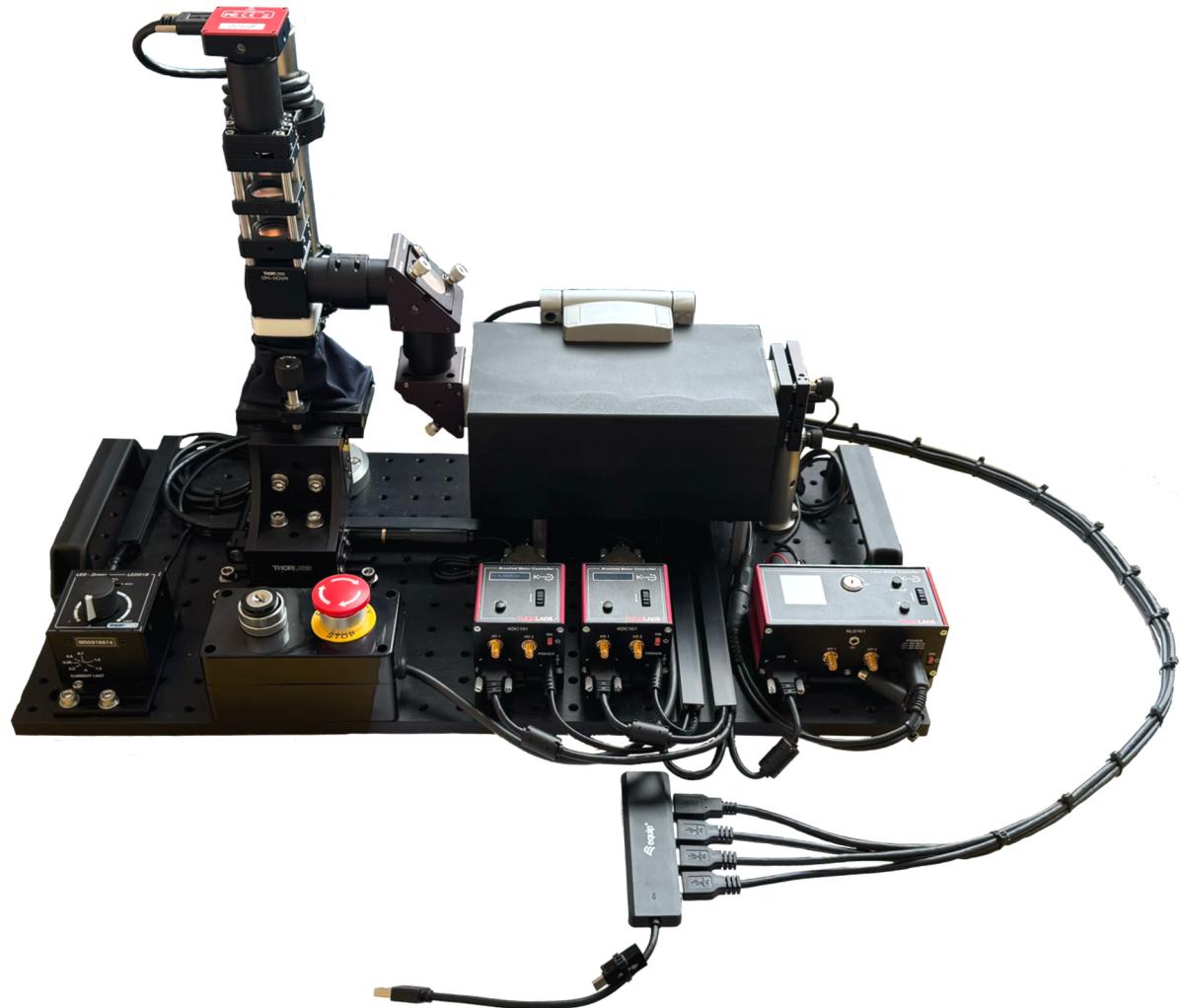


# Portable Optical Tweezers



Auteur : Rechsteiner Samuel

Professeurs : Schintke Silvia

Del Rossi Stefan

Salle : S10

Date : 13 juillet 2025

## Table des matières

<b>1</b>	<b><i>Introduction</i></b>	<b>3</b>
1.1	Ressources	3
<b>2</b>	<b><i>Principaux composants du système</i></b>	<b>4</b>
2.1	Explication des composants de sécurité	5
<b>3</b>	<b><i>Initialisation du système</i></b>	<b>6</b>
3.1	Installations des logiciels	6
3.2	Vérification préalables	6
3.3	Alimentation des appareils	6
<b>4</b>	<b><i>Expérience</i></b>	<b>7</b>
4.1	Kinesis Software	7
4.2	ThorCam Software	8
4.3	Préparation de l'échantillon	9
4.4	Réglage hauteur de l'échantillon	10
4.5	Trap a beam !	11
4.6	Maximum holding force	11
<b>5</b>	<b><i>Mise hors tension</i></b>	<b>12</b>

## Table des figures

Figure 1 - Photo du système avec ses différents composants .....	4
Figure 2 - Camera Driver Setup USB.....	6
Figure 3 - Bouton d'alimentation driver .....	6
Figure 4 - Manette de Xbox One avec son câble micro-USB vers USB-A .....	7
Figure 5 - Drivers connectés sur Kinesis.....	8
Figure 6 - Réglage de la LED .....	8
Figure 7 - Matériel pour l'expérience "Trap a beam" .....	9
Figure 8 - Sens du microscope glass slide.....	9
Figure 9 - Réglage des niveaux de mise au point .....	10
Figure 10 - Focus du laser dans l'échantillon.....	10
Figure 11 - Mesure d'une bille de silice.....	11
Figure 12 - Procédure pour enlever la plaquette .....	12

## Table des tableaux

Tableau 1 - Liste des composants .....	4
