

## PSE : Lévitaiton de molécules d'eau

### Objectif :

On cherche à faire tenir en suspension une couche de liquide dans une cuve en plexiglas. Pour cela, on place la cuve sur un pot vibrant.

### Matériel et montage :

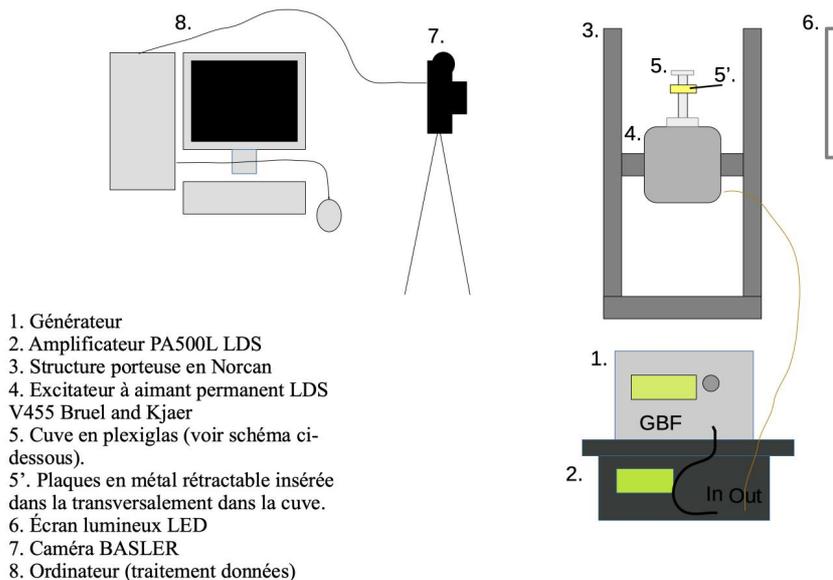


Figure 1 : Schéma des différents éléments du montage.

### Matériel (détails):

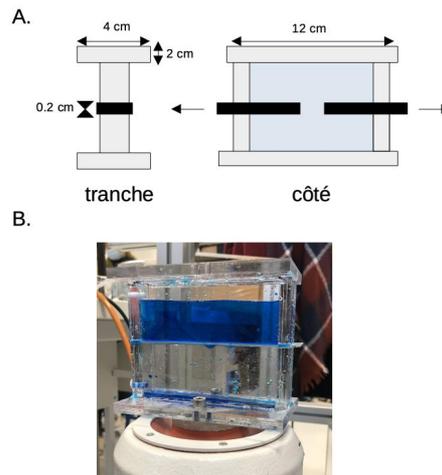
#### - Pot vibrant

Les oscillations sont réalisées grâce à un pot vibrant. Ce dernier doit fournir une accélération suffisamment puissante, un excitateur à aimant permanent **LDS V455 Bruel and Kjaer** accompagné d'un amplificateur **PA500L LDS** branché sur secteur et d'un GBF sont ici utilisés. Le signal obtenu sur le GBF est sinusoïdal, et la fréquence est fixée à 110 Hz pour dépasser la fréquence seuil. Le pot vibrant est maintenu par une structure en Norcan, et la rotation du pot est assurée par des vis de fixation reliées de chaque côté à la structure porteuse.

#### - Contenant en plexiglas

La cuve est réalisée au cutter laser avec du PMMA 8mm, selon la structure présentée en figure 2.

Des fentes dans la cuve permettent l'insertion de plaques fines en métal sur les côtés, permettant de varier la taille de l'interface. Le fluide est coloré en bleu pour obtenir un meilleur contraste à la caméra.



Note : Deux configuration sont possible pour le trou : deux plaques ou une plaque que l'on rétracte depuis un seul coté.

Figure 2: Description de la cuve en plexiglas. A: Schéma de la cuve, vue de la tranche et de côté. B: Photographie de la cuve. Le compartiment supérieur est rempli de glycérol coloré et séparé du compartiment inférieur par les plaques en métal.

