

# Projet Scientifique en Équipe : Méthodes et protocoles

Max GIRON  
Emma SIMON  
Guilhem CURÉ



# 1 Montage expérimental et évolution

Afin de pouvoir réaliser notre projet, nous avons donc cherché à créer un montage expérimental afin de réaliser une lame de savon en écoulement ayant une taille qui convienne aux ressources à notre disposition, tout en permettant l'observation de nos expériences.

Nous avons donc dans un premier temps, réalisé un montage vertical nous permettant de créer un film de savon vertical. Pour cela, nous avons construit une armature métallique dans laquelle nous avons suspendu deux fils de nylon reliés à chaque extrémité. Afin de créer une structure bidimensionnelle dans laquelle s'écoulerait notre film de savon, nous avons attaché nos fils de nylon en 4 points de la structure métallique. Pour que notre structure en nylon soit tendue, nous avons fixé un poids en bas de celle-ci.

Le but étant de créer un film de savon en écoulement stationnaire, nous avons réfléchi à un système permettant l'injection d'un volume constant et continu d'eau savonneuse dans la structure en nylon. Notre choix s'est porté sur la réalisation d'un système fermé à débordement. Celui-ci est composé de trois bacs. Le bac réservoir qui est la source de liquide et qui récupère tout le liquide utilisé afin de le réinjecter dans le système, le bac à débordement qui contient un volume constant de liquide et à partir duquel on injecte du liquide dans notre film de savon, et un troisième bac servant à récupérer l'excédent du bac à débordement et qui est syphoné directement dans le réservoir. Le bac à débordement ainsi que le bac de récupération sont situés en hauteur afin de permettre l'injection de liquide. Le réservoir est placé à la fin du film de savon afin de récupérer l'eau savonneuse issue du film. L'acheminement de l'eau du réservoir au bac à débordement s'effectue via une pompe à liquide.

Un volume constant de liquide étant maintenant disponible, nous avons réfléchi à un système d'injection à débit modulable. Pour cela, nous avons utilisé un tuyau dont nous pouvions modifier la section relié à une pipette pasteur en verre. Enfin, pour ce qui est du film de savon, nous avons utilisé du fil de nylon que nous avons disposé en hexagone avec deux cotés de grande taille (de l'ordre de 1m) et les 4 autres cotés de l'ordre de la dizaine de centimètres.

Nous avons réalisé de nombreuses expériences à l'aide de ce montage qui seront décrites par la suite.

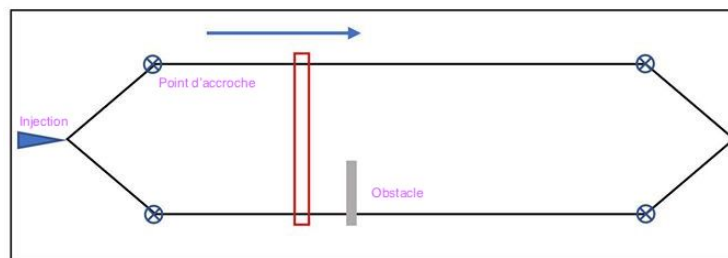


Figure 1: Montage expérimental

Cependant, l'utilisation d'un montage vertical nous imposait une certaine plage de vitesse liée à la gravité. Pour palier ce problème, nous avons réalisé le même montage en mettant la structure métallique horizontalement. En variant les points d'accroche des fils de nylon, nous avons pu changer l'inclinaison du film de savon et ainsi modifier l'influence de la pesanteur sur la vitesse de l'écoulement.

Ensuite, notre projet s'est déroulé en deux phases, le sujet ayant évolué au cours du temps. Dans un premier temps, nous souhaitions observer la forme de l'écoulement dans le film de savon. Pour ce faire, nous avons réalisé deux interférométries. D'une part, un système d'interférences en lumière monochromatique dans lequel nous avons utilisé une lampe au sodium que nous avons placé en incidence normale d'un côté du film de savon.

L'observation des franges se faisant du coté opposé à la lampe, en transmission. D'autre part, un système d'interférence en lumière blanche que nous avons placé en incidence à 45° du film de savon. L'observation des interférences se faisant en réflexion à 90° de la lampe. Le système de prise de vue était constitué d'une caméra couleur.

Dans un second temps, le but de notre projet est devenu l'observation des ondes de surface supersoniques dans le film de savon ainsi que la détermination de la vitesse du film de savon. Pour cela, nous avons utilisé un système de prise de vue à deux caméras. La première étant une caméra couleur classique pour observer les ondes, la seconde étant une caméra rapide permettant, à l'aide d'un éclairage puissant, de déterminer la vitesse de l'écoulement tel que décrit plus loin.

Enfin, pour provoquer les ondes de surface nous avons utilisé un objet carré millimétrique que nous avons inséré dans le film de savon.

## 2 Protocole expérimental

### 2.1 Détermination du champs de vitesse à l'aide de la PIV

L'idée que nous souhaitons mettre en place est la suivante. On place une grande quantité de particules réfléchissantes dans le bac d'eau savonneuse. Une fois le régime stationnaire établie (i.e une fois que les particules sont réparties dans l'intégralité du montage), nous mettons en place le film de savon et l'obstacle générant les allées.

Une fois le film de savon et les allées stables, nous enregistrons l'écoulement juste en dessous de l'obstacle (Fenêtre de 6 cm de longueur pour 0.5 cm de largeur représentée en rouge). Nous enregistrons ensuite l'écoulement pendant 1 seconde. Une fois l'enregistrement effectué nous commençons le traitement des données.

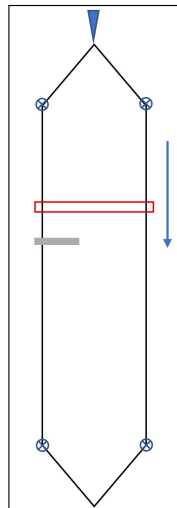


Figure 2: Schémas du montage expérimental utilisé. Injection : Triangle bleu / Fixation : Croix bleus / Zone d'étude : Rectangle rouge / Règle graduée : Rectangle gris / Sens de l'écoulement : Flèche bleue

Afin de remonter à la vitesse et aux caractéristiques de l'écoulement nous avons ouvert deux séquences à une image d'écart (Séquence 1 : image 1 à 499 et Séquence 2 : 2 à 500). Une fois c'est deux séquences obtenues nous faisons l'opération Séq 2 – Séq 1 nous donnant une nouvelle séquence d'image (Séq Finale). Une fois la Séq Finale obtenue nous pointons les deux positions successives pour chaque particule. Connaissant la durée séparant deux

images nous avons pu remonter à la valeur de la vitesse en différents points. Par la même occasion, au moment du pointage nous avons aussi récupéré les données de position des particules afin de pouvoir reconstituer le profil de sur toute la tranche étudiée.



Figure 3: Exemple d'image obtenue après la soustraction entre deux images successives

Une fois l'enregistrement effectué (et la longueur d'onde récupérée, cf ci-dessous). Nous devons modifier légèrement la valeur du débit, pour ce faire nous avons mis au point un système de pinces dont l'écartement était réglable grâce à des vis. Nous procédions entre chaque manipulations un demi-tour de vis. Une fois que le phénomène n'apparaît plus c'est que le débit est trop faible et que nous avons terminé la séquence d'expérience.

## 2.2 Détermination de la longueur d'onde du phénomène

En parallèle de la manipulation précédente, il nous fallait la valeur de la longueur d'onde de la perturbation. Le problème était que sur le premier enregistrement l'éclairage ne permettait pas de mettre en évidence le phénomène. C'est pourquoi nous avons dû avoir recours à une autre caméra et à un spot puissant qui nous ont permis par réflexion d'observer le phénomène et de pouvoir le mesurer. Nous prenions en moyenne 10 à 30 images afin de pouvoir mesurer  $\lambda$  à plusieurs reprises. De plus cette façon de procéder nous permettait d'attester de la stabilité de l'écoulement. Nous rentrions après ces données dans un programme MatLab (Annexe 2) afin d'en extraire les valeurs moyenne.

