

Du rêve à la réalité augmentée

Au cœur de l'Alsace, l'Institut de recherche contre les cancers de l'appareil digestif (Ircad) est aujourd'hui une référence mondiale en matière de nouvelles technologies chirurgicales. Chercheurs, ingénieurs et informaticiens y construisent la chirurgie du futur, à la croisée du monde virtuel et de la robotique.



© FRANÇOIS GUÉNÉT

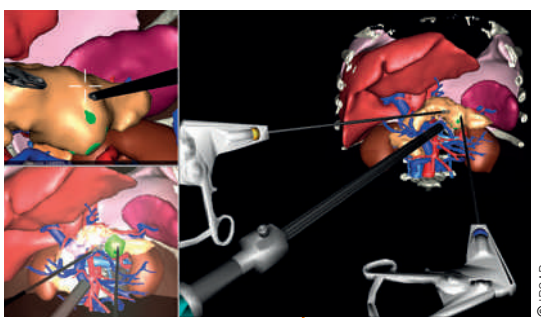
● Contrôle par la régie vidéo des liaisons entre l'Ircad et le Nouvel Hôpital Civil de Strasbourg

Quel contraste ! Des laboratoires et des locaux ultramodernes trônent au milieu de bâtiments du XVI^e siècle. Bienvenue à l'Ircad, planté au cœur de l'Hôpital Civil de Strasbourg, un lieu où se conçoit la médecine de demain. Avec des missions précises, dont la première est de lutter contre le cancer grâce au développement de nouvelles technologies. Un objectif auquel participe activement le département de Luc Soler, qui s'attache à l'automatisation de la chirurgie dans le cadre du projet européen *Passport*, afin de faciliter des gestes chirurgicaux souvent complexes, mais nécessaires au diagnostic et au traitement précoce des tumeurs.

Thermoablation

Technique de destruction mini-invasive par le chaud ou le froid, réalisée par l'intermédiaire d'une aiguille plantée au cœur de la zone que l'on souhaite traiter. L'imagerie médicale échographique, scanner ou IRM permet de guider le radiologue dans le trajet de l'aiguille.

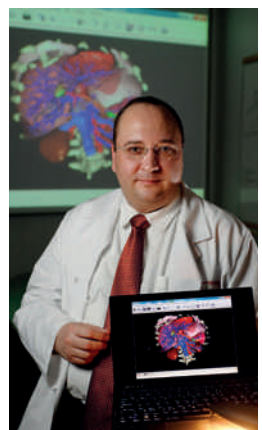
la déformation des organes. Au final, on aura construit un clone numérique du patient. » Le bénéfice est majeur pour le chirurgien, tout d'abord en termes de diagnostic. L'analyse 3D étant assez fine, avec une précision en moyenne de 1 à 2 mm, il est possible de localiser des tumeurs qui ont été suspectées par les analyses standards.



© IRCAD

Cloner numériquement le patient

Ici, la première étape consiste à reconstituer sur ordinateur une image 3D du patient à partir des images obtenues par scanner ou IRM. « Le principe est de réaliser une segmentation des organes, explique Luc Soler. C'est-à-dire que l'on va délimiter les contours de chaque organe pour obtenir un modèle géométrique de chacun. Ensuite, on va associer à ces modèles géométriques des propriétés physiques, permettant ainsi



© FRANÇOIS GUÉNÉT

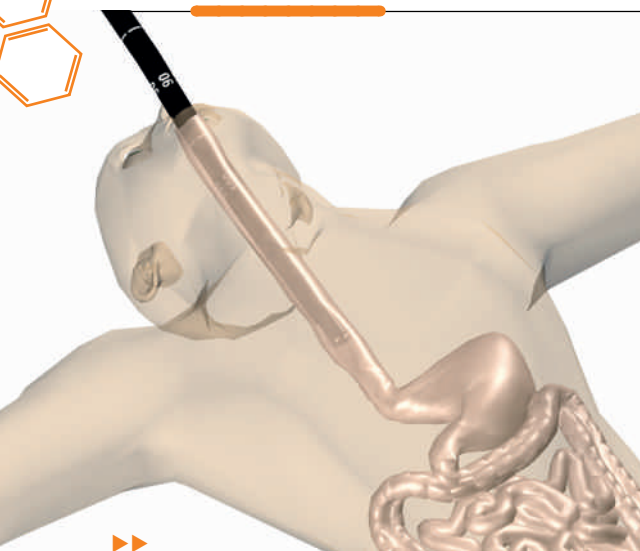
● **Luc Soler**
Directeur de projet en informatique à l'Ircad

Réalité augmentée

Superposition en temps réel d'images ou d'informations virtuelles sur une image réelle

