

## L'odyssée du futur

Paris, le 24 mars 2017 • **La chirurgie assistée par robot connaît depuis quelques années un développement exponentiel. Naguère totalement asservie au chirurgien, la machine s'autonomise. Intelligence humaine et intelligence artificielle s'associent pour permettre des interventions toujours plus précises. La session de clôture des Journées des Innovations Techniques et Technologiques en Urologie, animée par le Pr Alexandre de la Taille (Henri Mondor) et le Pr Luc Soler (Ircad, IHU) laisse entrevoir des perspectives exaltantes.**

### L'autonomie rêvée

Serons-nous opérés demain par des machines ? Une célèbre scène du film *Prometheus* de Ridley Scott montre l'héroïne, enceinte d'un Alien, subissant un acte chirurgical sans intervention de l'homme. Elle passe un premier sas qui établit un diagnostic et un programme opératoire. Puis un second, où elle est anesthésiée et opérée de manière totalement automatisée et enfin, un robot vient suturer la plaie.

Pour le Pr Alexandre de la Taille, chef du service d'urologie à l'hôpital Henri Mondor (Créteil), la possibilité qu'un jour le robot puisse réaliser une intervention du début jusqu'à la fin n'est plus de l'ordre de la science-fiction. Le délai ? *"Dans quelques dizaines d'années sans doute"*. La recherche est active dans ce domaine.

Parmi les développements actuels : la perception du toucher et le "retour de force". Sans oublier la nécessaire maîtrise des coûts, puisque le prix d'un robot tourne autour de 2 millions d'euros auxquels il faut ajouter la maintenance et les consommables. A côté de la société Intuitive, créatrice des robots Da Vinci, d'autres acteurs, principalement au Canada, au Japon, en Corée et en Italie, ont mis au point des systèmes innovants. Présent sur le salon des JITTU, le robot italien Trans-enterix a ainsi développé des techniques permettant d'apprécier le retour de force, un suivi automatique de l'œil (et donc de la caméra) tout en mettant au point des instruments réutilisables (et donc moins coûteux). Les sociétés américaines Medtronic et J&J sont aussi sur les rangs.

### Le toucher virtuel

Pour les chirurgiens, la perte du "toucher" est une des principales difficultés à surmonter lorsqu'ils opèrent avec un robot. Diverses techniques ont été développées pour essayer de redonner au chirurgien ce sens essentiel à sa pratique. Ainsi ce gant connecté (Glove One® de la société neurodigital technology). Grâce à un système de senseurs et de vibrateurs, l'utilisateur peut toucher et ressentir des objets qu'il voit dans son casque virtuel. Il peut par exemple attraper un ballon, mouvoir une manette, appuyer sur un bouton électrique, enlever un pétale de fleur et percevoir sa texture, et même ressentir la chaleur d'une flamme....

## La réalité augmentée

Pour le Pr Luc Soler, directeur R&D de l'IRCAD, spécialisé en robotique médicale et directeur scientifique de l'Institut hospitalo-universitaire de Strasbourg (IHU), le progrès de ces systèmes portera principalement sur deux aspects la réalité augmentée et l'intelligence artificielle.

*"Nous sommes partis de ce qui se fait en aéronautique pour augmenter les capacités du pilote",* explique le spécialiste. De même que les avions sont bardés de capteurs capables de mesurer des données que l'être humain ne peut pas percevoir, de même l'imagerie médicale permet d'obtenir des informations bien au-delà de ce que l'œil humain peut déceler (images ultrasoniques, IRM, radiographie par rayon X, Pet-scan, fluorescence, images UV....). Ces informations invisibles à l'œil humain sont alors transférées dans le spectre du visible sous forme de données chiffrées et d'images. *"L'idée était ensuite de faire entrer ces capteurs dans le bloc, comme on l'a fait dans les avions afin d'obtenir en temps réel des données qui permettent d'adapter le pilotage".* C'est ce qu'on appelle le "bloc hybride".

Celui de l'IHU de Strasbourg a été inauguré en octobre 2016. Il réunit en un même lieu IRM, Scanner, échographe et un bras robotisé (Zygo®).

Comment fonctionne le bloc hybride ? Là encore, la comparaison avec l'aéronautique permet de mieux le comprendre. Le pilote commence par observer et analyser les photos satellites. Aidé par son logiciel de planification du vol qui anticipe les phénomènes météorologiques, il choisit sa route. *"Notre 'photo satellite', c'est l'image médicale. Elle est transformée pour faire une cartographie tridimensionnelle sur laquelle apparaissent des structures complexes comme les nerfs du pelvis."* Cette image, qui représente le patient avant l'opération est amenée au bloc. Lorsque l'image réelle est fusionnée avec ces images virtuelles, on parle de réalité augmentée. Cette réalité peut être projetée sur écran ou sur tablette. Tandis que le chirurgien opère, il voit simultanément les organes réels et les structures cachées telles que reconstruites en images virtuelles. *"Lorsqu'on superpose les différentes images on obtient la vraie position de chaque organe, de chaque structure, avec une précision de 0,9 mm",* explique le Pr Soler. A ces progrès vont se rajouter un "radar peropératoire". Ce radar tient compte des mouvements naturels du patient et de ses organes. Il ajuste et adapte les images en temps réel.

