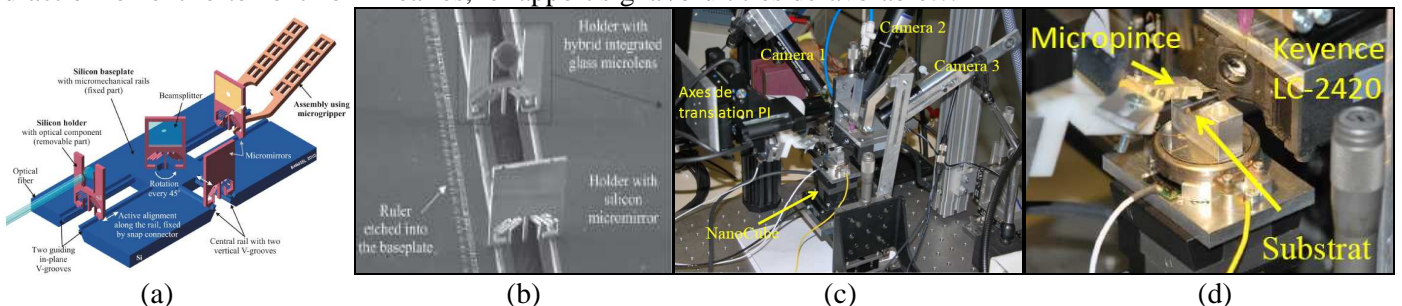


**Sujet de thèse, Institut FEMTO-ST**  
**Commande Hybride Force-Position pour le micro-assemblage**

Encadrement : Philippe LUTZ<sup>1</sup> (Professeur à l'Université de Franche-Comté)  
Co-encadrement : Cédric CLEVY<sup>2</sup> (Maître de Conférences à l'Université de Franche-Comté)

**Contexte :**

Les travaux proposés s'inscrivent dans le contexte général du micro-assemblage (assemblage de composants de dimensions caractéristiques généralement comprises entre 1 µm et 1 mm) pour lequel de nombreux enjeux scientifiques et applicatifs importants restent non résolus. L'équipe SAMMI du département AS2M possède une expérience reconnue mondialement dans ce domaine en ayant proposé de nombreux résultats relatifs à la conception, réalisation et commande de différents dispositifs micromécatroniques. Plusieurs stations de micro-assemblage ont notamment été développées, des études ont permis la réalisation d'assemblages de composants de quelques dizaines de micromètres en mode téléopéré ou en mode automatisé via des commandes référencées vision ou force (Fig. 1). Le micro-assemblage revêt des spécificités importantes comme la prédominance des forces surfaciques (qui engendrent des effets indésirés comme le collage, la répulsion à distance...), la place disponible très faible (qui limite drastiquement le nombre d'actionneurs et de capteurs présents dans la zone d'intérêt), l'utilisation de principes d'actionnement fortement non linéaires, le rapport signal/bruit très défavorable...



**Fig1 :** (a) et (b) Exemples de Microsystèmes optique assemblés (c) Plate forme de micro-assemblage constituée de 9 degrés de libertés, d'une micropinçe à 4 degrés de libertés, 3 caméras haute résolution et d'un capteur laser (d) zoom sur la zone de travail de la plate forme de micro-assemblage (assemblage d'un microsysteme optique en cours).

**Approche des travaux proposés :**

Les travaux proposés dans cette thèse s'intéressent à l'exploitation d'informations de force dans le cadre d'opérations de micro-assemblage notamment automatisées. Ils ont pour but de s'attaquer à différents problèmes non résolus à l'échelle micrométrique comme<sup>34</sup> :

- la stabilité d'un composant manipulé notamment lors d'apparition de perturbations comme des forces d'interaction entre deux composants à assembler ;
- la limitation des risques de casse des composants manipulés ou éléments de manipulateurs lors d'opérations d'assemblage pendant lesquelles la structure robotique ouverte devient une structure robotique fermée : un déplacement même très petit engendre alors des forces de contact très importantes (rigidité généralement importante des manipulateurs) ;
- l'occultation de certaines zones, par exemple pour des étapes d'insertion ou de guidage de composants flexibles ;
- la présence de forces surfaciques notamment le pull off qui perturbent le comportement des composants manipulés.

Des travaux préliminaires ont déjà été effectués dans ce sens<sup>567</sup>. Ils ont conduit à un manipulateur constitué de deux doigts de serrage permettant la réalisation de tâches de guidage de composants rigides dans un rail. Pour ce faire une

<sup>1</sup> [philippe.lutz@femto-st.fr](mailto:philippe.lutz@femto-st.fr)

<sup>2</sup> [clevy@femto-st.fr](mailto:clevy@femto-st.fr) ([www.femto-st.fr/~cedric.clevy/index.html](http://www.femto-st.fr/~cedric.clevy/index.html))

<sup>3</sup> Architecture d'une station de Micromanipulation, dans La microrobotique : Applications à la micromanipulation, HERMES Science (Ed.), S. Régner and N. Chaillet (2008).

