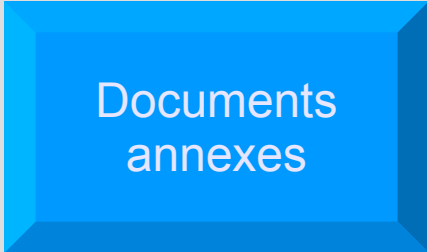


Un écoulement quotidien pas si simple



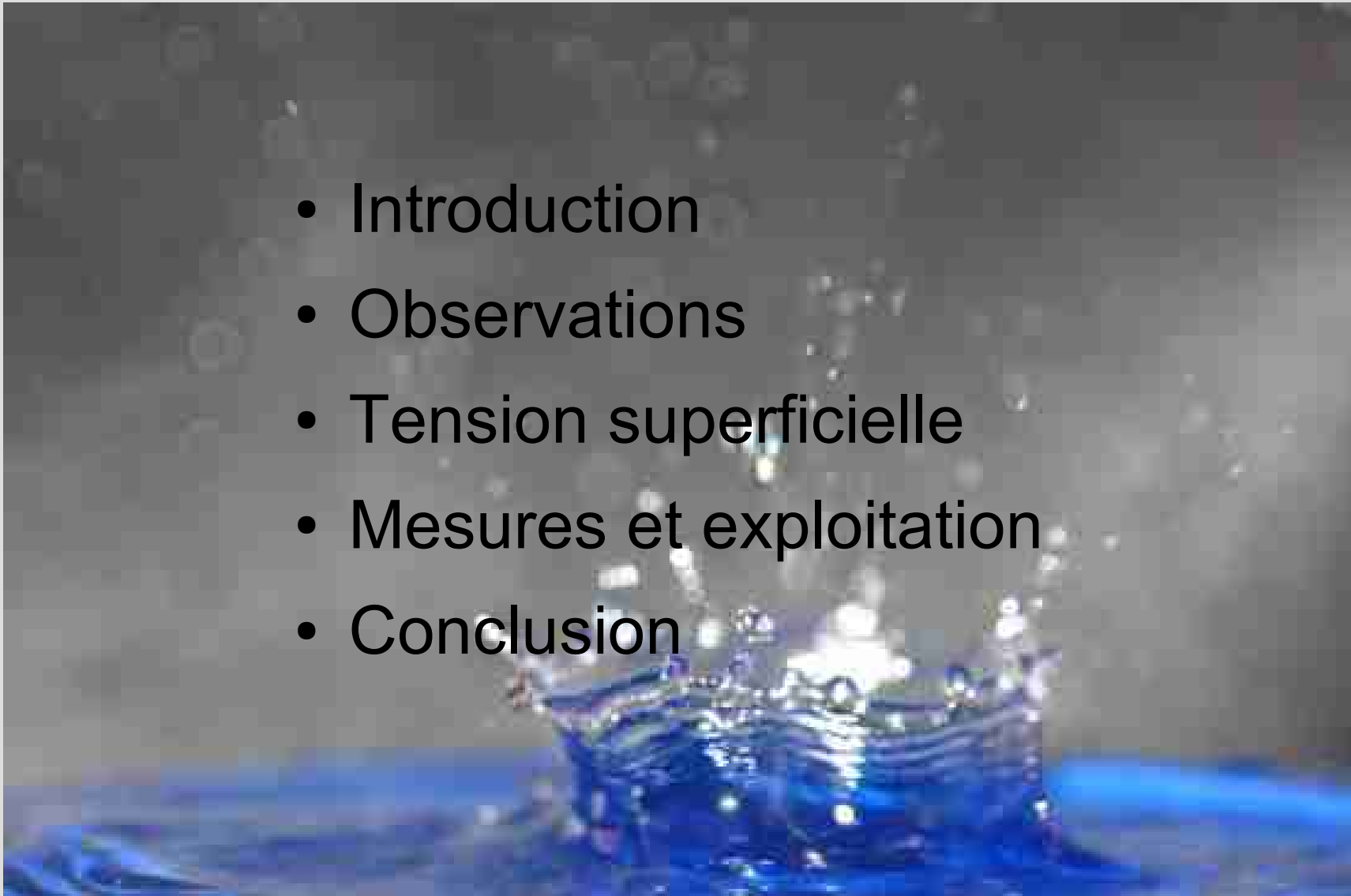
Exposé



Documents
annexes

Un écoulement quotidien pas si simple

- Introduction
- Observations
- Tension superficielle
- Mesures et exploitation
- Conclusion



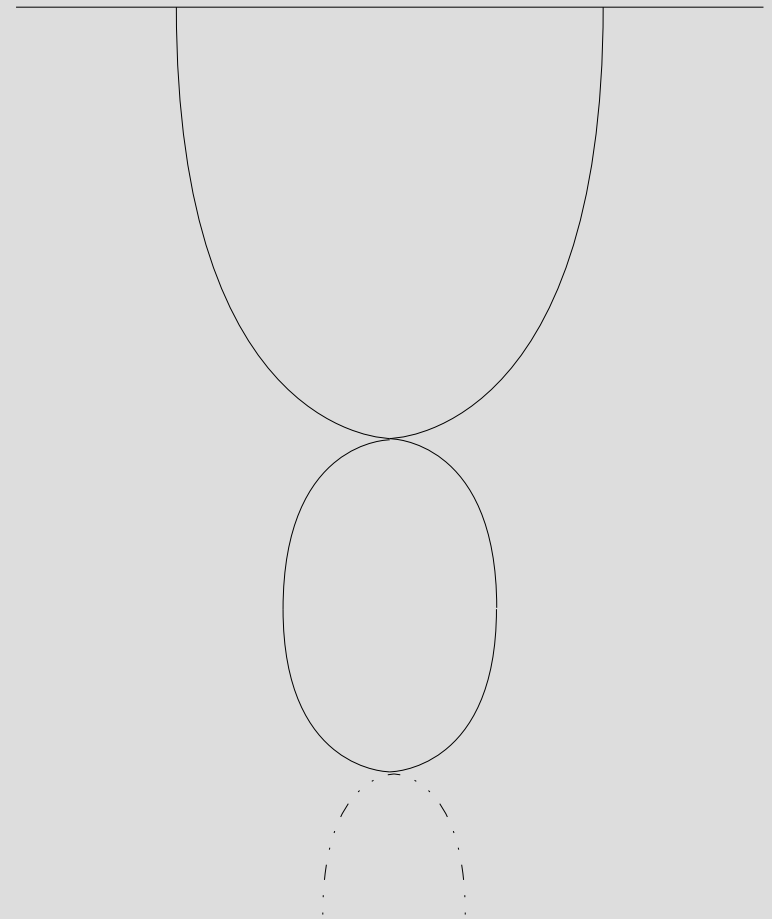
Un écoulement quotidien pas si simple

Introduction

Un écoulement quotidien pas si simple

Observations

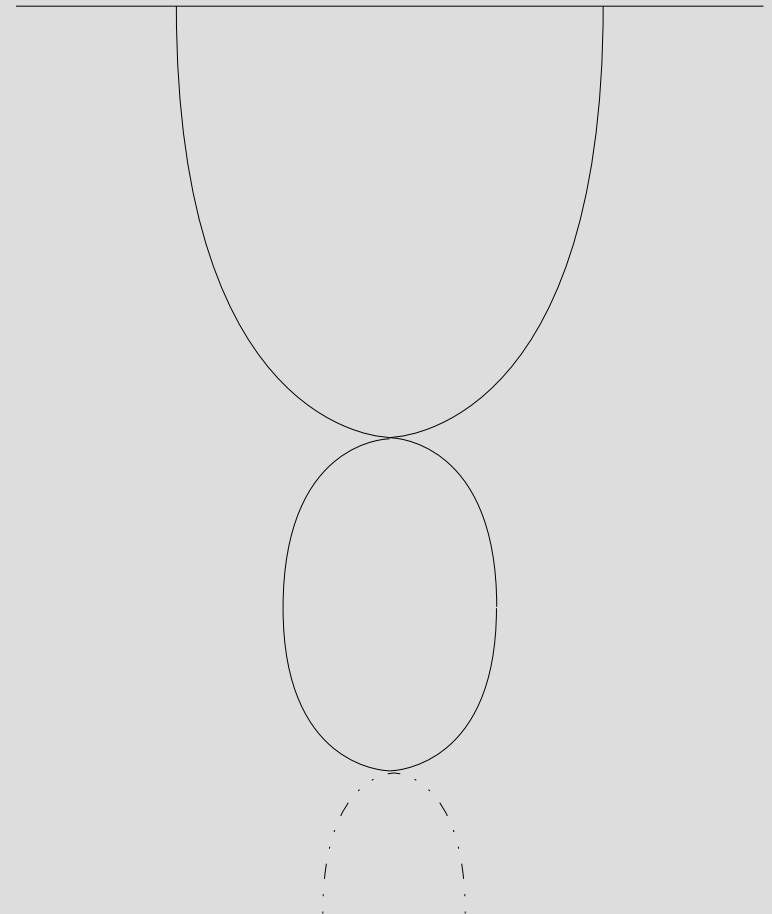
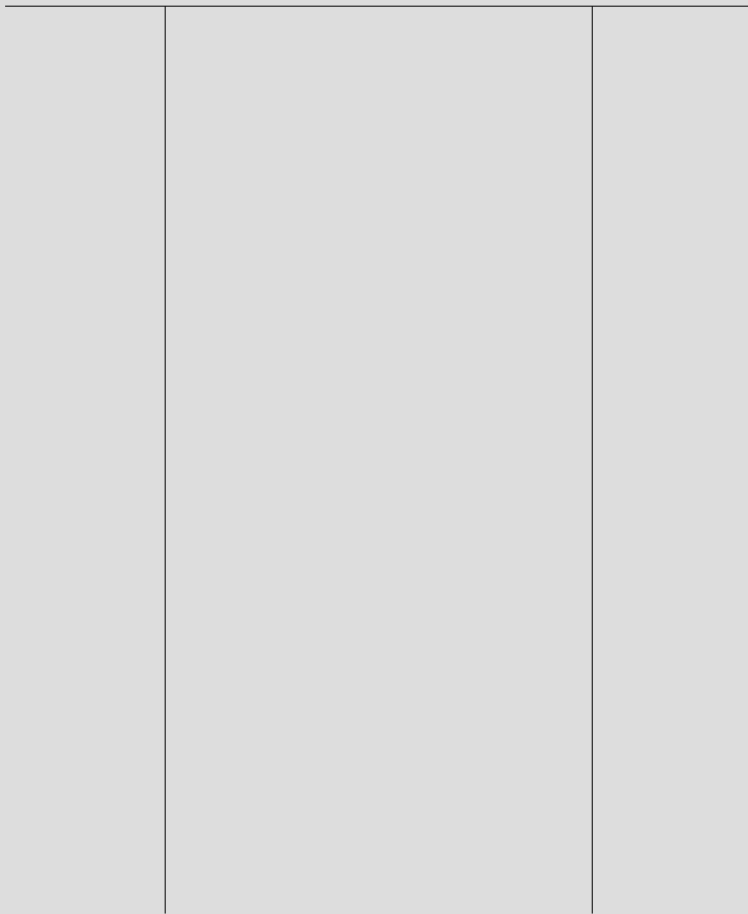
Un écoulement quotidien pas si simple