----------------------------------------	---

## Table des équations

<i>Equation (1) Force de friction .....</i>	11
---------------------------------------------	----

## 1 Introduction

Les Optical Tweezers, ou pinces optiques, sont un outil scientifique reposant sur l'utilisation d'un faisceau laser focalisé pour piéger et manipuler des particules microscopiques. Le principe repose sur la pression de radiation exercée par le laser, qui permet de maintenir une particule en suspension à un point focal précis. Cette technologie permet de manipuler des cellules, molécules ou microbilles sans contact mécanique. Le laboratoire présenté ici vise à explorer ce phénomène, ainsi qu'à faire des mesures à l'aide du système Portable Optical Tweezers de Thorlabs.

### 1.1 Ressources

- Ce document s'inspire du « User Guide Portable Optical Tweezers » qui peut se trouver à cette adresse où l'on va retrouver les explications détaillées de comment le monter, mettre en service le laser, dépannages, les logiciels, etc...
  - o <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=EDU-OT3/M>
- Le « User Guide » du logiciel en détail de ThorCam, se trouve au 3<sup>ème</sup> paragraphe à cette adresse :
  - o [https://www.thorlabs.com/software\\_pages/ViewSoftwarePage.cfm?Code=ThorCam](https://www.thorlabs.com/software_pages/ViewSoftwarePage.cfm?Code=ThorCam)

## 2 Principaux composants du système

Ci-dessous (voir Figure 1), on retrouve une photo du système avec ses composants :

