

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 126 (2000)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Télémanipulation: le sens lactile en plus  
**Autor:** Kaestli, Françoise  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-81536>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Télémanipulation : le sens tactile en plus

La manipulation d'un objet recouvre plusieurs tâches complexes que l'on effectue sans y prendre garde: localisation de l'objet, positionnement de la main, saisie avec une pression immédiatement adaptée à la résistance du matériau. Ne prennent conscience de cette complexité que ceux qui mettent au point des systèmes capables d'imiter l'homme, voire de le relayer dans des domaines qu'il ne peut explorer. Combinant à la fois les tâches de déplacement, l'interaction avec un environnement (virtuel ou non) et surtout le sens tactile, les télémanipulateurs ou - en langage plus technique - les systèmes à retour de forces développés par l'EPFL s'illustrent dans des domaines aussi divers que la manipulation de molécules, le guidage d'un véhicule spatial ou l'accompagnement d'une opération chirurgicale.

## L'interaction avec la réalité virtuelle, point clé du système

La nouveauté des systèmes à retour de forces réside dans la sensation tactile qu'ils transmettent à l'utilisateur. Le joueur qui, derrière son écran d'ordinateur, déplace un bolide de course, s'adonne à une activité ludique qui évacue la notion

d'accident. S'il ressentait, dans sa manette de jeu, le choc de la collision, l'enjeu s'en trouverait modifié. C'est précisément de ce type de feed-back que les chercheurs de l'EPFL veulent doter leur dispositif. Avec le «retour de force», l'effet de surprise est garanti: par manette interposée, l'opérateur a l'impression de buter réellement contre un obstacle, d'en éprouver la résistance, alors même que rien ne vient physiquement gêner le mécanisme de pilotage.

Les «systèmes à retour de forces» allient trois fonctions principales: un système de positionnement, une représentation virtuelle complexe de l'environnement de travail et un module de gestion de l'interaction entre l'utilisateur et le contexte virtuel. En guise de manette, un outil bien connu du département de microtechnique est mis à contribution: le robot *Delta* aux trois bras pliés comme des pattes d'araignée (fig. 1). Cette structure légère, précise, agrémentée d'une poignée tournante offre six degrés de liberté: le déplacement dans les trois dimensions et la rotation. Par rapport à d'autres systèmes existants, le champ de travail (25 cm x 25 cm x 20 cm) est particulièrement important, sans que la précision en souffre.

Deuxième point crucial du système, la réalité virtuelle, soit la modélisation de l'environnement dans lequel va intervenir le robot. Aux informations visuelles données sur les objets ou

( HAPTIQUE )

