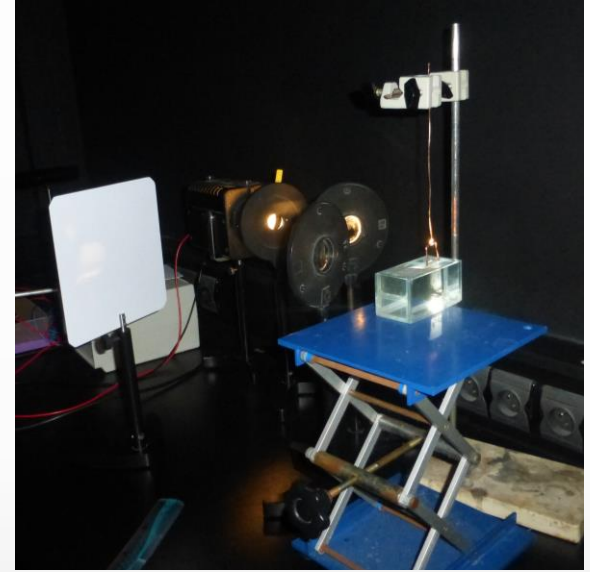


BODREN Coline

Numéro de candidat : 31772

STABILITÉ DES MOUSSES LIQUIDES



➤ Dans quelle mesure la gravité et le champ magnétique affectent-ils la stabilité des mousses liquides ?

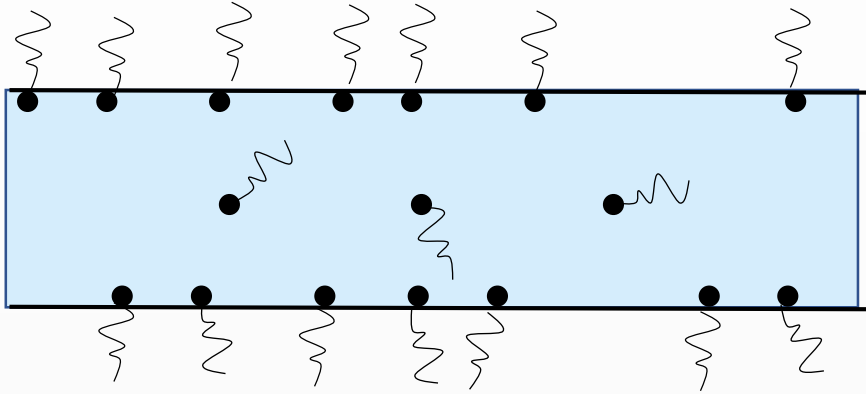
➤ Comment améliorer la stabilité de celles-ci afin de prolonger leur durée de vie ?

I. Équilibre des mousses liquides

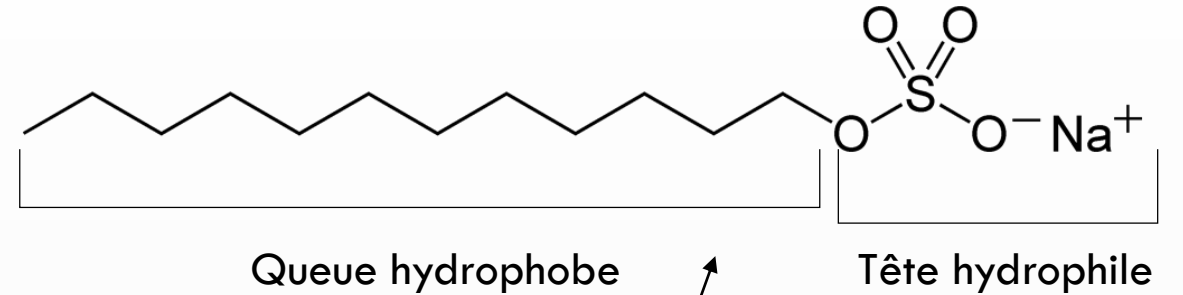
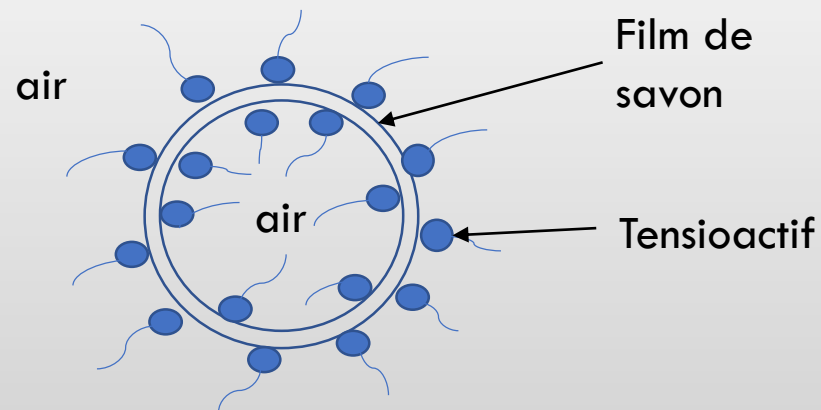
II. Drainage d'un film de savon

III. Mûrissement et coalescence

1. Origine des mousses liquides



Film de savon présentant deux interfaces eau-air recouvertes de tensioactifs



Une molécule de savon : un exemple de tensioactif

- ➡ Tension superficielle abaissée
- ➡ Membrane élastique constituée par l'interface air/eau plus facile à étirer

➡ Stabilisation des bulles par les molécules tensioactives

2. Mesure de tension superficielle

Valeurs théoriques :

- Eau pure : 73 mN/m
- Eau savonneuse : 23 mN/m

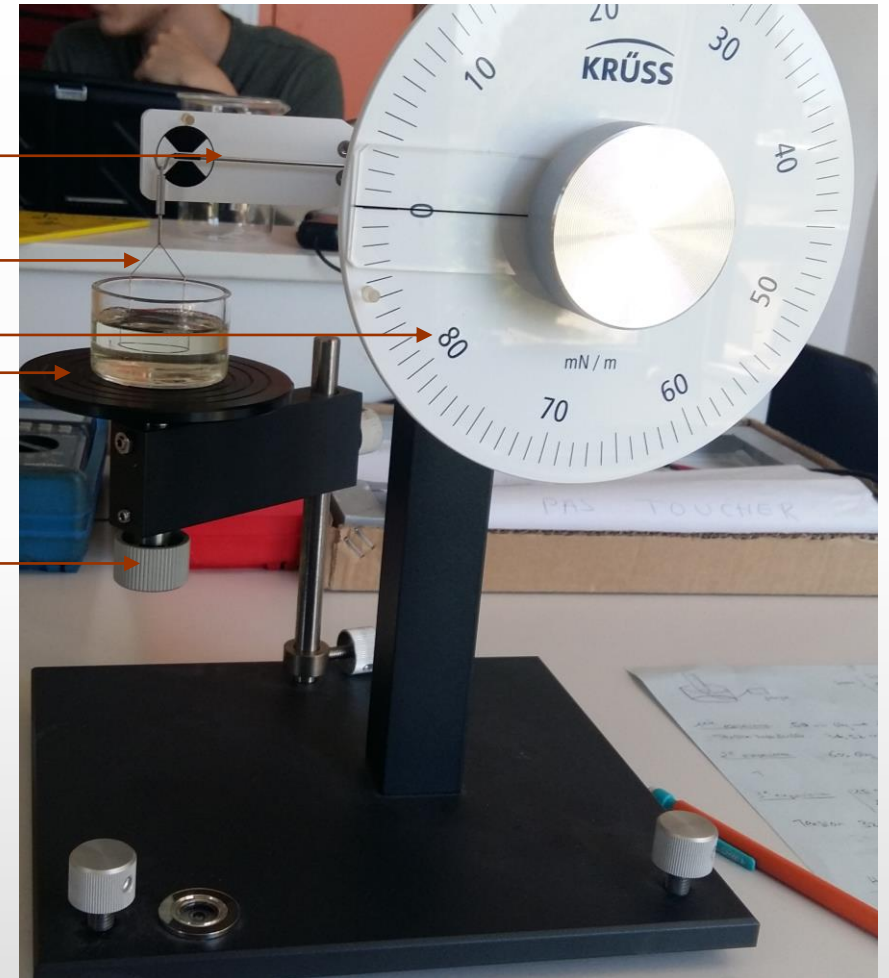
Fléau du tensiomètre

Anneau de platine

Disque tournant gradué

Support du cristalliseur

Vis de réglage de hauteur
du plateau



Tensiomètre

% en glycérine	6%	10%	15%
Eau	800 mL	500 mL	800 mL
Liquide vaisselle	50 mL	50 mL	120 mL
Glycérine	50 mL	50 mL	120 mL
Tension superficielle	32,0 mN/m	31,5 mN/m	29,0 mN/m

