

Matériel et méthode

Première expérience : automatiser la création des radeaux de bulles

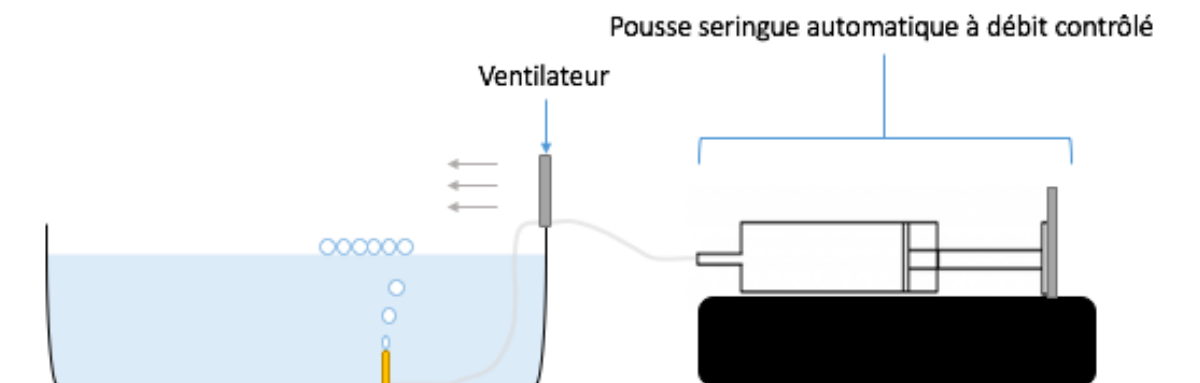
Matériel :

- Pour le montage
- Pousse seringue : Harvard appartus PHD Infusion
- Seringue de 60 mL
- Plateau en plastique
- Ventilateur d'ordinateur
- Pour la solution d'eau savonneuse : -400 ml d'eau du robinet -
-60 ml de glycérol -
-20ml de Dawn (liquide vaisselle)

Protocole :

Positionner la seringue sur le pousse seringue à débit contrôlé reliée par un tube en plastique à une aiguille. Placer cette aiguille au fond du plateau en plastique contenant une solution de 400 mL d'eau, 60 mL de glycérol et 20 mL de Dawn (un liquide vaisselle). Pousser la seringue à l'aide du pousse seringue en positionnant un ventilateur au-dessus de l'aiguille pour éviter l'empilement des bulles et garder ainsi une structure 2D pour simplifier la modélisation. On obtient un radeau de bulles à deux dimensions avec des bulles de même taille.

Schéma du montage :



Deuxième expérience : Calculer le module d'Young du radeau en fonction de la taille des bulles

Matériel :

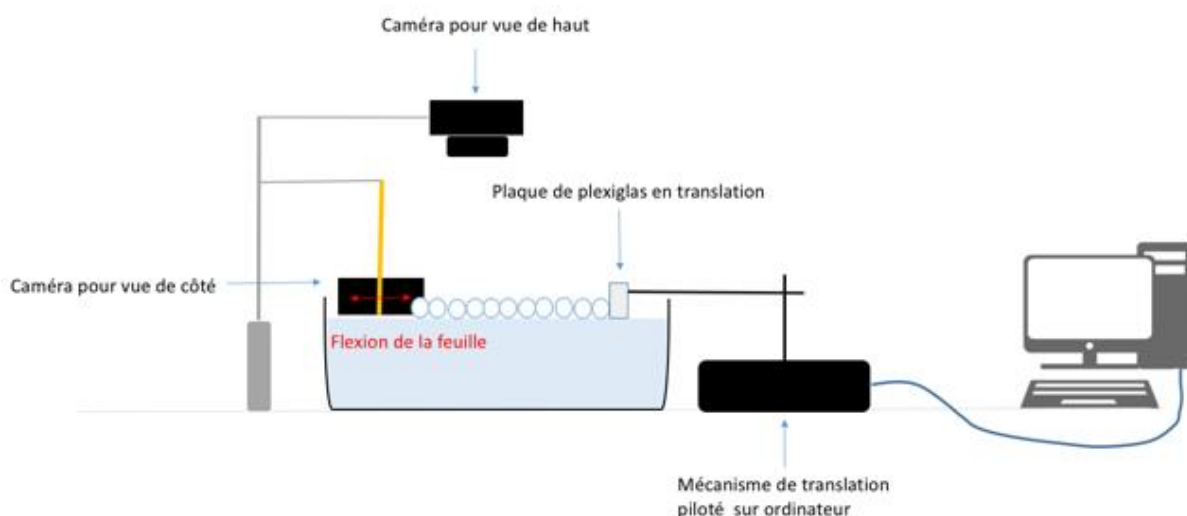
- Feuille en plastique de 30 μm d'épaisseur (feuille en plastique de chez un fleuriste)
- Support élévateur
- Poussoir en plexiglas de 20cm de longueur relié à Thorlabs motorized stage – 50 mm amplitude
- Plaque en plastique
- Solution savonneuse décrite précédemment
- Ordinateur muni de Matlab
- Ordinateur muni d'image J
- 2 Caméras vidéo objectif Pentax TV zoom de focale 16cm et 4cm

