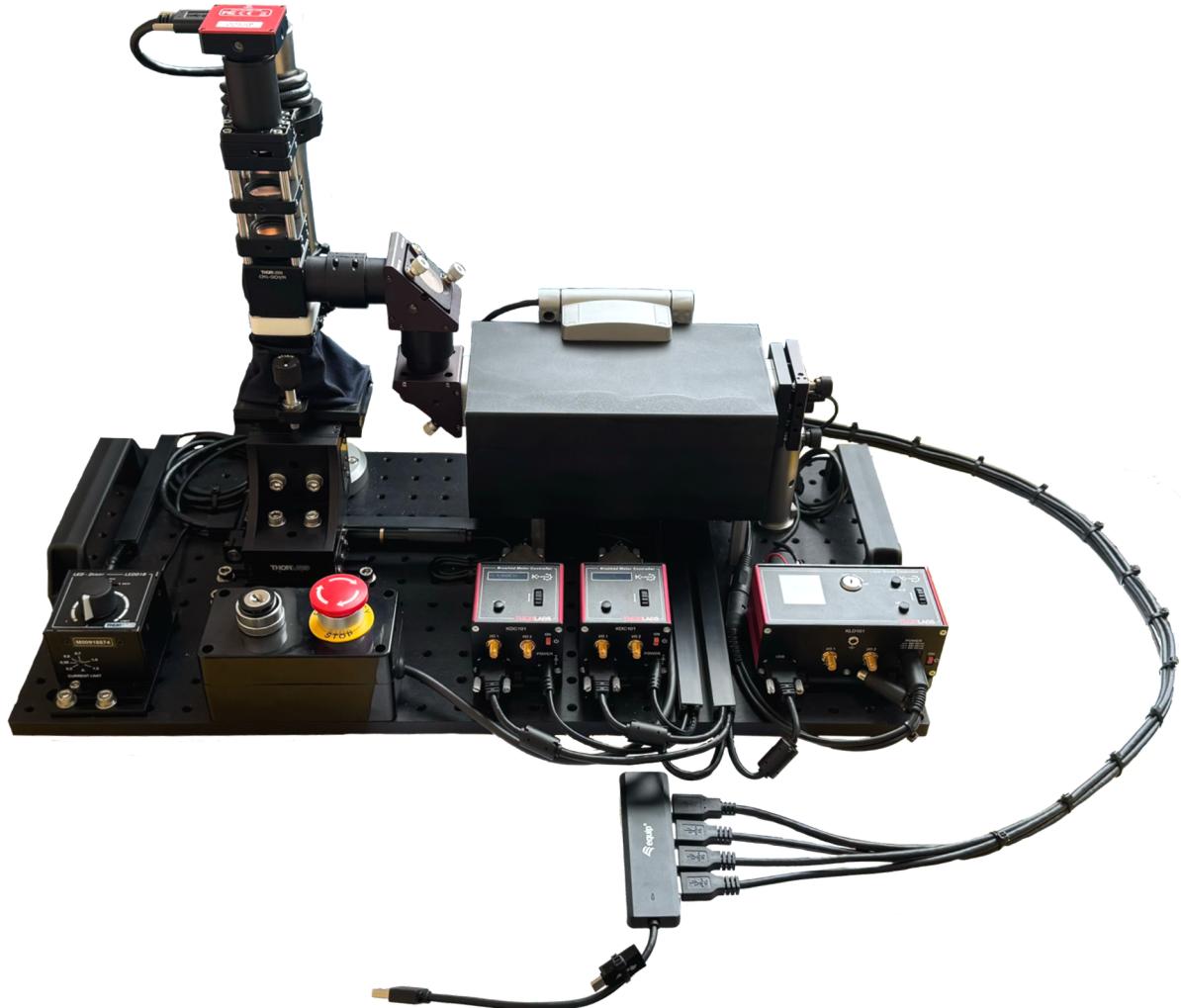


# Portable Optical Tweezers ServoVision



Auteur : Rechsteiner Samuel

Professeurs : Schintke Silvia

Del Rossi Stefan

Salle : S10

Date : 24 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	Installation du logiciel	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	Servovision	7
4.2	Préparation de l'échantillon	8
4.3	Réglage hauteur de l'échantillon	9
4.4	Trap a beam !	10
4.5	Maximum holding force	10
<b>5</b>	<b><i>Mise hors tension</i></b>	<b>11</b>