3. Drainage vertical d'une mousse

➔ Ecoulement de l'eau dans la mousse par capillarité sous l'effet de la gravité

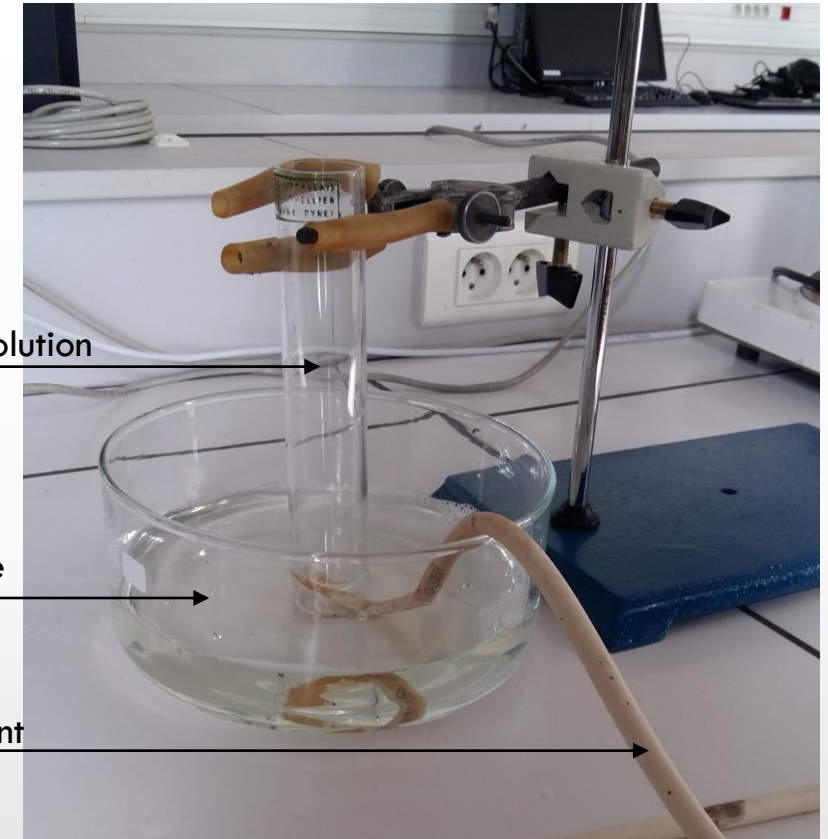


Evolution de la hauteur de la
mousse dans le tube

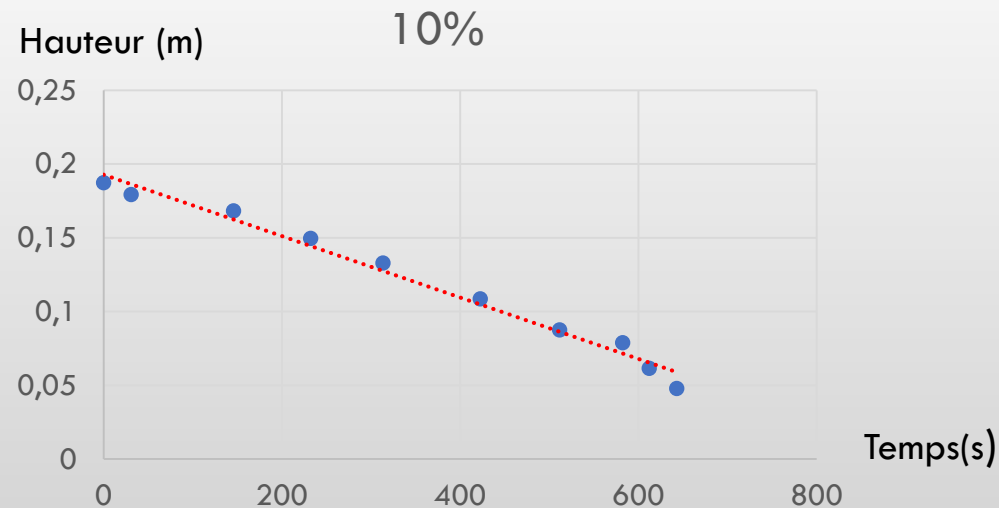
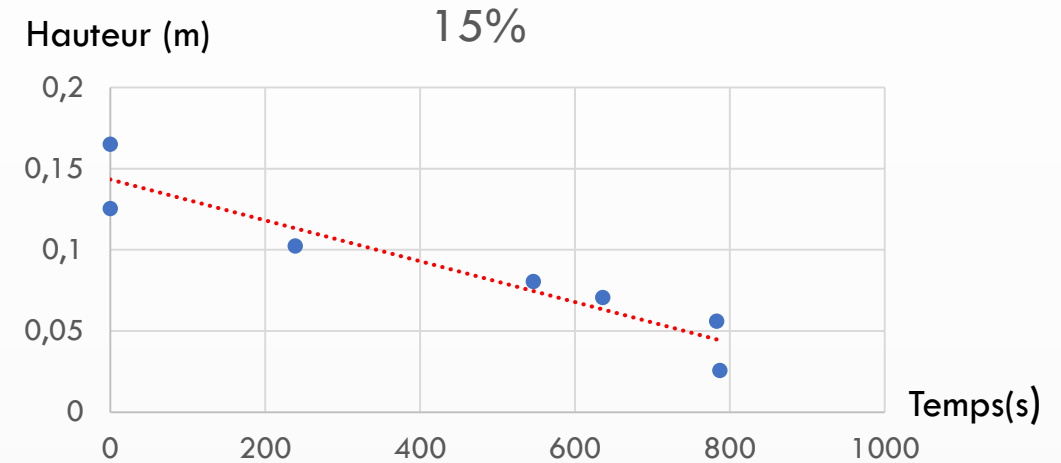
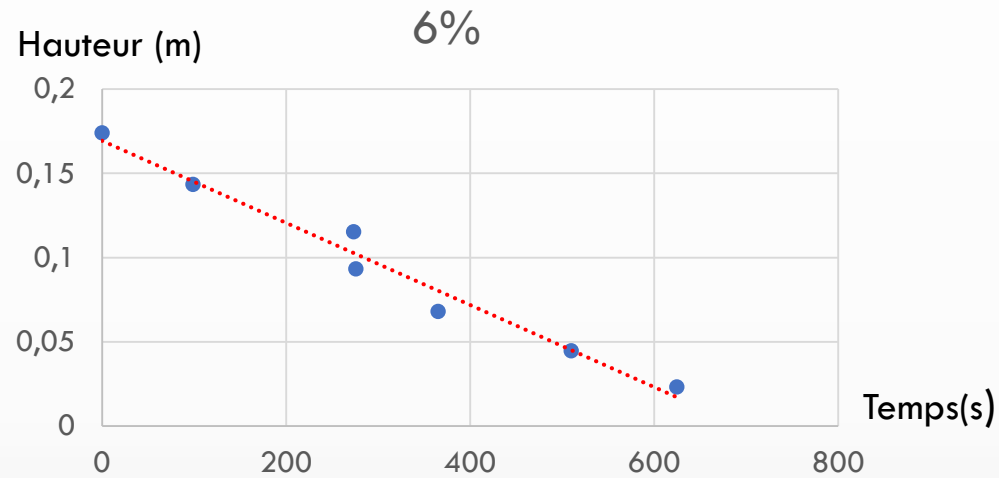
Tube dans lequel on suit l'évolution
de la hauteur de mousse

Cristalliseur contenant de
l'eau savonneuse

Tube relié à la pompe délivrant
un flux d'air constant



3. Drainage vertical d'une mousse



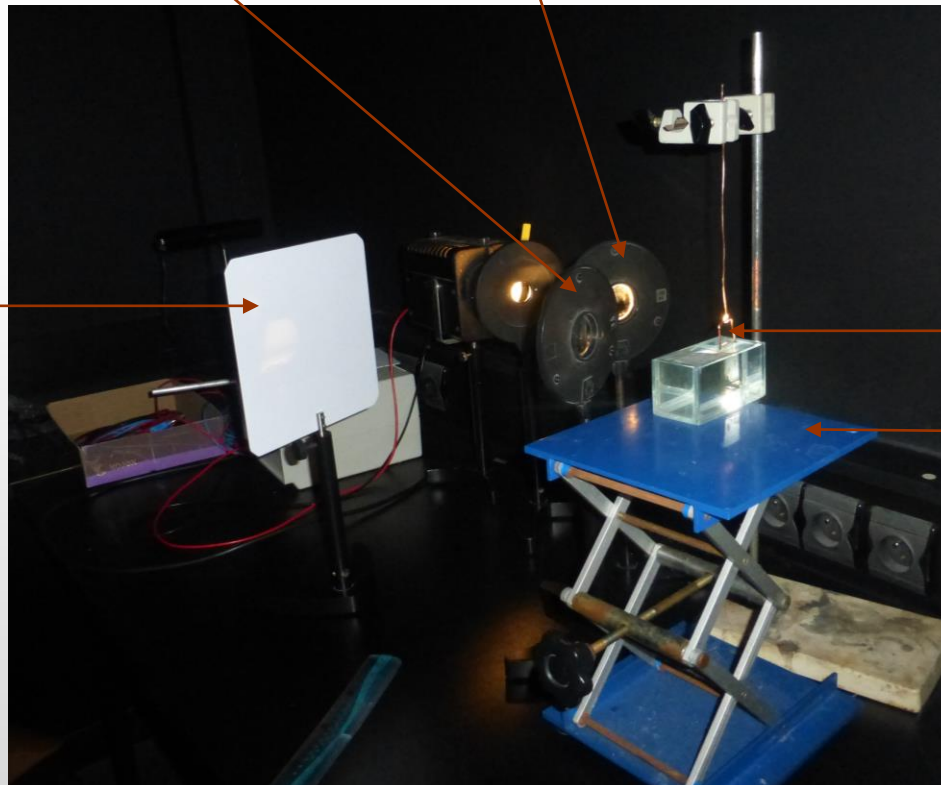
Pourcentage en glycérine	Vitesse (cm/min)
6%	$1,500 \pm 0,018$
10%	$1,200 \pm 0,012$
15%	$0,750 \pm 0,012$

Plus la quantité de glycérine présente en solution est importante, plus la tension superficielle diminue.

