

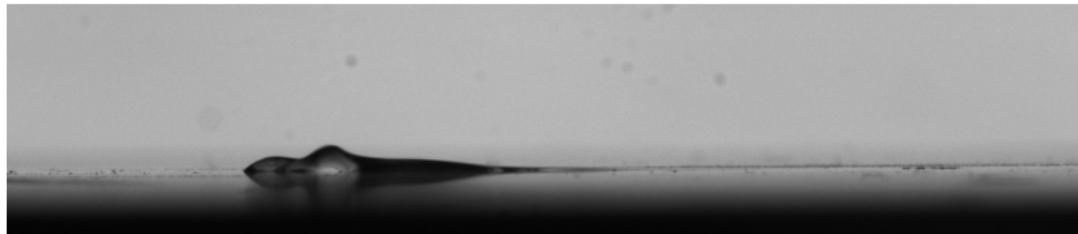
# Goutte soufflée : croissance et dynamique d'une goutte cisaillée par un écoulement d'air

BESSENG A IREH Guy Raymond

Université Paul Sabatier

21 Mars 2018

# Introduction



# Hypothèses

- Écoulement bidimensionnel, stationnaire
- $u \sim U, v \sim V, x \sim L, y \sim \delta$
- $\frac{\delta}{L} \ll 1$
- $F_{visqueux} \sim F_{inertiel}$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

# Couche limite de Blasius

- Hypothèse couche limite
- Vitesse à l'infini constante et suivant  $x$

On pose :

$$u(x, y) = \frac{\partial \varphi}{\partial y}$$
$$v(x, y) = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}$$

Changement de variable :

$$\eta = y \sqrt{\frac{U}{\nu x}}$$
$$\varphi = \sqrt{2\nu U x} f(\eta)$$

# Couche limite de Blasius

Équation de Couche limite de Blasius :

$$\frac{d^3f}{d\eta^3} + \frac{1}{2}f \frac{d^2f}{d\eta^2} = 0 \quad (4)$$

Avec les conditions aux limites :

$$u(x, 0) = 0 \Rightarrow \left. \frac{df}{d\eta} \right|_{\eta=0} = 0 \quad (5)$$

$$v(x, 0) = 0 \Rightarrow f(0) = 0 \quad (6)$$

$$u(x, \infty) = U \Rightarrow \left. \frac{df}{d\eta} \right|_{\eta=\infty} = 1 \quad (7)$$

# Couche limite de Blasius

$$\delta_1(x) = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy \approx \frac{1.72x}{\sqrt{Re_x}} \quad (8)$$

$$\delta_2(x) = \int_0^{\infty} \frac{u}{U} \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy \approx \frac{0.664x}{\sqrt{Re_x}} \quad (9)$$

$$C_f(x) = \frac{2\tau_{y=0}}{\rho U^2} = \frac{2\nu}{U^2} \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0} \approx \frac{0.664}{\sqrt{Re_x}} \quad (10)$$

# Couche limite de Blasius : Comparaisons Blasius et expérience

$$x = 0.55m, \quad Re_x = \frac{Ux}{\nu}, \quad \nu = 1.5e - 5 m^2.s^{-1} \quad \text{à} \quad T = 25^\circ C$$

---

$U(m/s)$	Reynolds
15	550000.00
20	733333.33
24	880000.00
28	1026666.7

Table – Nombre de Reynolds  $Re_x$

# Couche limite de Blasius : Comparaison $\delta_1$ Blasius et expérience

---

$U(m/s)$	$\delta_{1Blasius}(mm)$	$\delta_{1Experience}(mm)$	erreur relative
15	1.27	1.24	2.69%
20	1.11	1.10	0.61%
24	1.02	0.99	3.13%
28	0.96	0.95	1.55%

Table – Comparaison épaisseur de déplacement  $\delta_1$

# Couche limite de Blasius : Comparaison $\delta_2$ Blasius et expérience

---

$U(m/s)$	$\delta_{2Blasius}(mm)$	$\delta_{2Experience}(mm)$	erreur relative
15	0.49	0.47	3.64%
20	0.43	0.41	4.62%
24	0.40	0.37	6.08%
28	0.37	0.35	6.92%

Table – Comparaison épaisseur de quantité de mouvement  $\delta_2$

# Couche limite de Blasius : Comparaison $C_f$ Blasius et expérience

---

$U(m/s)$	$C_{fBlasius}$	$C_{fExperience}$	erreur relative
15	8.92e-04	9.19e-04	2.89%
20	7.77e-04	7.67e-04	1.31%
24	7.20e-04	7.33e-04	1.85%
28	6.75e-04	6.67e-04	1.26%

Table – Comparaison coefficient de frottement  $C_f$

# Couche limite de Blasius : Comparaison profil Blasius et expérience

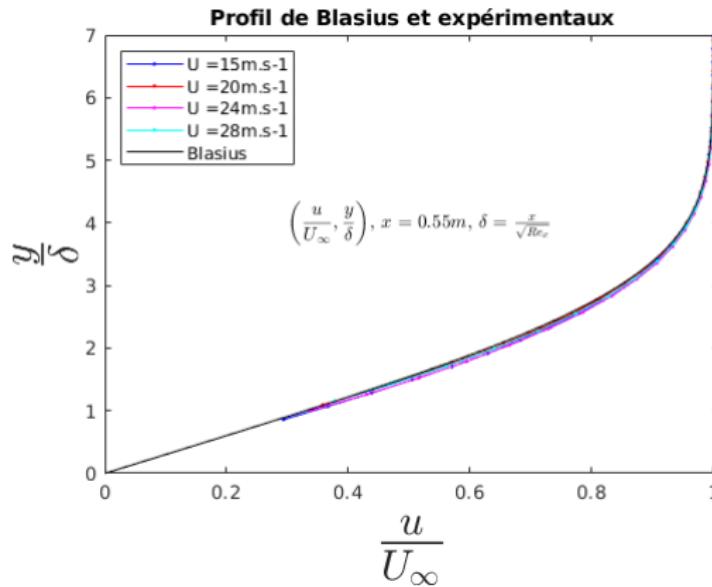


Figure – Profil de Blasius et expérimentaux

# Dispositif expérimental : Camera, surface et écran à laser

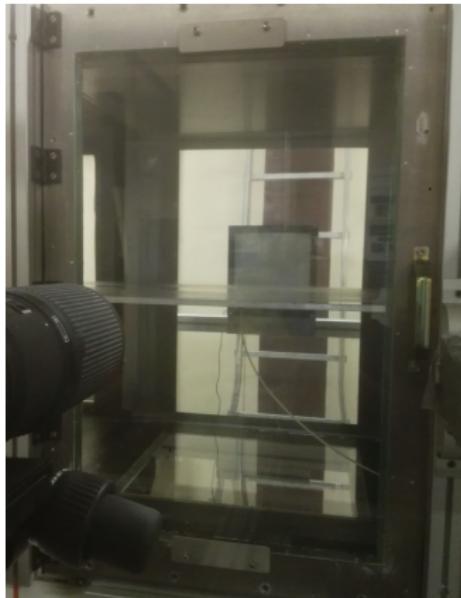


Figure – Camera, surface et écran à laser

# Dispositif expérimental : Ecran d'observation

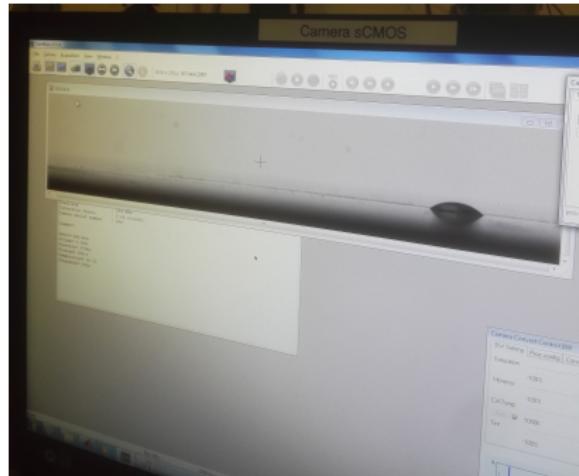


Figure – Ecran d'observation

## Paramètres mesurés

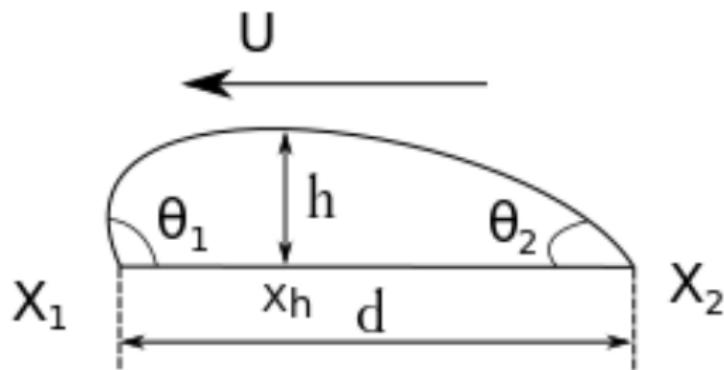


Figure – Paramètres mesurés

## Example de mesure

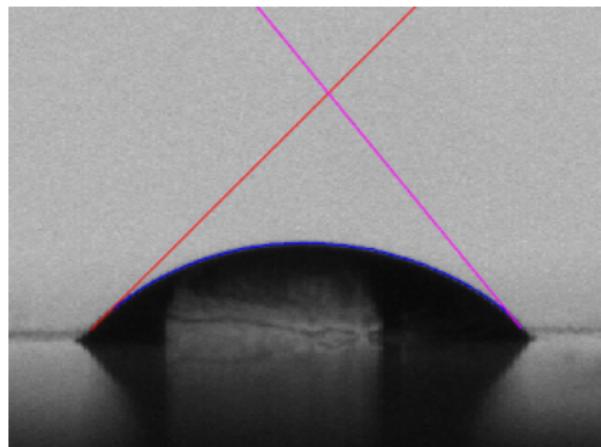


Figure – Goutte d'eau de volume 0.03ml avec :  
 $U = 0$ ,  $\theta_1 = 45^\circ$ ,  $\theta_2 = 50.17^\circ$ ,  $x_1 = 14.66mm$ ,  $x_2 = 6.77mm$ ,  
 $d = 7.89mm$ ,  $h = 4.86mm$  et  $x_h = 11.08mm$

# Résultats

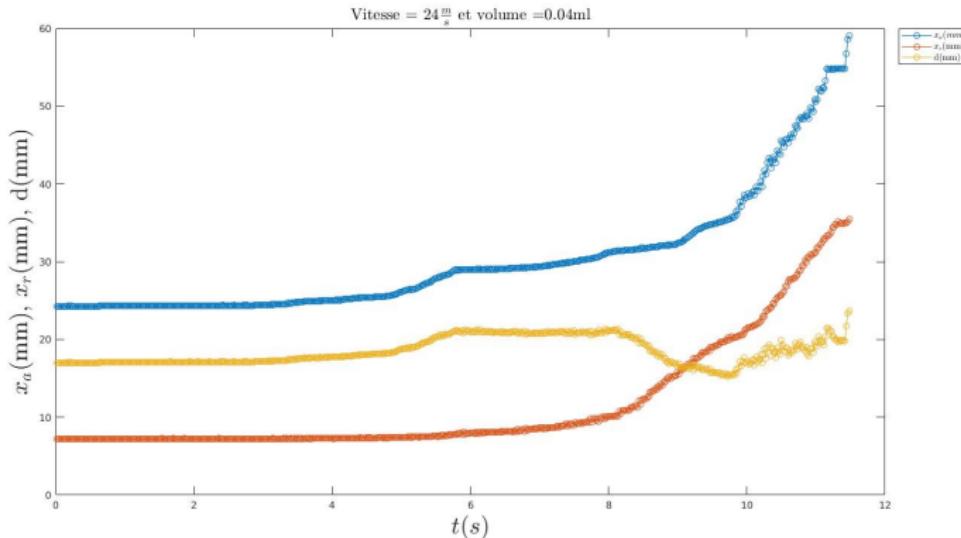


Figure –  $x_a$ ,  $x_r$ ,  $d$ ,  $U_\infty = 24 m.s^{-1}$ ,  
volume =  $0.04ml$

Analyse des résultats :  $\theta_a$ ,  $\theta_r$  pour  $U_\infty = 24 m.s^{-1}$  et volume = 0.04ml

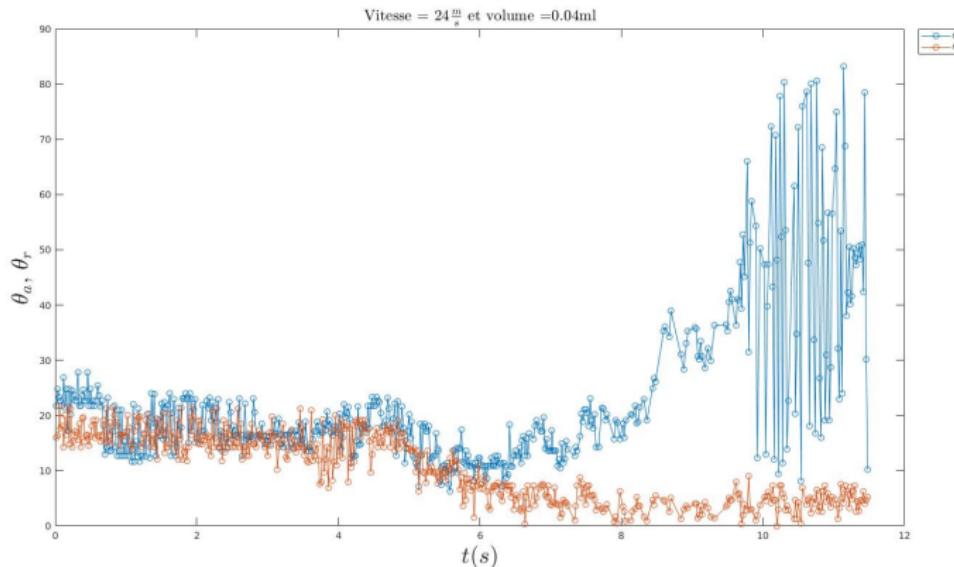


Figure –  $\theta_a$ ,  $\theta_r$ ,  $U_\infty = 24 m.s^{-1}$ , volume = 0.04ml

## Analyse des résultats : oscillations

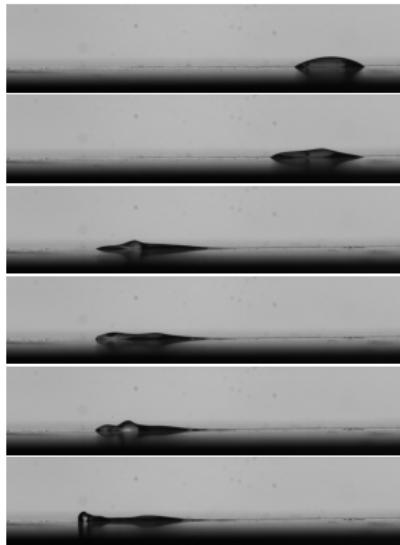
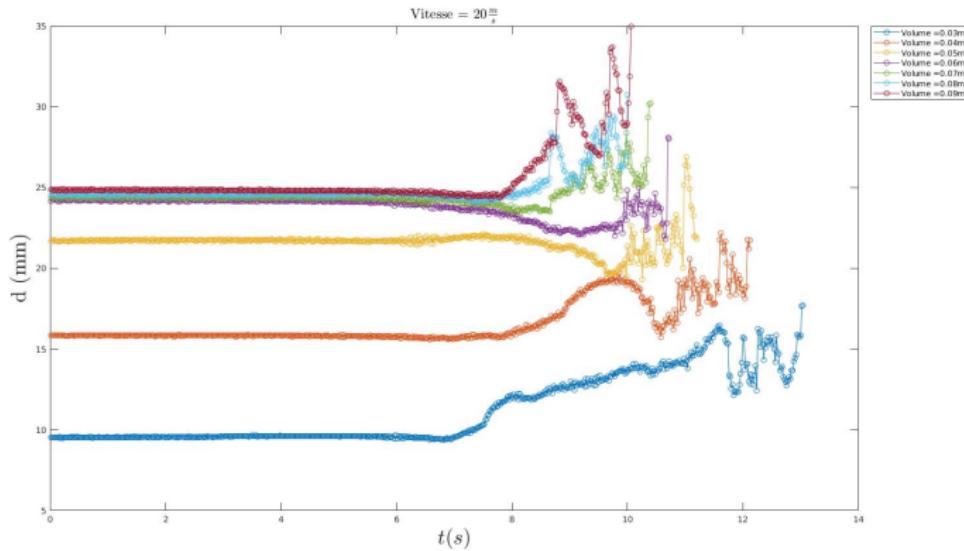
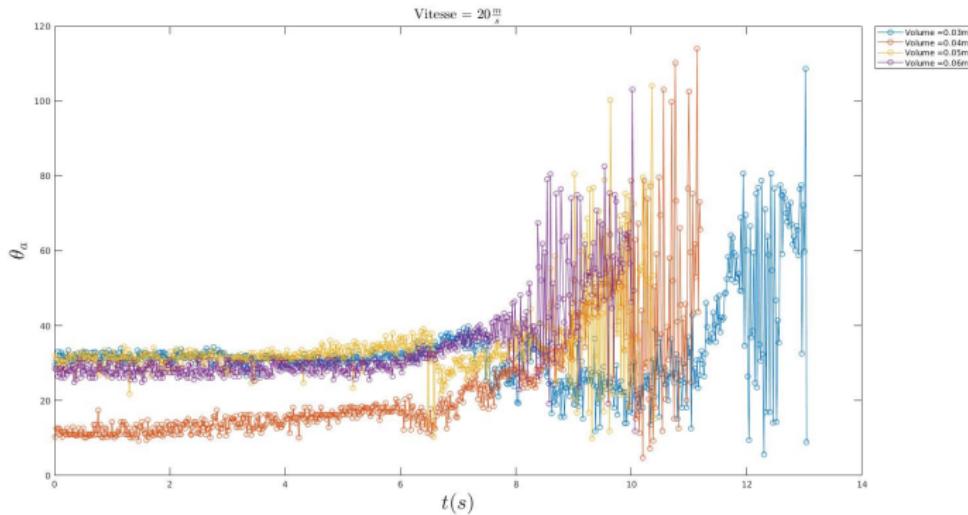
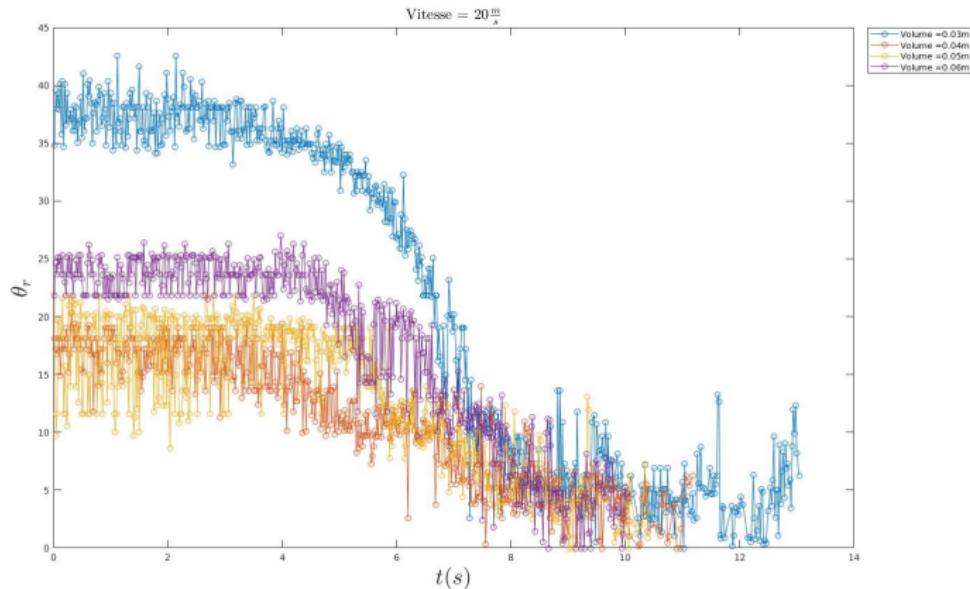
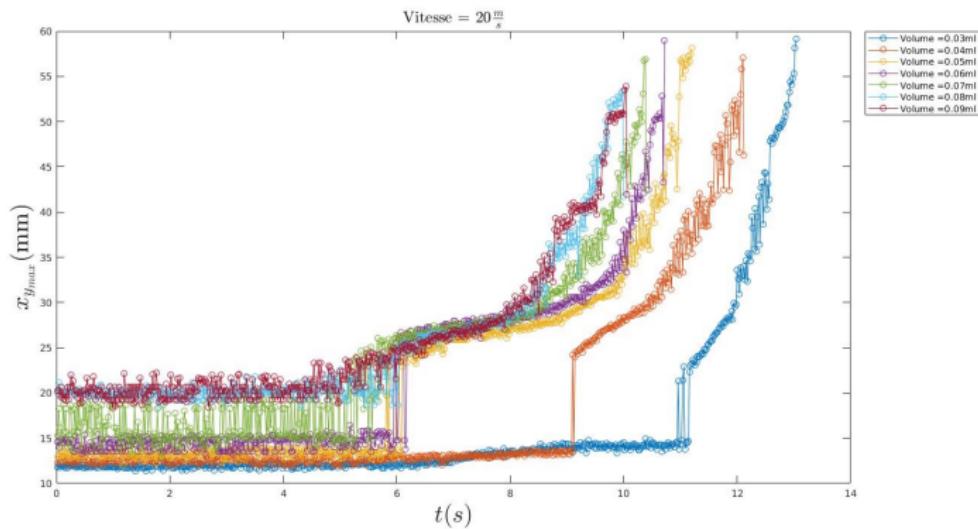