## Table des figures

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

## Table des tableaux

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

## Table des équations

Equation (1) Force de friction .....	10
--------------------------------------	----

## 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>
- Il existe cette même notice si l'on veut utiliser le système avec les deux logiciels fournis par Thorlabs : Kinesis et ThorCam.

## 2 Principaux composants du système

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

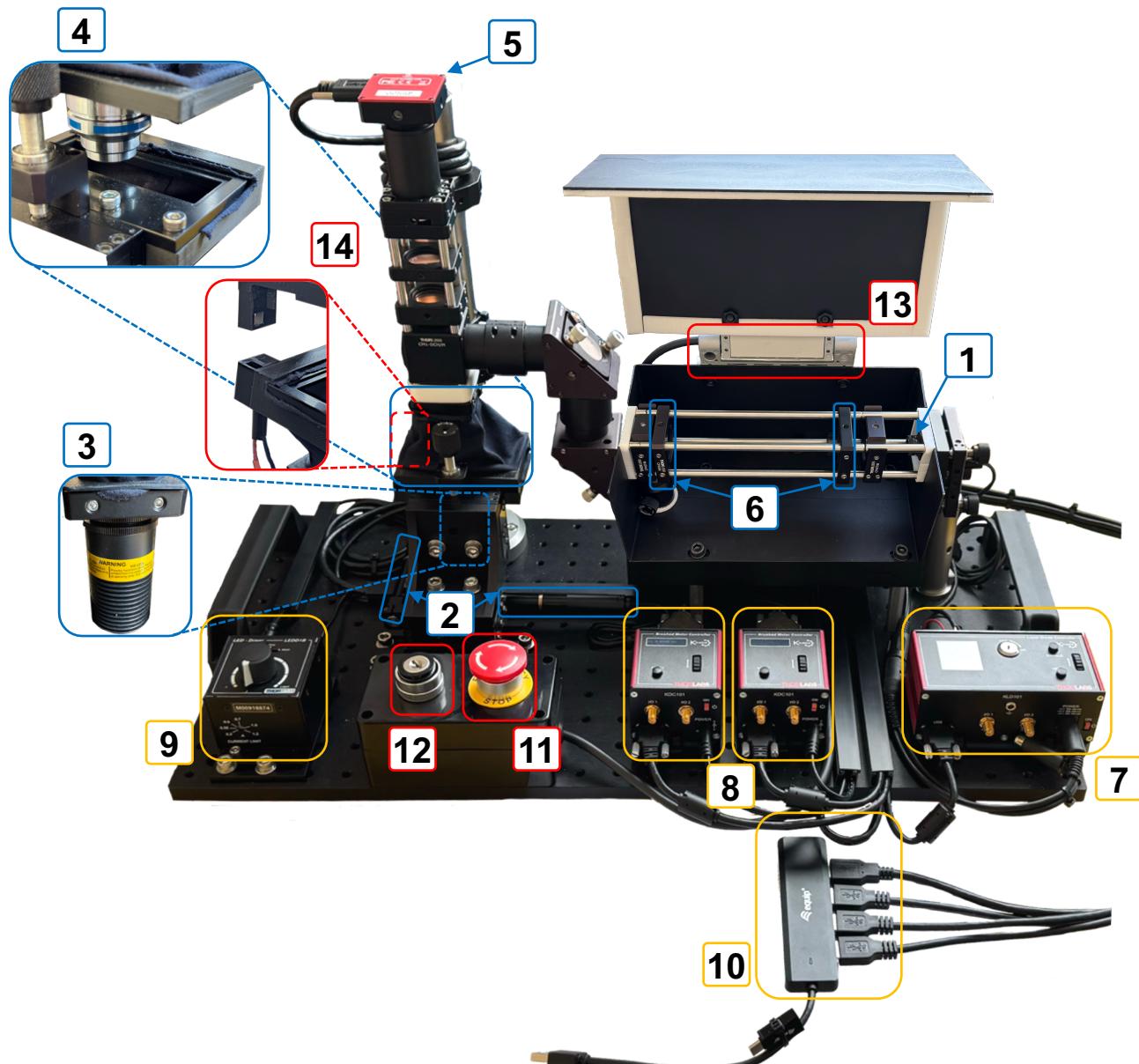


Figure 1 - Photo du système avec ses différents composants

### 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 Installation du logiciel

Afin de contrôler plus facilement les moteurs X, Y, le laser ainsi que la caméra, il est fortement recommandé d'installer le logiciel ServoVision, qui intègre les principales fonctionnalités de Kinesis et de ThorCam en une application.

#### 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 2).
- 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.
- Tourner le réglage de la **LED** comme indiqué ci-contre (voir Figure 3). L'image de la caméra devrait apparaître en **vert**.



Figure 2 - Bouton d'alimentation driver



Figure 3 - Réglage de la LED

## 4 Expérience

### 4.1 Servovision

- Le bouton en haut à gauche  est le « help » et explique tout ce qu'il faut savoir sur l'application.
- La partie de gauche est la gestion des drivers, ainsi que des aides au mouvement. On peut notamment déplacer les moteurs X/Y avec les touches du clavier pour une bonne ergonomie.
- La partie de droite gère tout ce qui concerne la caméra.
- L'explication concernant les drivers est donnée par la Figure 4.

