

## *Bulle, Bulle, bulle... quand vas-tu éclater ?*

### **ANNEXES**

---

ANNEXE 1 :Cheminement de nos recherches .....	2
ANNEXE 2 : Macro permettant d'automatiser le comptage de gouttes .....	3
ANNEXE 3 : Proportion optimale des différents constituants de notre liquide savonneux et influence de la taille du cadre .....	4
ANNEXE 4 : Calculs de la masse volumique et de la tension superficielle .....	5
ANNEXE 5 : Calcul du coefficient de viscosité .....	6
ANNEXE 6: Détermination expérimentale des épaisseurs à différentes altitudes au cours du temps.....	7
ANNEXE 7 : Détermination du grandissement de l'image obtenue en interférométrie.....	9

## ANNEXE 1 : Cheminement de nos recherches

---

Lors de notre année de première, nous avons décidé de centrer nos recherches sur les bulles. Quelles caractéristiques scientifiques cachent-elles ? Notre étude s'est construite autour de la problématique : Comment influe-t-on sur l'aspect et la résistance d'une bulle de savon ?

Après avoir défini les caractéristiques fondamentales d'une bulle, nous nous sommes intéressées à sa forme et à sa couleur puis aux facteurs d'éclatement qu'on a par la suite cherché à minimiser.

Nous avons vu que la forme sphérique d'une bulle est due à la minimalisation de sa surface pour un volume donné afin de réduire l'intensité de sa tension superficielle. On peut néanmoins former une bulle autre que sphérique en associant plusieurs. Grâce à la planéité des surfaces de contact, on peut former différentes formes géométriques. Nous avons vu que l'on peut créer une bulle cubique par l'association de sept bulles.

De plus, les irisations colorées visibles à la surface d'une bulle s'expliquent notamment par des interférences d'ondes créées à travers les dioptries air/eau et eau/air. Ces couleurs dépendent aussi de l'épaisseur du film de savon. Plus le film est épais, plus la bulle est blanche - dorée. On peut donc influencer sur la couleur d'une bulle selon la lumière avec laquelle on l'éclaire, mais aussi en épaississant la solution.

On distingue quatre facteurs d'éclatement: l'écoulement, le choc brutal, la pression et l'évaporation. Par conséquent il est préférable d'humidifier l'air avant de faire des bulles pour limiter l'évaporation. Egalement, plus une bulle est grande, plus elle aura tendance à éclater rapidement, une petite bulle résistera donc plus longtemps. Enfin, la composition et le dosage de la solution sont deux éléments majeurs pour l'amélioration de la durée de vie d'une bulle. Il faut de l'eau, du savon, de la glycérine et du sucre en bonnes proportions pour former de bonnes bulles.

En effet, plus la solution est visqueuse, moins l'écoulement sera rapide.

L'interférométrie nous a beaucoup intéressés. Sur les images obtenues nous avons pu observer l'écoulement du liquide grâce au déplacement des franges colorées. Pour approfondir l'exploitation de cette expérience, nous avons orienté nos recherches sur un sujet l'impliquant : la vitesse de l'écoulement du liquide dans la bulle.

Nous avons alors décidé, dans le cadre des Olympiades de Physique, de nous focaliser sur son rôle dans l'éclatement. Nous avons donc cherché à déterminer l'évolution du liquide dans une lame de savon par le biais de l'étude de l'évolution spatio-temporelle de son épaisseur.

## ANNEXE 2 : Macro permettant d'automatiser le comptage de gouttes

---

**SubMacro1()**

**'ON DETERMINE LE N° DE LA LIGNE JUSQU'OU LA TENSION EST NON NULLE**

**Range("B5").Select**

**Selection.End(xlDown).Select**

**m = ActiveCell.Row**

**n = 5**

**For j = 5 To m**

**If Cells(j, 2).Value > 0 And Cells(j + 1, 2).Value > 0 Then n = n + 1**

**Next j**

**'ON DETERMINE LE NOMBRE DE MINIMUMS DE TENSION**

**k = 0**

**For I = 5 To n**

**Cells(I, 2).Select**

**' On tient compte des doublons minimums pour ne pas les compter en deux fois**

**If Cells(I, 2).Value < 2.9 And Cells(I + 1, 2).Value < 2.9 Then k = k + 1**

**'On tient compte des minimums simples**

**Else: If Cells(I, 2).Value < 2.9 And Cells(I - 1, 2).Value > 2.9 And Cells(I + 1, 2).Value > 2.9 Then k = k + 1**

**Next I**

**'on affiche le nombre de minimums de tension correspondant au nombre de gouttes**

**Cells(3, 5).Value = k**

**End Sub**

### ANNEXE 3 : Proportion optimale des différents constituants de notre liquide savonneux et influence de la taille du cadre