Un écoulement quotidien pas si simple



Un écoulement quotidien pas si simple



Un écoulement quotidien pas si simple

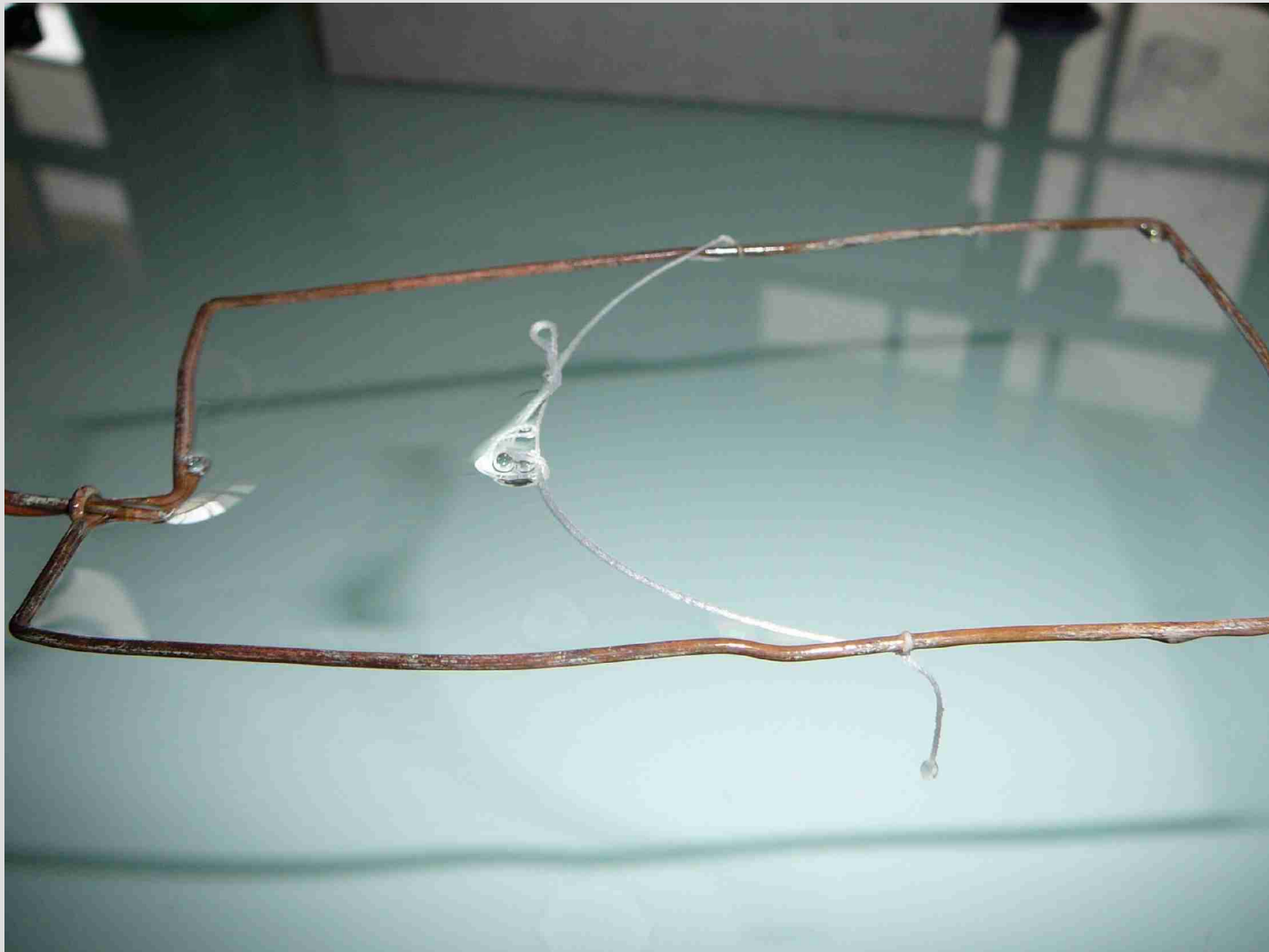
La

tension

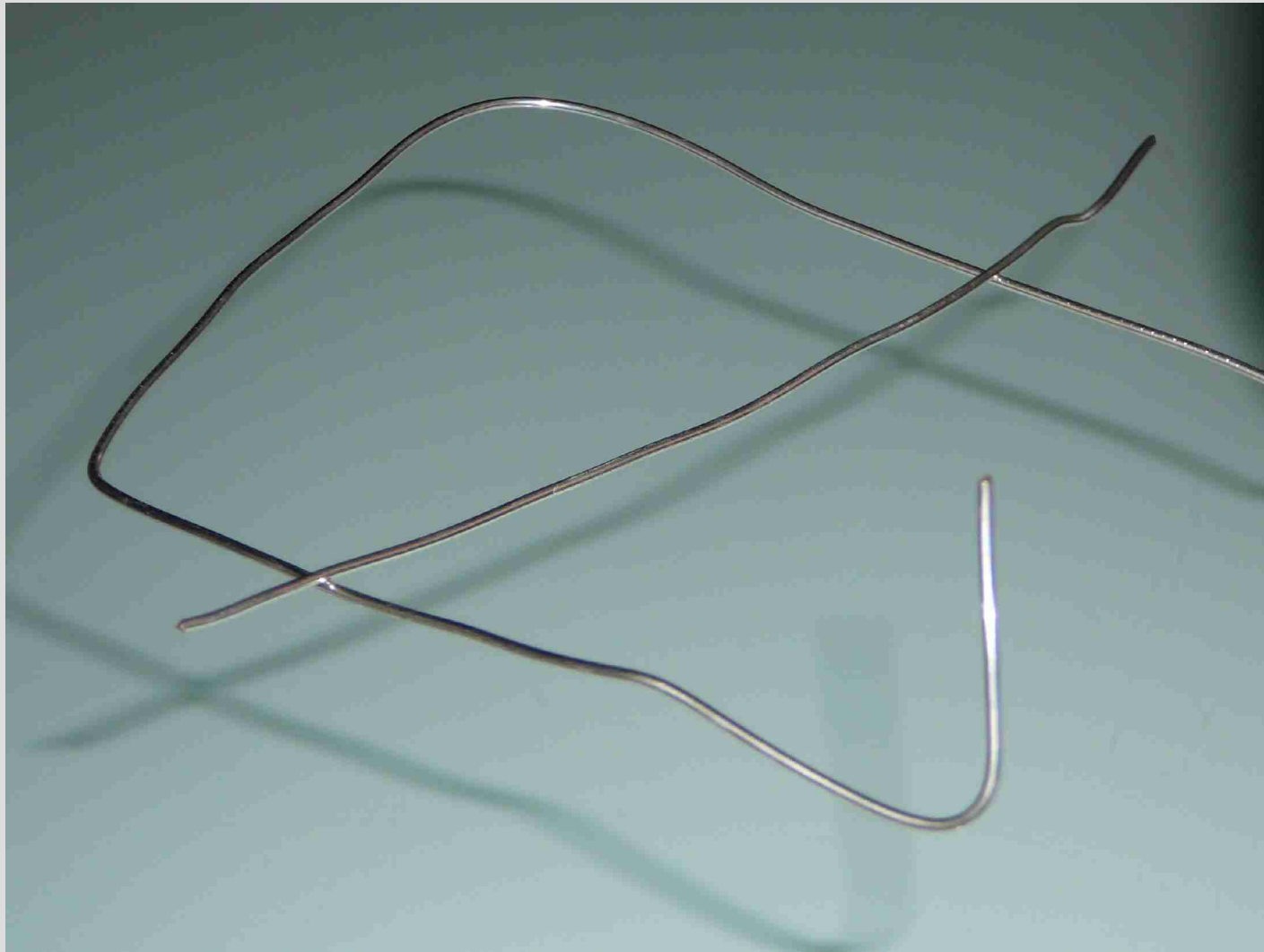
superficielle



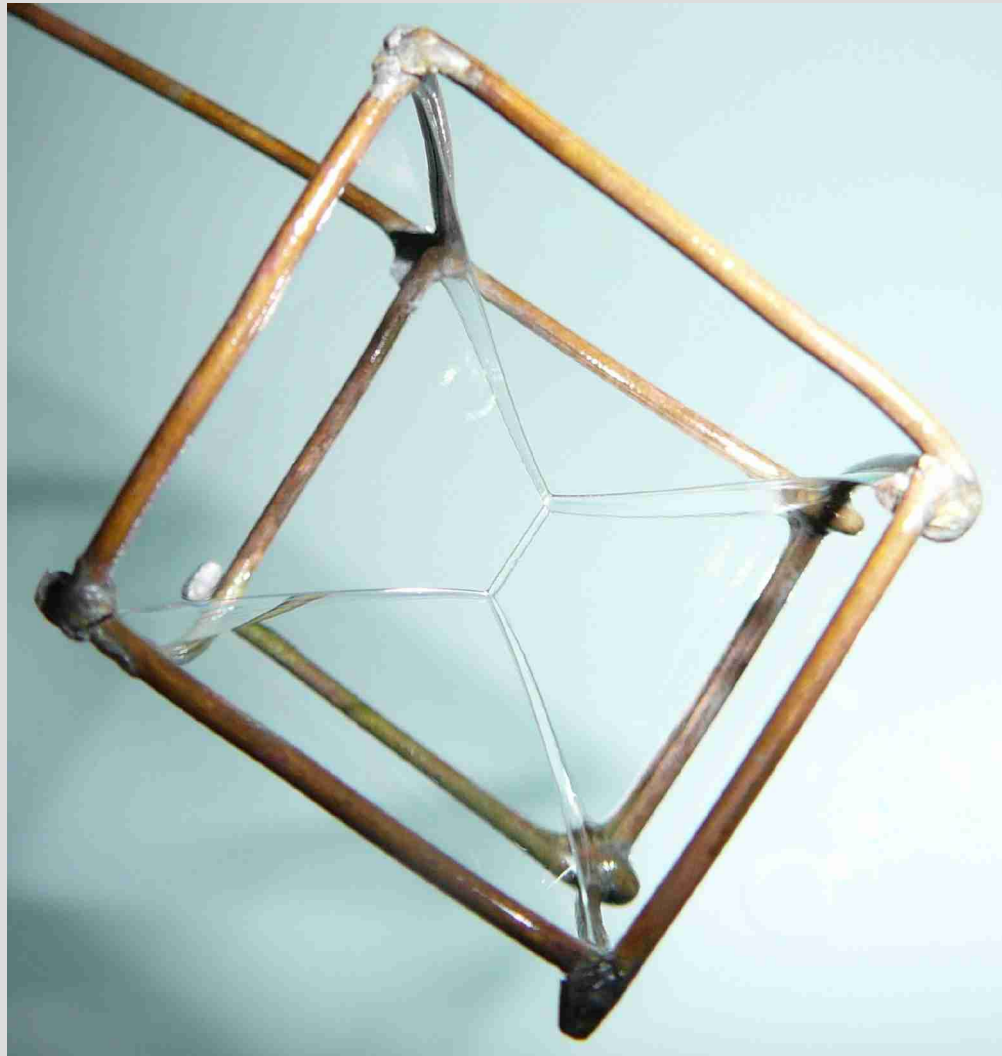
De l'eau savonneuse et un rectangle et une ficelle



