

# Films de savon

Lou SCHETTER - Maïalenn MOBIAN

4 décembre 2024

# Théorie - Drainage d'un film de savon

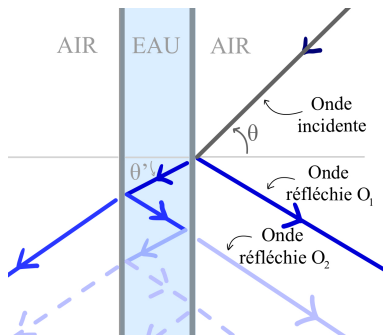


Figure : Schéma du comportement de l'onde aux interfaces

# Théorie - Drainage d'un film de savon

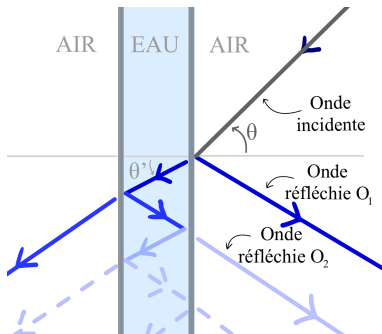


Figure : Schéma du comportement de l'onde aux interfaces

Différence de marche :

$$\delta_M = 2n_e e(h, t) \cos \theta$$

$\delta_M = (k + \frac{1}{2})\lambda \rightarrow$  interférences constructives

$\delta_M = k\lambda \rightarrow$  interférences destructives

# Théorie - Drainage d'un film de savon

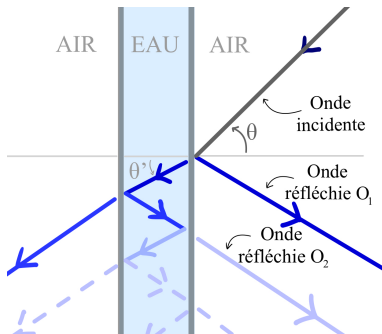


Figure : Schéma du comportement de l'onde aux interfaces

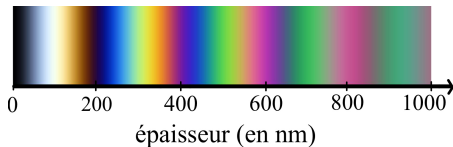


Figure : Couleur perçue en fonction de l'épaisseur

Différence de marche :

$$\delta_M = 2n_e e(h, t) \cos \theta$$

$\delta_M = (k + \frac{1}{2})\lambda \rightarrow$  interférences constructives

$\delta_M = k\lambda \rightarrow$  interférences destructives



# Théorie - Insertion d'une bulle de moindre épaisseur

Forces qui s'exercent sur la bulle :

→ Poids :  $\vec{P} = m\vec{g}$

→ Archimède :  $\vec{\Pi} = -\rho\pi r_{\text{bulle}}^2 e(h, t)\vec{g}$

→ Force de frottement :  $\vec{F}_R = -\alpha r_{\text{bulle}} \vec{v}$  ou  $\vec{F}_R = -\beta r_{\text{bulle}} v^2 \vec{u}_v$

# Théorie - Insertion d'une bulle de moindre épaisseur

Forces qui s'exercent sur la bulle :

→ Poids :  $\vec{P} = m\vec{g}$

→ Archimède :  $\vec{\Pi} = -\rho\pi r_{\text{bulle}}^2 e(h, t)\vec{g}$

→ Force de frottement :  $\vec{F}_R = -\alpha r_{\text{bulle}} \vec{v}$  ou  $\vec{F}_R = -\beta r_{\text{bulle}} v^2 \vec{u}_v$

D'après le PFD :  $m\vec{a} = m\vec{g} - \rho\pi r_{\text{bulle}}^2 e(h, t)\vec{g} + \vec{F}_R$

# Théorie - Insertion d'une bulle de moindre épaisseur

Forces qui s'exercent sur la bulle :

→ Poids :  $\vec{P} = m\vec{g}$

→ Archimède :  $\vec{\Pi} = -\rho\pi r_{\text{bulle}}^2 e(h, t)\vec{g}$

→ Force de frottement :  $\vec{F}_R = -\alpha r_{\text{bulle}} \vec{v}$  ou  $\vec{F}_R = -\beta r_{\text{bulle}} v^2 \vec{u}_v$