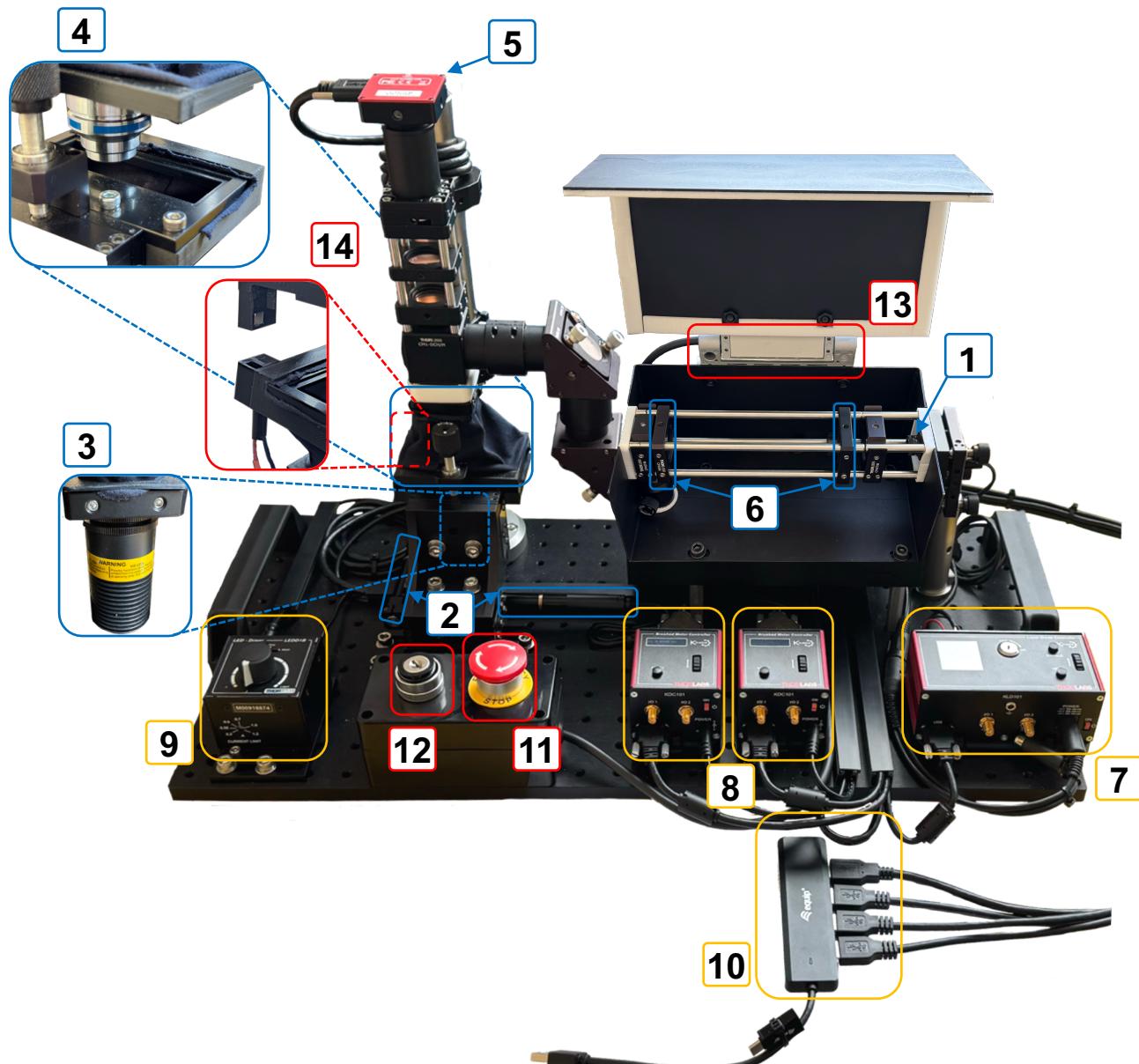


Figure 1 - Photo du système avec ses différents composants

### Composants optiques et capteurs

1. Laser
2. Servo moteurs
3. LED
4. Microscope
5. Caméra
6. Lentilles réglables

### Composants de contrôle/électroniques

7. Laser Driver
8. Servo moteurs Driver
9. LED Driver
10. Hub USB-A

### Composants de sécurité

11. Arrêt d'urgence
12. Clé de maintenance
13. Charnière de sécurité
14. Fin de course de sécurité

Tableau 1 - Liste des composants

## 2.1 Explication des composants de sécurité

Tous les éléments de sécurité entourés en **rouge** ne font pas parti du système initial. Ils ont été ajoutés pour renforcer la sécurité et le confort d'utilisation du système. Ils permettent notamment de ne pas porter les lunettes de sécurité pendant que le laser fonctionne mais il faut tout de même rester **prudent**.

**11. Arrêt d'urgence :** Coupe uniquement l'alimentation du laser. Il peut être utilisé à **tout moment** sans perturber les logiciels ni dérégler le système.

**12. Clé de maintenance :** **UNIQUEMENT autorisé par du personnel formé à la maintenance.** **À utiliser avec des lunettes de sécurité pour laser !**

Elle permet de contourner les sécurités « Charnière de sécurité » et « Fin de course de sécurité ». Lorsqu'elle est enclenchée, il est donc possible d'ouvrir les deux protections tout en laissant le laser allumé. **L'arrêt d'urgence** reste tout de même fonctionnel.