De l'eau savonneuse et un rectangle et une barre



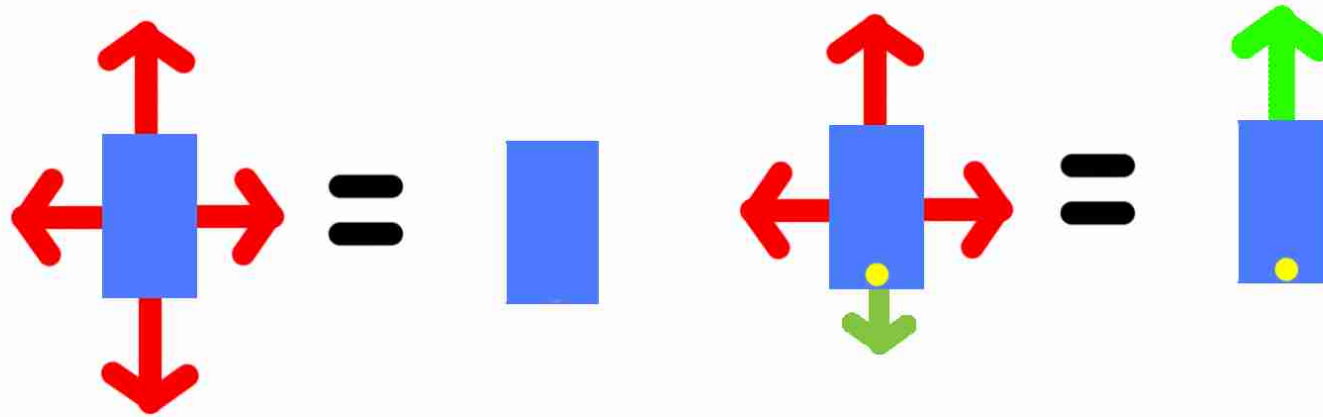
De l'eau savonneuse et un cube



**L'eau déborde ?
Non, elle se bombe !**

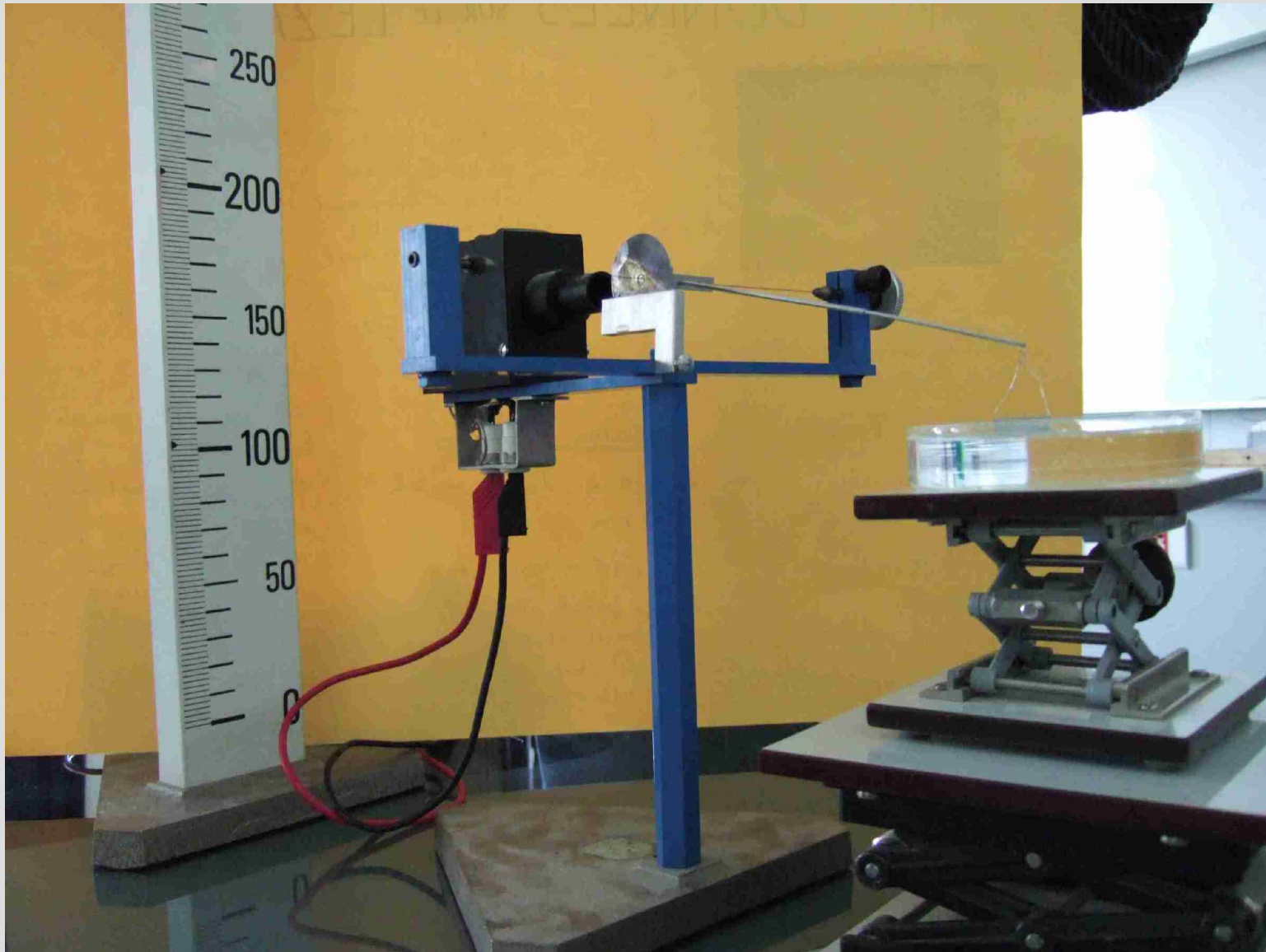


L'expérience du bateau

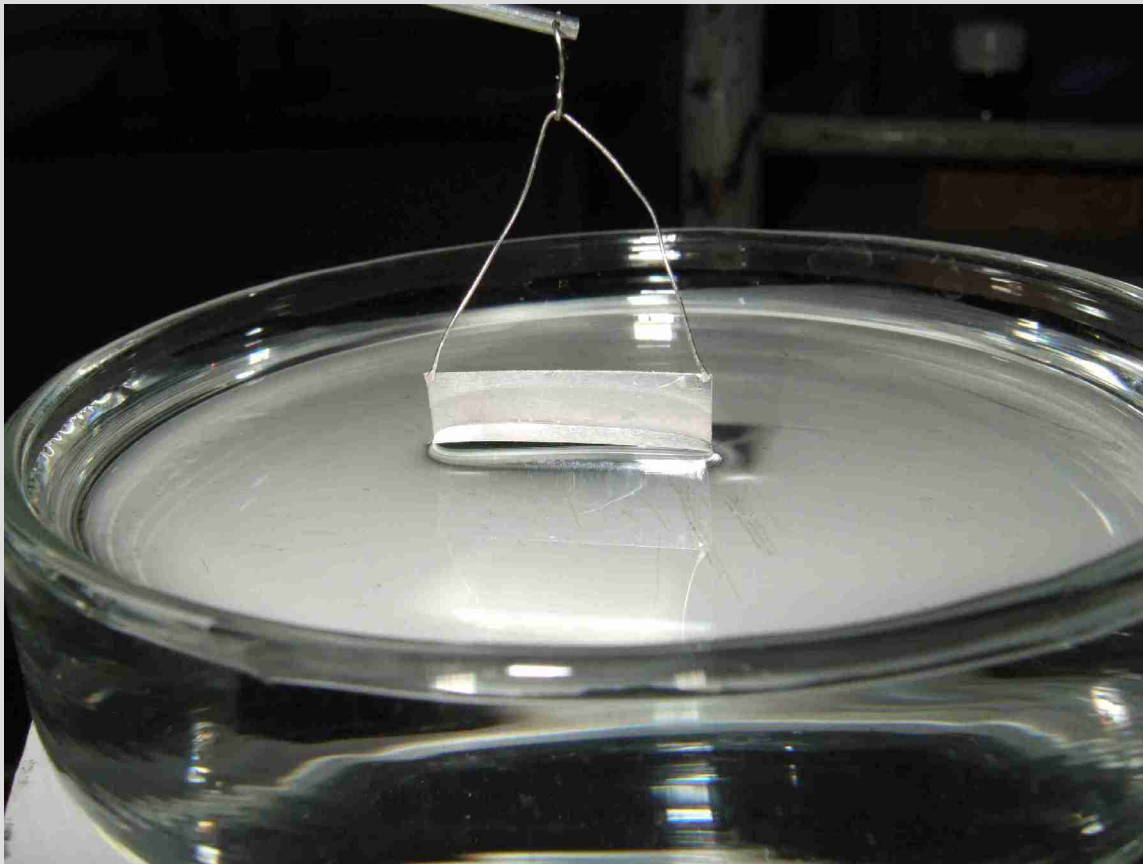


- Forces de tension superficielle de l'eau
- Force de tension superficielle du savon (< eau)
- Savon
- Résultante des forces de tension superficielle

Mesure de la tension superficielle par la méthode d'arrachement

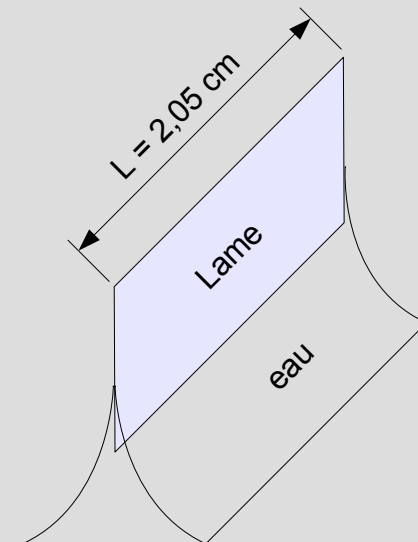


Mesure de la tension superficielle par la méthode d'arrachement



La tension superficielle est :

$$\gamma = \frac{F}{2L}$$



$$\gamma = 0,0654 \text{ N.m}^{-1}$$

Un écoulement quotidien pas si simple

Mesures et
exploitation

Mesures et exploitations

Les torsades



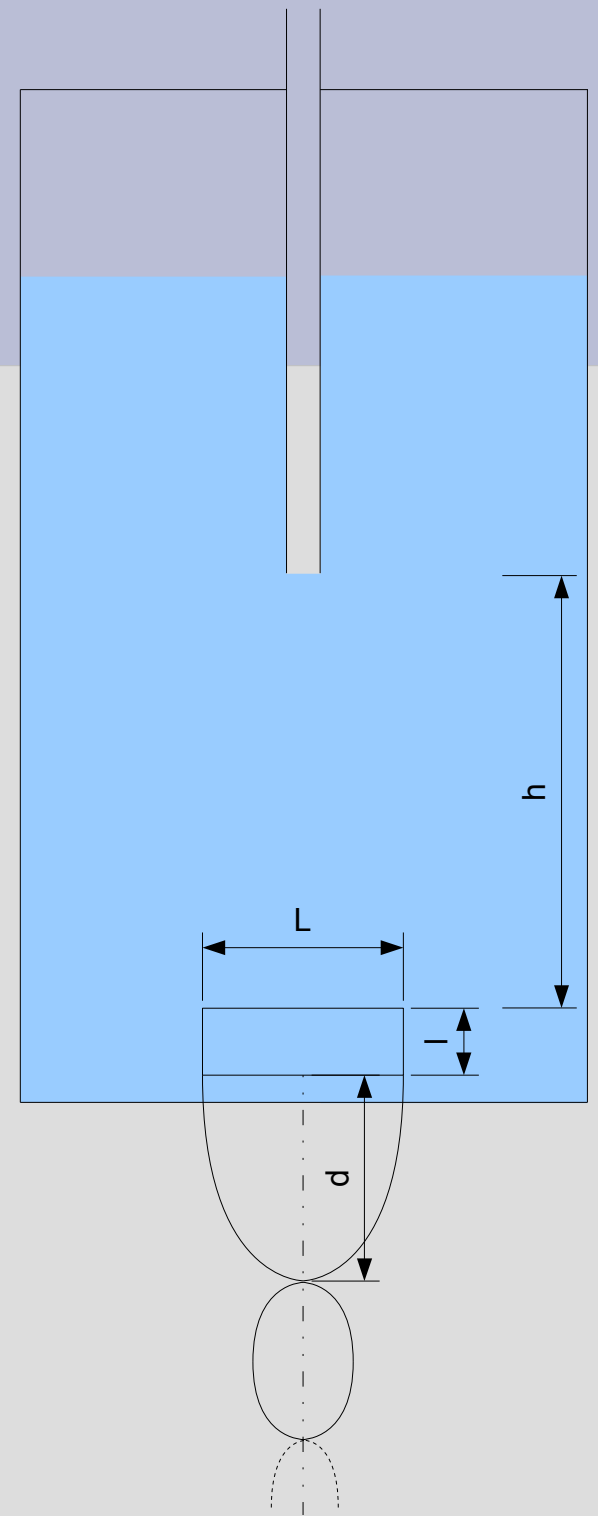
Des bouteilles percées...

La vitesse de l'eau à la sortie du trou est :

$$v = \sqrt{2gh}$$

Le temps crunch est :

$$t_c = \frac{d}{v}$$



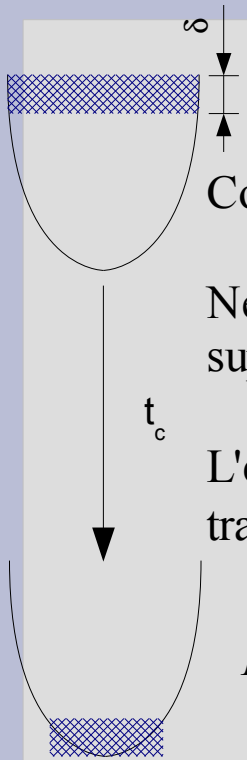
Des bouteilles percées...



Quelques mesures

Dimensions du trou		Hauteur d'eau	Longueur torsade	Vitesse à la sortie du trou	Temps crunch	$e = L \times \sqrt{I}$	Dimensions du trou		Hauteur d'eau	Longueur torsade	Vitesse à la sortie du trou	Temps crunch	$e = L \times \sqrt{I}$
Longueur L (m)	Largeur l (m)	h (m)	d (m)	$v = \sqrt{2gh}$ (m.s ⁻¹)	t_c (s)	e (m ^{3/2})	Longueur L (m)	Largeur l (m)	h (m)	d (m)	$v = \sqrt{2gh}$ (m.s ⁻¹)	t_c (s)	e (m ^{3/2})
0,0100	0,0010	0,040	0,007	0,886	0,0079	3,16.10 ⁻⁴	0,0150	0,0014	0,050	0,012	0,990	0,0121	5,61.10 ⁻⁴
0,0100	0,0010	0,060	0,007	1,09	0,0065	3,16.10 ⁻⁴	0,0150	0,0014	0,060	0,015	1,09	0,0138	5,61.10 ⁻⁴
0,0100	0,0010	0,080	0,010	1,25	0,0080	3,16.10 ⁻⁴	0,0150	0,0014	0,070	0,015	1,17	0,0128	5,61.10 ⁻⁴
0,0100	0,0010	0,100	0,010	1,40	0,0071	3,16.10 ⁻⁴	0,0150	0,0014	0,080	0,017	1,25	0,0136	5,61.10 ⁻⁴
					$t_{c \text{ moy}}=7,4 \text{ ms}$		0,0150	0,0014	0,090	0,020	1,33	0,0151	5,61.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,040	0,008	0,886	0,0090	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0014	0,110	0,020	1,47	0,0136	5,61.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,050	0,009	0,990	0,0091	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0014	0,120	0,022	1,53	0,0143	5,61.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,060	0,009	1,09	0,0083	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0014	0,130	0,023	1,60	0,0144	5,61.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,070	0,010	1,17	0,0085	4,12.10 ⁻⁴						$t_{c \text{ moy}}=13,4 \text{ ms}$	
0,0100	0,0017	0,080	0,011	1,25	0,0088	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0018	0,020	0,010	0,626	0,0160	6,36.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,090	0,012	1,33	0,0090	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0018	0,040	0,015	0,886	0,0169	6,36.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,100	0,013	1,40	0,0093	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0018	0,080	0,020	1,25	0,0160	6,36.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,110	0,014	1,47	0,0095	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0018	0,090	0,020	1,33	0,0151	6,36.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,120	0,014	1,53	0,0091	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0018	0,100	0,022	1,40	0,0157	6,36.10 ⁻⁴
0,0100	0,0017	0,130	0,015	1,60	0,0094	4,12.10 ⁻⁴	0,0150	0,0018	0,110	0,025	1,47	0,0170	6,36.10 ⁻⁴
					$t_{c \text{ moy}}=9,0 \text{ ms}$		0,0150	0,0018	0,120	0,025	1,53	0,0163	6,36.10 ⁻⁴
0,0150	0,0014	0,030	0,010	0,767	0,0130	5,61.10 ⁻⁴						$t_{c \text{ moy}}=16,1 \text{ ms}$	
0,0150	0,0014	0,040	0,010	0,886	0,0113	5,61.10 ⁻⁴							

Un modèle théorique



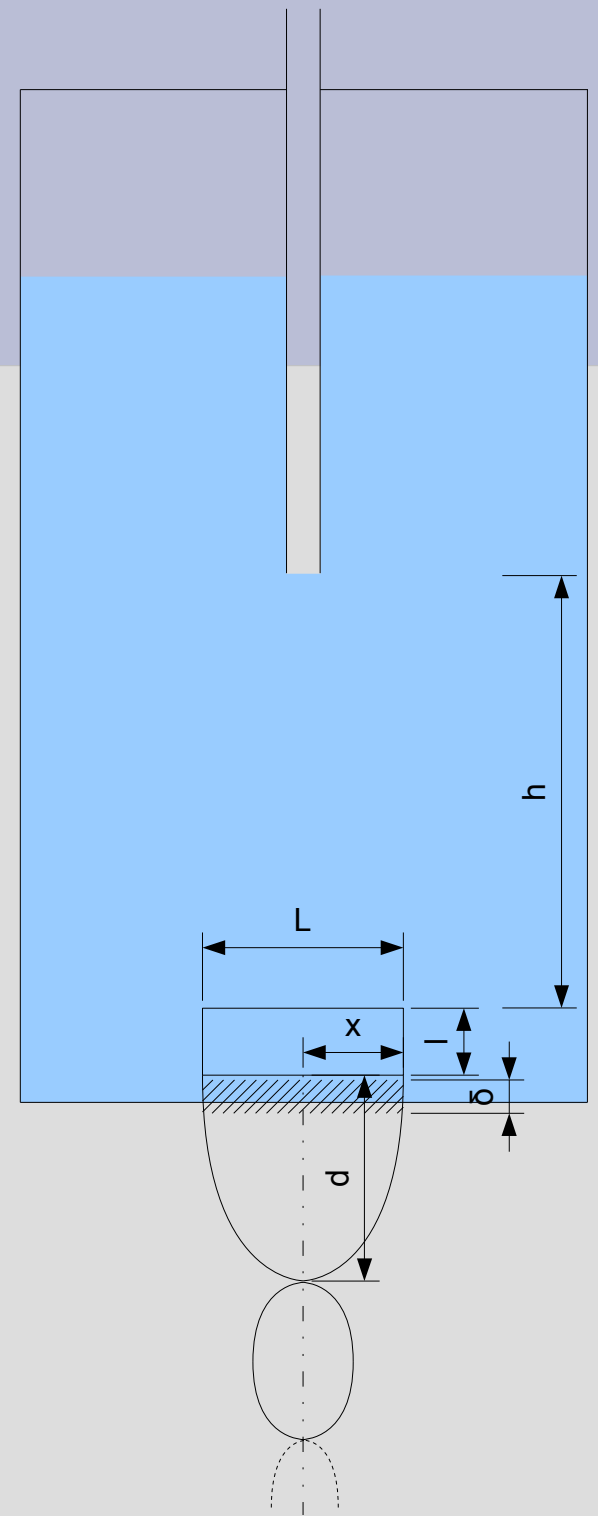
Considérons une bandelette d'eau de largeur δ .

Négligeons toutes les forces sauf celle de la tension superficielle.

L'énergie potentielle liée à la tension superficielle E_p se transforme en énergie cinétique E_c : $E_p = E_c$

$$E_p = 2\gamma S \text{ et } E_c = \frac{1}{2} m v_c^2 \text{ avec :}$$

- v_c la vitesse finale des particules d'eau du bord du jet vers le centre
- $m = L l \delta \mu$ la masse de la bandelette d'eau
- $S = L \delta$ la surface de la bandelette d'eau



Un modèle théorique

D'où :

$$v_c = \sqrt{\frac{4\gamma L \delta}{L l \delta \mu}} = 2\sqrt{\frac{\gamma}{l \mu}}$$

Or :

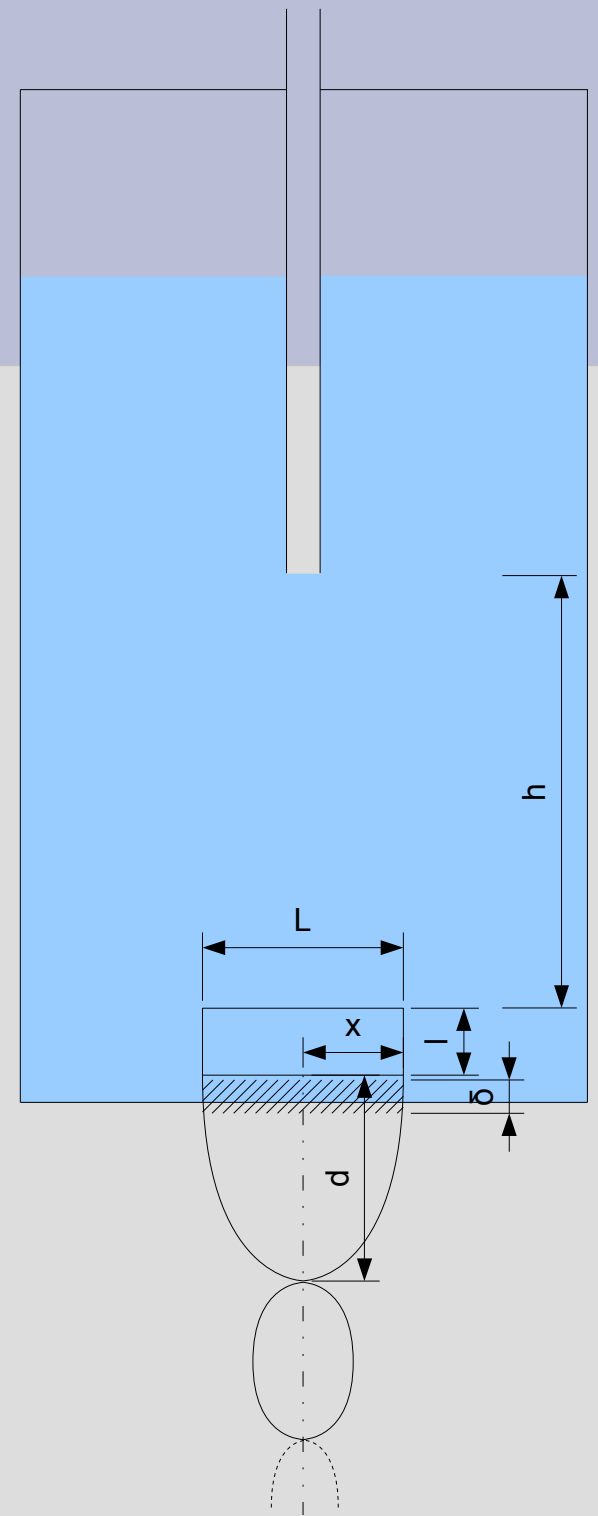
$$v_c \approx \frac{x}{t_c} \quad \text{et donc :} \quad v_c \approx \frac{L}{2t_c}$$

D'où :

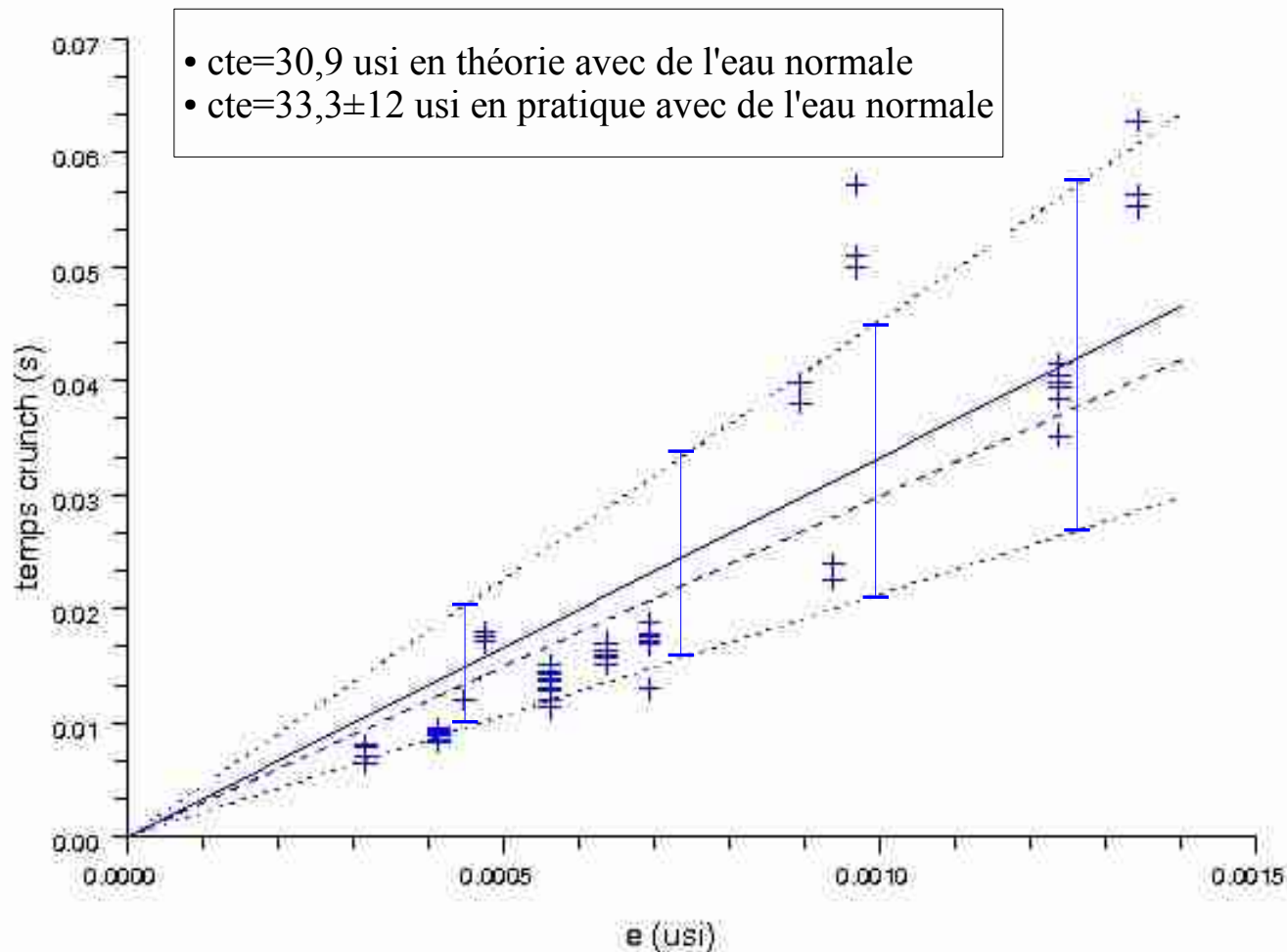
$$\frac{L}{2t_c} = 2\sqrt{\frac{\gamma}{l \mu}}$$

Donc :

$$t_c = \frac{1}{4}\sqrt{\frac{\mu}{\gamma}} L \sqrt{l} \quad \text{avec} \quad \frac{1}{4}\sqrt{\frac{\mu}{\gamma}} = cte \quad \text{et} \quad L \sqrt{l} = e$$

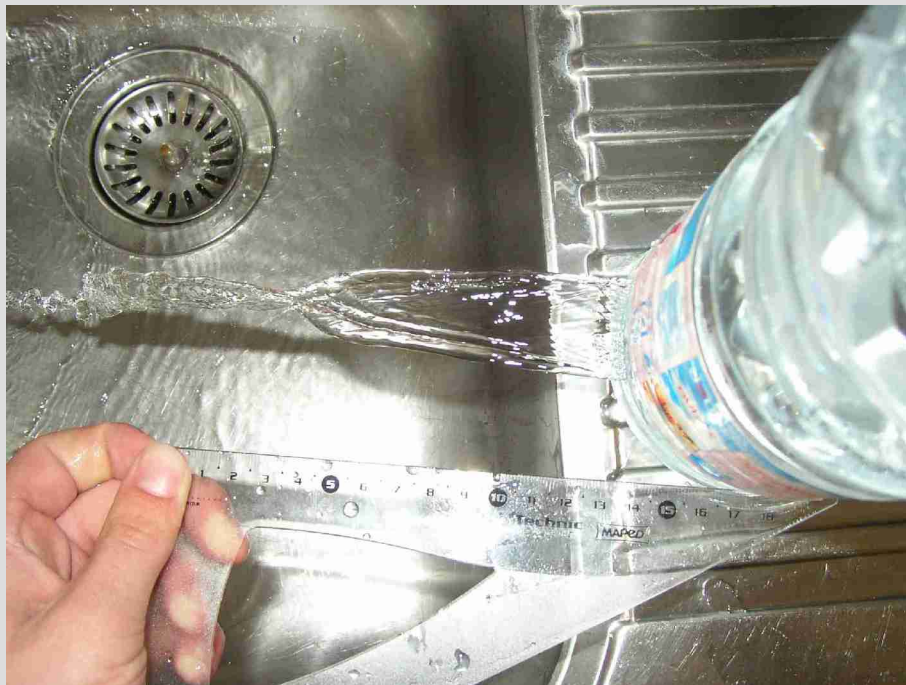


Évolution du temps crunch (s) en fonction de e ($\text{mm}^{3/4}$)



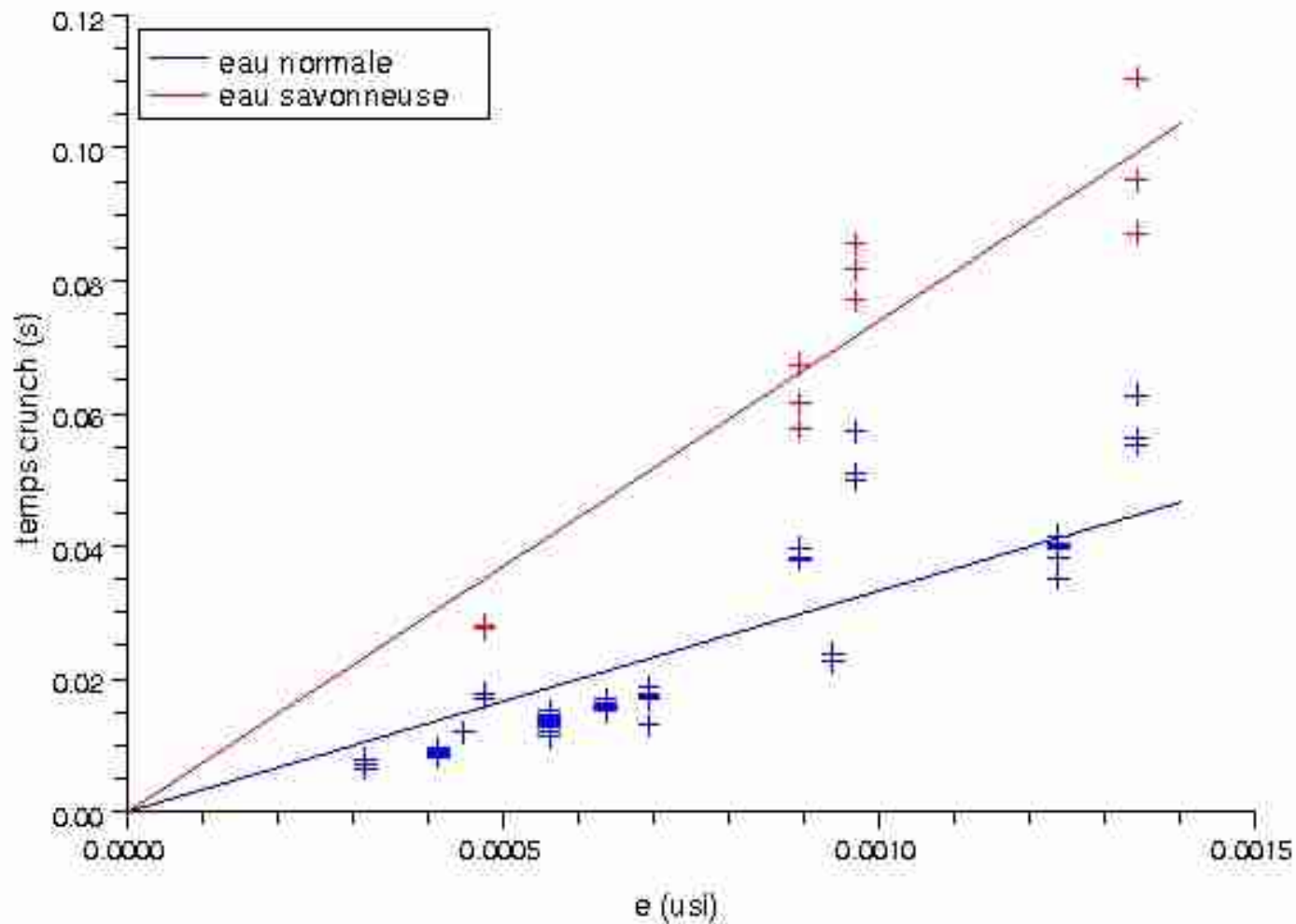
Des bouteilles percées et du savon...

avec de l'eau ...



... et avec de l'eau
savonneuse

Évolution du temps crunch (s) en fonction de e ($\text{mm}^{3/4}$)



Comparaison de l'eau avec l'eau savonneuse

Hauteur paille (cm)	Longueur fente (cm)	Largeur fente (cm)	Longueur torsade D (cm) Eau normale	Longueur torsade d (cm) Eau savonneuse	Rapport $\frac{d}{D}$	Vitesse (m.s ⁻¹)	Temps crunch T (s) Eau normale	Temps crunch † (s) eau savonneuse
10,3	1,5	0,10	2,5	4,0	1,6	1,42	0,017	0,028
13,2	1,5	0,10	2,75	4,5	1,6	1,61	0,017	0,028
16,2	1,5	0,10	3,2	4,9	1,5	1,78	0,018	0,028
10,3	2,0	0,20	5,4	8,2	1,5	1,42	0,038	0,058
13,2	2,0	0,20	6,4	9,9	1,5	1,61	0,040	0,061
16,2	2,0	0,20	6,8	12,0	1,8	1,78	0,038	0,067
10,3	2,5	0,15	7,1	11,6	1,6	1,42	0,050	0,082
13,2	2,5	0,15	8,2	12,4	1,5	1,61	0,051	0,077
16,2	2,5	0,15	10,2	15,25	1,5	1,78	0,057	0,086
10,3	3,0	0,20	8,0	12,4	1,6	1,42	0,056	0,087
13,2	3,0	0,20	8,9	15,3	1,7	1,61	0,055	0,095
16,2	3,0	0,20	11,2	19,7	1,8	1,78	0,063	0,111

Comparaison de l'eau avec l'eau savonneuse

$$\text{Moyenne de } \frac{d}{D} : 1,61$$

$$\frac{d}{D} = \frac{v t_c}{v t_c'} = \frac{t_c}{t_c'}$$

$$\mu = \mu' = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$t_c = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\mu}{\gamma}} L \sqrt{l}$$

$$\gamma = 0,0654 \text{ N.m}^{-1} \quad \gamma' = 0,0268 \text{ N.m}^{-1}$$

$$t_c' = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\mu}{\gamma'}} L \sqrt{l}$$

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\gamma'}} = 1,56 \approx \frac{d}{D}$$

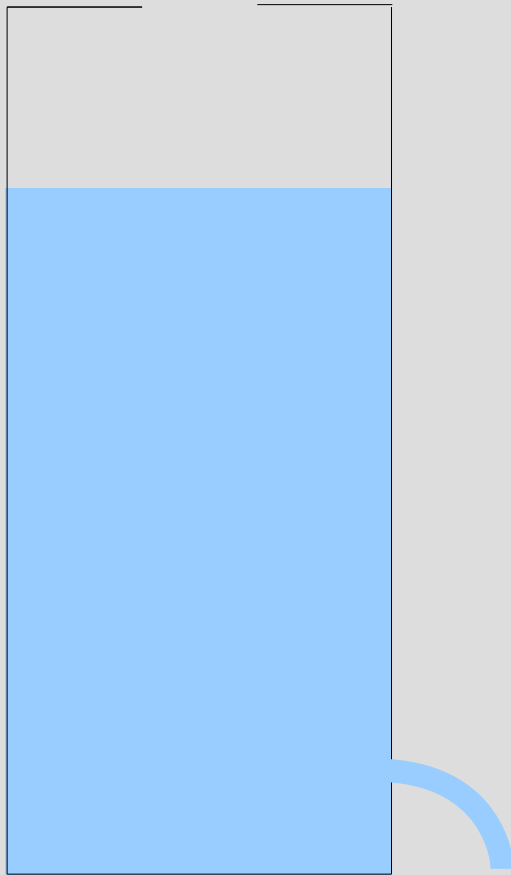
$$\frac{d}{D} = \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma'}}$$

Mesures et exploitations

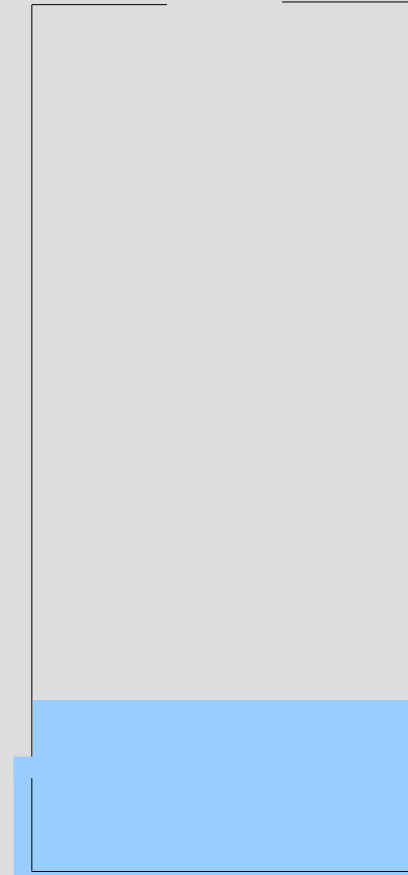


Le collé

Encore des bouteilles percées...



$h > h_{\min}$
pas de collé



$h < h_{\min}$
collé

Mesures

Vitesse minimale sans collé

Dimensions du trou		Hauteur minimale de l'eau	Vitesse minimale de l'eau
Longueur L (m)	Largeur l (m)	h (m)	$v_m = \sqrt{2gh}$ (m.s ⁻¹)
0,005	0,0010	0,003	0,243
0,010	0,0017	0,015	0,542
0,010	0,0020	0,010	0,443
0,010	0,0037	0,008	0,396
0,015	0,0009	0,023	0,672
0,015	0,0018	0,011	0,465
0,015	0,0030	0,009	0,420
0,020	0,0011	0,021	0,642
0,020	0,0022	0,010	0,443
0,020	0,0031	0,010	0,443
0,030	0,0017	0,011	0,465

Un modèle théorique

Pour que l'eau ne colle pas, il faut et il suffit donc que :

$$E_c > E_p$$

Or $E_p = \gamma S$ et $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ avec :

- v la vitesse de l'eau à la sortie de la bouteille s'il n'y avait pas de collé
- $m = L l \delta \mu$ la masse de la bandelette d'eau
- $S = L \delta$ la surface de la bandelette d'eau

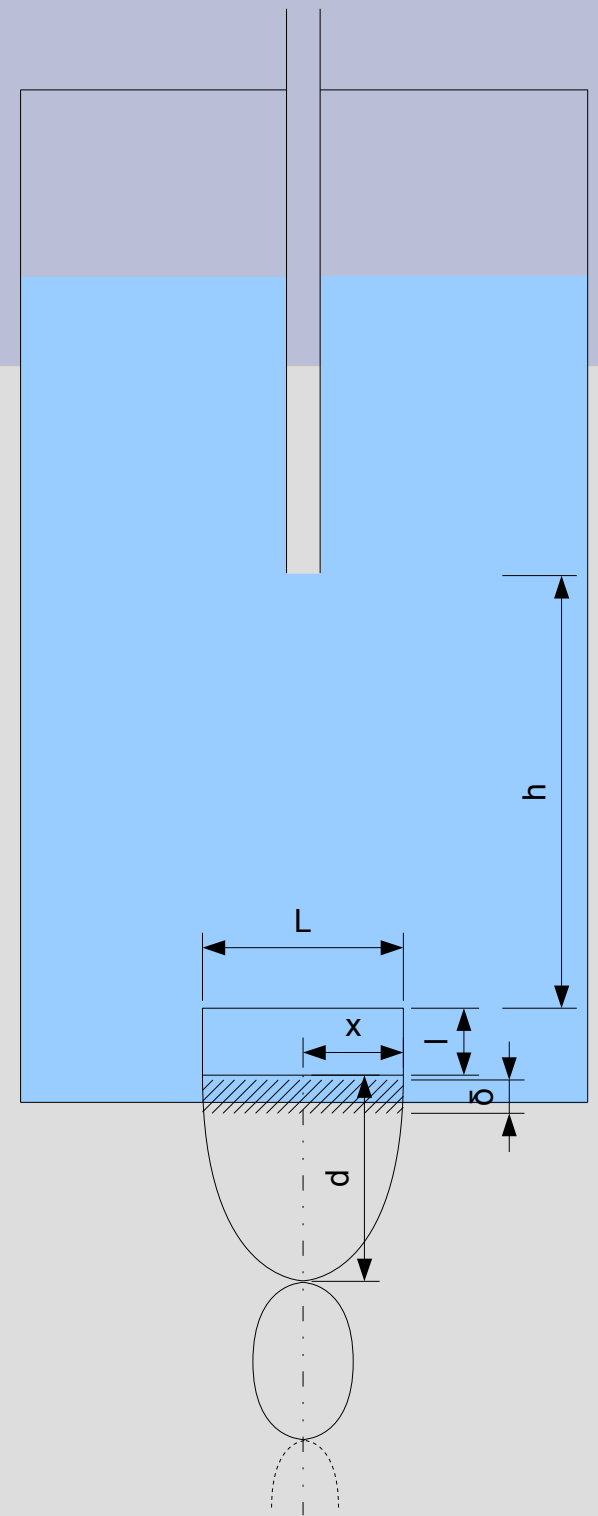
D'où :