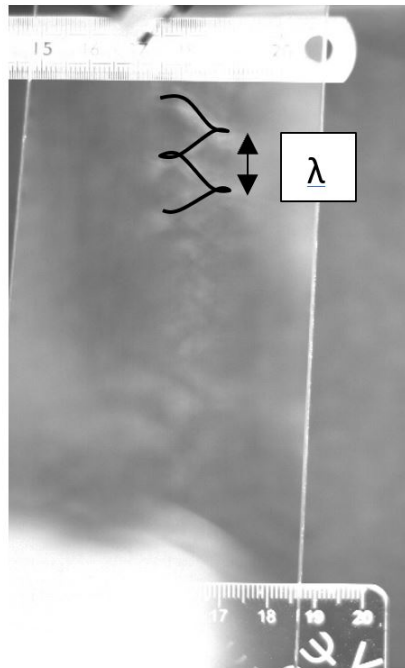


Figure 4: Exemple la longueur d'onde du phénomène pour un débit quelconque

### 3 Traitements des données expérimentales

Après le traitement réalisé sous ImageJ (expliqué plus haut), nous obtenons un tableau de valeur que nous pouvons traiter sous Matlab :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	XM	YM	Perim	BX	BY	Width	Height	Angle	Median	Area	Slice	Length	
2	1	44	102.260	7.002	85.351	116.137	322	5.333	0	0	12.667	301	5	43	0	0	0	0	0	1.42.667
3	2	8	1.997	6.113	-5	13.667	332	33	0	0	5.500	332	30	0	7	-90	0	0	0	1.6.500
4	3	8	-1.397	9.986	-16.333	17.250	339	31.625	0	0	6.750	339	28	0	7	-90	0	0	0	1.6.750
5	4	9	-5.655	9.745	-20.188	5.625	362	750	28.375	0	0	7.750	363	25	0	8	-90	0	0	4.7.750
6	5	10	-3.620	11.990	-18.481	16.667	517	26.250	0	0	8.500	517	22	0	9	-90	0	0	0	4.8.500
7	6	9	-8.234	8.954	-20.167	6.663	343	18.675	0	0	7.250	343	15	0	7	-90	0	0	0	5.7.250
8	7	9	-3.472	12.871	-21.750	18.667	359	15.250	0	0	8	359	11	0	8	-90	0	0	0	5
9	8	8	1.964	9.294	-9.696	17.125	518	500	34.375	0	0	7.250	517	31	0	7	-90	0	0	5.7.250
10	9	10	-1.169	8.817	-9.104	21	510.750	12.625	0	0	8.750	511	8	0	9	-90	0	0	0	5.8.750
11	10	7	-4.060	5.673	-11.306	4.063	293	18.500	0	0	5.500	293	14	0	6	-90	0	0	0	7.5.500
12	11	10	-1.423	7.613	-15.583	9.625	365	750	28.675	0	0	9.250	366	24	0	9	-90	0	0	7.9.250
13	12	8	-2.098	11.672	-20.833	15.042	359	250	31.375	0	0	7.250	359	28	0	7	-90	0	0	7.7.250
14	13	11	2.036	7.318	-8.833	12.583	569	250	29.500	0	0	9.500	569	25	0	10	-90	0	0	7.9.500
15	14	7	-1.409	4.341	-8.417	3.833	293	28.625	0	0	5.750	293	26	0	6	-90	0	0	0	9.5.750

Figure 5: Profil de vitesse des particules dans une bulle de savon

Seules certaines valeurs de ce tableau nous intéressent : la longueur du segment que nous avons tracé, ainsi que la position X dans l'image de ce segment. Ainsi, en convertissant les mesures en grandeurs réelles, nous pouvons tracer le profil de vitesse des particules le long de la bulle. Pour cela nous avons utilisé un programme de traitement Matlab, qui se trouve en annexe. Voici un des résultats que nous avons obtenus :

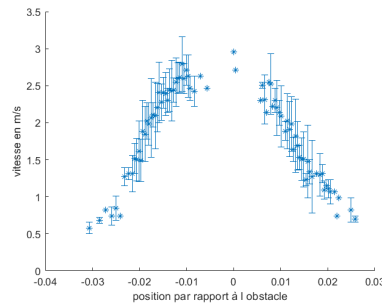


Figure 6: Profil de vitesse des particules dans une bulle de savon

Pour ce qui est du calcul des barres d'erreur, nous avons moyenné sur un certains nombre de points autour d'une position X de l'image.

Nous avons aussi mis en relation la longueur d'onde de la perturbation et la vitesse maximale d'écoulement de fluide. Via un pré-traitement sur ImageJ, nous avons tracé nos résultats via matlab de la même façon que précédemment. Les vitesses maximales ont été extraites des données précédentes.