**13. Charnière de sécurité :** Si l'on commence à ouvrir le capot noir, le contact intégré dans la charnière s'ouvre, ce qui interrompt le circuit de sécurité et coupe automatiquement le laser.

**14. Fin de course de sécurité :** Au niveau du microscope, sous les tissus, un petit axe vient appuyer sur un capteur de fin de course, ce qui permet de maintenir fermé le circuit de sécurité « Interlock ». Si la base supérieure est soulevée, le contact se relâche, le circuit est interrompu et le laser est automatiquement désalimenté.

### 3 Initialisation du système

#### 3.1 Installations des logiciels

Afin de contrôler plus facilement les moteurs X, Y, le laser ainsi que la caméra, il est fortement recommandé d'installer les 2 logiciels suivants Thorlabs :

- **Motion Control Kinesis** pour le contrôle des moteurs X, Y et du laser :
  - o [https://www.thorlabs.com/software\\_pages/ViewSoftwarePage.cfm?Code=Motion\\_Control#tabs-168](https://www.thorlabs.com/software_pages/ViewSoftwarePage.cfm?Code=Motion_Control#tabs-168)
  - o Sélectionner la version souhaitée.
  - o Sous **Organization**, indiquer : **HEIG-VD Switzerland**.
  - o Pour le **Setup Type**, sélectionner **Complete**.
  
- **ThorCam** pour la caméra :
  - o [https://www.thorlabs.com/software\\_pages/ViewSoftwarePage.cfm?Code=ThorCam#tabs-132](https://www.thorlabs.com/software_pages/ViewSoftwarePage.cfm?Code=ThorCam#tabs-132)
  - o Sélectionner la version souhaitée.
  - o Au menu **Camera Driver Setup**, cliquer sur **USB** et Sélectionner « Entire feature will be installed on local hard drive (voir Figure 2).

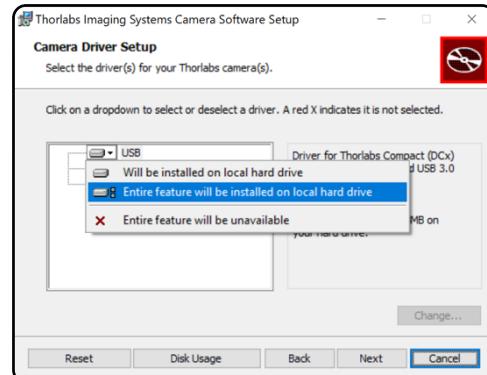


Figure 2 - Camera Driver Setup USB

#### 3.2 Vérification préalables

- L'alimentation du système est assurée par une **multiprise** située à l'arrière du dispositif. Celle-ci doit être branchée sur le secteur et alimenter les différents éléments du système à l'aide de ses **quatre blocs d'alimentation** (transformateurs).
- **Bouton d'arrêt d'urgence désarmé** (élément n°11 du Tableau 1).
- **Clé de maintenance en position à gauche** (élément n°12 du Tableau 1).

#### 3.3 Alimentation des appareils

- Enclencher les 3 petits boutons **rouges** qui se trouvent sur les 2 drivers moteurs et sur le driver du laser (voir l'encadré **rouge** sur la Figure 3).
- Enclencher **CW** sur le bouton du driver de la LED (élément n°9 du Tableau 1).
- Connecter le **Hub USB-A** au PC (élément n°10 du Tableau 1). Permet de connecter les 2 drivers moteurs, le driver laser ainsi que la caméra.



Figure 3 - Bouton d'alimentation driver

## 4 Expérience

### 4.1 Kinesis Software

1. Avant de lancer le logiciel, il faut connecter la manette de Xbox One au pc avec le câble noir micro-USB vers USB-A (voir Figure 4). Elle va permettre de se déplacer plus intuitivement et d'activer/désactiver le laser facilement.