1. Montage expérimental

Lentille de 100mm Lentille de 200mm

Ecran



Cadre

Support élévateur
permettant de
former le film

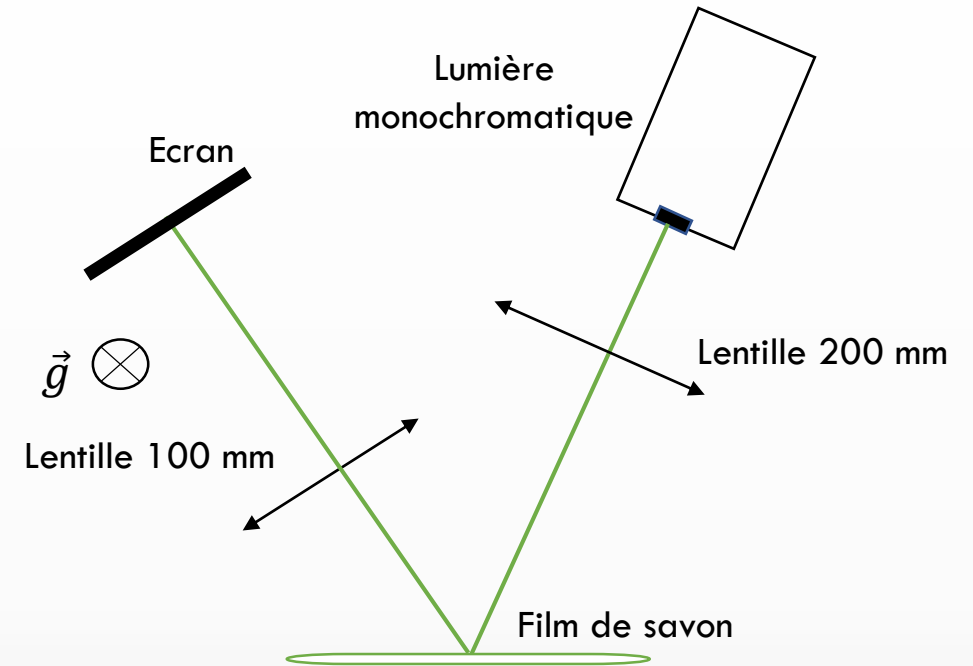
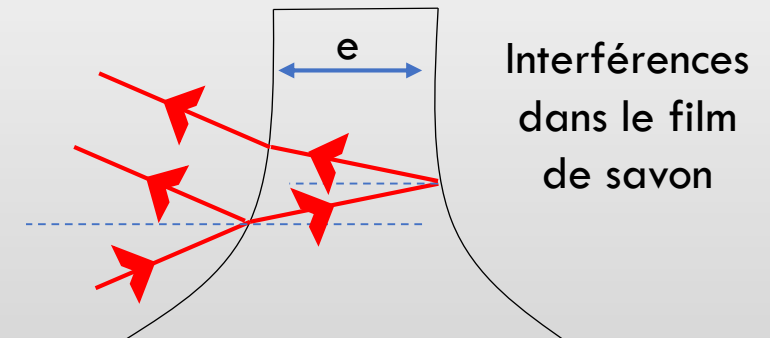
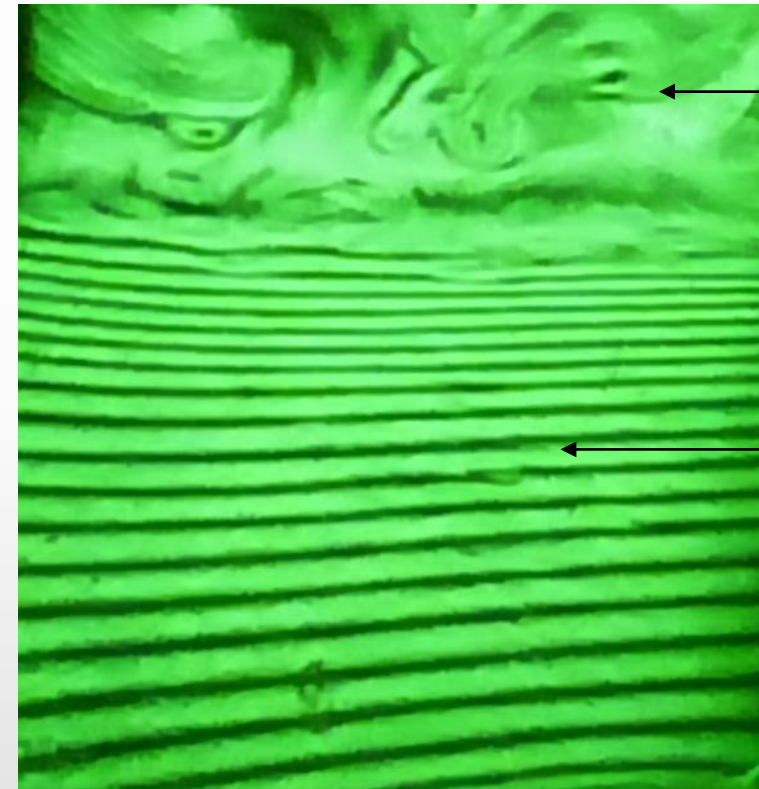
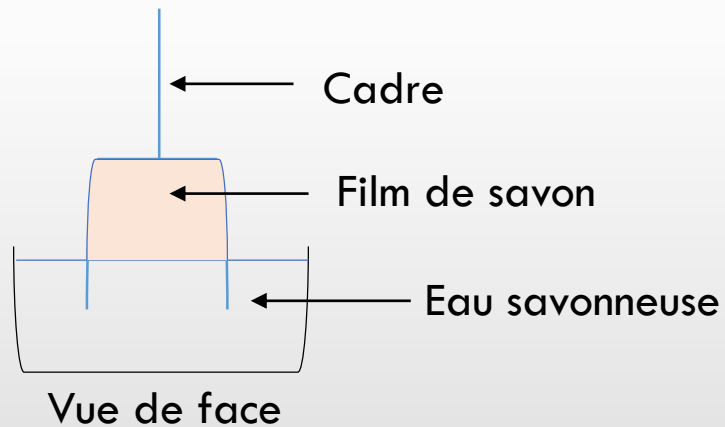


Schéma du montage : vue du
dessus



2. Drainage vertical d'un film de savon

Volume d'eau	Volume de liquide vaisselle	Volume de glycérine
40 mL	10 mL	30 mL

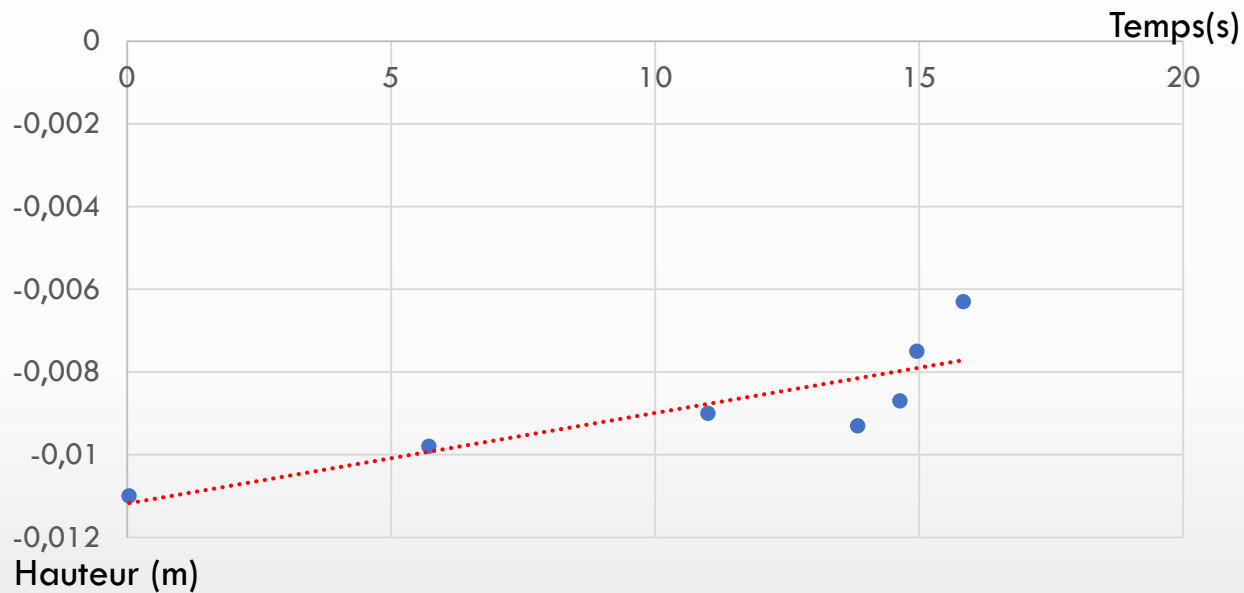


← Film épais : le
liquide s'accumule
en bas du film

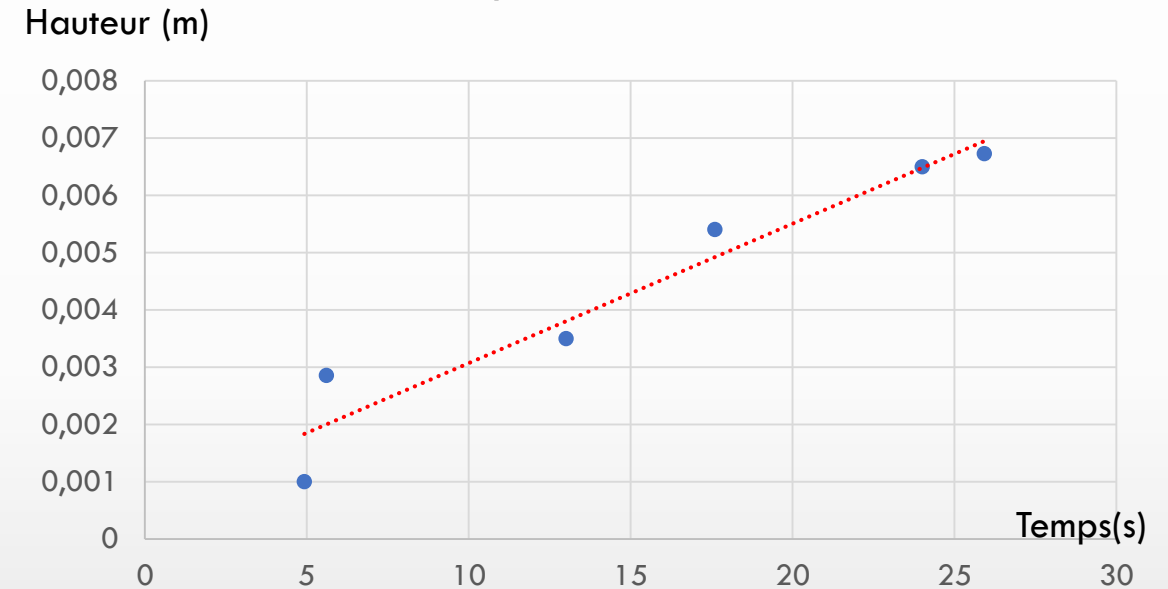
← Franges d'interférences

2. Drainage vertical d'un film de savon

Expérience 1



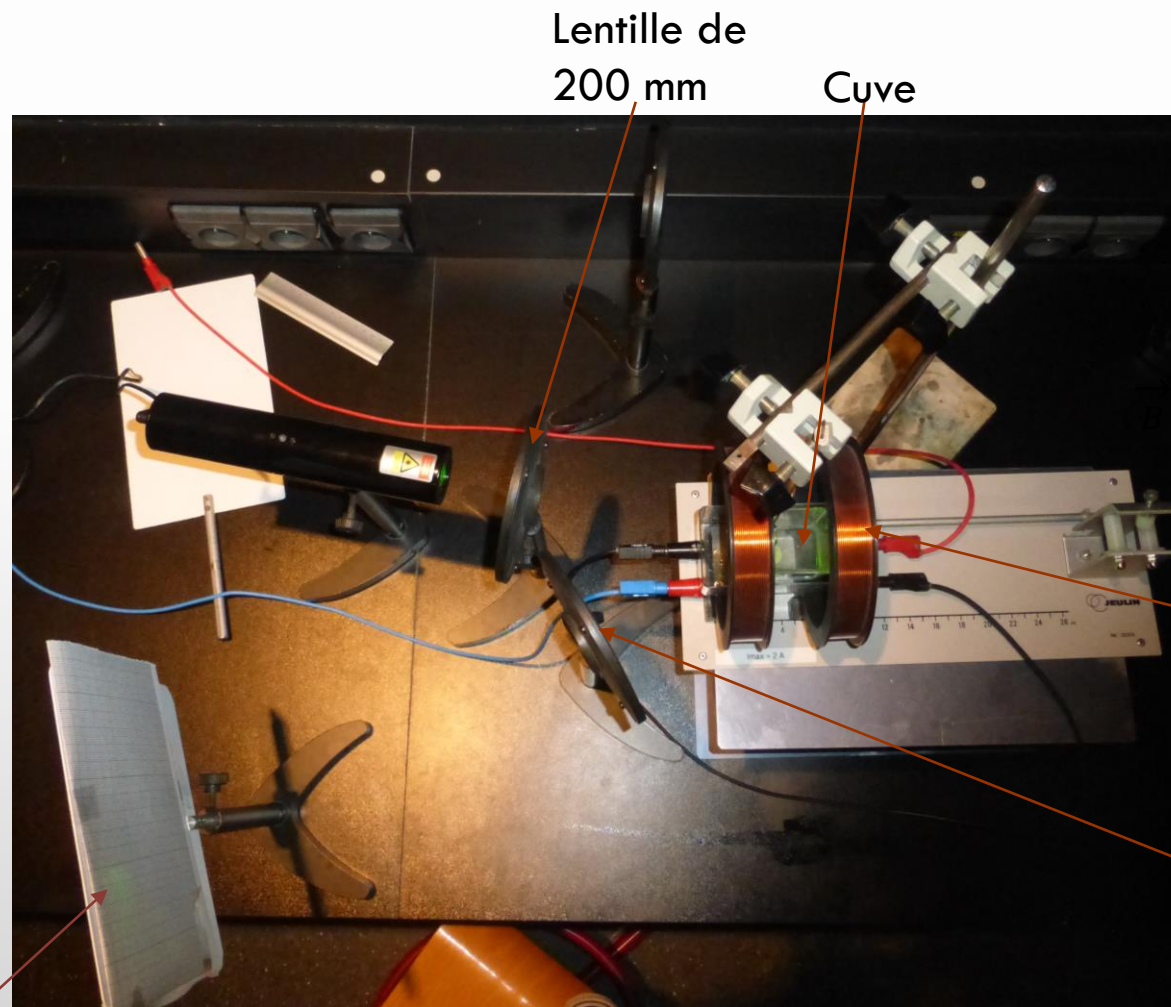
Expérience 2



	Vitesse
1 ^{ère} expérience	1,40 ± 0,13 cm/min
2 ^e expérience	1,70 ± 0,15 cm/min

→ Vitesse moyenne de $1,60 \pm 0,13 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$

3. Influence du champ magnétique



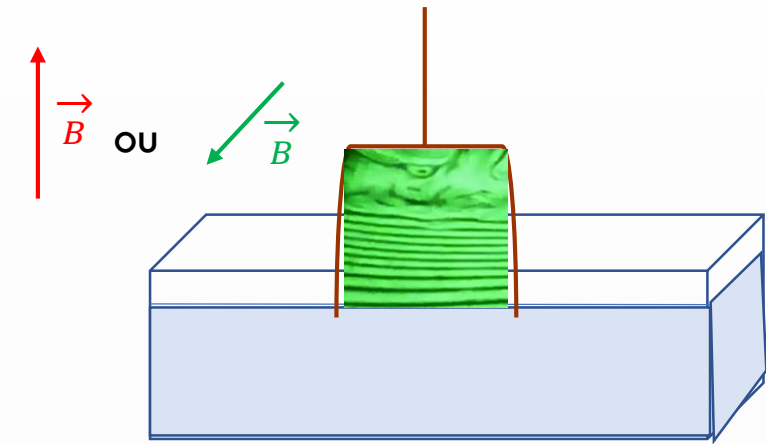
Lentille de
200 mm

Cuve

Bobines de
Helmholtz

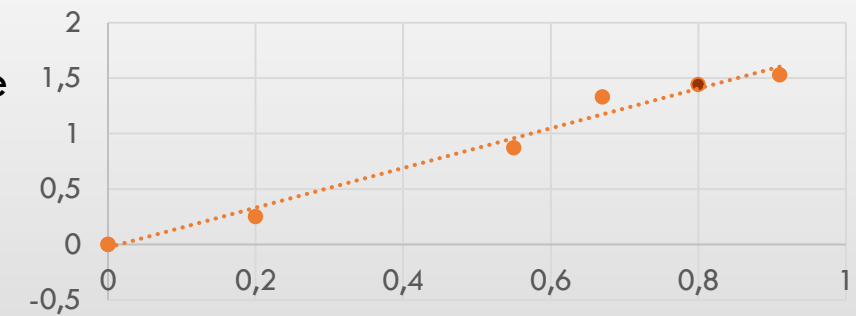
Lentille de
100 mm

Ecran

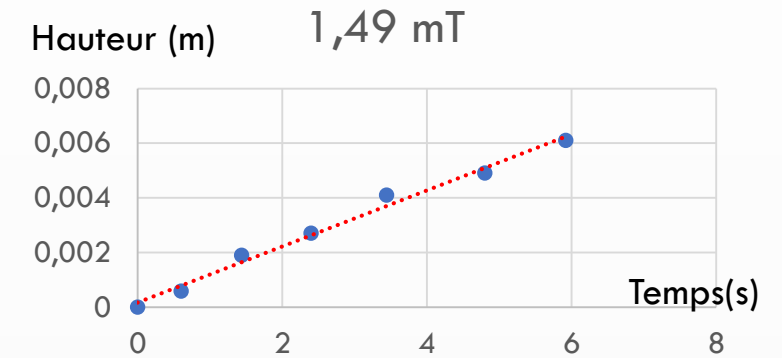
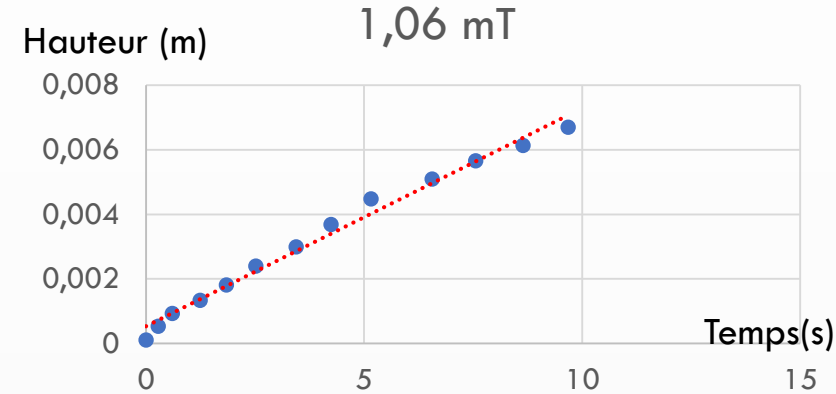
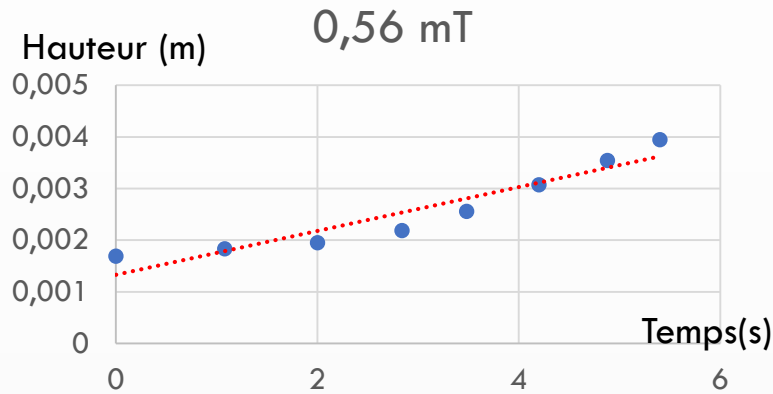


