



### Alliés pour la vie

Le Pr Alain Carpentier, à gauche de l'image, chef du service de chirurgie cardiovasculaire de l'hôpital Broussais à Paris, réalise un pontage coronarien par la technique de chirurgie mini-invasive, opérant à l'aide de l'assistant-robot Da Vinci de la société Intuitive Surgical. Les deux autres personnes sont un assistant et un anesthésiste.

# Les robots en blouses blanches

Inexorablement, ces engins d'une grande précision s'installent dans les blocs opératoires, effectuant des pontages coronariens ou guidant le chirurgien vers la tumeur du cerveau. Prise de pouvoir inquiétante par les machines ? Pas si sûr... Car, contrairement à la main de l'homme, la pince du robot ne tremble jamais ! De plus, les chirurgiens restent, pour l'instant, seuls maîtres à bord.  
Par Pedro Lima, photos Goetgheluck.com

## Une plus grande dextérité, moins d'effets secondaires

**A**llongé sur la table d'opération, l'homme, âgé de 65 ans, vient de s'endormir sous l'effet de l'anesthésie générale, dans le ronron du système de ventilation et les bips-bips des écrans de surveillance. En quelques coups de scalpel, le chirurgien en blouse bleue incise les chairs de la hanche, dégageant les extrémités osseuses sur lesquelles va être positionnée la prothèse. Mais voilà que les praticiens s'écartent de la table, et laissent la place à un imposant monstre d'acier protégé dans une gaine de plastique.

### Piloté par un logiciel de pointe

C'est lui, le robot chirurgien Caspar (*Computer Assisted Surgical Planning And Robotics*), qui va, au moyen des outils fixés à l'extrémité de son bras, poursuivre l'opération. Après avoir repéré l'articulation grâce à des capteurs de position, Caspar fraise l'os fémoral à la turbine et y creuse dans un bruit strident le « lit », c'est-à-dire la cavité correspondant exactement aux formes de la prothèse. Surveillé par les chirurgiens rivés devant leur écran de contrôle, le robot va ainsi travailler pendant une demi-heure, piloté par le logiciel Proton qui a intégré la veille les informations sur la forme de la hanche, les dimensions et la position idéale de la prothèse.

Une fois son travail terminé, Caspar cède à nouveau la place aux chirurgiens, qui posent la prothèse dans la cavité, et referment l'incision. L'opération a été un succès. Réalisée en octobre dernier au centre hospitalier intercommunal d'Eaubonne-Montmorency, elle constitue une première en France. Depuis, près de cinquante interventions du même type ont été menées, et Caspar confirme tous les espoirs qui ont été placés en lui :

« Un fraissage à haute vitesse évite que l'os ne soit traumatisé par de petits éclats. Quant au positionnement de la prothèse, il se fait au degré près, témoigne ainsi le docteur François Aubart, chef du service de chirurgie orthopédique et traumatologie, qui dirige les opérations.

Résultat de ce travail de qualité : on espère éviter, grâce à Caspar, un

nombre important de reprises chirurgicales, ces opérations destinées à remplacer des prothèses mal supportées par le patient. Et l'appareil, qui coûte la bagatelle de 3 millions de francs, pourrait vite s'avérer très rentable.

Si Caspar est un précurseur dans le domaine de la chirurgie orthopédique, de nombreux autres robots investissent déjà les blocs opératoires. Chirurgie cardio-vasculaire, neurochirurgie, interventions digestives, aucune spécialité ne leur est interdite, et les premières se succèdent depuis plusieurs mois à un rythme soutenu. Ainsi, au mois de mai 1998, le professeur Alain Carpentier, chef du service de chirurgie cardio-vasculaire de l'hôpital Broussais à Paris, réalise pour la première fois au monde, dans le cadre d'un essai clinique, un pontage coronarien par la technique « mini-invasive », c'est-à-dire ne nécessitant pas l'ouverture large du thorax pour atteindre le cœur.