#### - Vidéos

Les vidéos sont réalisées avec une caméra BASLER aCA1300 - 200 $\mu$ m. Un écran lumineux LED est placé derrière la structure pour améliorer le contraste. Les vidéos ont été traitées avec Image J (cf Analyse des séquences vidéos).

#### - Fluides

Deux types de fluides ont été considérés pour l'interface air/liquide : de l'eau et du glycérol, dans le but de faire varier la viscosité. Le fluide est coloré en bleu pour obtenir un meilleur contraste à la caméra.

### Méthodes :

#### - Détermination de la fréquence et amplitude de travail

Pour déterminer les intervalles de fréquences et amplitude de travail, on se place pour un système donné à une fréquence où l'instabilité de Faraday ne domine pas : typiquement à 110 Hz pour notre système optimisé.

Puis, à fréquence fixée, le gain de l'amplificateur PA500L LDS est augmentée dans le but d'augmenter l'amplitude des oscillations. Le seuil de Faraday, facilement observable à l'œil nu de part des vaguelettes à la surface, est repéré, et représente la limite supérieure de l'intervalle de travail.

Le gain est diminué jusqu'à ne plus voir l'instabilité de Faraday, puis le pot vibrant est retourné rapidement grâce aux vis de chaque côté. L'interface est créée en tirant sur les plaques de métal de chaque côté. Le gain est alors diminué pas à pas jusqu'à ce que le liquide coule dans la fente : seuil de Rayleigh-Taylor, qui constitue la limite basse de l'intervalle de travail. Plus l'intervalle de temps à chaque diminution est long, plus le seuil sera déterminé de façon exacte.

#### - Détermination de l'amplitude critique d'une interface donnée

À fréquence et amplitude préalablement fixée suivant la méthode décrite ci-dessus, la taille de l'interface est fixée en séparant progressivement les plaques en métal insérées dans les fentes de la cuve. À chaque essai, les plaques sont fixées avec des pinces de sorte que les oscillations du pot ne provoquent pas la diminution de la taille de l'interface. Le gain est ensuite diminué pas à pas jusqu'au seuil de Rayleigh-Taylor, où le liquide se met à couler le long des parois : l'amplitude correspondante est l'amplitude critique.

Cette expérience nécessite une attention particulière quant à la répétabilité. On vérifiera que lorsque l'interface est créée, le ménisque est bien orienté vers le bas. Dans le cas contraire, c'est le signe qu'une goutte était encore présente entre les plaques, ce qui fausse les résultats.

- Analyse de vidéos :

Dans un premier temps, via image J, on découpe une section de l'image sur laquelle les oscillations sont bien visible (généralement un bout de la plaque métallique, en évitant d'inclure des taches de glycérol présente sur la paroi). Le *stack* d'image ainsi généré est ensuite binarisé (voir fig.3) et traité sous Matlab pour récupérer l'amplitude en fonction du temps. Les macros image J et programmes Matlab utilisés sont présenté ci-dessous.

- Traitement des vidéos via Image J :

```
run("Rotate 90 Degrees Left");
run("Set Scale...", "distance=38.13 known=1.5 unit=mm"); *
makeRectangle(31, 883, 266, 130); *
run("Crop");;
//run("Threshold...");
setAutoThreshold("Default");
setOption("BlackBackground", true);
run("Convert to Mask", "method=Default background=Light calculate");
run("Rotate 90 Degrees Left");
run("Rotate 90 Degrees Left");
run("AVI... ", "compression=JPEG frame=25
```

\* : Cette étape peut différer d'une vidéo à l'autre. Les valeurs présentées ici le sont à titre d'exemple.