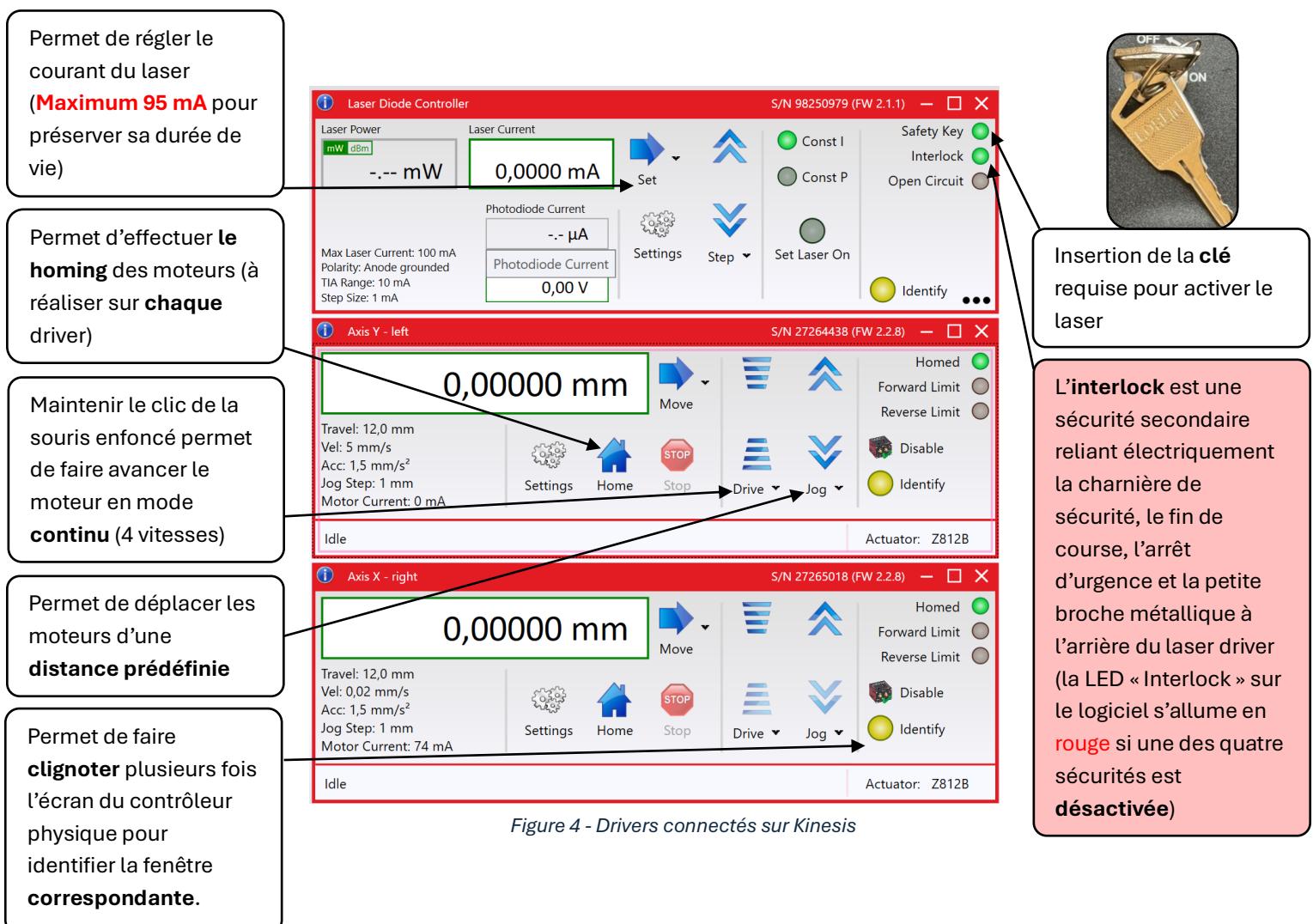


Figure 4 - Drivers connectés sur Kinesis

## 4.2 Préparation de l'échantillon

- Prendre dans la boîte « Sample Preparation Système » le matériel suivant (voir Figure 5) :