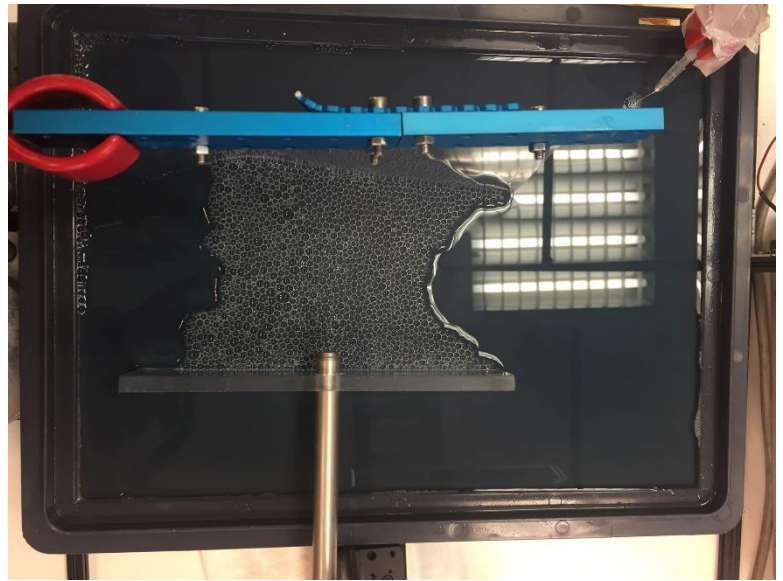
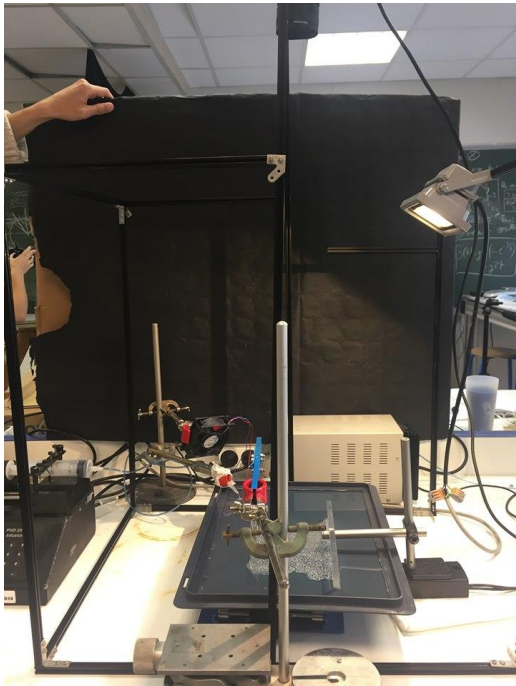
Protocole :

Placer le radeau de bulles (on fait varier la taille des bulles) dans la plaque en plastique, sur quelques millimètres de solution, entre la feuille en plastique et la plaque de plexiglas. Relier la plaque de plexiglas à l'ordinateur muni de Matlab. Cet ordinateur va contrôler la plaque en plexiglas aussi appelé poussoir, pour lui donner un mouvement sinusoïdal. Le code pour accomplir ce mouvement est mis en annexe 1. Placer deux caméras. L'une au-dessus de l'expérience (voir le radeau de bulle du dessus). L'une sur le côté (pour repérer le mouvement de la feuille).

Commander par Matlab plusieurs allés et retours du poussoir de manière sinusoïdale et prendre en vidéo le phénomène.