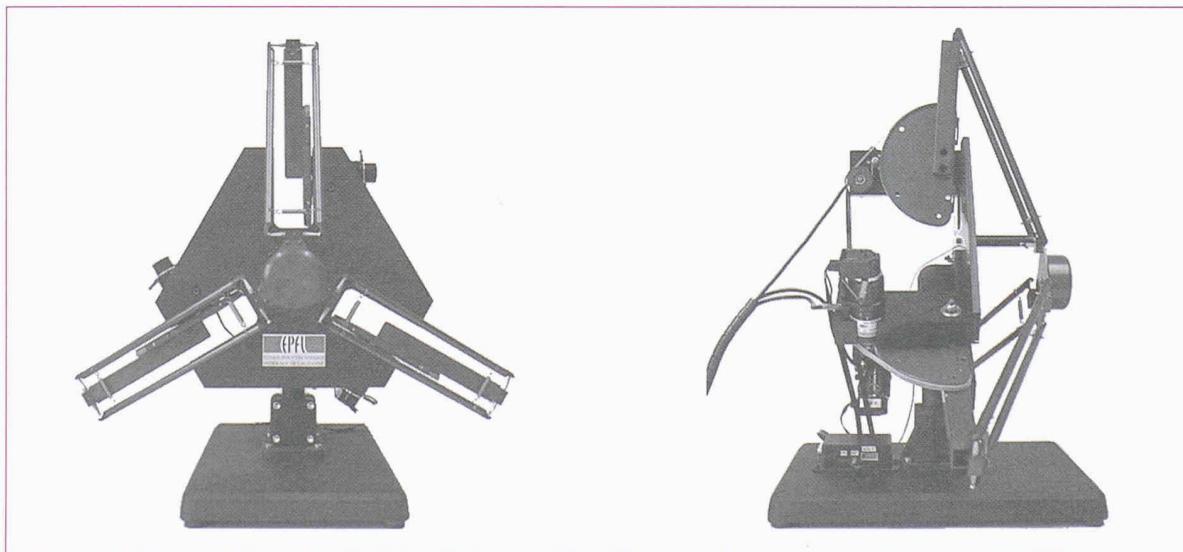
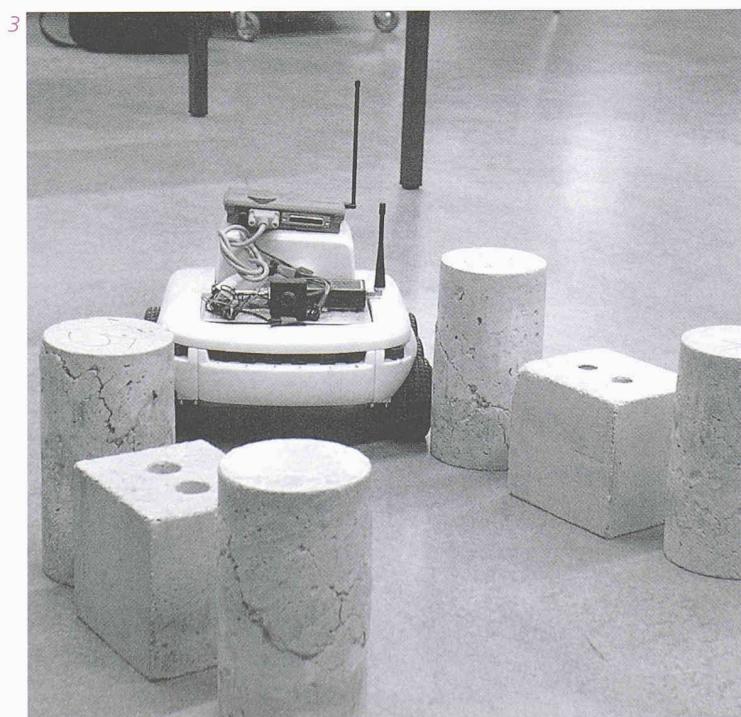
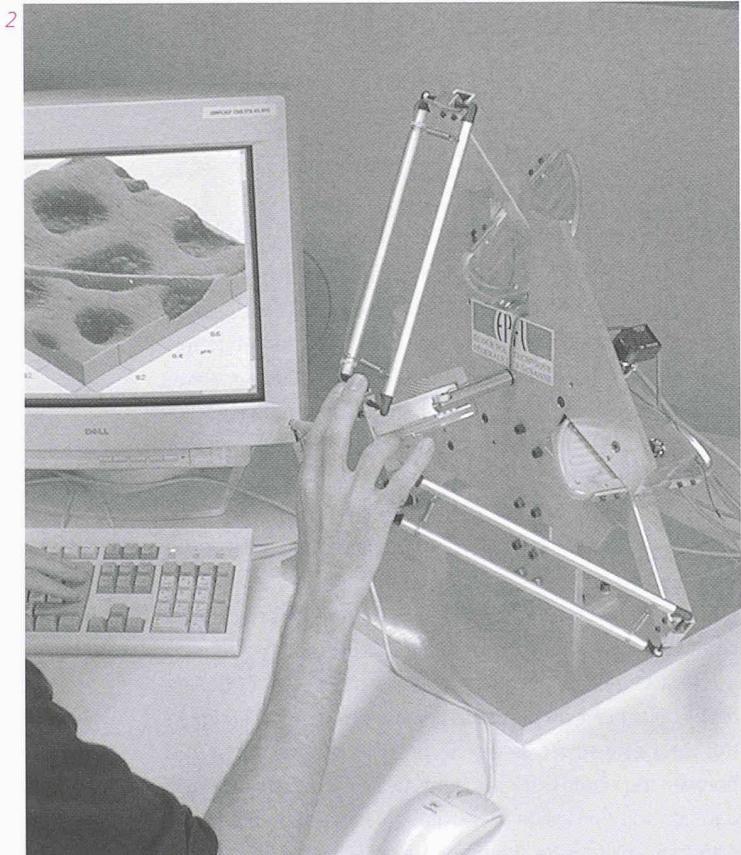


Fig. 2 : Les systèmes à retour de forces permettent une compréhension instinctive des lois agissant au niveau atomique (Photo IRS, EPFL)

Fig. 3 : Un champ de développement intense : la télémanipulation « guidée » de véhicules basée sur une interface intelligente et des véhicules autonomes (Photo IAS)



éléments du décor (à partir d'images de caméra ou de scanner) sont superposées des informations tactiles: viscosité, rigidité, état de surface. Le défi réside dans la transcription la plus exacte possible de la résistance qu'offre chaque élément. Pour y parvenir, les chercheurs lausannois ont choisi une démarche itérative: à force de confrontation entre la sensation produite par un matériau et celle obtenue par simulation, ils ont ajusté leurs paramètres. Le résultat est surprenant.

Le troisième module est celui de la gestion de l'interaction entre le monde virtuel et le robot de positionnement. Il doit faire communiquer des informations visuelles - acquises en direct ou modélisées - cadencées à 25 Hz avec des informations tactiles plus rapides (300 Hz) et piloter la partie mécanique du système, celle qui produit en retour la sensation tactile sur la manette (l'utilisation de plusieurs fréquences est principalement lié aux seuils de sensibilité différents de nos organes sensitifs). Ce contrôle est assuré en temps réel par des moteurs rotatifs. Les logiciels développés, tant pour la partie graphique que pour la gestion en temps réel, tournent sur des PC.

#### Les applications de la télémanipulation «tactile»

Grâce à leur grande précision et qualité, les «systèmes à retour de forces» (ou dispositifs haptiques) de l'EPFL se sont ouvert de larges champs d'application. Un tel dispositif a rejoint, l'automne dernier, le centre de recherches Ames de la Nasa pour guider un véhicule martien. Il aurait pu, grâce à son sens tactile artificiel - et si la mission avait réussi - utiliser une représentation, fréquemment mise à jour de la surface martienne pour contourner de manière autonome les obstacles. Dans le domaine médical, le système à retour de forces est incorporé dans un dispositif de simulation et d'entraînement d'opérations effectuées par laparoscopie<sup>1</sup>. Cet équipement apporte au chirurgien à la fois une information visuelle très précise et la sensation directe des forces et pressions exercées par ses instruments sur les organes. Le dispositif est actuellement mis à contribution comme simulateur et participe à la formation des médecins.

Couplé à un microscope à force atomique (AFM), un système à retour de forces permet aussi d'interagir avec des éléments de dimension atomique. L'opérateur est ainsi amené à ressentir les forces qui s'exercent à la surface d'un échantillon, ce qui lui permet de développer une compréhension plus instinctive d'un monde, dont les lois s'écartent largement de celles qui prévalent à l'échelle humaine (fig. 2). Un tel couplage autorise également la manipulation individuelle de

<sup>1</sup> Ce projet fait partie du programme MINAST (Micro- et nanosystèmes) lancé par la Confédération

## UNE INTERACTION HOMME-MACHINE INTELLIGEMMENT GUIDÉE

L'introduction de la sensation tactile (soit de l'haptique) dans la télémanipulation n'est pas l'unique sujet de préoccupation du groupe VRAI. Comme son nom l'indique, -VRAI signifie Virtual Reality and Active Interfaces-, ce groupe issu de l'Institut de systèmes robotiques et dirigé par Charles Baur, s'intéresse à rendre plus performante l'interface entre l'homme, les machines qu'il commande et l'environnement dans lequel se passe l'action. Partant du constat qu'à ce jour l'utilisateur doit se plier aux contraintes d'un système lorsqu'il veut interagir avec lui et persuadé qu'à terme le système parviendra à s'adapter aux capacités des utilisateurs par nature très différents, le groupe s'attache à développer ces interfaces actives, du contrôle de robot à travers le Web, à des systèmes à retour de forces, en passant par le repérage d'activités humaines. Il a déjà à son actif des télécommandes, simples et performantes, pour le guidage de véhicules en terrain accidenté. Si ce thème a été choisi c'est que la commande à distance de véhicules a toujours été une affaire d'experts : définir la position de l'objet, déterminer son déplacement et l'y guider représentent des problèmes complexes. D'autant plus que ces tâches s'effectuent souvent dans un environnement dangereux, faiblement doté en moyens de communication. Prenant le contre-pied de l'approche traditionnelle centrée sur l'opérateur humain, les chercheurs ont élaboré un modèle adapté au robot. Ce choix se justifie par la nécessité de donner une plus grande autonomie à la machine, - l'humain n'étant qu'une source d'information parmi d'autres -, et de favoriser l'interaction avec d'autres engins de son espèce (contrôle collaboratif, en opposition aux systèmes maître-esclave). Un petit robot mobile, le *Koala*, grand comme deux boîtes à chaussures, et spécialement conçu pour un environnement intérieur ou non tourmenté, et son grand frère *Pioneer-AT2*, (50x50x30 cm), adapté à des terrains extérieurs modérément accidentés, illustrent la gamme des véhicules mis au point (fig. 3). Cette recherche fait l'objet d'une collaboration avec l'Université de Carnegie Mellon, aux Etats-Unis.