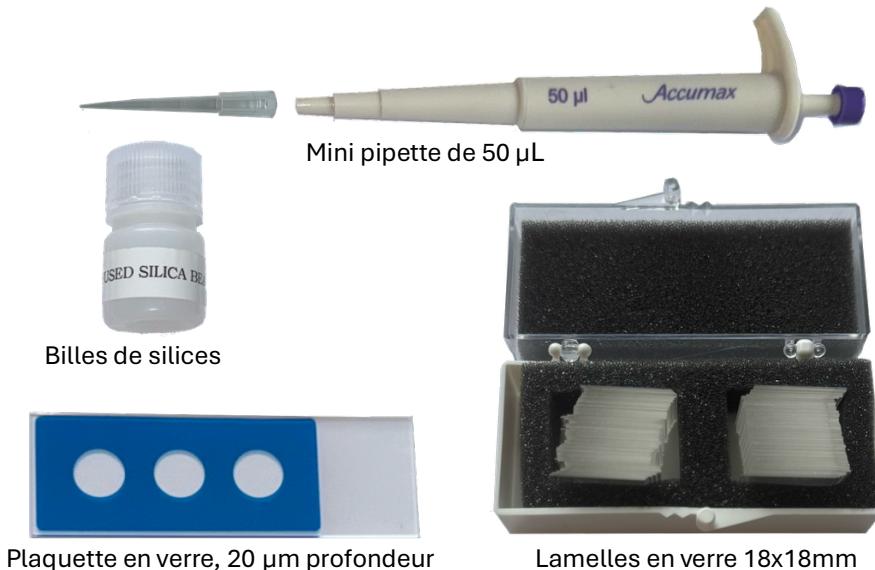


Figure 5 - Matériel pour l'expérience "Trap a beam"

- 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 6). **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.