Figure 4 - Manette de Xbox One avec son câble micro-USB vers USB-A

2. Lancer le logiciel, Les 2 drivers des moteurs et le driver du laser devraient apparaître automatiquement (voir Figure 5). Sinon, appuyer sur pour chercher les 3 drivers.
3. Pour connecter la manette au logiciel, cliquer sur **File → Input Devices**. Une fenêtre devrait apparaître qui permet de mapper les différentes touches de la manette au logiciel Kinesis, cliquer simplement sur **OK**, le mapping est déjà fait.
  - Le **joystick** de gauche contrôle les mouvements gauche-droite-haut-bas, le bouton **A** active le laser et **B** le désactive.
  - Si le message « **No suitable Input devices detected** » apparaît, il suffit de relancer le logiciel en s'assurant que la manette soit branchée **AVANT** de lancer le logiciel.
4. **Garder à l'esprit** que l'application Kinesis doit être au **premier plan** (sélectionnée avec la souris) pour fonctionner correctement. Si une autre application est active, la manette ne répondra pas, car Kinesis ne sera plus au premier plan.

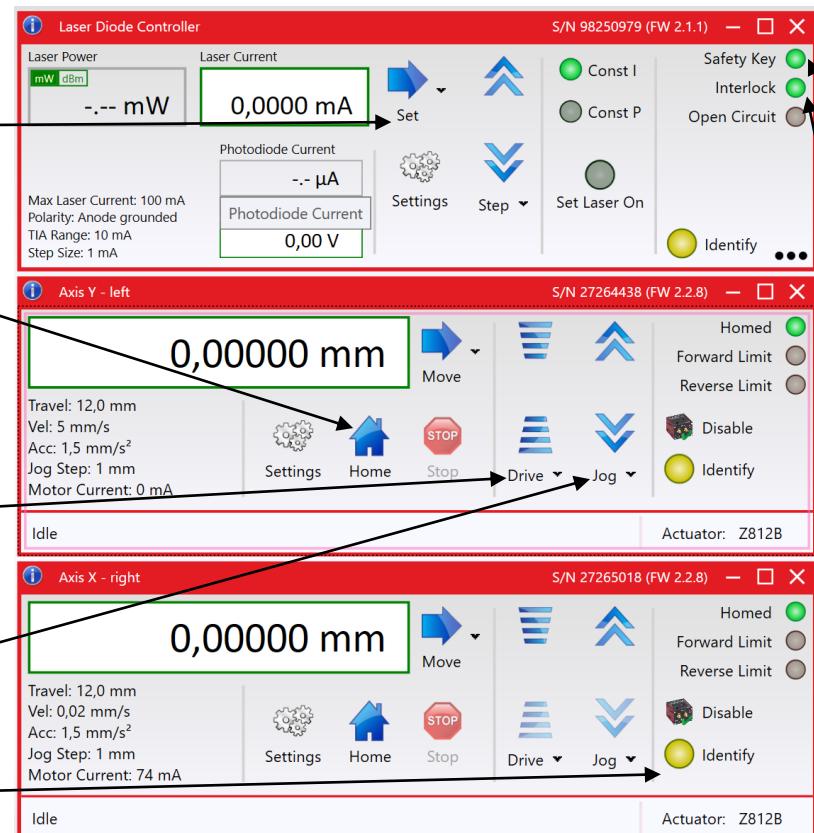
Permet de régler le courant du laser (**Maximum 95 mA** pour préserver sa durée de vie)

Permet d'effectuer le **homing** des moteurs (à réaliser sur **chaque** driver)

Maintenir le clic de la souris enfoncé permet de faire avancer le moteur en mode **continu** (4 vitesses)

Permet de déplacer les moteurs d'une **distance prédefinie**

Permet de faire **clignoter** plusieurs fois l'écran du contrôleur physique pour identifier la fenêtre **correspondante**.



Insertion de la **clé** requise pour activer le laser

L'**interlock** est une sécurité secondaire reliant électriquement la charnière de sécurité, le fin de course, l'arrêt d'urgence et la petite broche métallique à l'arrière du laser driver (la LED « Interlock » sur le logiciel s'allume en **rouge** si une des quatre sécurités est **désactivée**)

Figure 5 - Drivers connectés sur Kinesis

## 4.2 ThorCam Software

- Lancer le logiciel, cliquer sur et sélectionner la caméra : Optical Tweezers Kit
- Appuyer sur le bouton **play** en haut à gauche.
- Tourner le réglage de la **LED** comme indiqué ci-contre (voir Figure 6). L'image de la caméra devrait apparaître en **vert**.



