



ROBOTS CHIRURGIENS / Avenir

C A H I E R > T E C H N O L O G I E S

La robotique chirurgicale progresse, notamment en s'alliant à l'imagerie, qui permet de mieux guider le geste au cours d'une intervention, explique **Guillaume Morel**. Améliorer la qualité de la coopération entre chirurgien et robot est un enjeu essentiel.

« L'imagerie médicale s'invitera pendant les opérations »

LA RECHERCHE. Sur quel terrain la robotique chirurgicale devrait-elle progresser dans les dix ans à venir ?

GUILLAUME MOREL. Une évolution qui me semble tout à fait importante est le couplage avec l'image. L'imagerie entre progressivement dans le bloc opératoire, en temps réel : c'est ce que l'on nomme l'imagerie « peropératoire ». Même si les opérations robotisées sont préparées à partir d'images préopératoires, bien des interventions sont réalisées sous imagerie peropératoire. Une technique d'imagerie très prometteuse est la fluoroscopie : on injecte dans l'organisme un produit qui se fixe préférentiellement sur certains tissus et émet de la lumière lorsqu'il est excité par un rayonnement d'une longueur d'onde particulière.

En quoi le recours à cette imagerie peropératoire peut-il améliorer les performances de la robotique chirurgicale ?

G.M. Notre équipe travaille actuellement sur une approche qui

consiste en l'injection d'une molécule, qui est un marqueur tumoral, dans le but d'aider le chirurgien qui doit procéder à l'ablation d'une tumeur. Cela lui permet de visualiser très précisément le périmètre sur lequel il doit intervenir. Nous collaborons avec la société grenobloise Fluoptics, issue du CEA-LETI et de l'université Joseph-Fourier, spécialiste de ce type d'imagerie. Elle met au point une sonde permettant de travailler sous endoscopie. Sous l'effet d'un éclairage adapté, la tumeur émet dans l'infrarouge. L'image, captée par une caméra

Sous un éclairage adapté, la tumeur émet dans l'infrarouge. L'image captée par une caméra idoine apparaît sur un écran

idoinde, apparaît sur un écran. L'idée est de permettre au chirurgien de voir cette image superposée sur l'image endoscopique classique qui lui permet de voir les tissus sur lesquels il travaille.

Avec cette approche, il est possible d'envisager que le contour de la tumeur soit un jour suivi en temps réel de façon automatique, ce qui permettrait au robot de guider le geste chirurgical, en contraignant le mouvement de l'outil. En quelque sorte, le scalpel

rencontrerait un mur interdisant l'accès à la partie saine de l'organe et glisserait dessus.

Cet exemple est une bonne illustration de la collaboration nécessaire entre spécialistes de l'image, roboticiens et médecins pour concevoir des solutions innovantes. Il faut aussi que des entreprises se lancent avec les laboratoires dans l'innovation. Ainsi, pour ce projet, en dehors de Fluoptics, deux start-up, EndoControl et Haption, sont mobilisées pour le développement de moyens robotiques associés à l'imagerie.

L'imagerie va donc suivre le robot à l'intérieur du corps humain ?

G.M. D'une certaine façon. C'est encore plus évident pour une autre technique d'imagerie, tout à fait nouvelle, qui me semble également prometteuse. Il s'agit de l'endomicroscopie. Dans le cadre du projet français Persée, soutenu par Oséo, notre équipe travaille notamment avec une société parisienne, Mauna Kea Technologies : elle a mis au point une sonde miniaturisée qui permet d'observer au microscope des tissus sous endoscopie. Ce dispositif travaille d'ailleurs en fluoroscopie, il intègre un éclairage par laser et suppose l'injection préalable d'un marqueur fluorescent. Cette sonde





© CATHERINE CHEVALLIER POUR LES DOSSIERS DE LA RECHERCHE

s'utilise à l'intérieur d'un endoscope classique et permet donc d'inspecter un organe suspect, afin de préciser ou de redéfinir en cours d'intervention le périmètre d'une ablation par exemple. Les images obtenues doivent être interprétées par un spécialiste, formé en anatomo-pathologie, capable d'identifier des cellules cancéreuses. Traditionnellement, ce spécialiste regarde au microscope des prélèvements effectués préalablement sur le patient, les interprète et formule son diagnostic par écrit, avant l'opération. Avec cette nouvelle technique, il peut envisager son intervention en temps réel. Il pourrait d'ailleurs travailler à distance, devant un écran. C'est une pratique de télé-médecine qui se profile.

S'agit-il encore de robotique ?

G.M. Oui, car l'information diagnostique ainsi obtenue serait exploitée immédiatement en

chirurgie mini-invasive sous endoscopie. Et aussi parce que la mise en œuvre de cette technique nécessitera un robot, qui servira de caméraman : c'est lui qui tiendra la sonde. Pour capter des images de qualité, il est important de garantir une grande stabilité de celle-ci. Sur l'écran, chaque pixel correspond approximativement à 1 micromètre, donc le moindre mouvement perturbe l'image. Qui plus est, le robot déplacera la sonde de manière très régulière de façon à effectuer une sorte de balayage, de travelling : on obtiendra ainsi des images de grandes dimensions, qui permettront d'étudier des surfaces importantes de tissu.

Pensez-vous que la technique consistant à faire passer tous les instruments à travers une seule et incision devrait se généraliser ?

G.M. C'est ce qu'on appelle le « trocart unique ». Au lieu de réaliser plusieurs petites incisions, on

en pratique une seule, un peu plus large, généralement de 20 millimètres, et l'on introduit l'endoscope et tous les instruments par cette seule voie. Cela complique beaucoup les choses. Il faut notamment mettre au point des instruments coudés, plus complexes, et les manipulations deviennent aussi plus complexes, par manque de place.

Or, on réalise aujourd'hui des instruments simples qui passent à travers des incisions de 5 millimètres, qui cicatrisent remarquablement bien. Les évaluations scientifiques indiquent que les complications sont inexistantes. Il arrive que l'on ne fasse même pas de point de suture, et que la cicatrice soit presque invisible. Mon opinion est que, dans bien des cas, il sera difficile de trouver un véritable bénéfice médical à l'approche « trocart unique » et que, même du point de vue esthétique, qui passe forcément au second plan, elle ne sera pas gagnante, sauf dans le cas d'une incision ombilicale.

D'autres évolutions sont-elles attendues ?

On se passionne aussi pour la chirurgie dite « endoluminale », qui consiste à passer par un orifice naturel pour atteindre le site d'intervention *via* une incision pratiquée par exemple dans l'estomac ou le côlon. Résultat : pas de cicatrice visible... À nouveau, cela complique beaucoup les choses, et je ne suis pas certain que l'on obtienne souvent un bénéfice médical évident. Pour ma part, j'accorde plus d'importance à ce qui me semble une évolution fondamentale : nous savons de mieux en mieux concevoir des instruments robotisés capables de travailler dans une logique de coopération avec l'homme. La comanipulation, comme nous disons, permet à l'homme et au robot de réaliser chacun ce qu'il fait le mieux. Je pense que les progrès les plus importants viendront de là.

■ **Propos recueillis par Pierre Vandeginste**

Guillaume Morel, professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie, à Paris, est responsable de l'équipe assistance aux gestes et applications thérapeutiques à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique.