



Un micromanipulateur avec retour haptique a été mis au point à l'université Pierre et Marie Curie (Paris).

DES TECHNOLOGIES POUR...

- Explorer la forme d'un micro-objet et les forces qui s'exercent sur lui
- Déplacer ou assembler des micro ou des nano-objets
- Enseigner le comportement de la matière à nano échelle

Déplacer une cellule vivante, assembler des nanotubes de carbone, déplier un brin d'ADN... Les instruments existent pour intervenir sur la matière vivante ou inerte à l'échelle du micron (millionième de mètre), voire du nanomètre (milliardième de mètre). Sauf que dans ce micromonde, les déplacements, les forces exercées et la manière dont les objets y répondent n'ont plus rien à voir avec ce qui se produit à notre échelle.

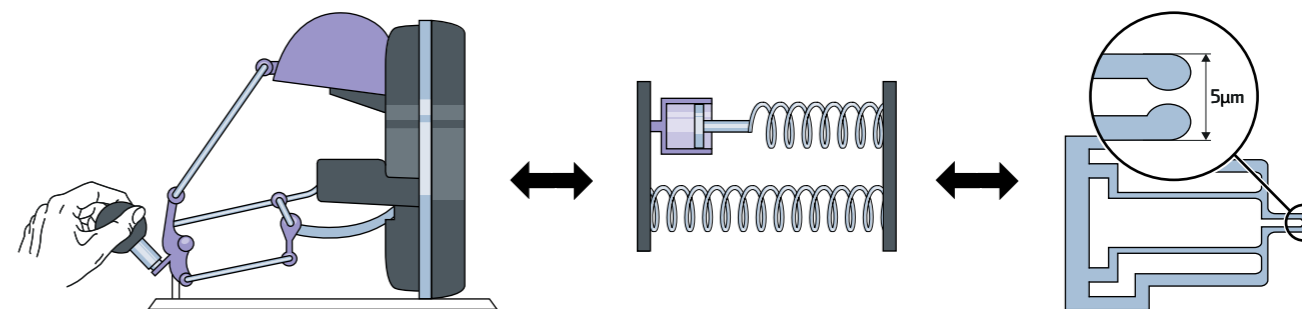
Pour aider les opérateurs, quelques entreprises et équipes de recherche spécialisées ajoutent une troisième fonction aux instruments de manipulation : le toucher. Elles développent des systèmes de retour haptique (ou « retour de force »), qui permettent de sentir, dans la poignée, le joystick ou l'interface avec laquelle ils manœuvrent un micro-outil, la résistance de l'objet saisi, les efforts réalisés pour le déplacer, les forces qui s'exercent sur lui, sa forme...

« Le but des systèmes de retour haptique est que l'opérateur puisse manipuler des micro-objets de manière plus intuitive. Ce sont aussi de nouveaux outils pour comprendre et enseigner les phénomènes physiques intervenant à cette échelle », explique Stéphane Régnier, le responsable de l'équipe micro et nanorobotique à l'Institut des systèmes intelligents de robotique (Isir) de l'université Pierre et Marie Curie (UPMC) à Paris. Le laboratoire s'est distingué récemment en mettant au point un prototype de micromanipulateur avec retour haptique, qui s'approche des conditions d'utilisation opérationnelle.

Une pince optique

Des systèmes haptiques sont déjà vendus par des sociétés comme Force Dimension, Haption, Geomagic (ex-Sensable), Novint... Mais ils ont été conçus pour des applications dans le nucléaire ou le médical, voire les jeux vidéo, et donc pour la manipulation d'objets à notre échelle. Or, dans le micromonde, pour traduire le mouvement du manipulateur, de l'ordre du centimètre, en un déplacement de l'ordre du micron, il faut diviser les déplacements par 10 000. Quant aux forces qui s'exercent sur les micro ou nano-objets - des millinewtons, voire des piconewtons - pour que l'opérateur les sente, il faudra les multiplier par des coefficients qui peuvent atteindre 10^{12} ! Pour les industriels de la micromécanique (horlogerie), qui manipulent des composants relativement « grands » (de 100 microns à quelques millimètres), le problème n'est déjà pas simple. Si des micropinces existent, les équiper de capteurs mesurant la force qu'elles exercent permettrait de mieux les maîtriser. « L'objectif est d'automatiser des tâches sans risquer de déformer ou d'endommager le composant », indique Cédric Clévy, spécialiste du micro-assemblage à l'institut Femto-ST de Besançon (Doubs). Des micropinces mises au point par Femto-ST sont commercialisées par Percipio Robotics. Le laboratoire travaille depuis dix ans sur la mesure de forces dans les micromanipulateurs, et s'apprête à publier des résultats sur un capteur intégrable sur les deux doigts de la micropince. De son côté le suisse

PASSER DU CENTIMÈTRE AU MICRON



La main de l'opérateur produit des mouvements de l'ordre du centimètre sur l'interface haptique.

Le système de couplage (mécanique, électronique, informatique) assure la conversion entre les échelles très éloignées de l'opérateur et du micromonde.

Le système de micromanipulation, ici une micropince, effectue des mouvements de l'ordre du micron.

SOURCE ET INFOGRAPHIE : L'USINE NOUVELLE

FemtoTools a déjà à son catalogue une micropince intégrant un capteur de forces. Mais il s'agit, pour l'instant, d'améliorer le contrôle de l'outil. Utiliser ces mesures pour effectuer un retour de force sur l'opérateur sera une autre étape.

D'autres laboratoires ont créé des prototypes de manipulateur avec retour haptique, pour des instruments comme des microscopes à force atomique (université de Caroline du Nord), des pinces magnétiques (université de Tokyo), des pinces optiques (UPMC)... Dans un microscope à force atomique, l'instrument roi des nanotechnologies, la pointe, subit des forces attractives ou répulsives en s'approchant de l'échantillon. Sa déformation, mesurée avec une caméra, permet d'évaluer ces forces et de les traduire dans un retour d'effort : l'opérateur a la sensation de toucher la surface de l'objet. Quel que soit l'instrument, le changement d'échelle entre l'opérateur et le micromonde pose des problèmes d'instabilité : des oscillations ou des mouvements imprévus de la poignée de l'interface haptique. Le risque est d'avoir aussi des décalages temporels entre ce qui se passe à petite échelle et ce que ressent l'opérateur.

Le laboratoire de l'Isir affirme avoir résolu ces difficultés avec une pince optique, qui est un micromanipulateur sans

contact. En effet, avec cet instrument, souvent construit au laboratoire mais qui commence à être commercialisé (Zeiss, Thorlabs), les doigts de la pince sont... des faisceaux laser. Ou plus exactement, un mince faisceau laser est utilisé pour piéger une particule (une petite microsphère), et c'est ce doigt qui va permettre de toucher, pousser, manipuler (avec plusieurs faisceaux et particules). Les forces sont mesurées en détectant, grâce à une caméra, la position de la particule par rapport au centre du faisceau. Les pinces optiques se prêtent bien à la mise en place d'un retour haptique, car elles autorisent des mesures de forces dans les trois dimensions.

Une nouvelle interface

Le laboratoire de l'Isir, qui a travaillé avec un équipement Omega de Force Dimension, devait résoudre le problème majeur de l'instabilité. Sa solution : une caméra et des algorithmes de traitement de l'information qui permettent d'effectuer les mesures de forces à haute fréquence (1 kHz), condition indispensable pour connecter de manière transparente le micro et le macromonde. Le principe est que la caméra ne détecte et ne transmet que les « événements » - ce qui change - au lieu d'un flux continu d'images. Par ailleurs, le laboratoire a mis au point une interface haptique, dont la sensibilité aux forces se rapproche de celle du doigt humain. Prochaine étape : brancher la nouvelle interface sur la pince optique munie de son capteur de forces à haute fréquence. De plus, ce dernier va encore gagner en performances (10 kHz), pour « sentir » des phénomènes dynamiques ultrarapides. Le laboratoire de l'Isir estime qu'il a pris de l'avance, et veut la mettre à profit pour pousser l'industrialisation de ses innovations. « Nous allons faire des démonstrations à des fabricants de micromanipulateurs, mais aussi à des utilisateurs potentiels, afin de mieux cerner leurs besoins opérationnels », indique Stéphane Régnier. Objectif, pour l'été prochain : un prototype redesigné, avec notamment une interface utilisateur graphique. ■

Instrumentation

TOUCHER DU DOIGT L'INFINIMENT PETIT

Les instruments qui permettent d'observer, de manipuler ou d'assembler des objets minuscules peuvent être dotés du sens tactile. Le micromonde devient palpable.

PAR THIERRY LUCAS