Placé devant un écran, le chirurgien commande, au moyen de manettes, deux pinces portant à leur extrémité les outils chirurgicaux, et introduites jusqu'au cœur du patient par des incisions de taille réduite. C'est le robot Da Vinci qui se charge alors de transformer ses gestes en mouvements des micro-instruments placés à l'extrémité des pinces, le praticien réalisant une véritable opération à distance !

### De véritables guides pour les chirurgiens

Au service de neurochirurgie de l'hôpital militaire du Val-de-Grâce, à Paris, le professeur Michel Desgeorges opère, lui, des patients atteints de tumeurs au cerveau en se laissant guider par un robot MKM qui porte un microscope de neuro-navigation. Sur la base d'images réalisées la veille grâce à un appareil IRM et un scanner, et connaissant la position de la tumeur, c'est le robot qui indique à l'homme le chemin à suivre dans le cerveau, ainsi que les obstacles à éviter, comme certaines zones très sensibles, responsables du mouvement, de la vision ou de la parole.

Certains robots, comme celui du professeur Marescaux à Strasbourg, sont utilisés dans les interventions sur le système digestif, alors que d'autres implantent des électrodes dans le cerveau atteint de dégéné-

rescence, comme le Neuromate utilisé à Grenoble par le professeur Benabid. A l'hôpital Broussais encore, c'est un robot Hippocrate qui est actuellement testé pour assurer le suivi et la surveillance de l'athérosclérose dans les artères...

Au total, ce sont ainsi près d'une vingtaine de robots qui officient déjà dans les hôpitaux français, validés ou en cours d'évaluation. De plus, aux systèmes déjà existants viendront s'en ajouter d'autres, actuellement mis au point dans les laboratoires de recherches. Ainsi, on verra un jour des robots prélever finement des fragments de peau pour

Comment s'équiper d'un robot chirurgien de 12 millions de francs lorsque son budget d'équipement annuel est limité à 500 000 F ? Le Pr Daniel Loisan, chef du service de chirurgie cardiaque de l'hôpital Henri-Mondor de Créteil, a trouvé la réponse... et le mécène. François Pinault, compatriote rennais, a en effet entendu son appel et a financé l'acquisition d'un robot Da Vinci dernière génération. (Voir notre encadré page 33 : « Un mécénat très personnalisé ».)

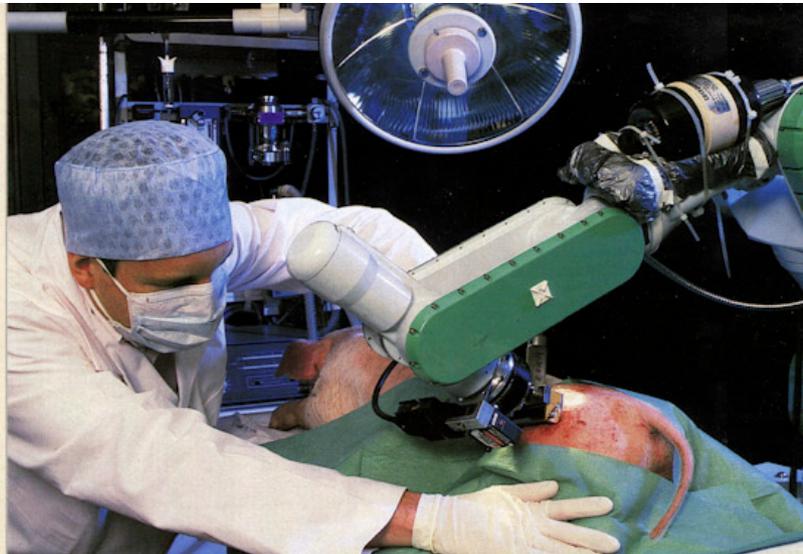
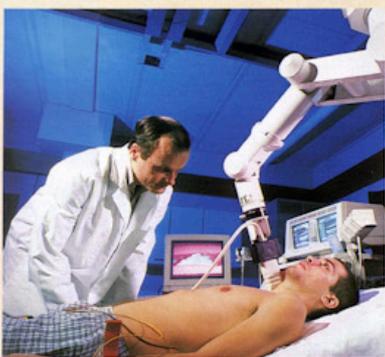


les greffer sur un grand brûlé, ou encore découper délicatement une corneée sur l'œil d'une personne décédée pour en faire don à un tiers...