Nous avons fait 4 essais au cours desquels nous avons fait varier les proportions des différents constituants de notre liquide savonneux. Puis par observation directe des irisations sur la lame de savon obtenue, nous avons évalué qualitativement le temps d'écoulement de notre liquide.

Le but étant d'arriver à un ordre de grandeur du temps de l'écoulement qui permette une meilleure exploitation en interférométrie.

Essai	Eau (%)	Liquide vaisselle (%)	Glycérol (%)	Observations
1	55.5	29.5	15	Écoulement trop lent pour observer une variation de l'épaisseur au cours du temps
2	58	31.5	10.5	Écoulement fluide, durée de vie exploitable
3	60	34	6	Écoulement fluide, durée de vie trop courte du film
4	53	27	20	Écoulement quasiment nul

Afin d'obtenir l'évolution de l'épaisseur au cours du temps, il est donc préférable d'utiliser les proportions du second essai.

On a également comparé l'influence de la taille du cadre sur la nature de l'écoulement :

Grand cadre	Petit cadre
Écoulement plus rapide Effets de bord négligeable	Écoulement moins rapide Les ordres ne sont pas parallèles : on observe l'influence des effets de bords ( le liquide en contact avec le bord est « retenu » causant une perturbation dans l'écoulement)

Il est donc préférable d'utiliser un plus grand cadre pour l'interférométrie, soit un cadre carré de 6.8 cm de côté.

## ANNEXE 4 : Calculs de la masse volumique et de la tension superficielle

- Nous avons tout d'abord déterminé la masse volumique de la solution :

$$\rho_{\text{eau savonneuse}} = 1.03 \pm 0.01 \text{ g.mL}^{-1}$$

- Puis, pour calculer la tension superficielle de la nouvelle solution, nous avons également employé la stalagmométrie. Nous avons obtenu les valeurs suivantes :

mesure	Volume (mL)	$U_v$ (mL)	Nombre de gouttes	Masse totale (kg)	$U_m$ (kg)
Eau <sub>1</sub>	6.7	0.2	135	0.0067	0.0002
Eau <sub>2</sub>	6.1	0.2	147	0.0061	0.0002
Eau savonneuse <sub>1</sub>	3.7	0.2	252	0.0038	0.0002
Eau savonneuse <sub>2</sub>	1.9	0.2	115	0.002	0.0003

En se servant des valeurs moyennes pour chaque solution on détermine la tension superficielle grâce à la même formule déterminée antérieurement :