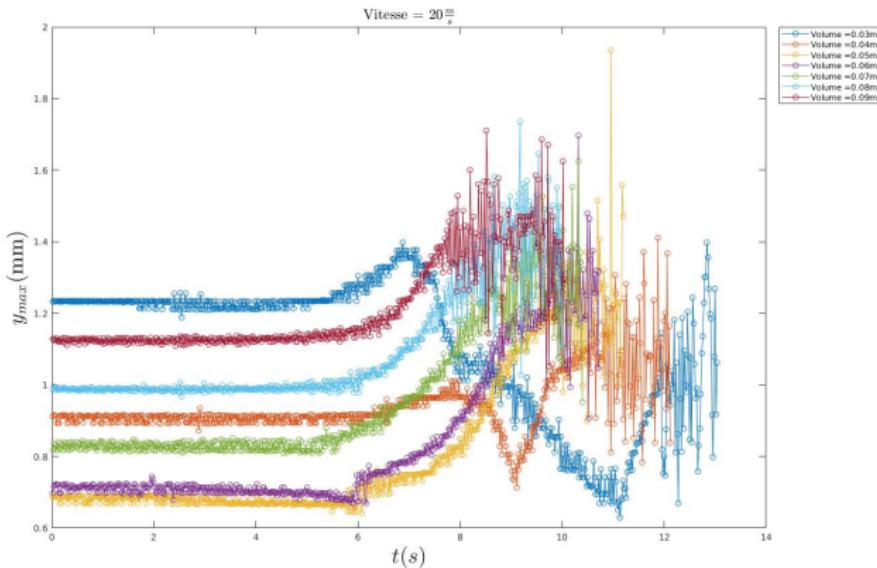
Figure –  $U_\infty = 20 \text{ m.s}^{-1}$ , de haut en bas nous avons :  
 $t = 0\text{s}, 8\text{s}, 12.52\text{s}, 12.54\text{s}, 12.58\text{s}$