Figure 6 - Réglage de la LED

- Vérifiez dans les paramètres , onglet « **Color** », que le **Red Gain** est réglé sur **6**, le **Green Gain** sur **1** et le **Blue Gain** sur **2.5** (Permet de mieux voir le laser rouge). « **Exposure** » doit être réglé à environ **28 ms**.
- Configurer les formats souhaités pour les photos et vidéos avec le bouton ainsi que le chemin de sauvegarde voulu. Il faut sélectionner « **Quick Save** » pour modifier ces paramètres.



## 4.3 Préparation de l'échantillon

- Prendre dans la boîte « Sample Preparation Système » le matériel suivant (voir Figure 7) :

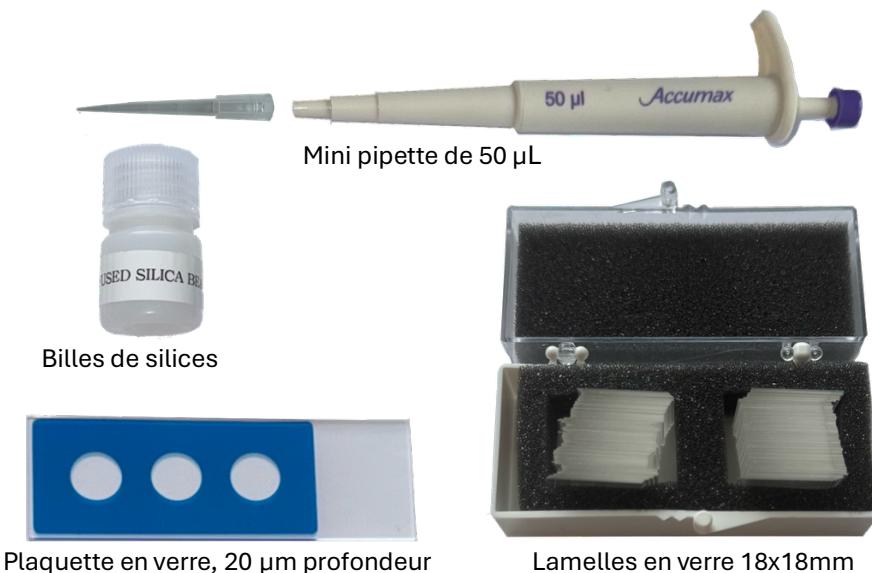


Figure 7 - Matériel pour l'expérience "Trap a beam"

- Secouer la fiole pour mélanger les micros-billes de silices avec l'eau déionisée.
- Déposer 3 gouttes déposées par chute libre du mélange dans le puit **indiqué par la flèche blanche** sur une **plaquette en verre** (voir la Figure 8). **Attention** au sens dessus dessous !
- Recouvrir avec une lamelle de 18x18mm.
- **S'assurer** que la hauteur de la platine soit suffisamment basse pour éviter d'endommager la lentille, en **dévissant** la vis indiquée par la flèche bleue ci-contre afin de faire descendre la platine.
- Soulever le capot en tissu.

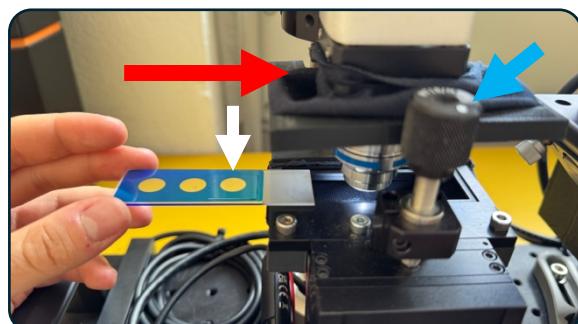


Figure 8 - Sens du microscope glass slide

- Placer l'échantillon dans le système, dans le sens indiqué sur la photo (voir Figure 8), sous le microscope.
- Déplacer la platine en X et Y de manière à aligner approximativement le microscope avec le centre de l'échantillon. Il suffit de faire un « **Move** » à **7 mm** en **X** et en **Y** afin d'être plus ou moins centré. Ne pas hésiter à changer la vitesse à **1mm/s** pour arriver rapidement à la position.
- Soulever le capot en tissu et faire un **check visuel** de la position du microscope pour vérifier si c'est bien centré.



