

# MÉTHODES ET PROTOCOLES : LA PISCINE INVERSÉE

## Projet scientifique en équipe

Oriane Pagani-Azizi ; Hanna Cisaruk ; Elliot Thouvenot

Mai 2019

Nous allons reconstituer l'expérience mise en place afin de faire tenir un liquide en suspension grâce à une vibration verticale. Chaque outils ou matériel utilisé sera précisé après la liste exhaustive permettant le montage de l'expérience.

### 1 Matériel

#### 1.1 Montage

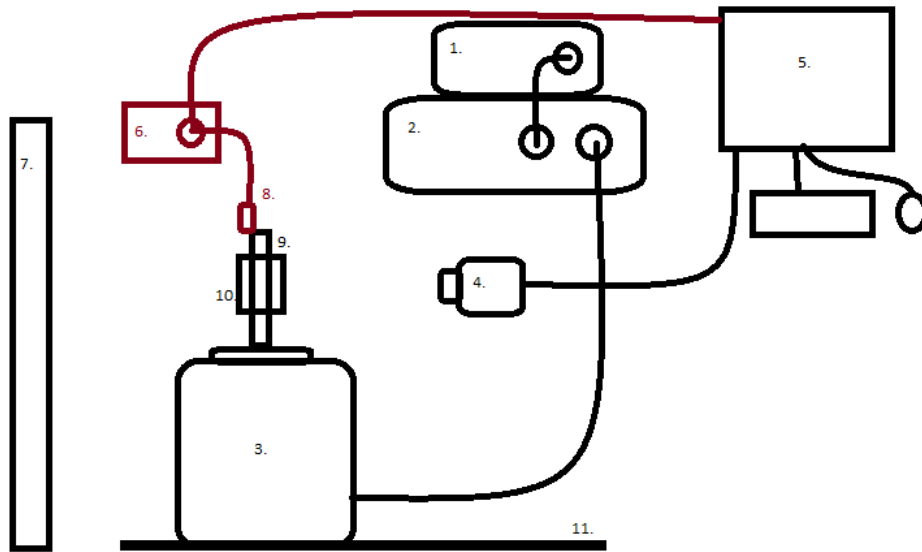


FIGURE 1 – Schéma du montage

1. GBF
2. Amplificateur PA500L LDS
3. Excitateur à aimant permanent LDS V455 Bruel and Kjaer
4. Caméra BASLER aCA1300
5. Unité centrale
6. Système d'acquisition de données Pico DrDAQ
7. Ecran lumineux Led
8. Accéléromètre piézoélectrique
9. Structure Rotative
10. Contenant de différentes formes et diamètres
11. Tapis amortisseur

## 1.2 Pot Vibrant

L'expérience nécessite un pot vibrant suffisamment puissant, devant fournir une accélération allant de 10 à 90 G. L'Excitateur à aimant permanent LDS V455 Bruel and Kjaer s'accompagne d'un amplificateur PA500L LDS branché sur secteur et d'un GBF sur lequel on règle la forme sur signal, ici sinusoïdale, et sa fréquence, qui varie entre 40 et 110Hz. Afin d'assurer l'immobilité du pot vibrant, il est disposé au sol sur un tapis en mousse servant d'amortisseur.

## 1.3 Prise de vue

Nous avons utilisé une Caméra BASLER aCA1300 - 200 $\mu$ m sur laquelle est adapté un objectif NAVITAR ( $f = 50$  mm/F 1.4). Pour permettre un meilleur contraste, un écran lumineux Led est placé derrière la structure rotative. Le logiciel Pylon Viewer nous permet de prendre des films cadencés suivant la fréquence entrés dans le GBF donc suivant la fréquence de vibration du contenant afin d'avoir une image nette de l'expérience.

## 1.4 Structure Rotative

Nous avons eu besoin de construire une structure totalement fixe sur le pot vibrant et permettant de faire tourner et de stabiliser le contenant. Pour un meilleur fonctionnement du pot vibrant, il est nécessaire d'alléger au maximum le dispositif, la structure est donc en PMMA.

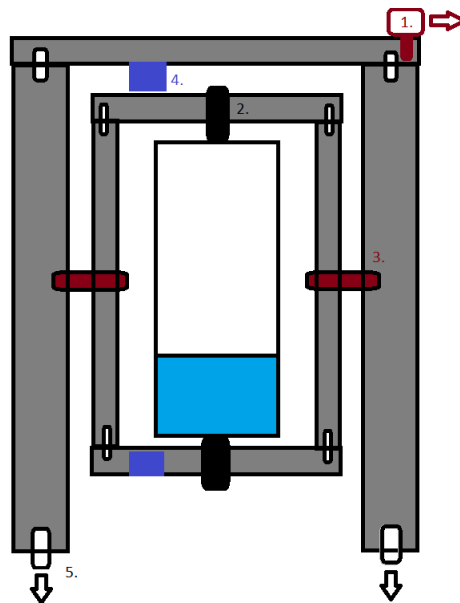


FIGURE 2 – Plan de la structure

1. Accéléromètre vissé à la structure
2. Vis de fixation/serrage pour le contenant en PVC
3. Liaison pivot
4. Système aimanté de blocage de rotation
5. Vis de fixation sur le pot vibrant

## 1.5 Contenants et fluides

Nous sommes passés par différentes formes et différentes tailles de contenant. Nous avons construit des contenants carrés en PMMA afin pouvoir filmer la surface de notre liquide en s'affranchissant des effets d'optique dus à un contenant cylindrique sur l'image. Cependant, si le liquide n'était pas retourné assez rapidement, celui-ci commençait à couler dans les coins du récipient le long des arrêtes et continuait de couler même une fois retourné et stabilisé. Nous sommes donc revenus à des contenants cylindriques car l'effet de bord était moindre.

qu'avec les contenants carrés. Nous avons fait varier le diamètre des contenants. Le diamètre de référence étant de 1,6 cm, nous avons testé 1 cm et 5 cm.