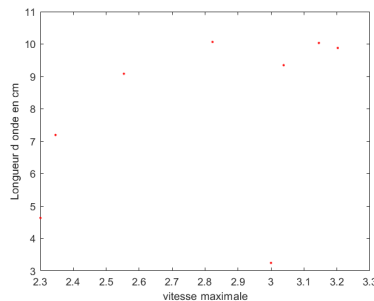


Figure 7: longueur d'onde de la perturbation en fonction de la Vitesse maximale d'écoulement

## 4 Annexe

### Traitement des vitesses des particules

```
1 clear all
2 close all
3 clc
4 %%% TRAITEMENT DONNEE PSE 2 raccourci%%
5 %%% LE 04/02/2020 %%%
6 %%% MAX GIRON %%%
7 %%% EMMA SIMON %%%
8 %%% GUILHEM CURE %%%
9 fps=1500;
10 %%% lecture fichiers
11 exp13 = readtable('Resultats13.csv'); % chargement des donn es
12 %%% exp 13
13
14 perim13=zeros(400,1);
15 for i=2:401
16     cell1=(table2array(exp13(i,12))); %enregistrement de la
17     longueur des segments
18     perim13(i-1)=cell1;
19 end
20
21 xpos13=zeros(400,1);
22 for i=2:400
23     cell1=(table2array(exp13(i,8))); % enregistrement de la
24     position de la particule
25     xpos13(i-1)=cell1;
26 end
27
28 echelle13=0.005/(table2array(exp13(1,12))*fps); % mise l'
29 echelle r elle
30 perim13=perim13*echelle13;
31 vitesses Moy13=max(perim13(1:end-1)); % calcul de la vitesse
32 maximale
33 min13=min(xpos13(1:end-1));
34 max13=max(xpos13(1:end-1));
35 new_points13=zeros(round(max13-min13)/4),1); % centrage des
36 valeurs autour de l'obstacle
37 new_pos13=round(min13):4:round(max13);
38 % moyennage des points
39 for j=1:140
40     new_points=0;
41     k=0;
42     for i=2:400
43         if xpos13(i)<new_pos13(j+1) && xpos13(i)>new_pos13(j)
44             new_points=new_points+perim13(i);
45             k=k+1;
46             if k>0
47                 valerr(k)=perim13(i);
48             end
49         end
50     end
51 end
52 end
```

```

49     end
50     if k==0
51         error13(j)=0;
52
53     else
54         error13(j)=max((valerr(1:k))-min(valerr(1:k)))/2;
55     end
56     new_points13(j)=new_points/k;
57 end
58 new_pos13=new_pos13*echelle13/fps;
59
60 %% affichage des donn es
61
62 errorbar(new_pos13(1:end-1),new_points19(1:end-1),error19(:),'*r')
63 hold on
64 %errorbar(new_pos20(1:end-1),new_points20(1:end-1),error20(:),'+b
65 ')
66 % errorbar(new_pos18(1:end-1),new_points18(1:end-1),error18(:),'*g
67 ')
68 % errorbar(new_pos17(1:end-1),new_points17(1:end-1),error17(:),'+m
69 ')
70 hold off

```

## Traitement des longueurs d'ondes de la perturbation

```

1 %% Longueur d'onde
2 % chargement des donn es trait es osus ImageJ
3 F13=readtable('C:\Users\33672\Documents\matlabPSE\Lambdacalculs\
4     resultats13.csv');
5 L13=zeros(1,50);
6 l13=zeros(1,50);
7 e13=table2array(F13(1,8));
8 D=0;
9 A=0;
10 P=0;
11 % calcul de la longueur d'onde en fonction du p rim tre et de l'
12     aire
13 for i = 2:50
14     A=table2array(F13(i,2));
15     P=table2array(F13(i,8));
16     D = P^2-4*A;
17     L13(i)=0.5*(P+sqrt(D));
18     l13(i)=0.5*(P-sqrt(D));
19 end
20 Lambda13=mean(L13)/e13
21 %% tra age des Longueurs d'onde
22
23 Lambda = [Lambda13,Lambda14, Lambda15,Lambda16,Lambda17, Lambda18,
24     Lambda19, Lambda20];
25
26 VitesseMax = [3.2025, 3.0383, 3.1452, 2.8226, 2.5537, 2.3466, 3,
27     2.3007];
28 VitesseMoy = [];
29 plot(VitesseMax,Lambda,'r*')

```