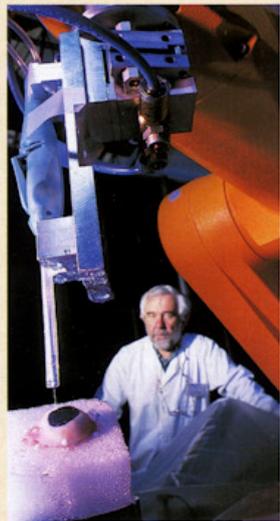
« L'irruption progressive de robots dans les blocs opératoires est inéluctable, car les avantages qu'ils représentent sont énormes, confirme Olivier Faugeras, chef du projet Robotvis de l'INRIA (Institut national de la recherche en informatique et en automatique), qui collabore avec le professeur Carpentier pour améliorer le système Da Vinci.

Qu'est-ce qui rend donc ces robots incontournables aux yeux des chirurgiens, pourtant peu enclins habituellement à déléguer leur « noble geste » ? Leur principal atout : une précision étonnante !

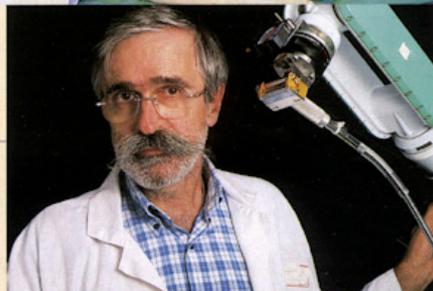
Le Dr Jérôme Gariépy dirige le robot Hippocrate, le positionnant au-dessus des artères à contrôler. Le robot évalue la pression exercée, et appliquera d'une séance à l'autre exactement la même pression, ce qui lui permet, au moyen de la sonde échographique à ultrasons qu'il porte à l'extrémité de son bras, de visualiser sur l'écran la dimension précise des plaques de athérosclérose.



Étienne Dombre, chercheur au LIRMM, mène actuellement sur des cochons des essais de faisabilité d'un robot appliqué au prélèvement de peau. Ces essais ont cours au service de chirurgie expérimentale de la faculté de médecine de Montpellier.



Prélèvement expérimental de corneée, ici de cochon, réalisé au jet pulsé d'eau à haute pression et à grande vitesse, porté par un robot. A droite, Maurice Bétemps, directeur de l'équipe robotique du LAI.



A l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Cédric Ayman a mis au point, avec le chercheur Jurjen Zoethout, un système original en 3D d'apprentissage des techniques de la chirurgie mini-invasive.

## La précision de ces chirurgiens mécaniques ? Le dixième de millimètre

— Ils réalisent des mouvements extrêmement fins, de l'ordre du dixième de millimètre, alors que nous ne sommes capables, avec nos outils en main, que d'une précision d'environ un à deux millimètres, confie ainsi François Aubart.

Cette infatigable méticulosité a également convaincu Luc Teot, chirurgien au service des grands brûlés de l'hôpital Lapeyronie de Montpellier, qui participe avec le LIRMM (Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier) à la mise au point d'un robot destiné à réaliser des prélèvements de peau :

— L'objectif est de découper des bandes d'épiderme d'une épaisseur minimale, de l'ordre d'environ 0,3 millimètre, intervention que seuls quelques spécialistes en France réussissent sans laisser de séquelles graves. Le robot sera capable, lui, de réaliser cette opération de façon systématique, car il peut exercer sans trembler la pression adéquate sur la peau. Et cela, autant de fois que c'est nécessaire, puisqu'un robot ne connaît pas la fatigue, nerveuse ou physique !