Schéma du montage :

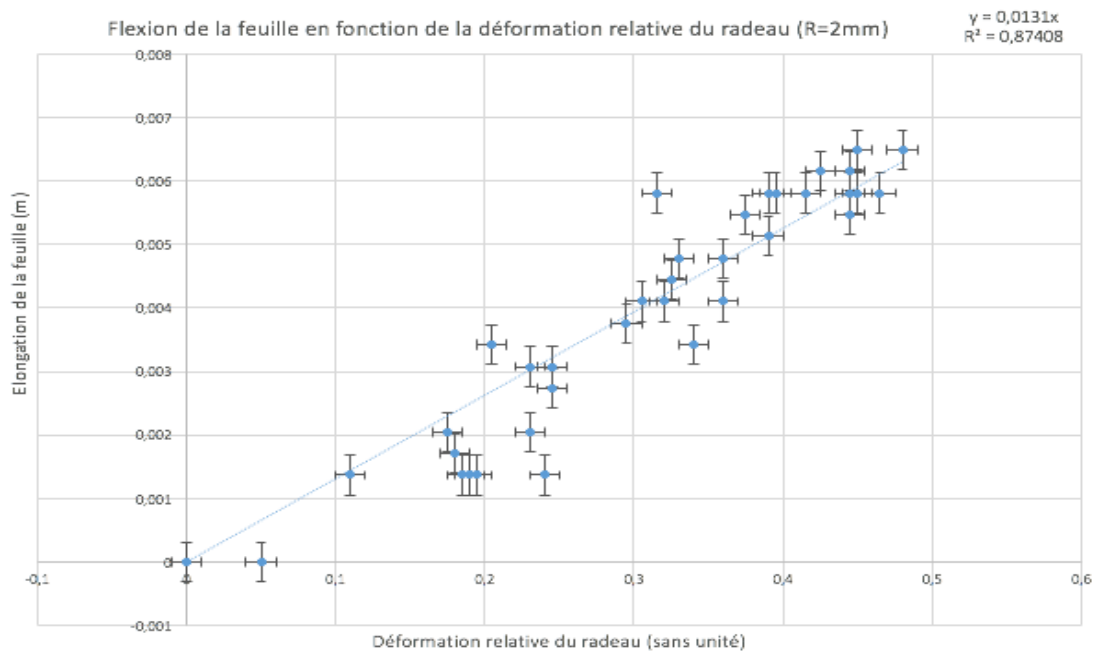




La photo ci-dessus à gauche montre le montage de profil tandis que la photo ci-dessus à droite montre le montage vu de haut

Résultats :

On obtient deux vidéos que l'on traite avec Image J. En annexe 2 nous voyons une image de chaque type de vidéos. On trace un trait sur le poussoir ou bien orthogonal à la feuille. On fait un reslice de ces vidéos pour suivre la position du poussoir et de la feuille au cours du temps. On trace sur un graphique l'élongation de la feuille en fonction de la déformation relative du radeau. On trouve un graphique comme celui-ci-dessous :



Or on sait que :

$$\frac{F}{L} = \frac{E_{feuille} I}{H^3 L} \delta = E_{radeau} \cdot \epsilon_{radeau}$$

Avec :

- I le moment quadratique de la feuille : $I = \frac{bh^3}{12}$
- δ l'élongation de la feuille mesuré avec la caméra latérale
- $E_{feuille} = 6.10^{14}$ Pa trouvé dans la littérature
- h l'épaisseur de la feuille estimé à 30 μm
- b la hauteur de la feuille de 10,5 cm
- L la longueur de contact de la feuille avec le radeau estimé à 16,6 cm
- F la force du radeau contre la feuille (N)
- ϵ_{radeau} la déformation relative du radeau (sans unité)

Le coefficient directeur A de la courbe de tendance nous donne ainsi:

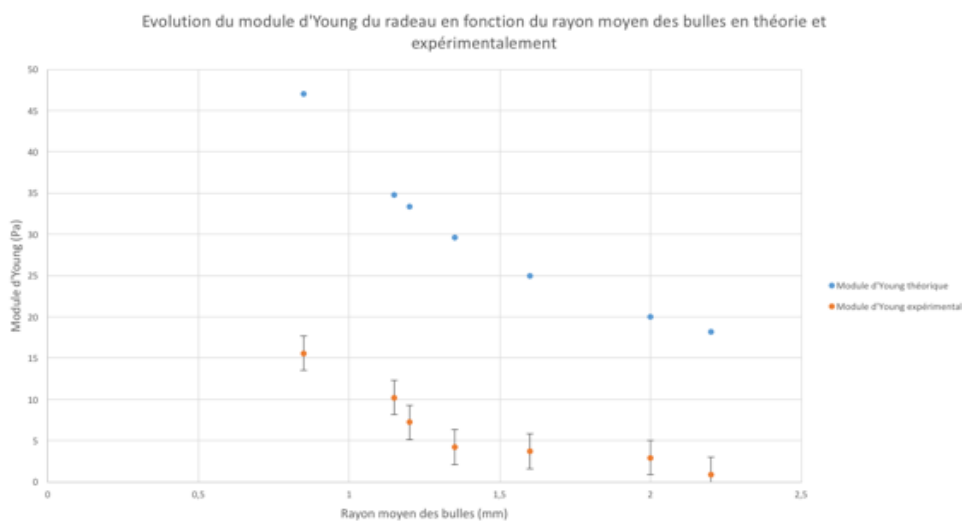
$$E_{radeau} = \frac{E_{feuille} I}{H^3 L} A$$

