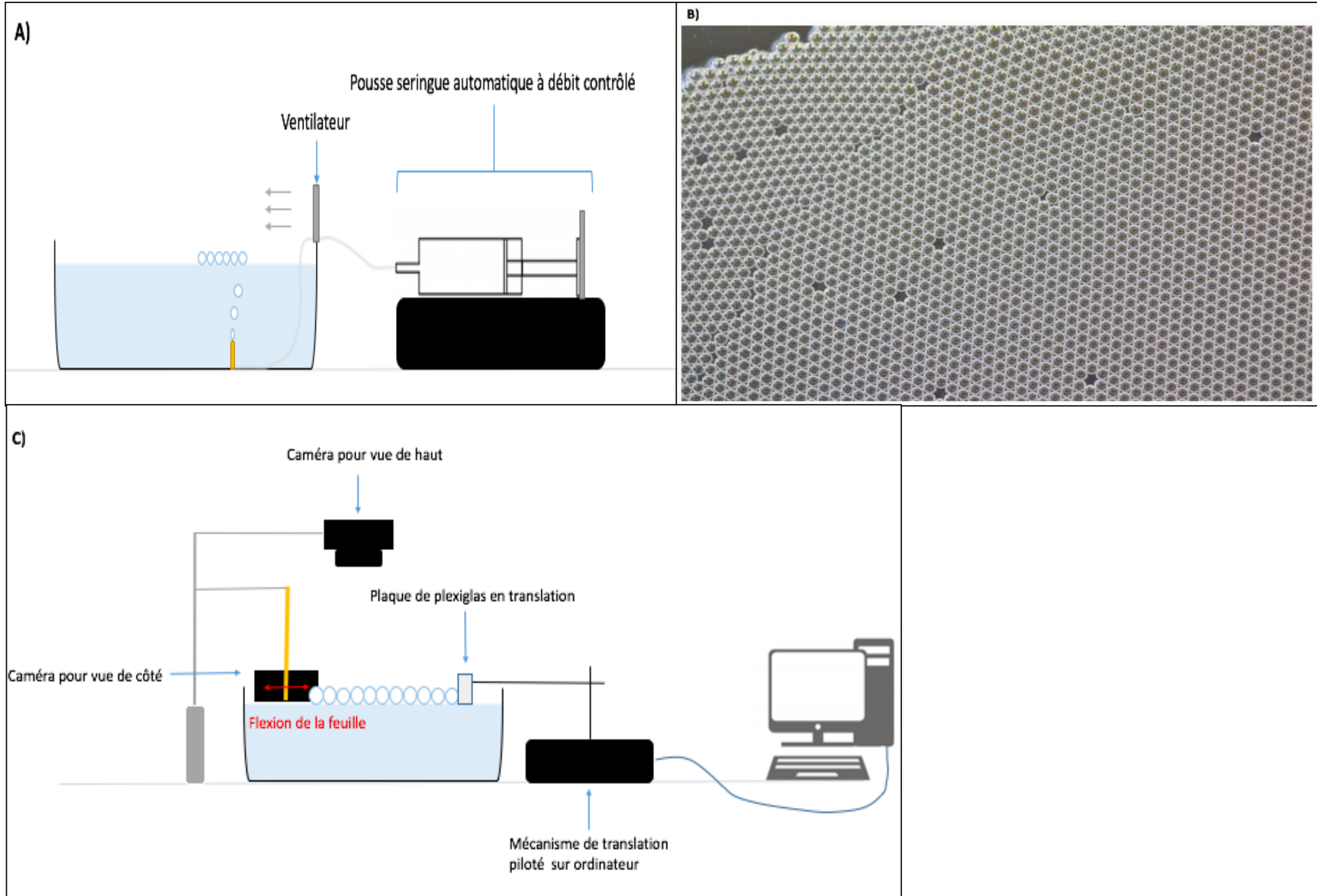


Etude de la mécanique du radeau de bulles

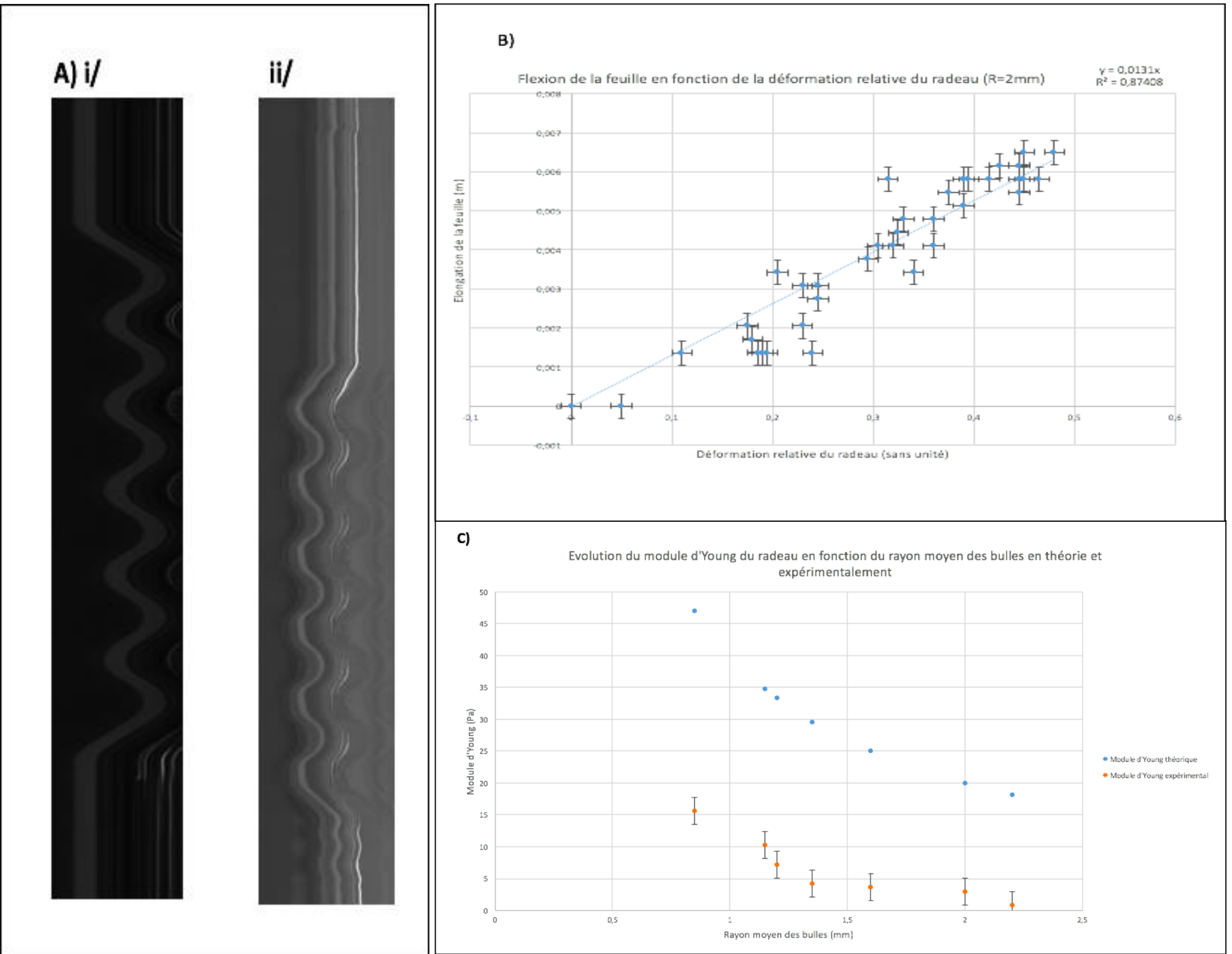


Figure_1: Schéma du montage expérimental pour la création du radeau de bulles et la mesure de son module d'Young

A) Schéma du montage pour la création du radeau de bulles : A l'aide d'un pousse seringue automatique à débit contrôlé, de l'air est injecté au fond du récipient. Le débit contrôlé nous permet d'avoir des bulles de tailles précises. Un mélange à 83% en eau, 4% en liquide vaisselle [®]Dawn et 13% en glycérol permet d'obtenir un radeau optimal en stabilité. Un ventilateur est également placé afin d'éviter tout empilement et conservé ainsi une structure 2D permettant de faciliter la modélisation par la suite.