Autre avantage des robots, qui découle directement de cette infatigabilité : les séquelles postopératoires sont réduites par rapport à des interventions classiques. C'est particulièrement vrai dans le cas de la chirurgie mini-invasive, qui évite d'ouvrir de larges « fenêtres » dans le corps pour atteindre l'organe, mais aussi en neurochirurgie ou en orthopédie. Plus le geste est fin, moins les blessures et les incisions sont larges, et plus la récupération de l'organisme est rapide.

— Depuis que nous utilisons le robot microscope MKM, témoigne le professeur Desgeorges, nous sommes passés de 85 % de patients nécessitant un séjour en soins intensifs après l'opération... à seulement 6 %. C'est tout simplement extraordinaire.

Convalescence accélérée, taux d'échecs réduit, frais hospitaliers liés à la réanimation postopératoire en chute libre... Et si les robots, en plus d'améliorer considérablement le geste du chirurgien, représentaient également une bonne affaire pour la Sécurité sociale ?

Malgré tous les avantages qu'ils représentent, et même si les chirurgiens affirment rester maîtres des opérations, les patients ne doivent-ils pas craindre de s'en remettre ainsi aux pinces d'une machine, fût-elle en permanence sous contrôle humain ?

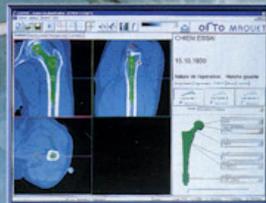
— Un robot chirurgien doit en effet être beaucoup plus sûr qu'un robot industriel, reconnaît Etienne Dombre, chercheur au LIRMM et responsable du projet Hippocrate.

Pour cela, les robots chirurgiens sont dotés d'une norme de sécurité au nom barbare, mais à l'efficacité redoutable : le limiteur de couple.

— Il s'agit d'un système équipant tous les moteurs de la machine, poursuit le scientifique, qui immo-



La hanche est numérisée en 3D au moyen d'un scanner. Une image reconstituée des os permet de sélectionner la bonne prothèse. Puis le robot réalise le forage dans l'os, cavité dans laquelle on place la prothèse, avant de refermer la peau.



**Un robot dans le ventre !**  
**Longueur :** 4 centimètres.  
**Diamètre :** 1 centimètre.  
**Particularité :** possède dans ses entrailles un concentré de microélectronique qui va servir, une fois avalée, à explorer le système digestif en profondeur. Telles sont les propriétés étonnantes de la navette mise au point au début des années 90 par le professeur Jacques-Félix Grenier, chef du service de chirurgie digestive à l'hôpital civil de Strasbourg avec l'ingénieur Alain Lambert, et sans cesse améliorée depuis. Utilisée déjà sur plus de 200 malades, elle s'avale comme un bonbon, mesure la distance qu'elle parcourt au moyen d'une roue dentée, réalise des prélèvements de tissus ou de liquides intestinaux, reste en permanence en contact avec l'extérieur grâce à un signal radio, et peut relâcher, sur simple commande du médecin, des médicaments embarqués dans un embout de largage. En attendant, dans un avenir proche, de prendre des photos de la muqueuse intestinale !

bilise et relâche instantanément la pression exercée dès que le robot appuie trop fort sur la peau.

De plus, quel que soit le robot, le chirurgien est prêt à toute éventualité :

— Nous pouvons l'arrêter à tout moment pour prendre le relais si nous constatons un problème, assure François Aubart. Il n'est donc pas question de le laisser faire ce qu'il veut.

### Un luxe absolu de précautions

Mais pour améliorer encore la sécurité, et rendre les robots infatigables à 100 %, on se dirige peut-être vers une stratégie encore plus rigoureuse :

— Je pense que nous allons vers une robotique d'empêchement, explique le professeur Desgeorges, c'est-à-dire où les robots aideront le chirurgien à éviter des erreurs fatales, en bloquant son geste dès qu'il se rapprochera d'une zone sensible, à protéger absolument.