On connaît ainsi toutes les données pour avoir le module d'Young du radeau. On trace alors un graphique donnant le module d'Young du radeau en fonction de la taille des bulles (en rouge). On trace sur le même graphique (en bleu) la courbe théorique du module d'Young en fonction de la taille des bulles. Ce module d'Young théorique est donné par la formule suivante :

$$E_{radeau} = \frac{\gamma}{R}$$

Ici γ est la tension de surface et R le rayon d'une bulle.

On trouve ainsi le graphique suivant :



On remarque que même si l'expérience a la même forme que la théorie, elle est décalée d'une constante. Notre troisième expérience essaye d'expliquer cet écart.

Expérience trois : étudier les dislocations

On reprend le même montage que précédemment. On ne positionne ici que la caméra se situant au-dessus du radeau de bulles. On prend en vidéo la compression et l'élongation successive du radeau de bulles grâce au poussoir.

On compte grâce à Image J le nombre de réarrangements par unité de surface (cm^2) par minute sur un radeau.

De façon plus rigoureuse on peut tracer un diagramme de Burger (annexe 3) autour d'une portion du radeau pour repérer la dislocation et la direction de propagation de celle-ci.

Annexe 1

CODE POUR PILOTER LA MACHINE DE TRANSLATION THORLABS :

- Fonction appelée dans le main code pour l'initialisation de la machine :

```
function [GUI_Stage,ControlStage] = setGUI_MotorControl(SN)
% set the GUI and initiate the control of the translation stage by Matlab
% SN is the serial number of the motor Controller
% documentation about the function can be found in the installation folder
% of the controller's driver.

%% Create Matlab Figure Container
fpos = [620 100 558 309];
fpos(3) = 650; % figure window size;Width
fpos(4) = 450; % Height

GUI_Stage = figure('Position', fpos,...
    'Menu', 'None',...
    'Name', 'APT GUI');
%% Create ActiveX Controller
ControlStage = actxcontrol('MGMOTOR.MGMotorCtrl.1',[20 20 600 400 ],
GUI_Stage);

%% Initialize
% Start Control
ControlStage.StartCtrl;

% Set the Serial Number
set(ControlStage,'HWSerialNum', SN);

% Identify the device
ControlStage.Identify;
end
%% summary useful functions for thorlabs controller
%
% IdChannel = 0; %default
% minVel = 0; % minimum initial velocity for a move
% maxVel = user_input; % real units : mm/s^2 by default
% Max_Accn = user_input; % real units : mm/s by default
% position = user_input; % absolute position in real unit (mm by default)
%
% ControlStage.SetVelParams(IdChannel,minVel,MaxAccn,MaxVel);
% ControlStage.GetVelParams_MaxVel(IdChannel)
% ControlStage.GetVelParams_Accn(IdChannel)
%
% % move
%
% ControlStage.SetAbsMovePos(IdChannel,position);
% ControlStage.MoveAbsolute(IdChannel,1==IdChannel);
% ControlStage.GetPosition_Positions(IdChannel)
%
% IsMoving(ControlStage.GetStatusBits_Bits(IdChannel))
```