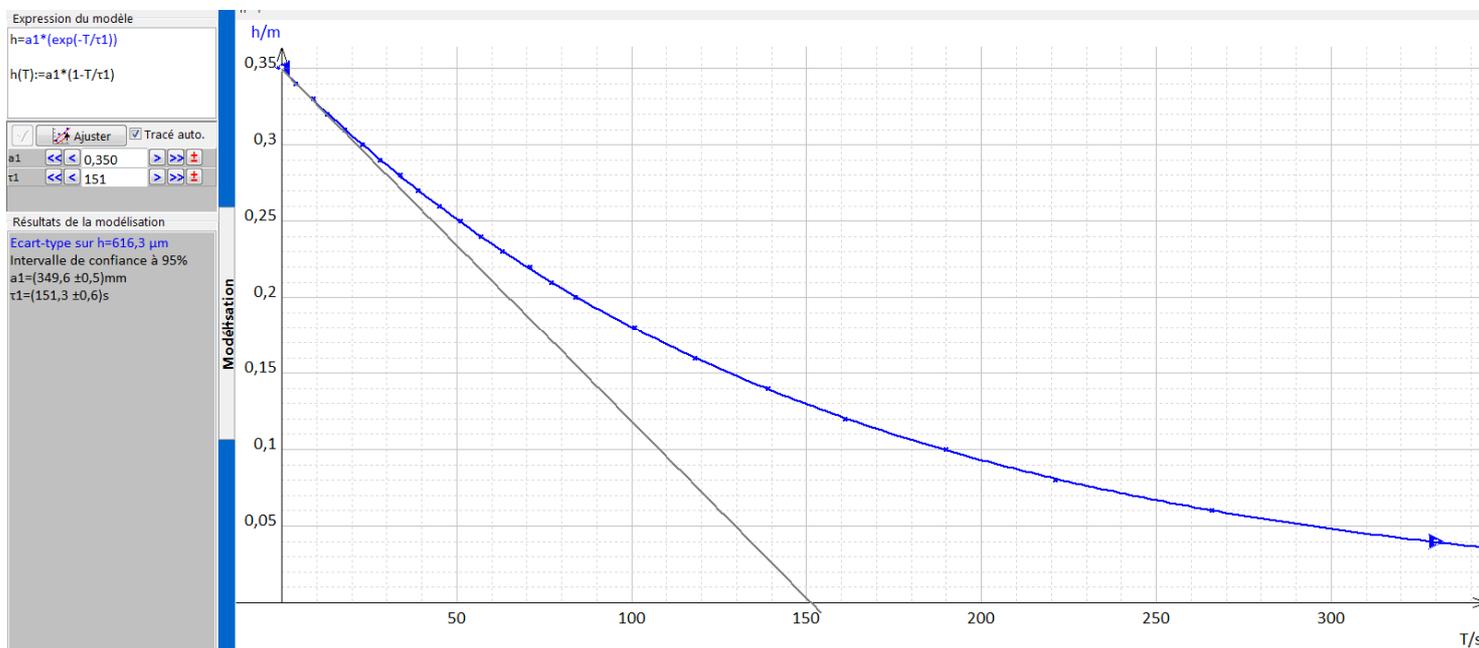
$$\gamma_{\text{savon}} = \frac{\rho_{\text{savon}} \times V_{\text{savon}} \times N_{\text{eau}}}{N_{\text{savon}} \times \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{eau}}} \times \gamma_{\text{eau}}$$

$$\gamma = 0.025 \text{ N/m}$$

Calcul de l'incertitude sur  $\gamma$  :  $\frac{U\gamma}{\gamma} = \sqrt{\left(\frac{Um_{\text{savon}}}{m_{\text{savon}}}\right)^2 + \left(\frac{Um_{\text{eau}}}{m_{\text{eau}}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.0002}{0.0038}\right)^2 + \left(\frac{0.0002}{0.0061}\right)^2} = 6.2 \%$

$$\text{Donc } \gamma = 0.025 \pm 0.002 \text{ N/m}$$

## ANNEXE 5 : Calcul du coefficient de viscosité



On trouve :  $\tau = 151.3 \pm 0.6\text{s}$

Avec les données de l'expérience :

$$S = \pi * (1.6 * 10^{-2})^2 \text{ m}^2 \pm 2.9 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$l = 0.750 \text{ m} \pm 0.0058 \text{ m}$$

$$\rho = 1040 \text{ kg/m}^3 \pm 12 \text{ kg/m}^3$$

$$r = 0.105 * 10^{-2} \text{ m} \pm 0.002 * 10^{-2} \text{ m}$$

$$\eta = \frac{\tau * \rho * g * \pi r^4}{S * 8l}$$

$$\text{Donc } \eta = 1.22 * 10^{-3} \pm 0.15 * 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

On remarque que sa viscosité est inférieure à celle de la première solution. En effet, cela est dû à une quantité moins importante de glycérol. Par conséquent, le liquide s'écoule de manière plus fluide.