D'après le PFD :  $m\vec{a} = m\vec{g} - \rho\pi r_{\text{bulle}}^2 e(h, t)\vec{g} + \vec{F}_R$

À l'équilibre :  $\boxed{\vec{F}_R = \rho\pi r_{\text{bulle}}^2 e(h, t)\vec{g} - m\vec{g}}$



# Méthode et schéma des expériences

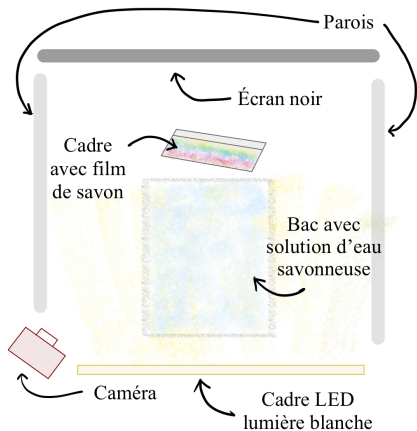


Figure : Schéma du montage, vu du dessus



# Méthode et schéma des expériences

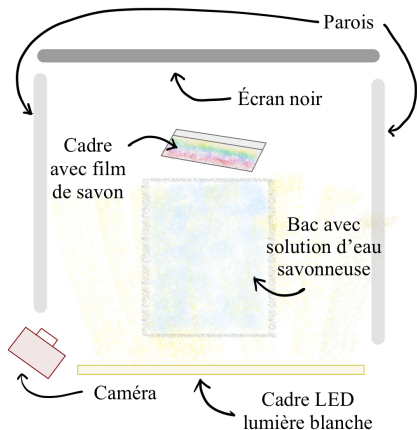


Figure : Schéma du montage, vu du dessus

## Drainage :

- ⇒ Paramètres : pas de variation.
- ⇒ Mesures : positions des raies colorées.

## Bulle de moindre épaisseur :

- ⇒ Paramètres, variations de :
  - ⇒ diamètre du fil,
  - ⇒ diamètre de la bulle,
  - ⇒ profil d'épaisseur lors de la chute
- ⇒ Mesures : positions de la bulle.

# Résultats et analyse - Drainage

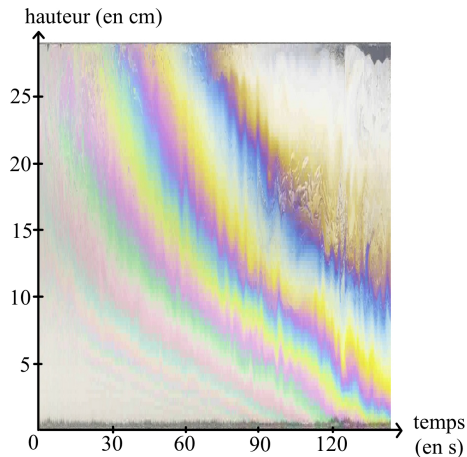
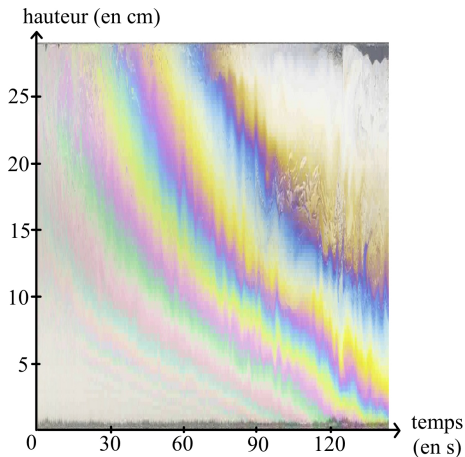