## 4.4 Réglage hauteur de l'échantillon

L'objectif de cette étape est de focaliser correctement le laser rouge à l'intérieur de l'échantillon. Pour ce faire, il est nécessaire de passer par **trois plans de mise au point** successifs, correspondant respectivement **au-dessus** de la lamelle, **au-dessous** de la lamelle, puis à **l'intérieur** de l'échantillon lui-même. La Figure 9 illustre schématiquement ces trois niveaux de mise au point. Visser permet de lever la platine et dévisser de s'en éloigner.

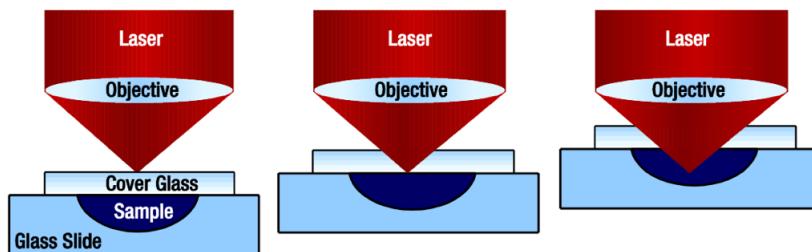


Figure 9 - Réglage des niveaux de mise au point<sup>1</sup>

- Commencer par **Set** un courant de 95mA pour le laser, puis sur **Set Laser On**.
- Pour toutes les étapes ci-dessous, **vérifier** de temps en temps que le laser est **allumé**.
- **Visser** pour lever la platine, tout en observant attentivement l'image de la caméra. Il va falloir sûrement beaucoup visser pour la première étape.
- **Garder à l'esprit** que la distance de travail de l'objectif est très faible (environ **0,3 mm**), en raison de sa grande ouverture numérique.
- Lorsqu'on commence à voir apparaître une tache rouge déformée, il s'agit de la réflexion sur le **dessus** de la lamelle de verre.
- En continuant à monter, la tache disparaît puis réapparaît brièvement une deuxième fois : cela correspond **au-dessous** de la lamelle.
- Enfin, en montant encore un peu (**attention**, à la troisième mise au point, le réglage devient sensible), la tache rouge apparaîtra une troisième fois, parfois, de faible intensité (voir Figure 10). Cela indique que le laser est désormais focalisé à **l'intérieur** de l'échantillon. Des petites billes devraient apparaître à ce niveau.

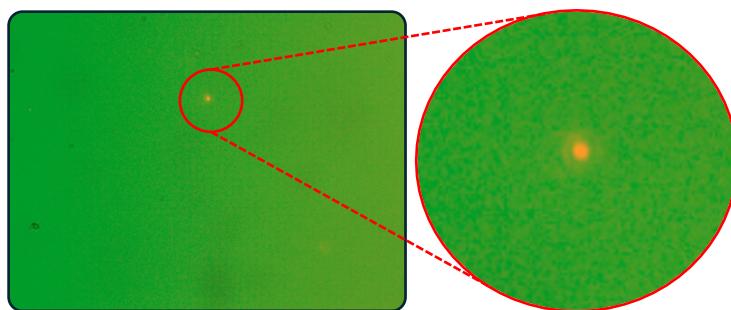


Figure 10 - Focus du laser dans l'échantillon

<sup>1</sup> Source de l'image : <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=EDU-OT3/M> page 58

## 4.5 Trap a beam !

Une fois le laser bien focalisé et visible à l'écran, la prochaine étape consiste à attraper une particule en se déplaçant. **Si les petites billes ne « bougeotent » pas dans le liquide** (mouvement brownien), c'est que l'échantillon est déjà **sec** ! Il faut nettoyer la plaquette et remettre trois gouttes du mélange.

→ Qu'est-ce que le mouvement brownien, et par quel phénomène physique est-il causé ?

(Pas faire tout de suite le point ci-dessous, si l'on veut faire l'expérience du chapitre 4.6)

→ Il est également possible d'utiliser un autre mélange comme : eau distillée-crème pour les mains. Pour ce mélange, il est préférable de s'arrêter au **DEUXIÈME** niveau de mise au point du laser, qui correspond **au-dessous** de la lamelle de verre, voir chapitre 4.4 pour le réglage de la hauteur.