B) Photographie d'un radeau de bulles obtenu (R=2mm)

C) Schéma du montage pour la mesure du module d'Young du radeau : Le mouvement de translation sinusoïdal imposé par la plaque en plexiglas, piloté par un code sur Matlab fournit dans le « Protocoles et Méthodes », permet au radeau de se translater et de fléchir la feuille. Les caméras de haut et de côté permettent respectivement d'obtenir des vidéos de la déformation du radeau et de la feuille en flexion.



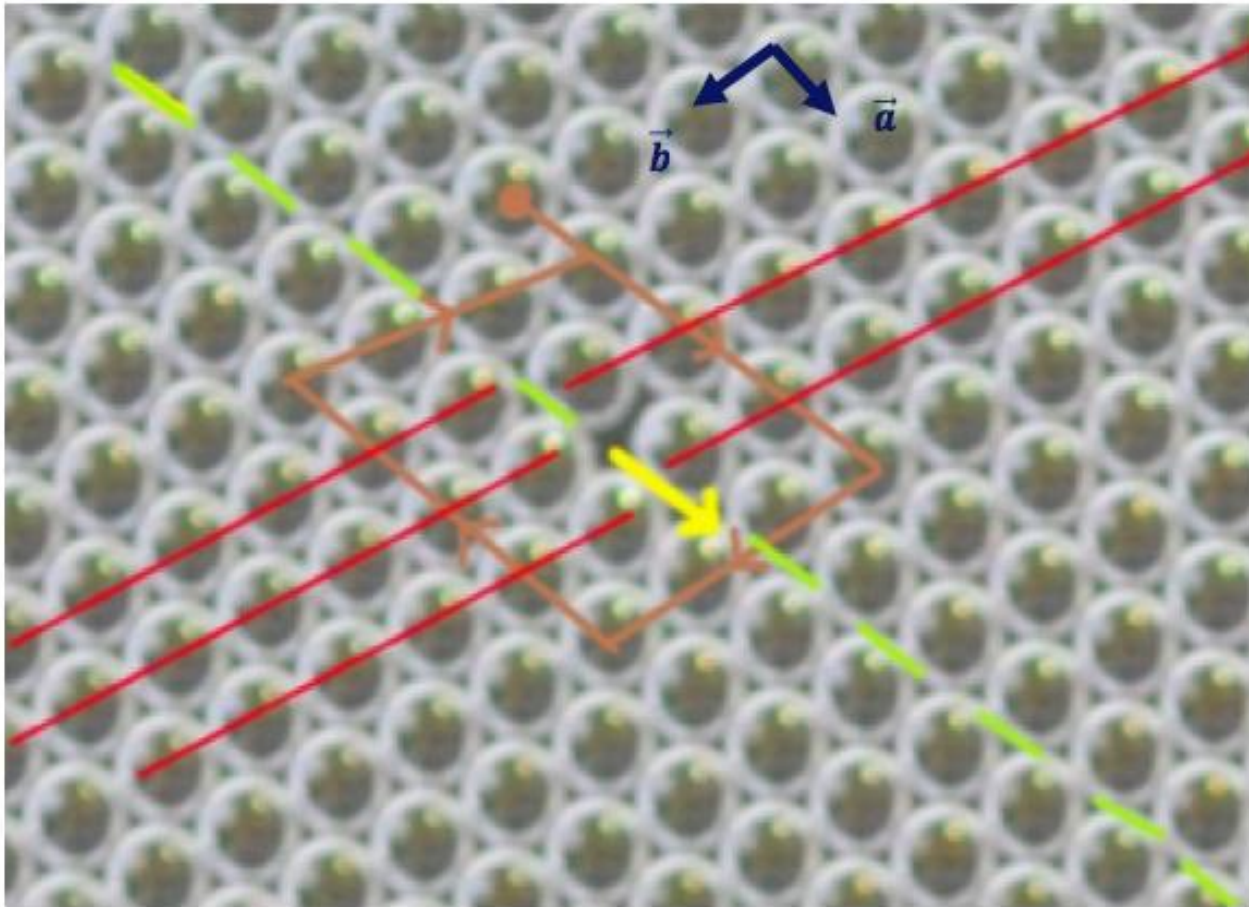
Figure_2: Modélisation du régime élastique du radeau - Détermination du module d'Young expérimental et confrontation à la théorie

A) i/ Reslice obtenue grâce à la vidéo acquise sur la caméra en haut du radeau (taille des bulles R=2mm) : On observe une déformation sinusoïdale du radeau due à la translation périodique de la plaque de plexiglas. **ii/ Reslice obtenue grâce à la vidéo acquise sur la caméra sur le côté du radeau :** On observe une un mouvement de flexion périodique de la feuille de même période que celle du radeau.