Ensuite, la difficulté est de savoir comment opérer. Grâce au clone numérique du patient, le chirurgien va pouvoir en déterminer la meilleure façon. « Par exemple, les logiciels que nous avons développés dans le cadre de *Passport* nous permettent de choisir entre une thermoablation (9) des tumeurs du foie, réalisée par un radiologue, et une découpe partielle du foie, réalisée par le chirurgien, précise Luc Soler. Grâce à la 3D, on peut, en plus, déterminer précisément la proximité de vaisseaux, qui rend inefficace une thermo-ablation, ou le volume restant après découpe de l'organe, afin d'éviter toute insuffisance hépatique. »

Visualisation 3D d'une tumeur pancréatique et stratégie opératoire



© IRCAD



Une fois le protocole arrêté, plutôt que d'opérer directement le patient, le chirurgien va pouvoir au préalable s'entraîner sur sa copie virtuelle, à la manière d'un pilote d'avion dans un simulateur. Il pourra ainsi répéter à volonté l'acte chirurgical, sans avoir à craindre les erreurs. « Pour que la simulation soit la plus réaliste possible, on doit tenir compte des mouvements et des propriétés physiques du patient, explique Luc Soler. Grâce à l'élastographie [9], on est capable d'ajouter à la forme des organes leur résistance ou élasticité. On peut alors donner vie au corps virtuel du patient, avec une respiration, un rythme cardiaque, des saignements, etc. » Les simulateurs développés par l'équipe varient alors du simulateur à petit prix, permettant d'apprendre l'échographie et n'utilisant qu'une simple abdomen en mousse, au simulateur de chirurgie plus coûteux et intégrant le retour d'effort et de vrais outils chirurgicaux. « Ces techniques offrent une méthode unique d'apprentissage aux internes en chirurgie. Étape par étape, ils apprennent à manipuler la caméra, puis un outil, puis deux, puis tout le matériel en même temps », souligne le chercheur.

Insertion de l'endoscope transluminal Anubis

Ainsi mis au point, le geste chirurgical va pouvoir être appliqué sur le vrai patient. Mais comment le reproduire parfaitement ? « En utilisant la réalité augmentée [9], qui rend le patient virtuellement transparent. Cette technologie nous permet de superposer les images virtuelles montrant le geste chirurgical planifié aux images du patient prises en temps réel au cours de l'opération. Le chirurgien n'a plus qu'à suivre le chemin, comme sur un GPS, pour atteindre la cible de l'intervention. »

C'est juste en face, dans le Nouvel Hôpital Civil, que les travaux de l'Ircad sont mis en pratique : les salles d'opérations sont reliées par fibre optique à la régie vidéo de l'Institut. Les techniciens y reçoivent les images haute définition en

Élastographie

Technique d'imagerie permettant d'extraire les propriétés élastiques des tissus à partir d'une image échographique ou IRM. L'image permet d'évaluer la déformation subie par les tissus sous l'action d'une compression et d'en conclure l'élasticité et la viscosité.

Chirurgie transluminale

Technique d'endoscopie qui consiste à introduire les instruments chirurgicaux par un orifice naturel (bouche, anus, vagin) et ensuite à atteindre la cavité abdominale en traversant une paroi interne (de l'estomac ou de l'intestin).

L'Ircad en 4 dates clés

1994 Création de l'Ircad
2001 En septembre, participation au succès de l'opération de téléchirurgie Lindbergh, réalisée par une équipe située à New York sur une patiente se trouvant à Strasbourg

2007 En avril, première opération « sans cicatrice », une résection de la vésicule biliaire réalisée par voie transvaginale, dans le cadre du projet Anubis
2009 L'Inserm signe une collaboration scientifique avec l'Ircad.

direct du bloc opératoire, incrustent par transparence les images virtuelles, puis renvoient le montage sur l'écran de la salle d'opération. « Le chirurgien en cours d'intervention peut ainsi voir des tissus qui ne sont pas initialement visibles, ce qui facilite grandement son travail. »

Des robots chirurgiens

« On peut imaginer dans le futur des opérations qui soient entièrement automatisées, se prend à rêver Luc Soler. Mais il faudra toujours un chirurgien pour la



Liaison entre Jacques Marescaux au bloc et Luc Soler à la régie vidéo



© PHOTOS : PHILIPPE ERANIAN / IRCAD

QUESTIONS À Jacques Marescaux

Dans son bureau, devant un mur couvert de diplômes et de distinctions, ce professeur de chirurgie digestive et président-fondateur de l'Ircad raconte l'aventure de la création de cet institut unique au monde.

Science & Santé : Qu'est-ce qui vous a poussé à créer l'Ircad ?

Jacques Marescaux : L'idée de l'Ircad est née dès 1992, en réponse aux changements de la chirurgie à l'ère de la haute technologie et des télécommunications. J'ai voulu créer un institut avec deux orientations principales : la recherche sur les nouvelles technologies appliquées à la chirurgie, et une école, l'*European Institute of Telesurgery* (EITS), afin de transmettre le savoir acquis.