## 4.6 Maximum holding force

Dans cette partie, le but va être de calculer la force de maintien maximale,  $F_R$  force de friction, exercée par le laser sur une particule. Cette force correspond à la force maximale que le piège optique peut appliquer pour maintenir une particule dans sa position. Ci-dessous la formule qui nous permet de calculer cette force :

$$F_R = 6\pi\eta_{eff}R\nu \quad (1)$$

- $\eta_{eff}$  : viscosité du milieu liquide
- $R$  : rayon de la particule
- $\nu$  : vitesse linéaire de la particule dans le milieu

Avant toutes mesures, vérifier l'analyse dimensionnelle de l'équation (1). Les unités sont volontairement enlevées.

### Mesures à réaliser

1. Une des premières mesures à effectuer, est de déterminer le diamètre de la particule. L'outil « **Measure** »  dans ThorCam permet cela. **Attention !** l'unité affichée est en pixels. À l'aide des billes de silice pour la préparation de l'échantillon, voir chapitre 4.3, il est possible de déterminer le facteur d'échelle permettant de convertir les pixels en une **unité réelle** qui pourra ensuite être introduite dans la formule (voir Figure 11). L'outil  permet d'annuler la dernière annotation réalisée.

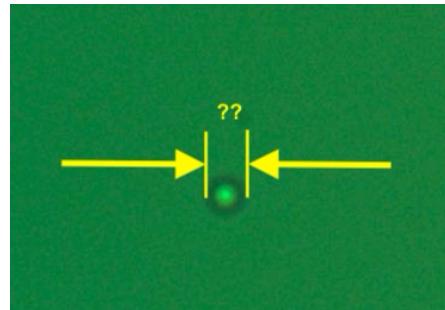


Figure 11 - Mesure d'une bille de silice

2. Avant de **changer** d'échantillon, **dévisser** la vis afin de pouvoir retirer la plaquette de la platine. Pour ce faire, passer un doigt derrière le tissu afin de pousser la plaquette vers l'extérieur, voir Figure 12.
3. Nettoyer la plaquette ainsi que la lamelle puis sécher.
4. Prendre le mélange eau distillée-crème pour les mains. Bien secouer le flacon, puis déposer trois gouttes sur la plaquette. Pour ce mélange, il est préférable de s'arrêter au **deuxième** niveau de mise au point du laser, qui correspond **au-dessous** de la lamelle de verre, voir chapitre 4.4.



Figure 12 - Procédure pour enlever la plaquette

5. **Pourquoi** à votre avis il est plus intéressant d'être à ce niveau ? Observez les constituants du mélange.
6. Cette étape consiste à attraper une particule homogène à l'aide du faisceau laser. Il est important d'éviter les agglomérats de petites particules : il est préférable de sélectionner une particule unique, bien isolée.
7. Mesurer le rayon de la particule.
8. Une fois la particule piégée, réaliser plusieurs tests de vitesse afin de déterminer la vitesse maximale à laquelle elle reste maintenue dans le faisceau. Cette vitesse correspond à la limite de la force que peut exercer le piège optique sur cette particule. **Conseil :** Dans **Kinesis**, utiliser la fonction « **Drive** »  pour déplacer à vitesse constante l'échantillon. Modifier les vitesses des 4 paliers en cliquant sur « **Drive** ».
9. La force peut ensuite être calculée à l'aide de la formule, et devrait être de l'ordre de quelques piconewtons.
10. Tester avec deux autres tailles de particule et refaire la même procédure de mesure de calcul. Comparer les résultats obtenus :
  - a. Observe-t-on une **variation** de la force de maintien ?

## 5 Mise hors tension

1. **Dévisser** la vis de la platine pour pouvoir enlever la plaquette échantillon.
2. Nettoyer la plaquette à l'eau clair puis sécher.
3. Remettre en position « **Home** » les 2 moteurs.
4. Fermer les 2 applications.
5. **Éteindre** la LED.
6. Éteindre les 3 drivers avec leur bouton **rouge** respectif.
7. Débrancher le hub USB-A du pc (élément n°10 du Tableau 1).