Pour l'heure, un autre thème « chaud » couvre le suivi et le repérage d'une activité humaine, développement qui va de pair avec la mise à disposition sur le marché de capteurs et de processeurs toujours plus puissants et petits (*Human Oriented Tracking*). On sera bientôt en droit d'attendre d'un tel système qu'il comprenne l'activité d'êtres humains et l'interprète de sorte à fournir un service approprié au bon moment, comme le chargement de programmes adaptés à un utilisateur ou l'enclenchement de lumières, chauffages, etc. Des applications séduisantes se dessinent en domotique et dans le domaine de la sécurité.

Pour la partie « réalité virtuelle », le groupe poursuit sa recherche sur les moteurs graphiques en trois dimensions, dont une des applications s'attache à l'étude de la déformation en temps réel d'objets complexes (par exemple la déformation d'organes durant des opérations chirurgicales).

Une particularité du groupe VRAI est de réaliser des transferts de technologie par création de *start-up*. Ainsi, la société *2C3D (to see 3D)* a été créée voici une année ; elle est active dans le domaine médical, pour le repérage et la planification de chemins opératoires. Une deuxième jeune pousse (*forcedimension*) verra le jour en 2001 pour commercialiser des systèmes à retour de forces.

molécules de façon précise et rapide et une extension du concept vers le monde du vivant est en cours. Ces recherches sont menées par le groupe VRAI (pour Virtual Reality and Active Interfaces) de l'Institut de systèmes robotiques de l'EPFL qui s'est penché, entre autres, sur les nanotubes de carbone aux propriétés fascinantes et dont les applications sont prometteuses: utilisation dans les écrans plats comme émetteurs de photons, nanobalances pour molécules ou diodes notamment<sup>2</sup>.

D'autres applications sont envisageables dans des environnements hostiles ou difficilement accessibles: télémanipulation d'un robot dans une centrale nucléaire ou d'une grue dans un espace sécurisé. Quant aux applications à la sculpture, aux nouvelles générations de jeux sur ordinateur ou de films d'animation que cet outil original va promouvoir, l'exploration ne fait que commencer.

Voués à la recherche, les dispositifs existants s'avèrent coûteux et ont été vendus prioritairement à des instituts de recherche. Cela n'empêche pas leurs développeurs de se pencher déjà sur une version industrielle, à faible coût, qui pour-

<sup>2</sup> Voir à ce propos «l'enjeu des nanotechnologies», dans *IAS* N° 21/2000, pp. 412-15 et «Les nanotubes de carbone», dans le même numéro, pp. 416-17

rait intéresser la société *Logitech*. Patrice Rouiller, avec d'autres collaborateurs chargés du projet, ne cache en outre pas son ambition de lancer prochainement une société d'ingénierie capable d'adapter le principe du système de retour de forces à toutes sortes d'utilisateurs potentiels.

### Bibliographie

- FLÜCKIGER L. : «A Robot Interface Using Virtual Reality and Automatic Kinematics Generator», The 29<sup>th</sup> International Symposium on Robotics, ISR 98 (Ed.) Birmingham, 1998
- FLÜCKIGER L., BAUR C. & CLAVEL R. : «Cinegen: a Rapid Prototyping Tool for Robot Manipulators», The Fourth International Conference on Motion and Vibration Control (MOVIC'98), Gerhard Schweitzer, Roland Siegwart and Philippe Cattin (Ed.), vol. 1, Zürich, 1998, pp. 129-134
- MOSER R. : «Integration of Panoramic Camera into the Open Agent Architecture», Microengineering Diplôme, Ecole polytechnique fédérale, Lausanne, 1999
- T. FONG, F. CONTI, S. GRANGE & C. BAUR : «Novel Interfaces for Remote Driving: Gesture, Haptic and PDA», SPIE Telemanipulator and Telepresence Technologies VII, Boston, 2000
- T. FONG, C. THORPE & C. BAUR : «Advanced Interfaces for Vehicle Teleoperation: Collaborative Control, Sensor Fusion Displays, and Web-based Tools», Vehicle Teleoperation Interfaces Workshop, IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, 2000
- TERRIEN G., FONG T., THORPE C. & BAUR C. : «Remote Driving with a Multisensor User Interface», SAE 30<sup>th</sup> ICES, Toulouse, France, 2000
- LACHENAL-TABALLET J., «Rendu réaliste d'organes», Microengineering Semester Project Report, Ecole polytechnique fédérale, Lausanne, 1999