Figure: Kymographe pour un drainage

# Résultats et analyse - Drainage

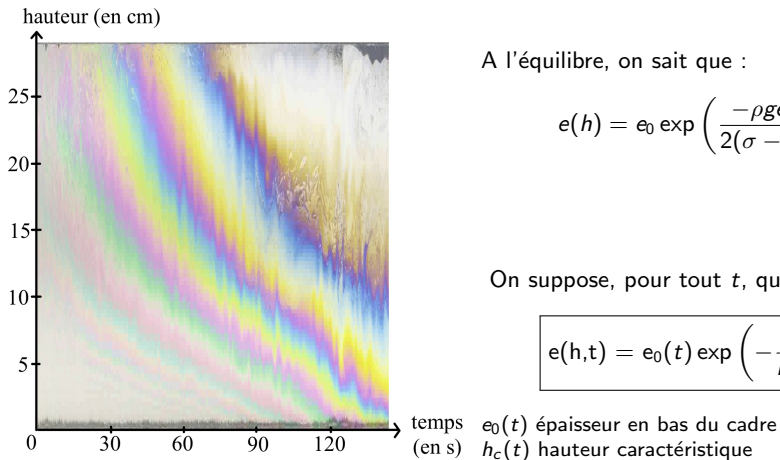


A l'équilibre, on sait que :

$$e(h) = e_0 \exp\left(\frac{-\rho g e_0 h}{2(\sigma - \sigma_0)}\right)$$

Figure: Kymographe pour un drainage

# Résultats et analyse - Drainage



A l'équilibre, on sait que :

$$e(h) = e_0 \exp\left(\frac{-\rho g e_0 h}{2(\sigma - \sigma_0)}\right)$$

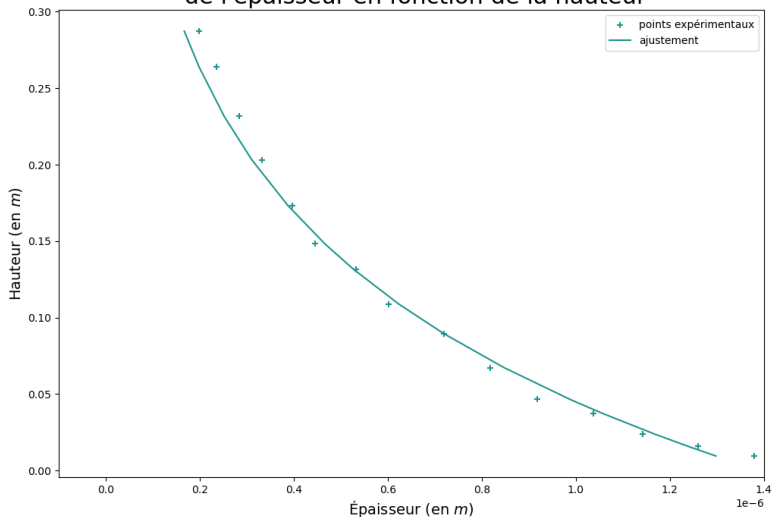
On suppose, pour tout  $t$ , que :

$$e(h,t) = e_0(t) \exp\left(-\frac{h}{h_c(t)}\right)$$

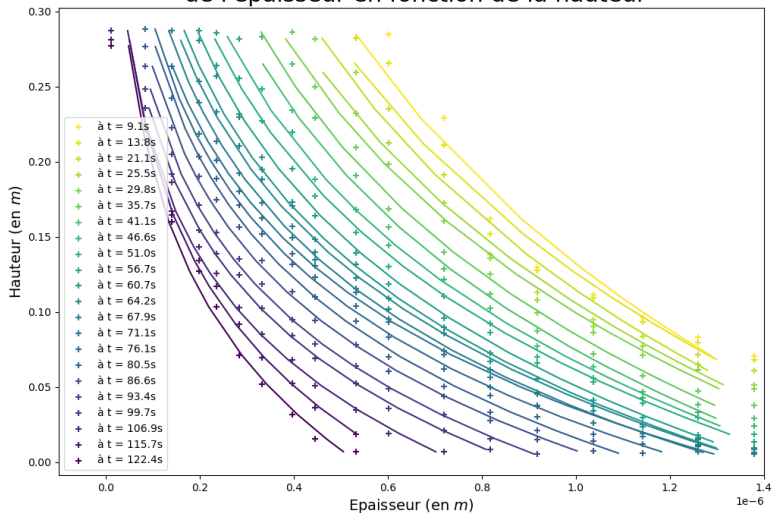
Figure: Kymographe pour un drainage

# Résultats et analyse - Drainage

Résultats expérimentaux et ajustements  
de l'épaisseur en fonction de la hauteur