S&S : Comment vous est venue l'idée d'un laboratoire consacré à l'informatique et à l'imagerie médicale ?

J.M. : En visitant la bibliothèque du Congrès à Washington. Un condamné à mort découpé en segments y était exposé ! En 1996, nous avons donc créé une équipe dont le but était de mettre au point les technologies permettant d'obtenir un clone virtuel du patient et de ses organes, afin de pouvoir planifier, simuler puis faciliter un acte chirurgical.

S&S : Pourquoi avoir créé une école chirurgicale ?

J.M. : Il nous fallait avoir la possibilité de transmettre notre savoir en matière de nouvelles technologies médicales : il ne faut pas oublier que le succès du traitement des cancers digestifs dépend à 80 % de l'acte chirurgical. Au début, nous formions 200 à 250 chirurgiens par an.

● Une école pour les chirurgiens

En 2009, 4 000 chirurgiens de 92 nationalités différentes, toutes spécialités confondues, sont venus suivre nos formations à l'Ircad. Nous sommes désormais la première école au monde dans le domaine de la chirurgie mini-invasive du traitement des cancers !

S&S : Et pourquoi un site de formation en ligne ?

J.M. : Nous voulions exploiter l'énorme potentiel d'Internet comme vecteur de transmission des connaissances. Nous avons donc créé le site *WebSurg*, une université virtuelle de chirurgie mini-invasive. Avec plus de 200 000 membres, ce site entièrement gratuit est devenu la plus grosse université virtuelle au monde.

S&S : L'Ircad a essaimé, puisqu'il y a désormais un institut à Taïwan.

J.M. : Effectivement. Environ 16 % des chirurgiens qui venaient se former à l'Institut étaient originaires d'Asie. Un jour, un chirurgien



© PHILIPPE ERANIAN / IRCAD

Jacques Marescaux
Président-fondateur de l'Ircad

taïwanais, qui dirige 9 hôpitaux, nous a dit que nous avions formé toutes ses équipes. Son rêve était de créer un clone de l'Ircad dans son pays, sous l'égide de l'institut de Strasbourg. Ce qui fut fait le 26 mai 2008, lorsque nous avons inauguré l'*Asia Ircad Taiwan* en partenariat avec le *Show Chwan Memorial Hospital* présidé par le Pr Min-Ho Huang. En deux ans, ils ont déjà formé 2 000 chirurgiens.

S&S : Et il y en a un troisième prévu au Brésil ?

J.M. : Oui, il ouvrira ses portes en mai 2011 dans l'état de Sao Paulo. À l'origine, c'est un fermier brésilien milliardaire (la plus petite de ses fermes : 50 000 bêtes !) qui nous a contactés. Il a ouvert, à Barretos, un hôpital qui soigne gratuitement les patients cancéreux, grâce aux meilleurs spécialistes. Et il a même mis en place un réseau de bus pour aller chercher les malades jusqu'au fin fond de l'Amazonie. Comme pour Taïwan, il s'agira d'un clone de l'Ircad Strasbourg. ■

Y. C.

planification et la supervision de l'opération et, en cas de problème, pouvoir revenir en arrière. »

Actuellement, les robots des salles d'opérations sont donc pilotés par le chirurgien. Mais il est possible d'automatiser certaines commandes dans le but de l'assister dans son travail. C'est ce que réalise au sein de l'Ircad l'équipe de robotique de l'Université de Strasbourg, dirigée par le professeur Michel de Mathelin. « En chirurgie transluminale (¶), la difficulté est de pouvoir contrôler l'endoscope et les outils chirurgicaux en même temps, pointe Luc Soler. L'idée a donc été d'asservir les mouvements de l'endoscope par un système automatique. L'ordinateur analyse l'image et ordonne à l'endoscope de rester centré en permanence sur la cible, comme un missile à tête chercheuse. »

Chirurgie laparoscopique

Technique d'endoscopie chirurgicale mini-invasive réalisée sur l'abdomen, grâce à de petites incisions permettant le passage de l'endoscope et des trocarts dans lesquels le chirurgien glisse de fins instruments chirurgicaux.

www.ircad.fr
www.websurg.com

On l'aura compris, l'objectif des recherches menées à l'Ircad est de donner de nouveaux outils aux chirurgiens pour simplifier leurs interventions, en particulier d'automatiser ce qui est le plus difficile à réaliser. « Il faut que la robotique apporte un réel bénéfice aux patients, conclut Luc Soler. Elle doit permettre de mieux faire certaines opérations, avec moins de complications postopératoires, et même de réaliser des opérations impossibles par la seule main de l'homme. »

Pas étonnant donc que l'Ircad soit, aujourd'hui, reconnu mondialement comme le centre de référence en chirurgie laparoscopique (¶) et transluminale, et à la tête de la révolution robotique et virtuelle dans l'univers chirurgical. ■

Yann Cornillier