$$E_c > E_p$$

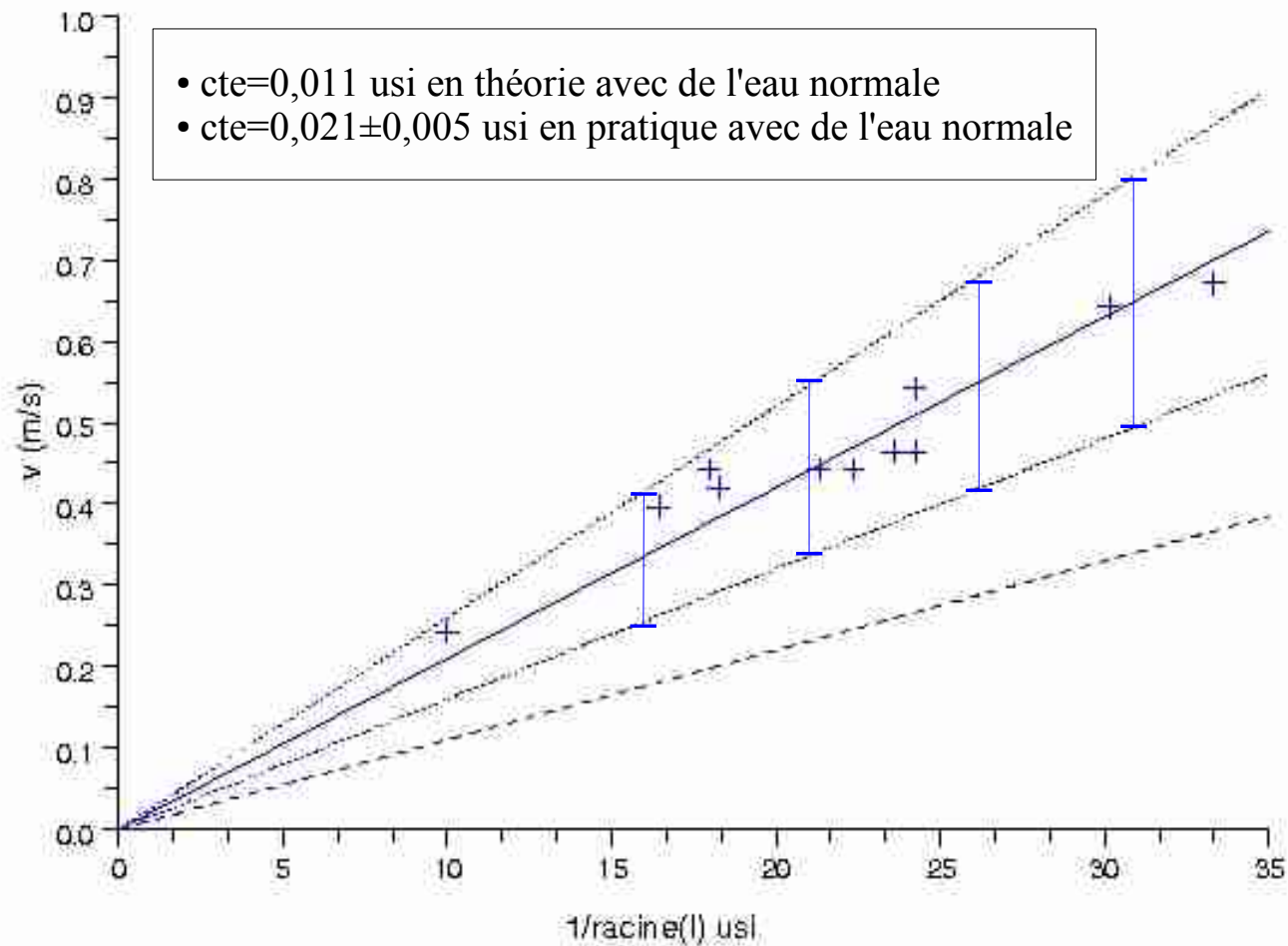
$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} L l \delta \mu v^2 > \gamma L \delta$$

$$\Leftrightarrow v^2 > \frac{2\gamma}{l\mu}$$

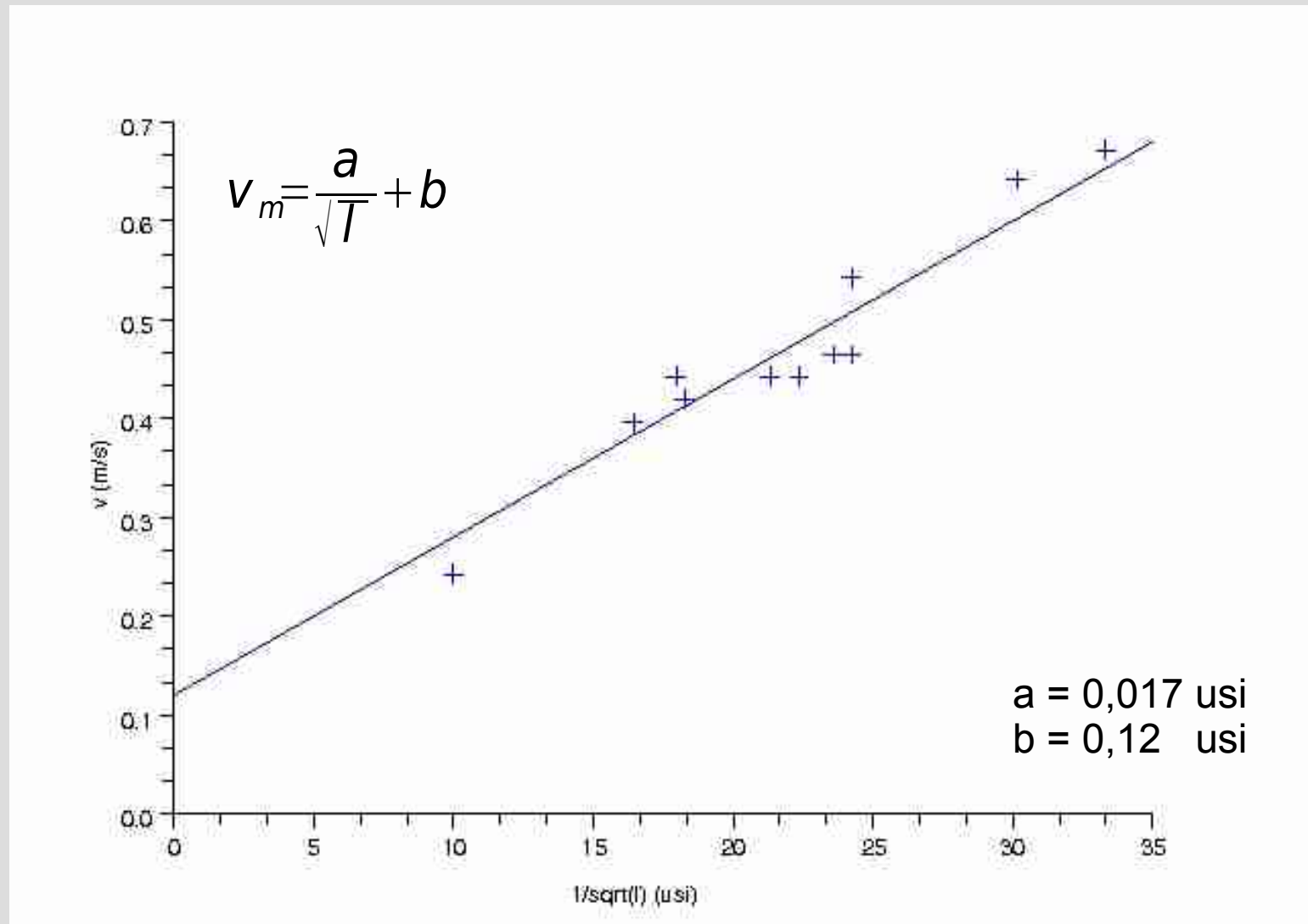
$$\Leftrightarrow v > \sqrt{2\frac{\gamma}{\mu}} \sqrt{\frac{1}{l}} \quad \text{avec} \quad \sqrt{2\frac{\gamma}{\mu}} = cte$$



Évolution de la hauteur minimale h_{\min} en fonction de $1/\text{racine}(l)$



Une ordonnée à l'origine ?



Un écoulement quotidien pas si simple

Conclusion

Étalonnage d'un appareil de mesure par arrachement

On s'appuie sur deux valeurs de forces connues :

- Le poids d'un objet à vide : 0 N
- Le poids d'un objet de masse connue (ici $m = 0,1\text{ g}$)

$$P = m g$$

$$P = 0,1 \times 10^{-3} \times 9,8$$

$$P = 98 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$P = 98 \text{ dyn}$$

On a étalonné l'appareil. A présent, on peut alors trouver la constante de tension superficielle à partir de la formule :

$$F = 2 \gamma l \quad \text{avec :}$$

- l la longueur de l'objet en contact avec le liquide (en m)
- γ la constante de tension superficielle du liquide en ($\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$)
- F la force mesurée par arrachement (en N)

Dans notre cas, la lame de métal mesure 2,05 cm.