Ce luxe de précautions est loin d'être superflu.

— On a parfois tendance à aller trop vite en matière de robotique chirurgicale, du fait de l'impatience des chirurgiens à utiliser cette nouvelle technologie, quitte à minimiser parfois les difficultés. Le problème, c'est que, faute d'avoir éprouvé suffisamment les techniques, on risque de commettre des erreurs qui vont causer du tort à ce domaine très prometteur, juge en effet Daniel Loisanche, chef du service de chirurgie thoracique et cardio-vasculaire de l'hôpital Henri-Mondor de Créteil, qui opère avec un robot Da Vinci. Je pense qu'il faut progresser pas à pas, ne pas promettre la lune, et d'abord valider les robots dans chaque domaine avant d'y recourir systématiquement, car peut-être ne sont-ils pas indiqués dans toutes les spécialités.

C'est en tout cas au prix de telles précautions que les robots, qui ont déjà séduit les chirurgiens, sauront aussi se faire accepter du plus grand nombre... Ce qui n'est pas encore le cas aujourd'hui. Dans un sondage sur la médecine du futur paru il y a quelques mois (1), 60 % des personnes interrogées se déclareraient « plutôt pas rassurées » à l'idée d'être un jour opérées par un robot. ■

PEDRO LIMA

(1) Le Quotidien du médecin, 8 novembre 1999.



Le Pr Clément-Claude Abbou pose, entouré des membres de son équipe, le 20 juillet 2000, à l'hôpital Henri-Mondor à Créteil où il a réalisé la première ablation complète de la prostate par robot.

## Une ablation de la prostate assistée

Le 13 juillet dernier, un malade atteint d'un cancer de la prostate a été opéré, pour la première fois en France, au moyen d'un robot. C'est en effet une machine du même type que celle utilisée en chirurgie cardiaque mini-invasive par le professeur Carpentier, le Da Vinci de la société Intuitive Surgical, qui a opéré le malade pendant sept heures et demie, sous anesthésie générale. Ses pinces portaient les outils chirurgicaux réagissant aux gestes du Pr Clément-Claude Abbou, chef du service d'urologie de l'hôpital Henri-Mondor de Créteil. Le chirurgien manipulait derrière une table de commande des « joysticks » reliés au robot, avec sous les yeux l'image en trois dimensions retransmise depuis une caméra portée par un des bras de l'engin, au contact de l'organe opéré.

## Un mécénat très personnalisé

Comme on l'a vu, le Pr Daniel Loisanche de l'hôpital Henri-Mondor à Créteil peut témoigner de l'intérêt de François Pinault pour la médecine. Tout comme les responsables de la Fondation nationale de gérontologie et ceux de la Fondation pour la recherche sur le cerveau du Pr Beaulieu (qui s'intéresse aux pathologies neurodégénératives, comme la maladie d'Alzheimer) à qui il verse 10 millions de francs par an. Par ailleurs, le patron d'Artemis (sa holding personnelle) a financé le reboisement de la forêt de Brocéliande, en 1990. L'hiver dernier, il a aidé ceux qui luttent contre la pollution causée par le naufrage de l'Erika. L'homme d'affaires a

notamment pris en charge le gîte et le couvert des bénévoles venus nettoyer les plages mazzoutées de Belle-Ile, Houat et Hoëdic. Il a offert le matériel et financé les centres de nettoyage des osseaux pour un montant de 10 millions de francs. Troisième domaine d'intervention enfin : l'art contemporain. En 1999, il a financé l'exposition Rothko, au musée d'Art moderne, et l'année suivante, l'exposition Picasso sculpteur, à Beaubourg. Il a aussi participé à l'homme rendu à Bernard Anthonioz, au couvent des Cordeliers, à Paris. Sans oublier le rôle joué dans l'acquisition de la comode Rieusener par le Musée national du château de Versailles.