### Des lunettes de réalité augmentée

Dans le bloc de demain, les écrans auront disparu. Tout sera projeté directement dans un casque porté par le chirurgien. Depuis décembre 2016, l'IHU est équipé. Les lunettes Hololens® de Microsoft permettent non seulement de voir des images virtuelles en 3D, mais aussi de tourner autour d'elles pour les visualiser sous tous les angles et, enfin, d'interagir avec elles, grâce à un système de détection en temps réel des gestes du praticien. Ce petit casque de 300 g donne véritablement l'impression au chirurgien de "voir" à l'intérieur de son patient, de le regarder "en transparence". De telles lunettes sont appelées à remplacer peu à peu tous les écrans qui ont envahi les blocs opératoires. Avantage : tout est vu en stéréoscopie par les yeux, et le chirurgien a les deux mains libres.

## La tour de contrôle

"Ordinateur puisque tu sais où est la tumeur, peux-tu l'arrêter ?". Certes, le chirurgien ne s'adressera pas à la machine en ces termes mais, au final, c'est ce que la machine comprendra. Nos organes bougent en permanence, ne fût-ce que sous l'effet de notre respiration. Comme on ne peut pas arrêter la respiration d'un patient opéré, il faut s'adapter. Avec l'aide d'un industriel (Karl Storz) et le Laboratoire iCube de l'université de Strasbourg, l'IRCAD développe actuellement un très petit robot, single port, endoluminal. Le robot est contrôlé par un ordinateur, qui suit en temps réel les mouvements de la cible (la tumeur) pour qu'elle reste au centre de l'image.

Autre élément important qui pénètre actuellement les blocs hybrides, des détecteurs qui affichent en temps réel, pendant l'opération, les radiations reçues par le patient (du fait de l'imagerie per-opératoire). Ce système pourrait également mesurer l'irradiation des personnels soignants de façon très précise.

Enfin et surtout, la grande révolution à attendre, celle qui un jour permettra peut-être l'autonomisation des robots, c'est l'intelligence artificielle. Le principe en est simple, explique Luc Soler qui reprend une métaphore aéronautique : *"Aujourd'hui nous avons juste la check list mais pas de boîte noire pour enregistrer ce qu'on fait"*. Demain, tout sera enregistré. L'intelligence artificielle repose sur l'analyse de données de masse. A partir de ces données elle permet une aide à la décision. *"On part des images préopératoires, on modélise le patient en 3D, toutes ces données sont injectées dans un système de deep learning qui va les comparer à tous les patients de sa database."* Le système fournit ensuite un planning préopératoire du type : *"Votre patient ressemble à telle ou telle personne opérée avec succès par cette méthode. Nous vous recommandons de suivre cette procédure"*. Le système peut intégrer d'autres informations dans sa décision comme l'expérience du chirurgien. Il suffit qu'il ait dans sa base de données l'historique des interventions du praticien. Cette aide à la décision n'empêche pas le chirurgien de faire un choix différent car l'intelligence artificielle et l'intelligence humaine ne sont pas là pour se concurrencer mais pour se renforcer mutuellement.

In fine, l'opération est programmée selon des modalités précises. Une *"tour de contrôle automatisée"* permet de vérifier que la procédure se déroule bien comme prévu. *"On n'a pas sorti l'humain de la boucle, c'est lui qui reste l'acteur principal, celui qui décide"*, insiste le Pr Soler, *"mais on a intégré, pour des raisons de sécurité, un acteur de contrôle."*

## Et demain ?

Pourquoi ne pas envisager pour des opérations simples ou de routine, un recours à un robot totalement autonome ? L'avenir le dira.

### *À propos des JITTU*

Les 5èmes Journées des innovations techniques et technologiques en urologie (JITTU) se sont tenues du 9 au 11 mars, à Paris. Parmi les thèmes de cette année : les jardins du futur, la fusion d'images, le traitement focal, la salle d'opération de demain.

### *À propos de l'AFU*

*L'Association Française d'Urologie est une société savante représentant plus de 90 % des urologues exerçant en France (soit 1 133 médecins). Médecin et chirurgien, l'urologue prend en charge l'ensemble des pathologies touchant l'appareil urinaire de la femme et de l'homme (cancérologie, incontinence urinaire, troubles mictionnels, calculs urinaires, insuffisance rénale et greffe), ainsi que celles touchant l'appareil génital de l'homme. L'AFU est un acteur de la recherche et de l'évaluation en urologie. Elle diffuse les bonnes pratiques aux urologues afin d'apporter les meilleurs soins aux patients, notamment via son site internet [urofrance.org](http://urofrance.org) et un site dédié aux patients [urologie-sante.fr](http://urologie-sante.fr).*