## ANNEXE 6: Détermination expérimentale des épaisseurs à différentes altitudes au cours du temps

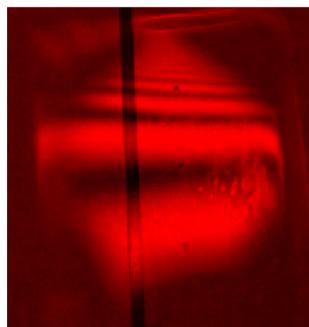
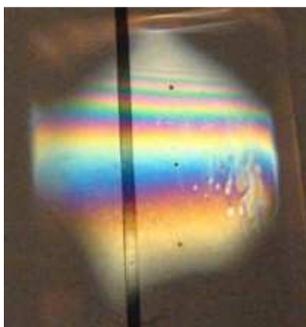
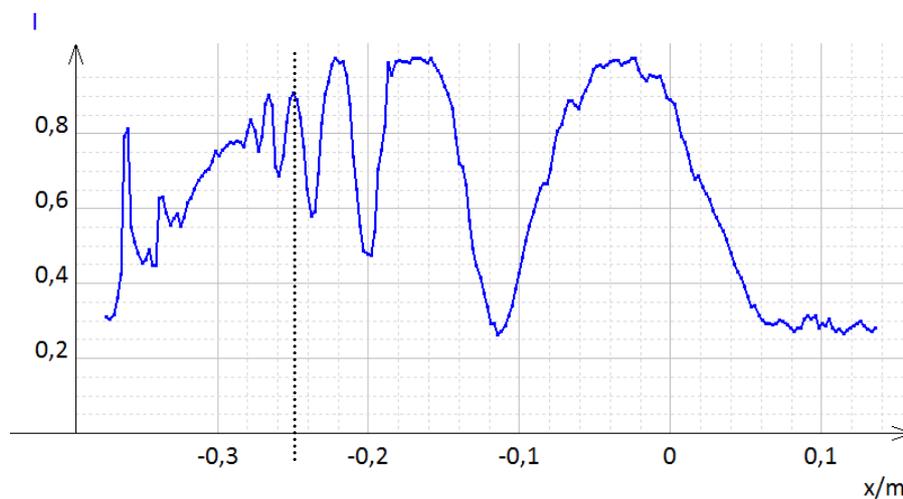
- A partir des spectres obtenus sous visual spectra et grâce à un petit utilitaire que nous avons développé sous Geogebra, on détermine les épaisseurs en nanomètre au niveau des capteurs pour 4 temps différents.

	t2=14s	t3=25s	t4=35s
Capteur du haut	1160	1180	1360
Capteur du milieu	530.7	536.7	562.7
Capteur du bas	387.3	320	318.5

- Ensuite, par l'étude en monochromatique (ici en lumière rouge ( $\lambda = 650\text{nm}$ ), grâce à l'outil intensité lumineuse de regressi, on obtient des épaisseurs intermédiaires.

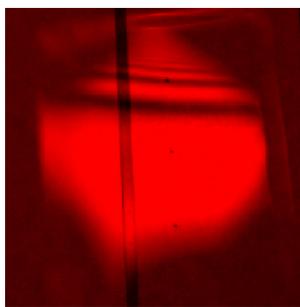
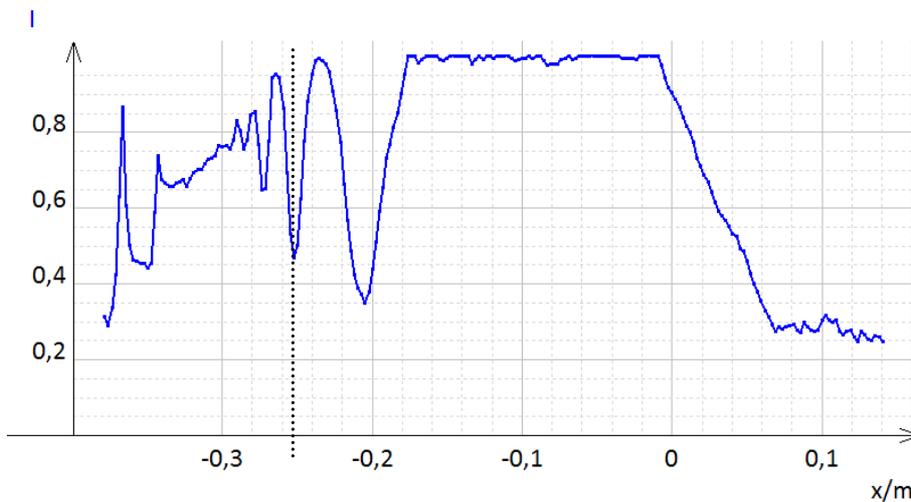
En effet, entre chaque maximum ou entre chaque minimum l'épaisseur croît de  $\lambda/2n$