Pour les fluides, nous avons étudié des huiles de silicone de viscosité de 350 cP, 500 cP et 1000 cP.

## 2 Acquisiton

### 2.1 Mesures

La première étape consiste à remplir le récipient du liquide jusqu'à une hauteur déterminée par l'utilisateur, car l'épaisseur de fluide intervient dans l'expression de l'accélération de Rayleigh. Une fois le récipient fixé en haut et en bas par les deux vis de la structure, nous pouvons commencer les mesures à proprement parler.

On mesure en une expérience deux points par fréquence qui correspondent aux accélérations de Faraday et de Rayleigh. On envoie par le GBF un signal sinusoïdal, de fréquence fixée par l'utilisateur. Généralement, nous commençons à 50Hz puis par pas de 5Hz nous terminons la série de mesure aux alentours de 100Hz, en fonction de la viscosité testée.

On commence donc par chercher l'instabilité de Faraday, en amplifiant à fréquence fixée, l'amplitude des oscillations du pot vibrant en augmentant le gain de l'amplificateur PA500L LDS. Une fois le seuil de Faraday repéré, nous nous plaçons, en terme d'accélération, juste en dessous de ce seuil en diminuant légèrement le gain de l'amplificateur. Puis nous donnons un coup sec dans l'angle supérieur droit du cadre intérieur de la structure rotative pour faire tourner rapidement le liquide afin d'éviter qu'il ne commence à couler le long des parois pendant la rotation. Une fois le liquide à l'envers et stabilisé, nous diminuons progressivement l'accélération afin de trouver l'accélération seuil de Rayleigh. Cette mesure est plus délicate car légèrement moins visuelle que celle de Faraday. Le gain de l'amplificateur est légèrement diminué avec des pauses entre chaque diminution pour s'assurer qu'après quelques secondes le liquide soit encore stable. Lorsque le liquide commence à tomber par le centre puis entièrement, le seuil de Rayleigh est atteint. Il est donc important de diminuer légèrement l'accélération à chaque étape pour trouver le seuil de la manière la plus exacte possible.

### 2.2 Carte Pico et Accéléromètre

L'accéléromètre est vissé sur le cadre extérieur de la structure rotative afin de vibrer le plus solidairement possible avec la structure. Au départ, nous observons la tension délivrée par l'accéléromètre à l'oscilloscope. Cependant, le signal étant entaché de hautes fréquences parasites, qui correspondent par exemple à des vibrations transverses au niveau des liaisons pivot, la mesure de l'accélération était assez variable et peu précise.

Nous avons donc opté pour l'achat d'une carte PICO qui nous permettait grâce au logiciel PicoScope que nous avons téléchargé, de récupérer la courbe de la tension de l'accéléromètre sur l'ordinateur, de l'enregistrer sous format tableur csv puis d'en faire le traitement sur Matlab.

### 2.3 Programme Matlab

Pour obtenir l'accélération à partir des données acquises par l'accéléromètre et la carte Pico, nous traitons celles-ci grâce à un code Matlab. Celui-ci permet d'appliquer un filtre passe-bas au signal, afin de supprimer ses composantes dues aux vibrations transverses, et de transformer le signal ainsi filtré en accélération. Il permet également d'afficher les différents graphes intéressants (signal brut, transformée de Fourier du signal, signal filtré) nous permettant de vérifier la valeur de l'accélération obtenue. Le code est :

```
%%Traitement des données
%Ouverture et traitement préliminaire des données
chemin = 'C:\Users\user\Documents\PICO\500_petit_diametre\90_R.csv';
fid = fopen(chemin);
data = cell2mat(textscan(fid, '%f%f', 'Delimiter', ',', 'HeaderLines', 3));
a = findstr(chemin, '_');
fid = fclose(fid);
%Choix des fréquences de coupures
fb=0;
fh=180;
```

```

Temps = data(:,1);
CanalOscilloscope = data(:,2); %amplitudes

Np = length(CanalOscilloscope);
fe = Np/(max(Temps)*10-3); %Fréquence d'échantillonnage

fft_signal = fft(CanalOscilloscope); %Transformée de Fourier du signal
freq = linspace(0,fe,Np); %Vecteur fréquence non centré
freqs = linspace(-fe/2,fe/2,Np); %Vecteur fréquence centré

%Recherche du signal compris dans entre les fréquences de coupure
ind = find((freqs>fb & freqs <fh) | (freqs<=-fb & freqs>=-fh));

%Création des données filtrées et centrées
fftfilter=zeros(Np,1);
fft_signal_shift=fftshift(fft_signal);
fftfilter(ind)=fft_signal_shift(ind);

ffts_signal_abs = abs((fft_signal_shift));

fft_filter_abs = abs((fftfilter)); %Valeurs absolues de la FFT filtrée

%Calcul du signal filtré par Transformée de Fourier inverse
signal_filter = ifft(fftshift(fftfilter));

%Recherche et calcul de l'accélération
max_signal = abs(max(signal_filter));
max_signal_mv = 1000*max_signal;
acc = max_signal_mv/96.19

%%Tracé des courbes

figure(1)
plot(Temps, CanalOscilloscope)
hold on
plot(Temps, signal_filter, 'r')

figure(2)
plot(freqs, ffts_signal_abs)
hold on
plot(freqs, abs(fftfilter), 'r')

figure(3)
plot(freqs, fft_filter_abs)

figure(4)
plot(freq, abs(fftfilter))

figure(5)
plot(Temps, signal_filter)

```