-Main code :

```
clear
close all
% LinMov

% settings
SN = 28000363;
[GUI_Stage,ControlStage] = setGUI_MotorControl(SN);

ControlStage.SetVelParams(0,10,10,10);

Nar = 2;

% homing

ControlStage.SetAbsMovePos(0,0);
pause(2); %necessaire pour le enable
ControlStage.MoveAbsolute(0,1==0);
pause(5);

%Move

for i=1:Nar;

    %Aller

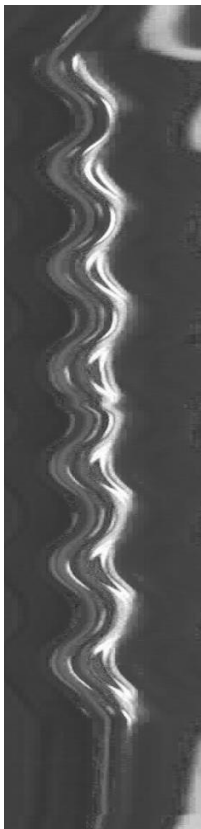
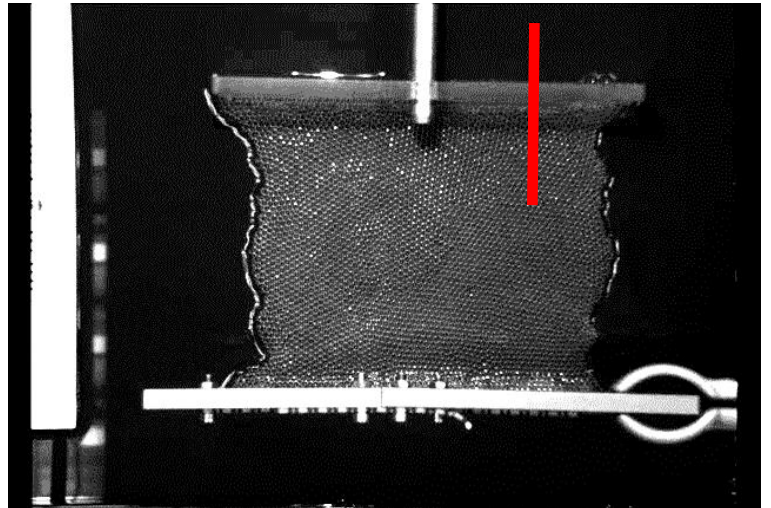
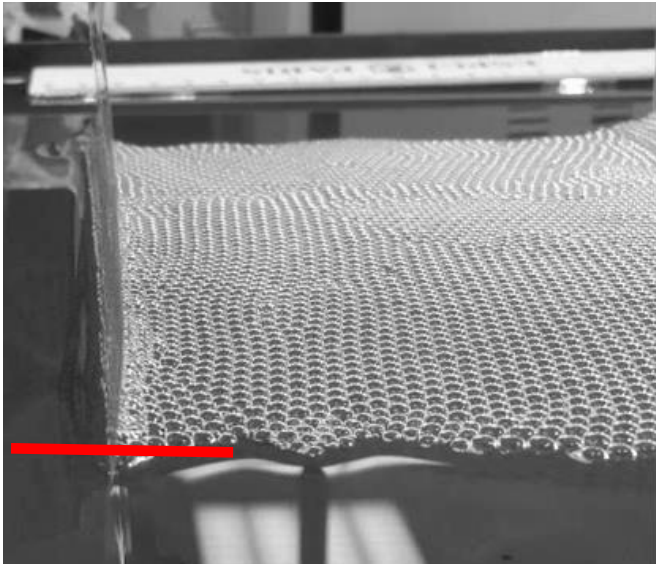
    ControlStage.SetAbsMovePos(0,50);%2Ème nombre: amplitude
    ControlStage.MoveAbsolute(0,1==0);
    pause(5.8);%temps qu'on lui accorde pour un pic to pic to  $\neq T/2$  (temps
de latence pour que pas de temps d'attente),2.

    %Retour
    ControlStage.SetAbsMovePos(0,0);
    ControlStage.MoveAbsolute(0,1==0);
    pause(5.8);
    i

end
```

Annexe 2

Ci-dessous se trouvent deux images des vidéos prises pendant le PSE. La ligne rouge indique l'endroit où nous avons pris un reslice pour tracer la position de la feuille en plastique en fonction du temps (à gauche) ou bien de la position du radeau en fonction du temps (à droite). En dessous se trouve le reslice des deux vidéos.



Annexe 3

On peut identifier les dislocations de plusieurs manières. Dans un premier temps de façon dynamique : si l'on pousse le radeau à l'aide d'une barre de plexiglas, des défauts se mettent à bouger le long d'une ligne droite. Ce sont des dislocations. Pour les identifier de façon plus formelle, on peut tracer un circuit de Burgers : sur un domaine cristallin parfaitement régulier, on peut aisément créer un circuit qui se referme sur lui-même en se déplaçant de n bulles selon l'axe a , m bulles selon b , puis n selon $-a$ et m selon $-b$. Si l'on effectue cette opération autour d'une dislocation cependant, le circuit ne se referme pas : il y a un décalage d'une bulle entre le début et la fin, qui définit le vecteur de Burgers.

Un phénomène lié permet de repérer un tel défaut : la présence d'une dislocation marque la fin de plusieurs rangées de bulles. On peut ainsi séparer le domaine cristallin en deux moitiés, dont l'une contient une rangée de plus que l'autre. Ces rangées sont identifiées en rouge. La ligne de séparation entre ces deux moitiés est en fait la droite définie par le vecteur de Burgers.