<sup>4</sup> Signal Measurement and Estimation Techniques for Micro and Nanotechnology, Springer, C. Clévy, M. Rakotondrabe and N. Chaillet (Ed), to appear 2011.

<sup>5</sup> S. Bargiel, K. Rabenoroso, C. Clévy, C. Gorecki and P. Lutz, Towards Micro-Assembly of Hybrid MOEMS Components on Reconfigurable Silicon Free-Space Micro-Optical Bench, Journal of Micromechanics and Microengineering, 20(4), 2010.

<sup>6</sup> K. Rabenoroso, C. Clévy, P. Lutz, M. Gauthier and P. Rougeot, Measurement setup of pull-off force for planar contact at the microscale, Micro-nano letters, vol(4), Issue(3), pp:148-154, september 2009.

<sup>7</sup> K. Rabenoroso Assemblage de microsystèmes 3D reconfigurables par contrôle en force : application aux MOEMS hybrides, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 2010.

approche par commande hybride (chaque axe étant commandé soit en position soit en force) utilisant un modèle linéaire spécifique au système réalisé et quasi-statique est utilisé<sup>8</sup>. Ces travaux ont montré qu'il est nécessaire d'éviter le plus possible des contacts entre composant manipulé et support (principalement pour des raisons de stabilité du maintien du composant manipulé). Or, la commande utilisée permet de limiter la force de contact mais pas de l'annuler ce qui engendre des risques importants de pertes de composants mais également des temps de cycle importants.

La thèse proposée vise à approfondir ces aspects mais également à les rendre plus génériques (le modèle actuellement utilisé est complètement dépendant du préhenseur utilisé). Ainsi, une commande hybride utilisant un switch sera notamment expérimentée dans le but de rendre un même axe commandable en force (pour limiter la force de contact entre le composant manipulé et son support) puis en position (pour rompre ce même contact). La commande en position repose sur une modélisation dynamique du système et une commande par input shaping sera nécessaire. Cette étape s'avérera délicate notamment pour établir le modèle dynamique du système mais également compte tenu du pull off à vaincre pour annuler un contact. Celui-ci est d'amplitude variable (entre 0 et 200  $\mu\text{N}$ ) et dépend du jeu existant entre le composant manipulé et le support (insertion ou guidage par exemple) ce qui engendre des conséquences importantes sur la stabilité du manipulateur. De cela un compromis sera nécessaire aussi bien en termes de performances de la commande, qu'au niveau de la conception de nouveaux systèmes automatisés de micro-assemblage.

### **Objectifs :**

L'objectif applicatif de la thèse proposée est donc orienté vers l'automatisation de tâches d'insertion et de guidage à l'échelle micrométrique. D'un point de vue scientifique, un approfondissement des modèles de préhension sera réalisé (utile notamment dans la compréhension du comportement de composants lors d'étapes de micro-assemblage ou de la conception de microcomposants et leur manipulateur) et des commandes connues à l'échelle macro seront appliquées à l'échelle micro afin d'étudier l'influence de certaines spécificités comme la présence de pull off, les difficultés de placer des capteurs adéquats (gammes de mesure, résolution, nombre de degrés de libertés), l'influence du rapport signal/bruit.

L'utilisation des modèles obtenus permettra par la suite d'étudier la problématique de la génération de trajectoires dans le cadre de micromanipulateurs. Une attente forte du sujet proposé porte sur la mise en œuvre de méthodes innovantes liées à l'influence des effets d'échelle.

### **Cadre général des travaux :**

Les travaux proposés s'inscrivent en partie dans le programme transverse MIOP (Microsystèmes pour l'instrumentation optique sur puce<sup>9</sup>) de l'institut FEMTO-ST. Ce programme très dynamique et prometteur fédère les activités des départements AS2M, MN2S et Optique autour des microsystèmes obtenus par assemblage. Le doctorant recruté mènera donc ses travaux dans ce cadre collaboratif, pour lequel un support financier de la région est disponible et qui permettra l'achat de matériel.

Les travaux à faire constituent un approfondissement de travaux effectués pour lesquels une plate forme expérimentale conséquente a déjà été développée, laissant à disposition des matériels très pointus ainsi que l'expérience de leur utilisation.

### **Compétences recherchées:**

Les profils de type mécatronique, robotique, automatique, instrumentation seront étudiés avec détail. L'expérience de la recherche et de l'expérimentation constitueront des points supplémentaires appréciés.

Le sujet proposé s'adresse à des candidat(e)s curieu(ses)x, inventi(ves)fs, dynamiques, faisant preuve d'une grande motivation et d'un sens important du travail collectif et collaboratif.

### **Financement :**

Bourse Ministérielle de 3 ans

Début souhaité de la thèse : septembre ou octobre 2011

---

<sup>8</sup> K. Rabenorosoa, S. Bargiel, C. Clévy, P Lutz and C Gorecki, Assembly of 3D Reconfigurable Hybrid MOEMS through Microrobotic Approach, Lecture Notes, Frontiers of Assembly and Manufacturing, 2010.

<sup>9</sup> <http://www.femto-st.fr/fr/Projets-interdepartements/Microsystemes-pour-l-instrumentation-optique-sur-puce-MIOP.php>