Drainage d'un film de savon
suspendu par un cadre vertical

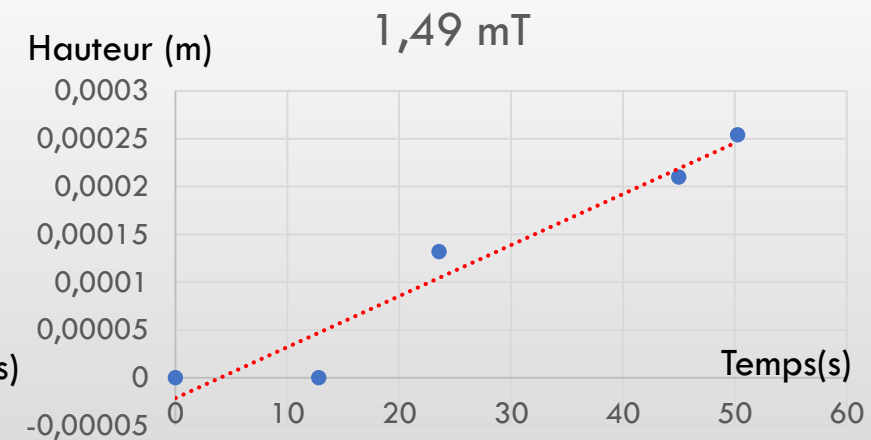
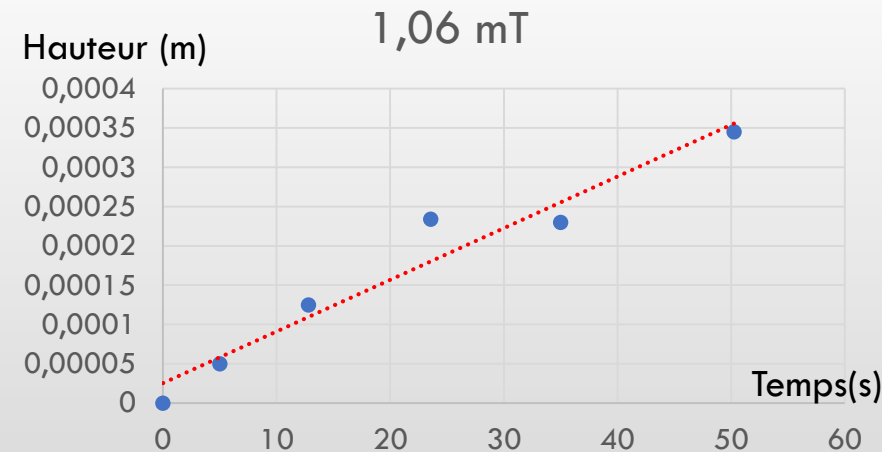
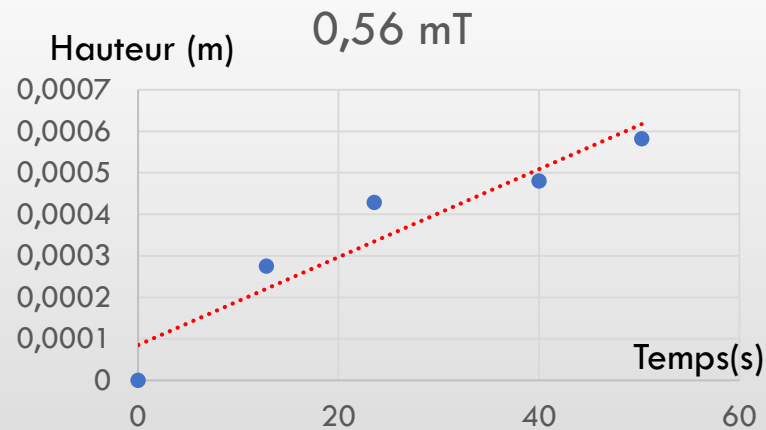
Courbe d'étalonnage $B=f(I)$



3. Influence du champ magnétique



Champ horizontal



Champ vertical

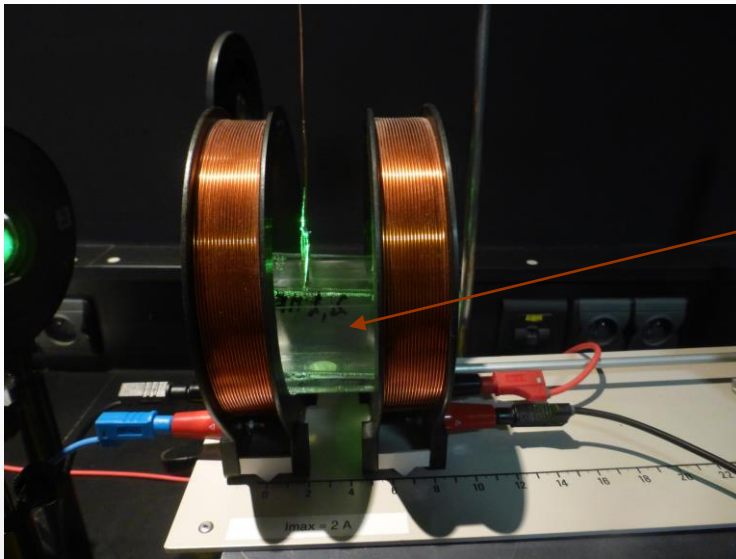
3. Influence du champ magnétique

➡ Champ horizontal = perpendiculaire au film de savon

➡ Vitesse de drainage accélérée

➡ Champ vertical = parallèle au plan du film de savon

➡ Vitesse de drainage freinée



Cuve placée au
centre des bobines
de Helmholtz

Champ B (mT) \ Vitesse (cm/min)	Champ horizontal	Champ vertical	Sans champ magnétique
0,56 mT	$2,500 \pm 0,072$	$0,066 \pm 0,024$	$1,60 \pm 0,13$
1,06 mT	$4,100 \pm 0,075$	$0,042 \pm 0,018$	
1,49 mT	$6,200 \pm 0,078$	$0,030 \pm 0,013$	

