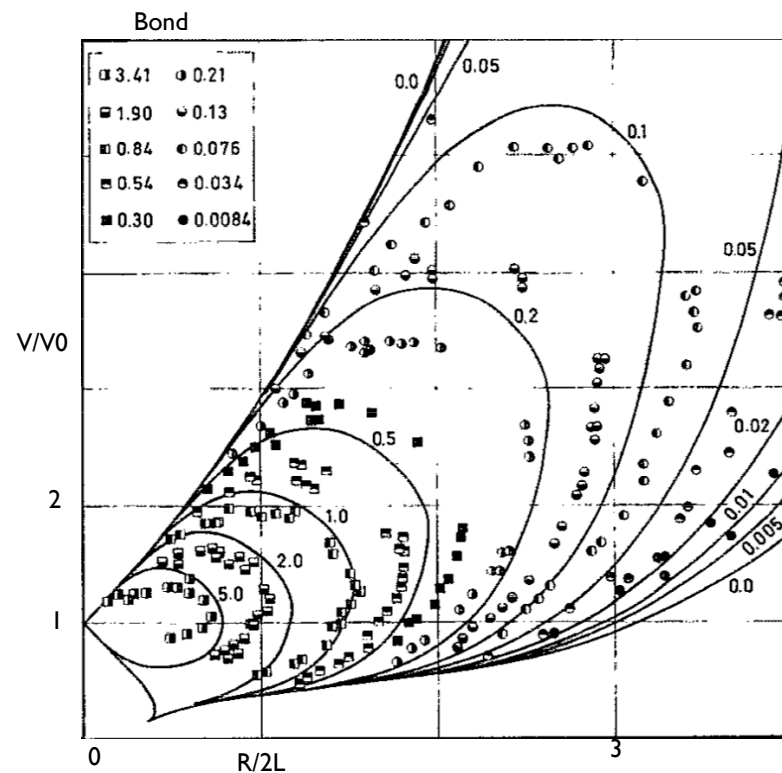
Le pont capillaire



Le pont capillaire c'est comme la caténoïde, mais avec un saut de pression qui dépend du volume de liquide entre les deux tuyaux. On fait varier le volume liquide avec une seringue, et on regarde comment le pont capillaire claque lorsqu'on diminue le volume.

Le pont capillaire est défini par trois paramètres:

- V/V_0 le volume de liquide comparé au volume du cylindre qui le contient.
- R/L le rayon comparé à la distance entre les arceaux (le rapport d'aspect)
- le nombre de Bond: $\rho \cdot g \cdot R^2 / \sigma$ (ρ : densité de l'eau, σ tension de surface de l'eau)



On s'intéresse à la frontière de stabilité pour les faibles volumes. Ici c'est le résultat de calculs numériques (lignes continues) et d'expériences (les symboles).

Stability of liquid bridges between equal disks in an axial gravity field

Lev A. Slobozhanin
Institute for Low Temperature Physics and Engineering, Ukrainian Academy of Sciences, 47 Lenin Ave.,
310164 Kharkov, Ukraine

José M. Perales
Lamj/ETSIA, Laboratorio de Aerodinámica, E.T.S.I. Aeronáuticos, Universidad Politécnica,
28040 Madrid, Spain

(Received 12 August 1992; accepted 30 December 1992)

Phys. Fluids A 5 (6), June 1993



Un montage expérimental, l'appareil photo est en super-macro pour zoomer au maximum sur le petit pont.