Pour t= t2



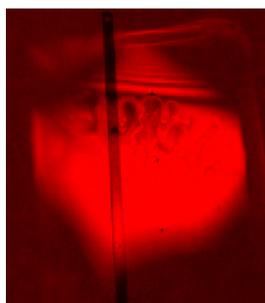
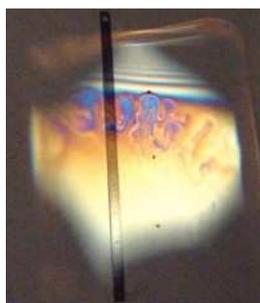
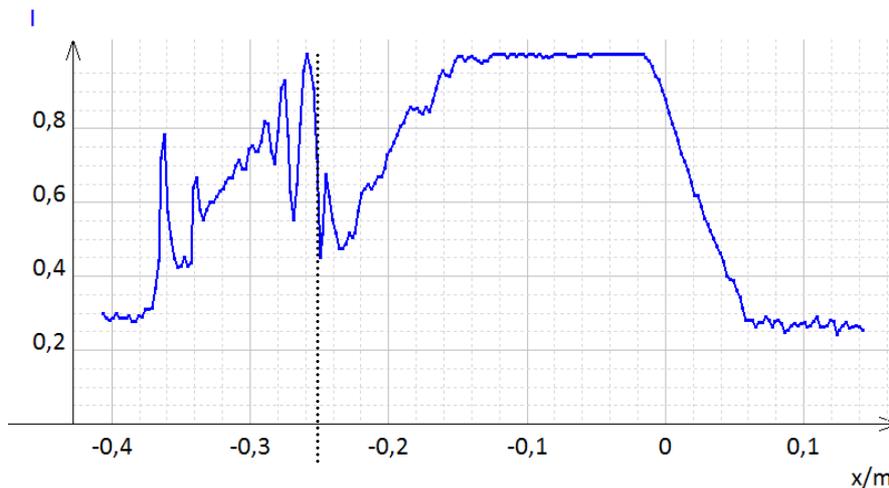
Epaisseurs (nm)	Distance au capteur du haut (mm)
1646	-31.21
1403	- 16.33
1160	Capteur du haut (maximum d'intensité)
917	28
674	79.33

Pour  $t = t_3$



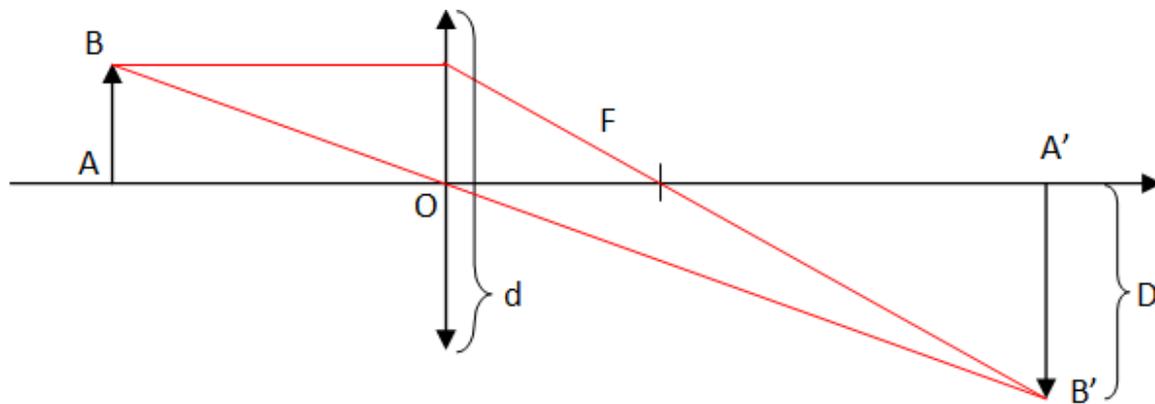
Epaisseurs (nm)	Distance au capteur du haut (mm)
1909	-42.83
1666	-33.31
1423	-21.4
1180	Capteur du haut (minimum d'intensité)
937	47.6