1. Mise en évidence



Début de l'expérience



Fin de l'expérience

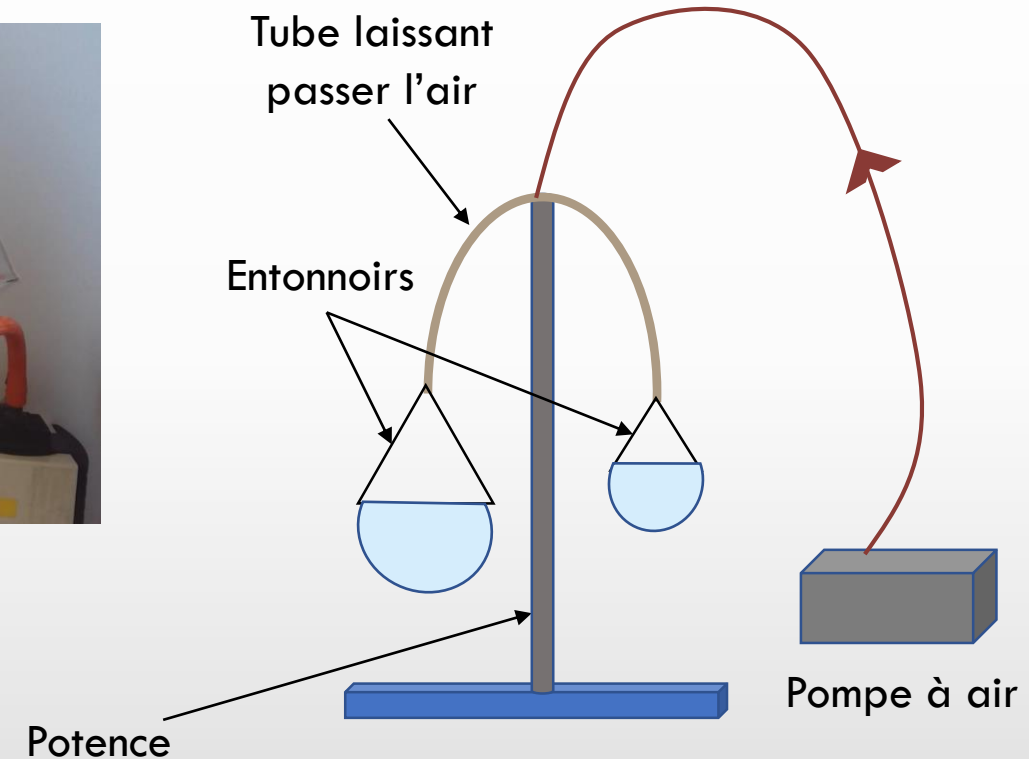


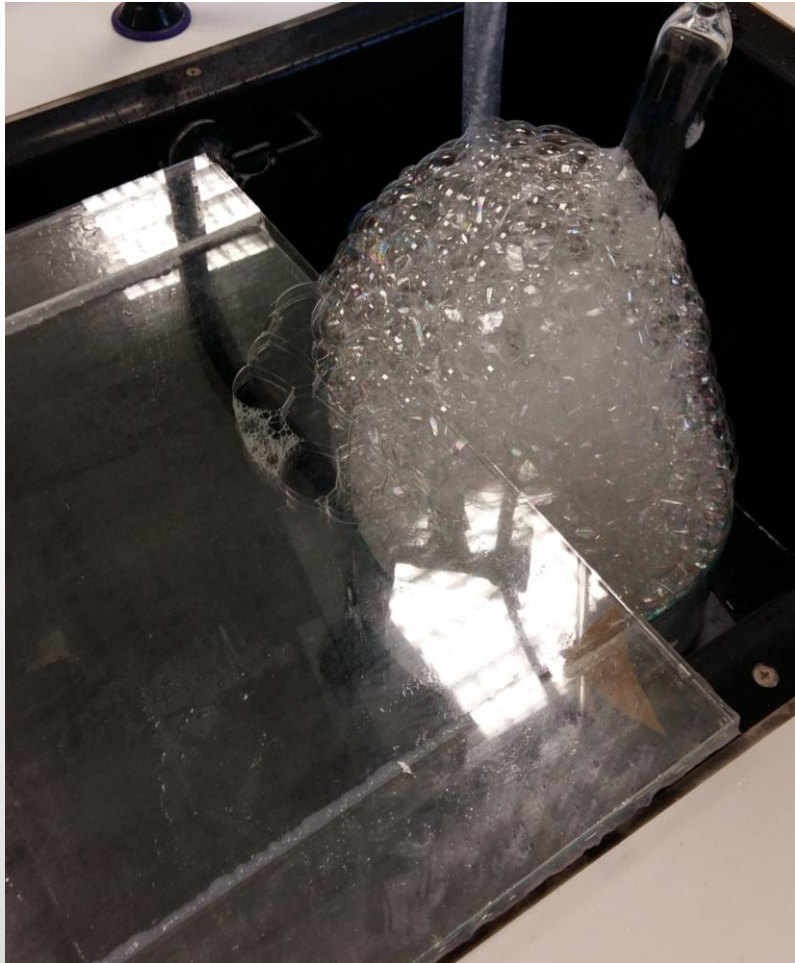
Schéma du montage

Deux bulles de tailles différentes :

→ Pressions différentes

→ Le gaz de la petite se diffuse dans la grande

2. Cellule de Hele-Shaw



Remplissage de la cellule par
débordement

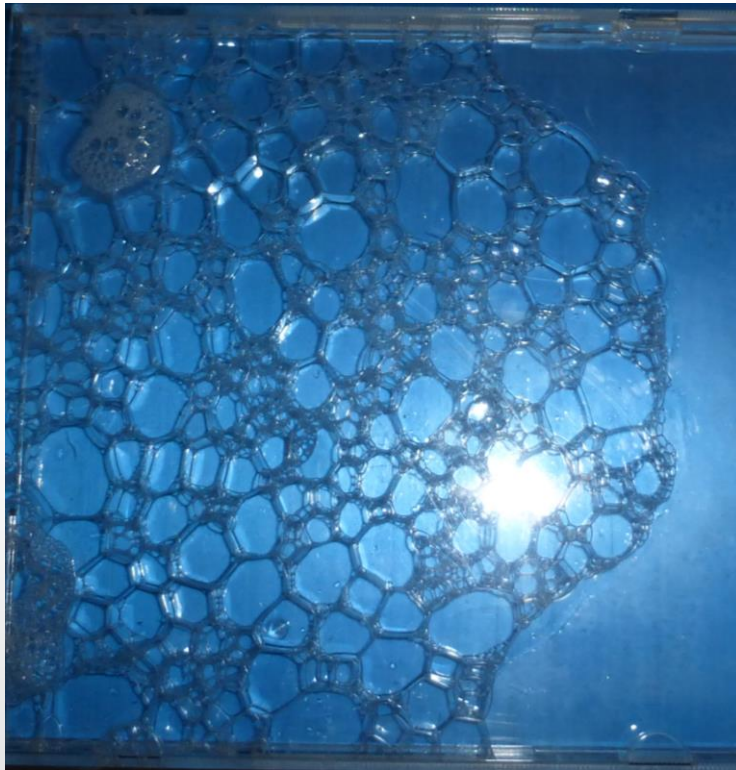


Cellule en cours de remplissage



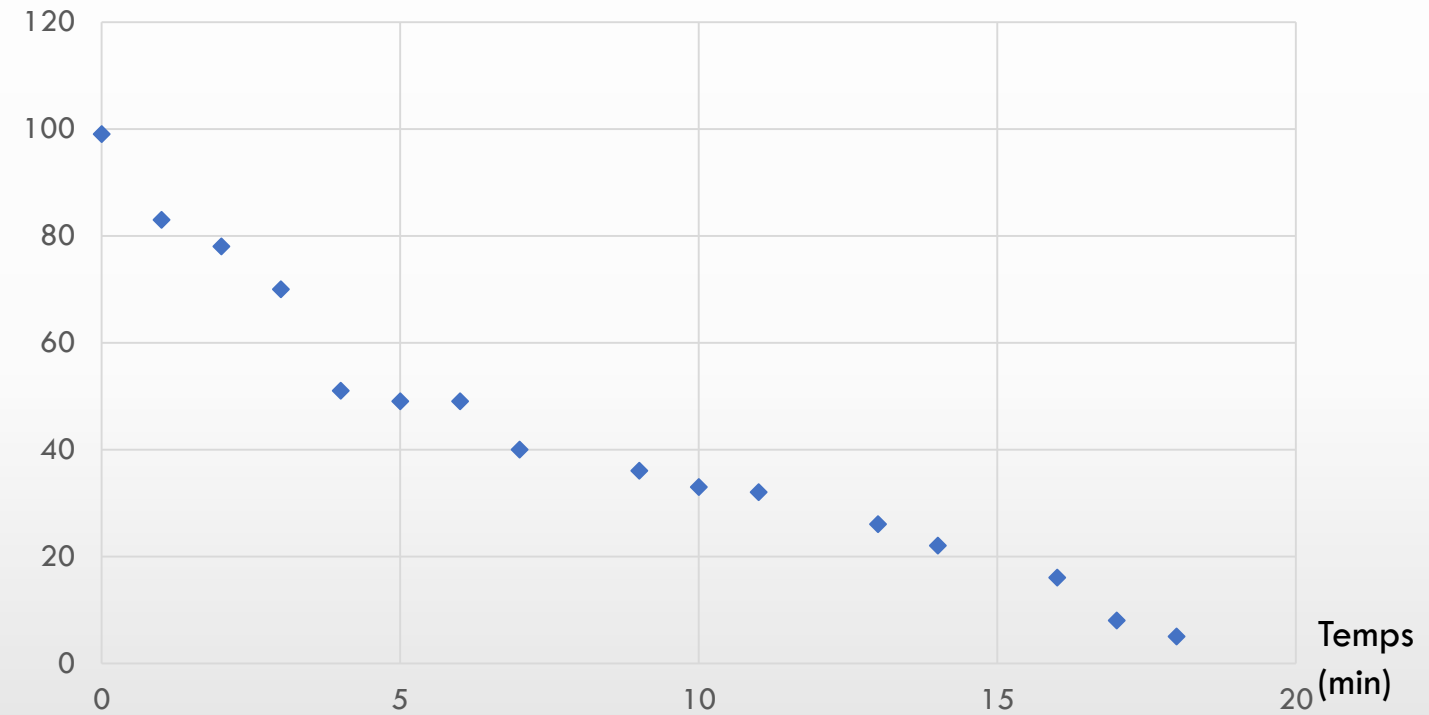
Mousse obtenue dans premier
temps : bulles trop petites