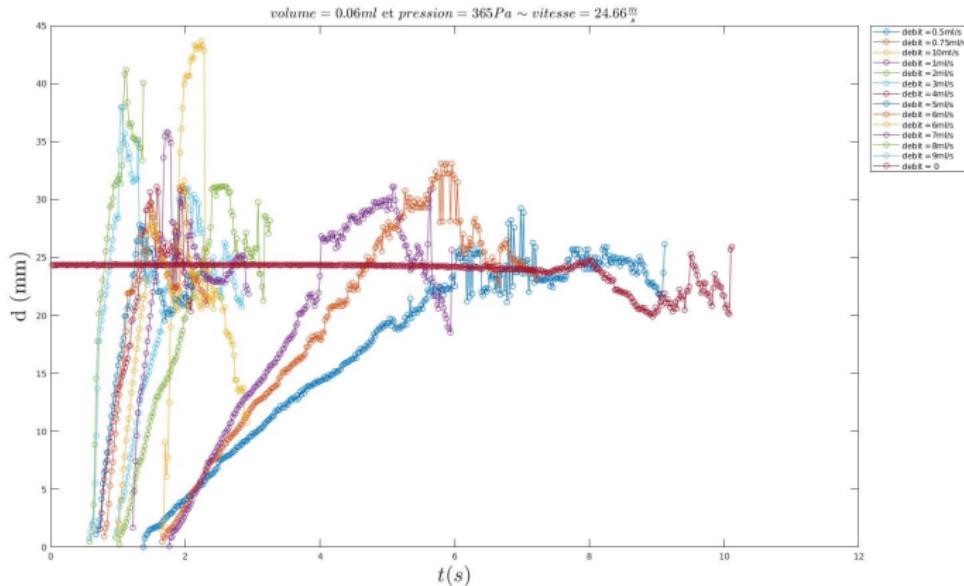
Analyse des résultats :  $d$  pour  $U_\infty = 20m.s^{-1}$ Figure –  $d$ ,  $U_\infty = 20m.s^{-1}$

Analyse des résultats :  $\theta_a$  pour  $U_\infty = 20 m.s^{-1}$ Figure –  $\theta_a$ ,  $U_\infty = 20 m.s^{-1}$

Analyse des résultats :  $\theta_r$  pour  $U_\infty = 20m.s^{-1}$ Figure –  $\theta_r$ ,  $U_\infty = 20m.s^{-1}$

Analyse des résultats :  $x_{max}$  pour  $U_\infty = 20m.s^{-1}$ Figure –  $x_{max}$ ,  $U_\infty = 20m.s^{-1}$

Analyse des résultats :  $y_{max}$  pour  $U_\infty = 28 m.s^{-1}$ Figure –  $y_{max}$ ,  $U_\infty = 28 m.s^{-1}$

Analyse des résultats : longueur  $d$  avec et sans debitFigure –  $d$  , volume = 0.06ml, vitesse  $\approx 24.7 m.s^{-1}$

# Conclusion et perspectives

# Questions

Avez-vous des questions ?