Pour  $t = t_4$



Epaisseurs (nm)	Distance au capteur du haut (mm)
2089	-44.32
1846	-32.66
1603	-18.66
1360	Capteur du haut (minimum d'intensité)
1117	16.33

## ANNEXE 7 : Détermination du grandissement de l'image obtenue en interférométrie



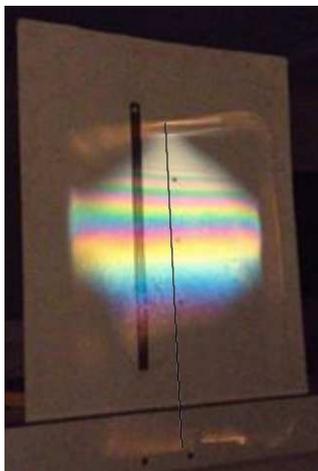
Film de savon

Lentille convergente

Image sur l'écran

Détermination de la distance  $\overline{OA'}$  :

- Distance focale  $\overline{OF}$  de la lentille : 20 cm
- Diamètre d de la lentille : 6.8 cm



Détermination D du diamètre de l'image :

On calcule D à partir de l'image obtenue en utilisant le logiciel MESURIM. Grâce à la règle dont on connaît la longueur, on détermine, avec le logiciel, la hauteur de l'image.

On sait que la lentille et l'écran sont parallèles, on peut donc appliquer le théorème de Thalès :  $\frac{d}{D} =$

$$\frac{\overline{OF'}}{\overline{F'A'}} \text{ donc } \overline{F'A'} = \frac{D}{d} * \overline{OF'} = \frac{64.5}{6.8} * 20 \cong 189.7$$

$$\text{De plus, } \overline{OA'} = \overline{OF'} + \overline{F'A'} = 20 + 189.7 = 209.7$$

$$\text{Donc } \overline{OA'} = 209.7 \text{ cm}$$

Détermination de la distance  $\overline{OA}$  :

On utilise la relation de conjugaison des lentilles minces pour déterminer :

$$\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} \text{ donc } \overline{OA} = \frac{\overline{OA'} * \overline{OF'}}{\overline{OF'} - \overline{OA'}} = \frac{209.7 * 20}{20 - 209.7} = -22.1$$

$$\text{Donc } \overline{OA} = -22.1 \text{ cm}$$

Détermination de la distance G :

$$G = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -\frac{209.7}{22.1} = -9.5$$

Détermination de la hauteur des capteurs

On utilise le logiciel MESURIM pour évaluer la hauteur à laquelle les capteurs se trouvent par rapport au film de savon. On mesure sur l'image la hauteur du capteur par rapport au bas du cadre du film et grâce au grandissement G, on détermine la hauteur relative au cadre du film.

Ainsi on obtient :

$$z_1 = 2.9 \text{ cm}; z_2 = 4.2 \text{ cm}; z_3 = 5.4 \text{ cm}$$

Détermination de l'épaisseur en fonction de la hauteur des capteurs :

A partir de l'altitude du capteur et du grandissement, on obtient les épaisseurs en fonction de l'altitude sur le cadre

<b>t2=14s</b>			<b>t3=25s</b>			<b>t4=35s</b>		
Epaisseurs (nm)	Distance au capteur du haut (mm)	Altitude sur le cadre (cm)	Epaisseurs (nm)	Distance au capteur du haut (mm)	Altitude sur le cadre (cm)	Epaisseurs (nm)	Distance au capteur du haut (mm)	Altitude sur le cadre (cm)
1646	-31.2	5.7	1909	-42.83	5.9	2089	-44.32	5.9
1403	-16.3	5.6	1666	-33.31	5.81	1846	-32.66	5.7
1160	Capteur du haut	5.4	1423	-21.4	5.6	1603	-18.66	5.6
917	28	5.1	1180	Capteur du haut	5.4	1360	Capteur du haut	5.4
674	79.3	4.6	937	47.6	4.9	1117	16.33	5.2