2. Cellule de Hele-Shaw



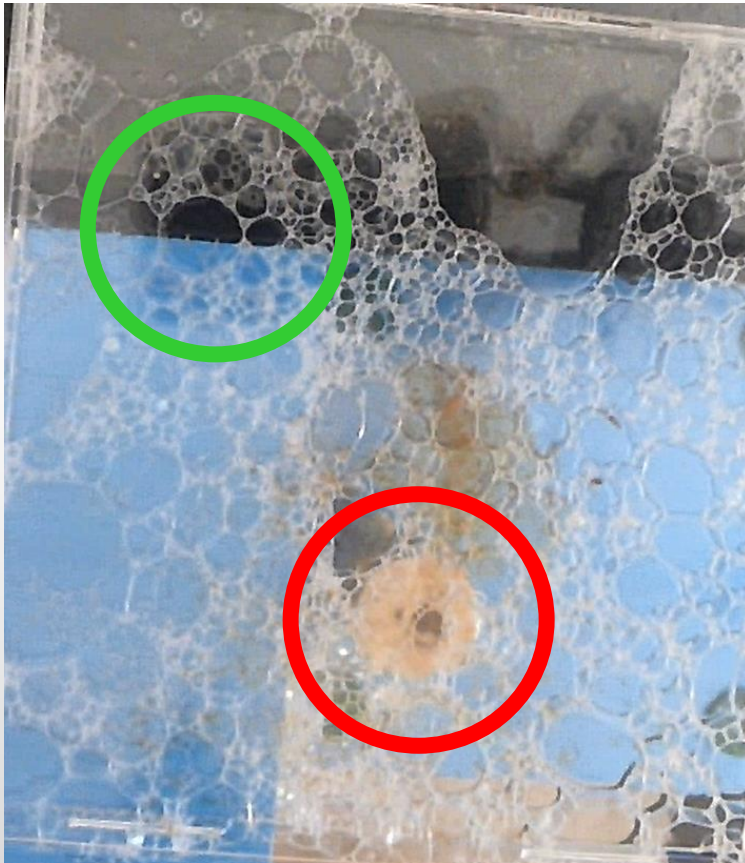
Cellule en cours de remplissage

NOMBRE DE BULLES RESTANTES EN FONCTION DU TEMPS



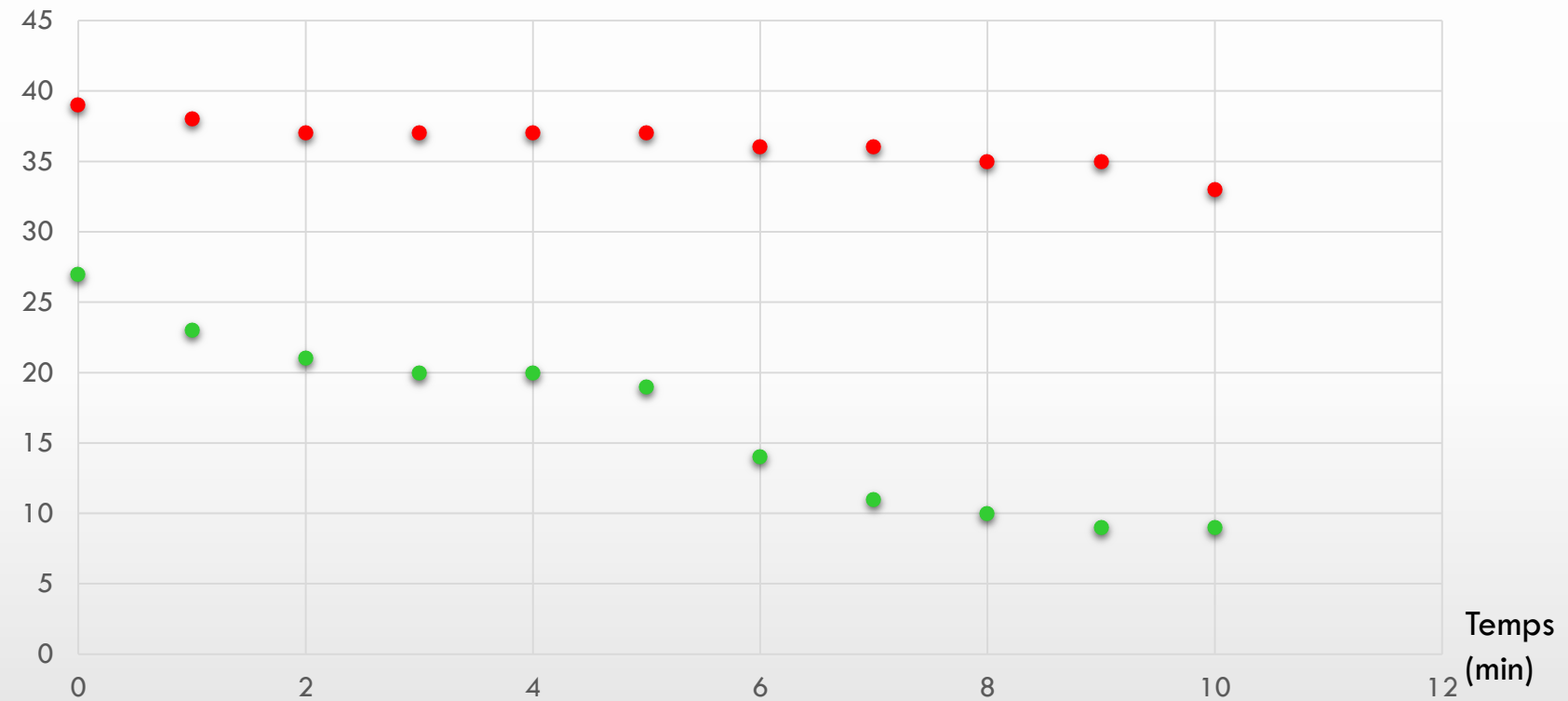
Vitesse de disparition moyenne : 4 bulles/min

2. Cellule de Hele-Shaw



Cellule vue du dessus

Nombre de bulles restantes en fonction du temps sur
une surface réduite



Nombre de
bulles presque
constant



Stabilité augmentée

Conclusion :

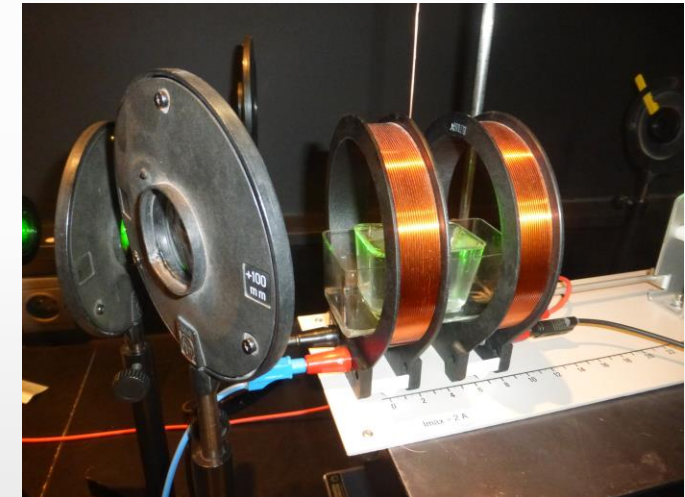
- Dans quelle mesure la gravité et le champ magnétique affectent-ils la stabilité des mousses liquides ?
- Comment améliorer la stabilité de celles-ci afin de prolonger leur durée de vie ?

Champ magnétique constitue une solution :

- Ralentissement du film de savon
- Allongement de la durée de vie d'une mousse bidimensionnelle

Autres applications des mousses :

- Isolation thermique et sonore
- Mousses métalliques dans l'industrie automobile



Annexe 1

Méthode d'arrachement de Lecomte-Noüy

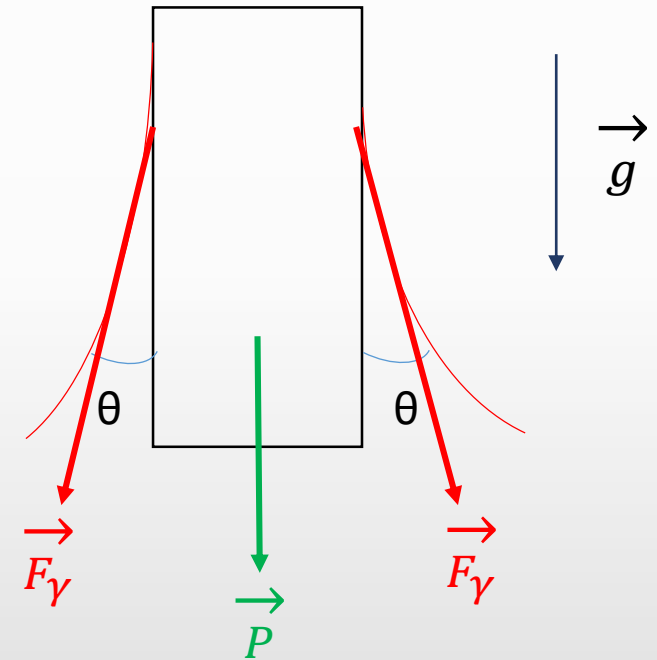
Détermination de la force d'arrachement :

$$\text{Poids : } P = m \times g$$

$$F_\gamma = \gamma \times 2\pi r$$

$$F = P + 2\cos\theta F_\gamma = mg + 4\pi r\gamma\cos\theta$$

$$\text{Donc } \gamma = \frac{F - mg}{4\pi r\cos\theta}$$

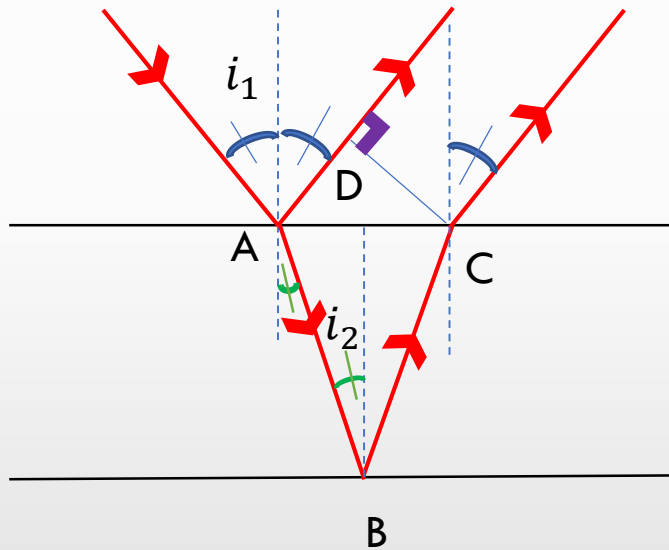


Anneau vue de côté

Annexe 2

Interférences dans un film de savon

Les franges observées résultent d'interférences entre le rayon réfléchi sur la paroi du film et celui qui en est ressorti après un aller-retour dans le film



$$\delta = n(AB + BC) - AD = 2nAB - AD$$

$$\text{Or } \cos i_2 = \frac{e}{AB}, \sin i_1 = \frac{AD}{AC} \text{ et } \tan i_2 = \frac{AC}{2e}$$

$$\text{D'où } \delta = \frac{2ne}{\cos i_2} - 2e \sin i_1 \tan i_2$$

Loi de Descartes : $\sin i_1 = n \sin i_2$ d'où :

$$\delta = \frac{2ne - 2n \sin^2 i_2}{\cos i_2} = \frac{2n \cos^2 i_2}{\cos i_2} = 2n \cos i_2$$

Sous
incidence
normale,
 $\cos i_2 = 1$

L'aller retour dans la lame implique un retard du deuxième rayon par rapport au premier, donc induit un déphasage de π et ainsi une différence de marche de $\frac{\lambda}{2}$. Donc finalement : $\delta = 2n \cos i_2 + \frac{\lambda}{2}$

Annexe 3

Vitesse d'écoulement dans un film de savon

Equation de Navier-Stokes :

$$\rho \left(\frac{d\vec{v}}{dt} + (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} \right) = -\text{grad} p + \rho \vec{g} + \eta \frac{d^2 \vec{v}}{dx^2}$$

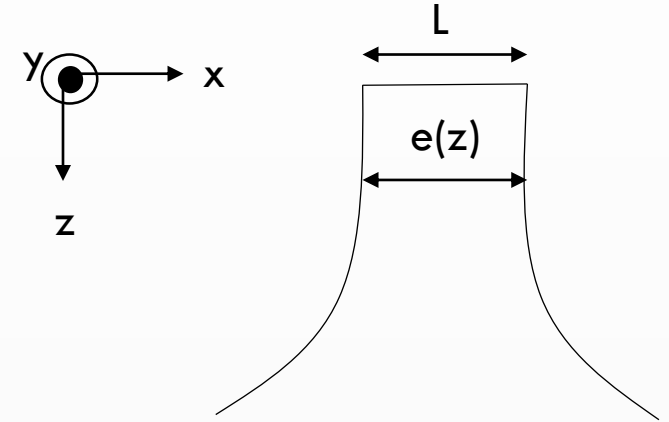
Ecoulement incompressible et stationnaire

En considérant la champ des vitesses de la forme : $\vec{v} = v(x) \vec{u}_z$

Sur l'axe Oz : $\frac{d^2 v}{dx^2} = -\frac{\rho g}{\eta} \Rightarrow \frac{dv}{dx} = -\frac{\rho g}{\eta} x + C_1 \Rightarrow v(x) = -\frac{\rho g}{2\eta} x^2 + C_1 x + C_2$

Avec les conditions initiales : $v(0) = 0$ et $v(L) = 0$

$$v(x) = \frac{\rho g}{\eta} x(L - x)$$



Annexe 4

Teslamètre et bobines de Helmholtz

Deux bobines identiques de rayon R sont placées à cette même distance l'une de l'autre. Lorsque le courant circule dans la même direction, le champ magnétique est homogène. Le champ magnétique de la bobine de Helmholtz est

$$B = \frac{\mu_0 \times 8 \times I \times N}{\sqrt{125} \times R} \text{ avec } I = \text{courant}$$

Pour nos bobines : $R = 6,5 \text{ cm}$

μ_0 = permittivité du vide

N = nombre spires

R = rayon et distances des bobines

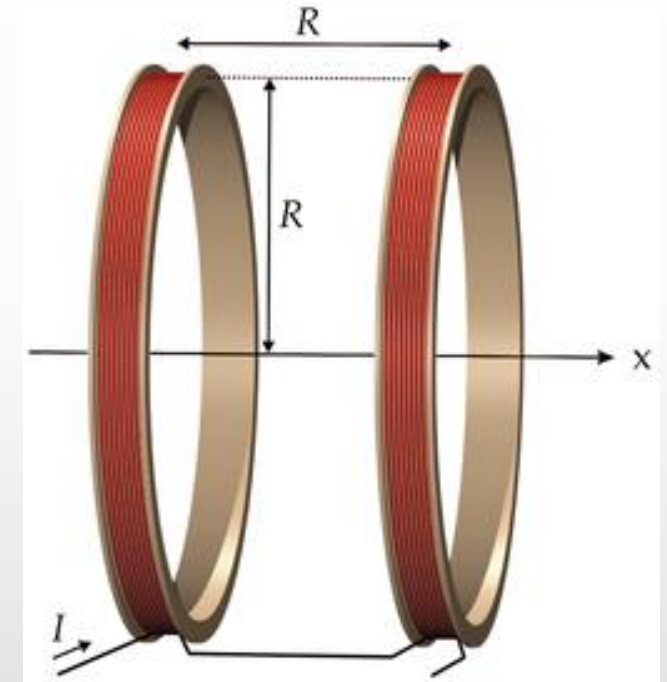
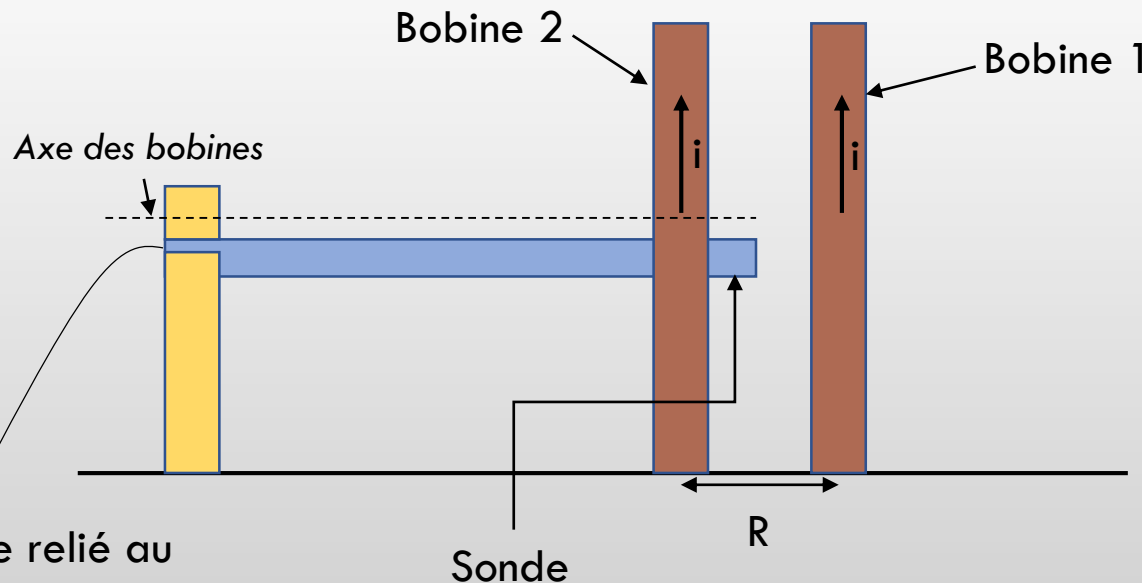


Image provenant du site <http://infoindustrielle.free.fr>



Teslamètre

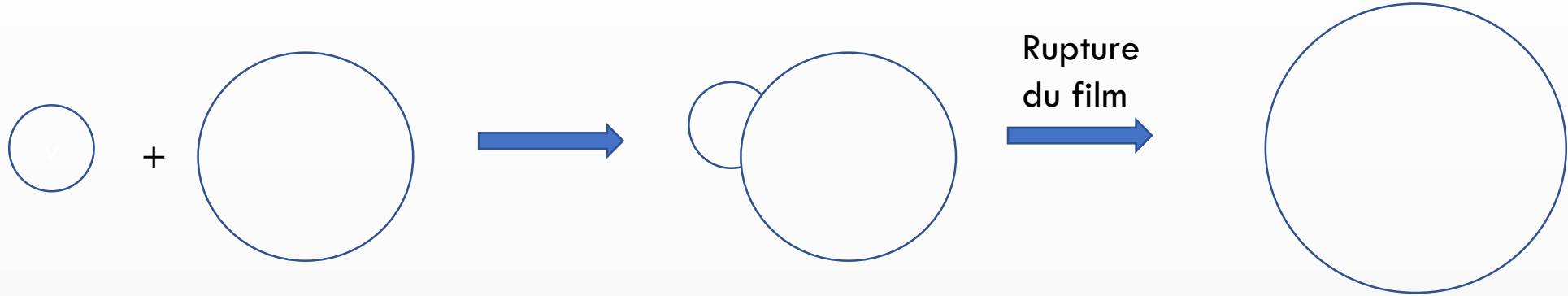
Fil électrique relié au
boîtier du teslamètre



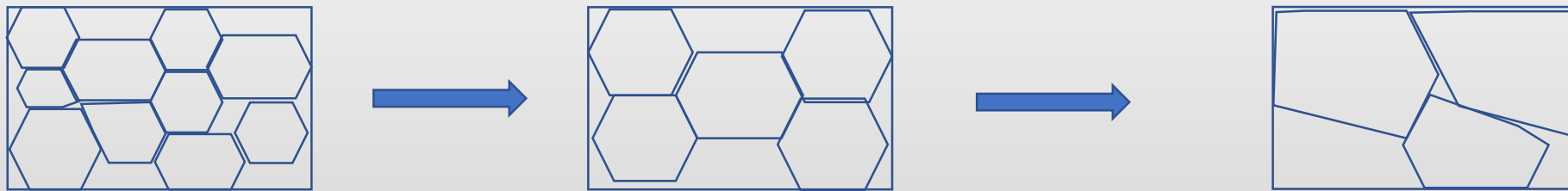
Annexe 5

Murissement et coalescence

➡ Coalescence : Rupture de la paroi séparant deux bulles



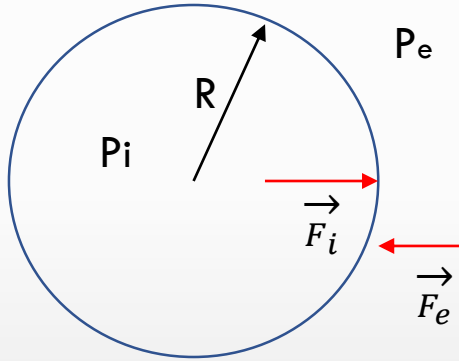
➡ Murissement : diffusion du gaz des petites bulles vers les grosses bulles



Annexe 6

Loi de Laplace

La tension superficielle est à l'origine de surpression à l'intérieur des bulles. En effet la tension superficielle a tendance à faire contracter les bulles, par conséquent la pression à l'intérieur P_i de la bulle est supérieure à la pression extérieure P_e



Si le rayon de la bulle augmente de dr , alors le volume augmente de $\delta V = 4\pi R^2 dr$, tandis que l'aire de l'interface augmente de $dS = 8\pi R dr$

Théorème de l'énergie cinétique au système constitué par l'interface :

$$dEc = \delta W_{ext} + \delta W_{int} = 0 \text{ avec } \delta W_{ext} = -P_e \delta V + P_i \delta V$$
$$\delta W_{int} = -\gamma dS = -8\gamma\pi R dr$$

$$\text{D'où } \Delta P 4\pi R^2 dr - 8\gamma\pi R dr = 0 \text{ donc } \Delta P = \frac{2\gamma}{R}$$

Or une bulle de savon possède deux interfaces liquide-air d'où la relation de Laplace :

$$\Delta P = \frac{4\gamma}{R}$$