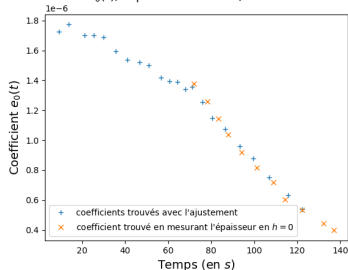
## Résultats expérimentaux et ajustements de l'épaisseur en fonction de la hauteur



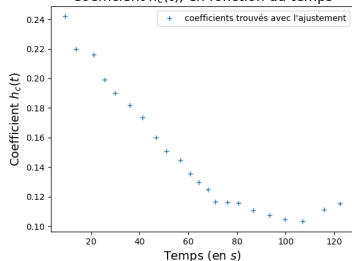


# Résultats et analyse - Drainage

Coefficient  $e_0(t)$ , l'épaisseur en  $h = 0$ , en fonction du temps

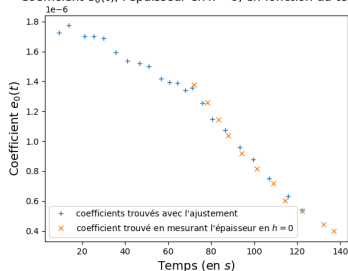


Coefficient  $h_c(t)$ , en fonction du temps

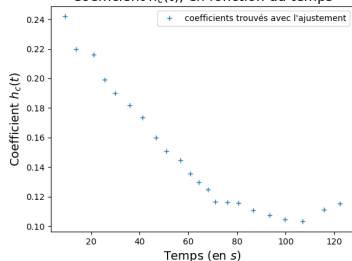


# Résultats et analyse - Drainage

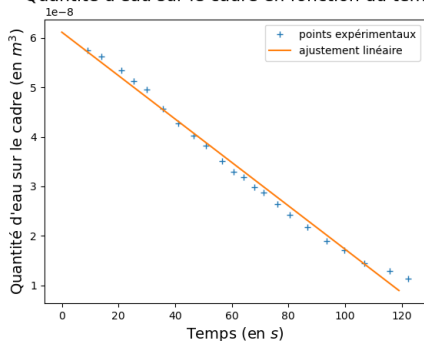
Coefficient  $e_0(t)$ , l'épaisseur en  $h = 0$ , en fonction du temps



Coefficient  $h_c(t)$ , en fonction du temps

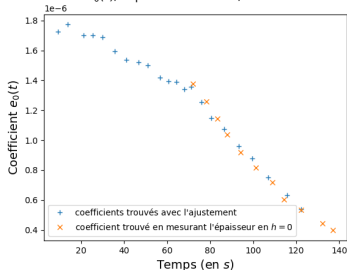


Quantité d'eau sur le cadre en fonction du temps

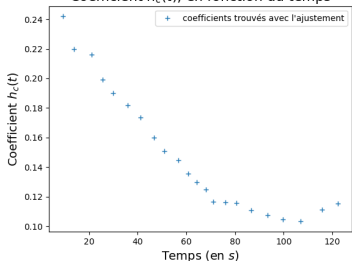


# Résultats et analyse - Drainage

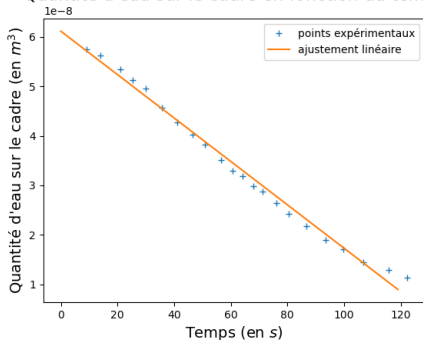
Coefficient  $e_0(t)$ , l'épaisseur en  $h = 0$ , en fonction du temps



Coefficient  $h_c(t)$ , en fonction du temps



Quantité d'eau sur le cadre en fonction du temps

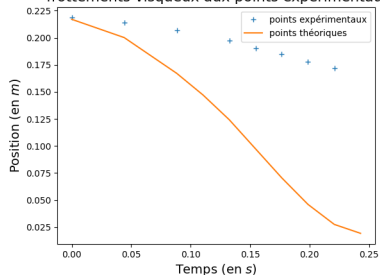


Quantité d'eau initiale : 0,061 mL

Débit d'eau perdue :  $4,4 \times 10^{-4} mL.s^{-1}$

# Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

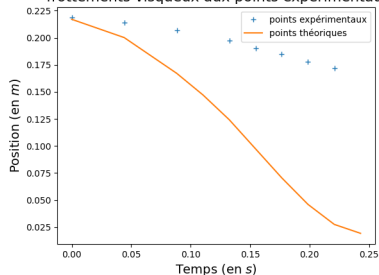
Comparaison de la courbe théorique sans force liée  
frottements visqueux aux points expérimentaux



# Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

→ Frottements non négligeables

Comparaison de la courbe théorique sans force liée  
frottements visqueux aux points expérimentaux



# Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

→ Frottements non négligeables

On suppose donc :

$$\vec{F}_R = -\alpha' r_{\text{bulle}} \vec{v}$$

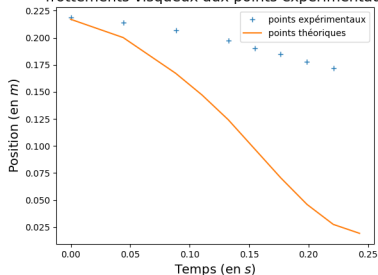
$$\Rightarrow v_{\text{lim}} = \frac{\rho_{\text{sol}} \pi e(h, t) g}{\alpha} r_{\text{bulle}} - \frac{\pi^2 d_{\text{fil}}^2 \rho_{\text{fil}} g}{2\alpha}$$

OU

$$\vec{F}_R = -\beta' r_{\text{bulle}} v^2 \vec{u}_v$$

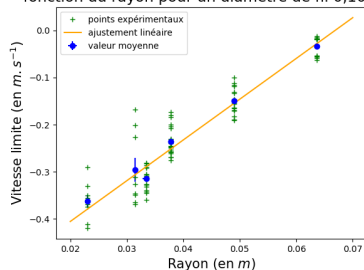
$$\Rightarrow v_{\text{lim}}^2 = \frac{\pi \rho_{\text{fil}} d_{\text{fil}} g}{2 \rho_{\text{sol}} e(h, t) \beta} - \frac{g \pi \rho_{\text{sol}} e(h, t)}{\beta} r_{\text{bulle}}$$

Comparaison de la courbe théorique sans force liée frottements visqueux aux points expérimentaux



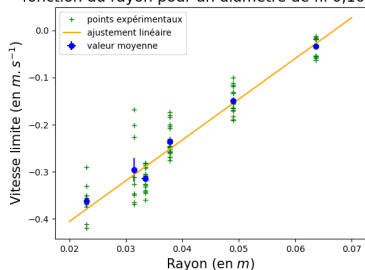
# Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

Ajustement linéaire de la vitesse en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm



# Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

Ajustement linéaire de la vitesse en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm

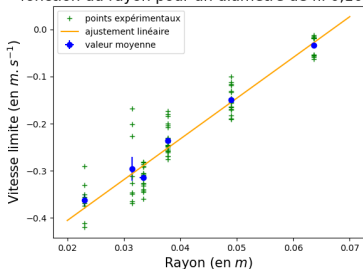


Résultat de l'ajustement :  $v_{lim} = ar_{bulle} + b$



## Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

Ajustement linéaire de la vitesse en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm



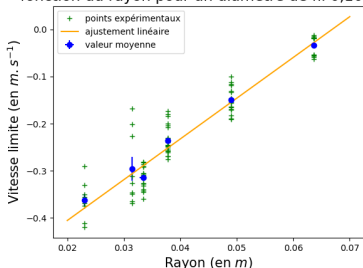
Résultat de l'ajustement :  $v_{lim} = ar_{bulle} + b$

$$\alpha_1 = \frac{\pi e(h, t) \rho_{\text{sol}} g}{a} \Rightarrow \alpha_1 = (9,46 \pm 0,25) \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$$

$$\alpha_2 = -\frac{\pi^2 d_{fil}^2 \rho_{fil} g}{2b} \Rightarrow \alpha_2 = (0,0036 \pm 0,0015) kg.m^{-1}.s^{-1}$$

# Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

Ajustement linéaire de la vitesse en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm

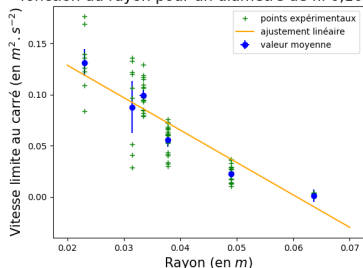


Résultat de l'ajustement :  $v_{lim} = ar_{bulle} + b$

$$\alpha_1 = \frac{\pi e(h, t) \rho_{sol} g}{a} \Rightarrow \alpha_1 = (9,46 \pm 0,25) kg.m^{-1}.s^{-2}$$

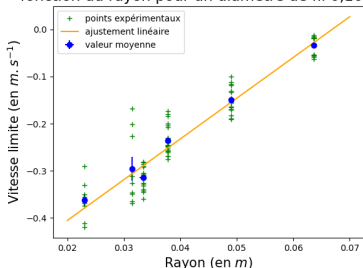
$$\alpha_2 = -\frac{\pi^2 d_{fil}^2 \rho_{fil} g}{2b} \Rightarrow \alpha_2 = (0,0036 \pm 0,0015) kg.m^{-1}.s^{-2}$$

Ajustement linéaire de la vitesse au carré en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm



# Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

Ajustement linéaire de la vitesse en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm

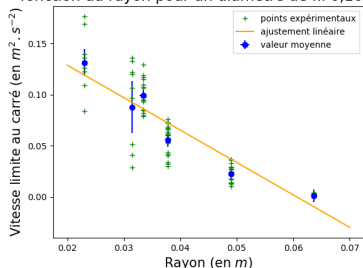


Résultat de l'ajustement :  $v_{lim} = ar_{bulle} + b$

$$\alpha_1 = \frac{\pi e(h, t) \rho_{sol} g}{a} \Rightarrow \alpha_1 = (9,46 \pm 0,25) kg.m^{-1}.s^{-2}$$

$$\alpha_2 = -\frac{\pi^2 d_{fil}^2 \rho_{fil} g}{2b} \Rightarrow \alpha_2 = (0,0036 \pm 0,0015) kg.m^{-1}.s^{-2}$$

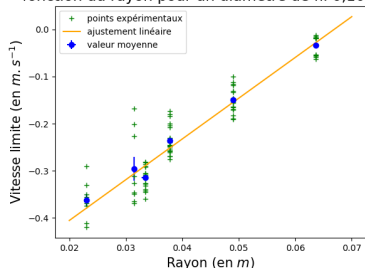
Ajustement linéaire de la vitesse au carré en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm



Résultat de l'ajustement :  $v_{lim}^2 = ar_{bulle} + b$

# Résultats et analyse - Bulle de moindre épaisseur

Ajustement linéaire de la vitesse en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm

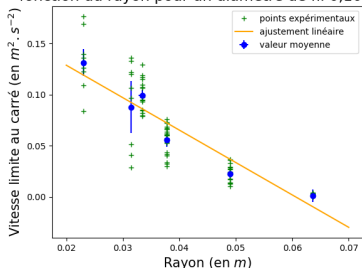


Résultat de l'ajustement :  $v_{lim} = ar_{bulle} + b$

$$\alpha_1 = \frac{\pi e(h, t) \rho_{sol} g}{a} \Rightarrow \alpha_1 = (9,46 \pm 0,25) kg.m^{-1}.s^{-2}$$

$$\alpha_2 = -\frac{\pi^2 d_{fil}^2 \rho_{fil} g}{2b} \Rightarrow \alpha_2 = (0,0036 \pm 0,0015) kg.m^{-1}.s^{-2}$$

Ajustement linéaire de la vitesse au carré en fonction du rayon pour un diamètre de fil 0,10 mm



Résultat de l'ajustement :  $v_{lim}^2 = ar_{bulle} + b$

$$\beta_1 = \frac{g \pi \rho_{sol} e(h, t)}{a} \Rightarrow \beta'_2 = (9,26 \pm 0,51) g.m^{-2}$$

$$\beta_2 = -\frac{\pi \rho_{fil} d_{fil} g}{2 \rho_{sol} e(h, t) b} \Rightarrow \beta_2 = (11,0 \pm 4,5) g.m^{-2}$$

Films de savon : modèle simplifié pour étudier les fluides à deux dimensions.

Films de savon : modèle simplifié pour étudier les fluides à deux dimensions.

Axes de recherche possible :

- modifier la composition de la solution
- explorer des fils de différents diamètres
  - utiliser des cadres différents