B) Graphique représentant l'élongation de la feuille en fonction de la déformation relative du radeau : Grâce aux deux prises de vues i/ et ii/, à l'aide d'un calcul théorique et d'un traitement informatique détaillés dans le « Protocoles et Méthodes » on obtient un tracé de la déformation relative de la feuille en fonction de la déformation du radeau. On vérifie la validité de notre modèle avec la corrélation à une régression linéaire à $R^2=0,87$, ce coefficient est largement amélioré si l'on effectue une régression affine, ce qui peut prouver un modèle valable avec une légère approximation faite dans l'ordonnée à l'origine (difficulté de définir la longueur de référence quand le radeau est déformé).

C) Tracé du module d'Young expérimental déterminé pour des radeaux de bulles de rayons différents et confrontation au module d'Young expérimental : Le module d'Young prévu par la théorie est de $\frac{\gamma}{R}$ avec γ la tension superficielle de la bulle évaluée à $0,04 \text{ J.m}^{-2}$ (celle de l'eau savonneuse). On observe que la décroissance en $1/R$ est vérifiée par le module expérimental. En revanche on observe une chute du module expérimental par rapport à celui prévu par la théorie, ce qui est expliqué dans la suite par la théorie des réarrangements. Notons également que cet écart à la théorie semble diminuer quand le rayon des bulles augmente.

A)



Figure_3: Analogie à la structure cristalline – Théorie des réarrangements et détermination expérimentale de leur influence sur le module d'Young

A) Théorie des réarrangements - Schéma d'une dislocation à l'origine d'un réarrangement: 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. On identifie une dislocation par le tracé du circuit de Burgers (en marron). En jaune : vecteur de Burgers de la dislocation. En pointillés verts, ligne séparant le domaine en deux moitiés, dont l'une contient une rangée de plus que l'autre. Ces rangées sont identifiées en rouge. Ce mouvement de dislocation est lié au vecteur de Burgers car il se fait dans sa direction : de façon plus précise, les bulles d'une rangée cristalline subissent tour à tour un déplacement égal au vecteur de Burgers.

On fait alors l'hypothèse que tous nos réarrangements naissent de dislocations (pas de formation de lacunes dans la structure qui pourrait être une autre cause car la durée de vie moyenne des bulles (demi-heure) est largement supérieure au temps de l'expérience (minute)).

B) Taux de réarrangements en fonction du rayon des bulles :

Le taux de réarrangements est déterminé à partir de films réalisés avec la caméra de vue de haut (cf figure_1.B), pour des déformations identiques à celles appliquées précédemment. Les films sont traités sous ImageJ et on obtient un nombre de réarrangements par minute par aire de radeau. On observe que ce taux de réarrangements est non nul pour tous les différents rayons (donc présence de réarrangements par dislocations grâce à la contrainte exercée). De plus, on remarque que plus le rayon des bulles augmente, plus ce taux diminue.

Le mouvement de dislocation d'une rangée se fait selon le vecteur de Burgers bulle par bulle, le mouvement d'une rangée imposé par l'application d'une déformation est ainsi considérablement facilité : au lieu d'avoir à déplacer toutes les bulles simultanément pour un coût énergétique important, on peut facilement décaler la rangée de proche en proche, bulle par bulle. Au niveau macroscopique, la présence de dislocations se traduira donc par une chute du module d'Young par rapport aux prévisions théoriques. C'est ce que l'on observait Figure_2.C. On peut aussi observer que la baisse de l'écart à la théorie Figure_2.C avec l'augmentation du rayon se retrouve ici car le taux de réarrangements chute. On peut donc avancer qu'à cause des dislocations, qui permettent de propager la déformation plastique, le module du radeau chute.

Au vu de la linéarité contrainte - déformation vu figure_2.B et de la plastification du radeau qui s'effectue simultanément on pourrait parler d'un régime semi-élastique ou plastico-élastique.

B)

Evolution du taux de réarrangements en fonction du rayon moyen des bulles