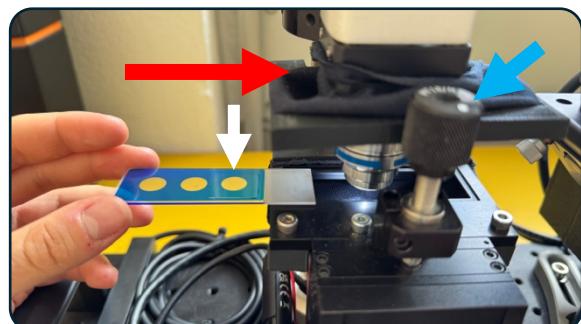


Figure 6 - Sens du microscope glass slide

- Placer l'échantillon dans le système, dans le sens indiqué sur la photo (voir Figure 6), 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 cliquer sur le bouton **Center Sample** pour lancer automatiquement ce mouvement.
- Soulever le capot en tissu et faire un **check visuel** de la position du microscope pour vérifier si c'est bien centré.

## 4.3 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 7 illustre schématiquement ces trois niveaux de mise au point. Visser permet de lever la platine et dévisser de s'en éloigner.

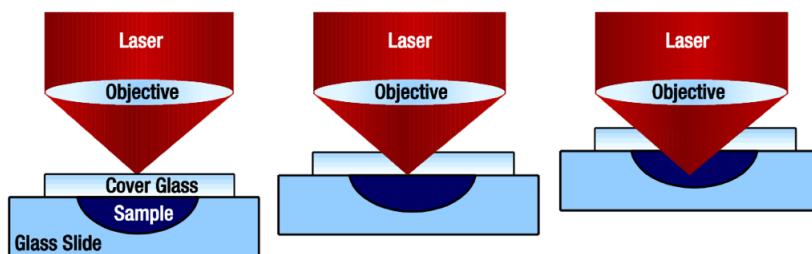


Figure 7 - Réglage des niveaux de mise au point<sup>1</sup>

- 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 surement 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 8). Cela indique que le laser est désormais focalisé à **l'intérieur** de l'échantillon. Des petites billes devraient apparaître à ce niveau.

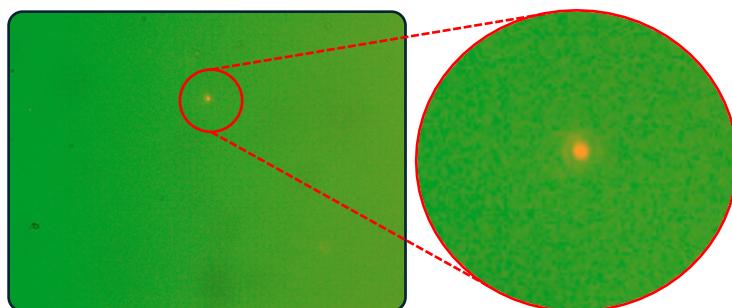


Figure 8 - Focus du laser dans l'échantillon

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

## 4.4 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 4.5)

→ 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 4.3 pour le réglage de la hauteur.

## 4.5 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 :

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

- $\eta_{eff}$  : viscosité du milieu liquide
- $R$  : rayon de la particule
- $v$  : 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 de mesure ↗ permet cela. **Attention !** l'unité affichée est en pixels. À l'aide des billes de silice pour la préparation de l'échantillon, voir chapitre 4.2, 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 9). L'outil ↘ permet d'annuler la dernière annotation réalisée.

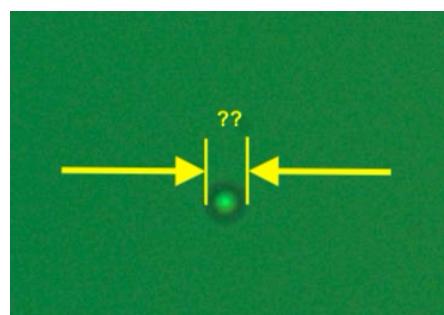


Figure 9 - Mesure d'une bille de silice

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 10.
  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 4.3.
- 
- Figure 10 - 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 le sous-groupe **MOTION**, on peut directement changer la vitesse de déplacement des moteurs. Les touches du clavier sont utiles pour se déplacer facilement dans l'image.
  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 l'application.
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).