Figure 3 : Une image de la pile d'image obtenue après lancement de la macro image J

- Analyse de la variation temporelle de la hauteur de l'interface via Matlab:

```
close all
v = VideoReader('220128_vid6_crop.avi');
nf= v.NumFrames;
h=zeros(1,2)
y=zeros(1,2)
for n=1:nf
```

```

frame = read(v, n);
BW=im2bw(frame);
figure(1)
imshow(BW)
for j=1:size(BW,2)
h(j)=max(find(BW(:, j)));
end
y(n)=mean(h)
hold on
x=linspace(0, size(BW,2))
plot(x,mean(h)*ones(1, numel(x)), 'color', 'r')
end
figure(2)
set(gcf, 'Position', [1000 500 400 400])
plot(y, 'r')
clear v

```

- Extraction de la variation temporelle de l'amplitude à partir de la variation de hauteur:

```

amp = [] %On initialise une liste des amplitudes
y = y.*scale28; % On convertie les pixels en mm.
fech = 149 ; % fréquence d'acquisition
time = [y(:,1)*1/fech];
L = length(y);
plot(y, 'r')
T = 27; % durée d'une période
nT = 3; % nombre de période
amp0 = []
for i = (0:nT-2)
j = (i+1);
maxi = max(y((i*T+1):j*T));
mini = min(y((i*T+1):j*T));
ampli = maxi - mini;
amp0 = [amp0, ampli];
end
amp = [amp, mean(amp0)]; % On considère l'amplitude moyenné sur le nombre de
période désiré

```

Note : la durée et le nombre de période peuvent être calculé sur chaque ensemble de donnée. L'exemple présenté ici est optimisé pour une série de mesure.

- Étalonnage:

On obtient des résultats surprenant lors des expériences avec du glycérol : l'amplitude critique semble atteindre un seuil lorsque la taille des interfaces augmente. Pour vérifier que ce résultat n'est pas dû à un problème de mesure on vérifie que l'amplitude du signal (en Volt) à l'amplitude critique de vibration correspond bien aux amplitudes d'oscillation de l'interface. On vérifie également qu'une diminution de l'amplitude du signal de sortie du GBF correspond bien à une diminution de l'amplitude de vibration (ici prise à partir des valeurs d'amplitude critique de vibration).

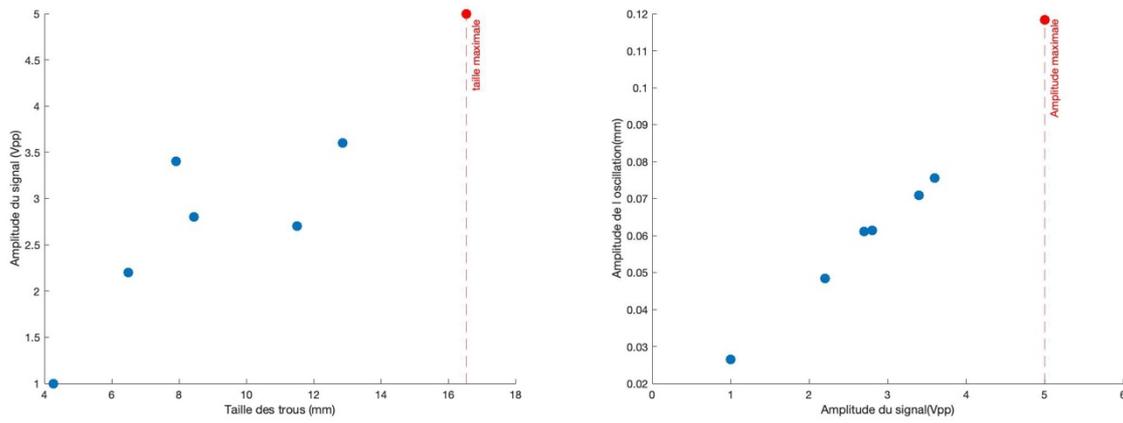


Figure 4: Étalonnage du montage. Gauche: évolution de l'amplitude de sortie du GBF ( $V_{pp}$ : amplitude crête à crête) en fonction de la taille des interfaces. Droite: évolution de l'amplitude critique d'oscillation en fonction de l'amplitude du signal de sortie du GBF.