

Opérer à cœur battant

Ouvrir le cœur sans l'arrêter ni découper le sternum faciliterait la récupération des patients. Une équipe strasbourgeoise est près d'y parvenir.

« **L**e Graal, pour les chirurgiens, serait d'opérer le cœur sans l'arrêter ni ouvrir le sternum », annonce Jacques Gangloff, de l'université de Strasbourg. De nos jours, pour une opération aussi courante que le pontage coronarien – la déviation de la circulation sanguine dans le cœur par la greffe d'un vaisseau –, ils ont le choix entre ces deux méthodes. Et toutes deux peuvent causer des séquelles ou des complications postopératoires. L'équipe du laboratoire des sciences de l'image, de l'informatique et de la télédétection (LSIIT), à laquelle appartient Jacques Gangloff, se consacre depuis une dizaine d'années à les associer.

Aujourd'hui, les chirurgiens savent opérer sur cœur battant,

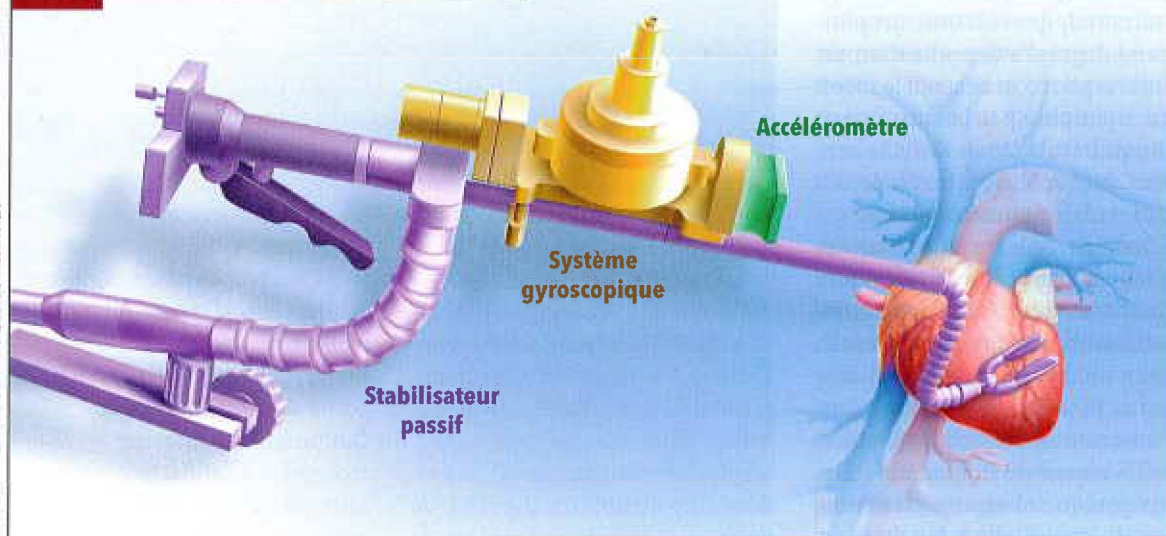
mais à condition de découper le sternum. Ils utilisent alors un stabilisateur : une fourche, constituée de deux doigts de quelques centimètres de long, qu'ils fixent autour de la zone à opérer. Cet outil réduit à quelques millimètres l'amplitude des mouvements de l'organe sur une partie de sa surface. C'est suffisant pour permettre au chirurgien d'effectuer manuellement la suture du greffon.

Robots trop lents. Si on veut éviter d'ouvrir la cage thoracique, on peut opérer par endoscopie. Grâce à des incisions de quelques millimètres, des instruments robotisés sont introduits dans la poitrine du patient. Mais la manipulation de ces outils ralentit les gestes, ce qui empêche de s'adapter aux mouvements du cœur, même stabilisé. Ce

dernier doit donc être arrêté, tandis que le patient est mis sous circulation extracorporelle, ce qui risque d'entraîner des complications.

Les premiers travaux de Jacques Gangloff et de ses collègues ont porté sur un robot de chirurgie par endoscopie destiné à la suture du greffon. L'extrémité de ses bras suivait les mouvements de la surface du cœur, afin que le chirurgien les manie comme s'il opérait une surface immobile. Mais cela nécessitait d'atteindre des accélérations jusqu'à 1 g*, et impliquait l'usage de moteurs puissants, comme ceux de robots industriels. Un danger potentiel en cas d'erreur du logiciel de pilotage. Après un prototype réalisé en 2002, cette approche a donc été abandonnée. De cette première réalisation, seul a subsisté un logiciel de prédiction des

Fig.1 Le stabilisateur GyroLock



LE STABILISATEUR GYROLOCK (en jaune) est placé sur un système de stabilisation passive qui appuie sur le cœur avec une petite fourche (en rose). La rotation du système gyroscopique compense les mouvements du cœur, détectés en temps réel par un accéléromètre (en vert). Les câbles et l'électronique de commande ne sont pas représentés ici.

© INFOGRAPHIE : SYLVIE DESSERT D'APRÈS MEDTRONIC

mouvements du cœur. L'algorithme qu'il utilise se fonde sur l'électrocardiogramme, la mesure de la respiration et l'observation des mouvements grâce à une caméra rapide de 500 hertz. Au fur et à mesure des battements, il apprend à prédire le rythme cardiaque avec environ une demi-seconde d'avance.

Stabilisateurs améliorés. Cet algorithme a été réutilisé dans les générations suivantes d'outils mis au point par le LSIIT : des stabilisateurs améliorés. « *Le premier est un stabilisateur actif, le Cardiolock* », décrit Jacques Gangloff. Il applique sur une fourche une force calculée par notre algorithme et réactualisée 300 fois par seconde. Cela contrebalance les effets des battements. » Il devient alors possible d'utiliser des outils robotiques pour opérer par endoscopie la surface ainsi immobilisée. Un prototype fonctionnel du Cardiolock voit le jour en 2007.

Puis les chercheurs s'appliquent à simplifier ce système. Ils mettent alors au point le GyroLock [fig. 1]. Il est constitué d'un stabilisateur passif, sur le bras duquel est fixé un système gyroscopique qui, en pivotant, compense les mouvements du cœur. Ceux-ci ne sont plus mesurés par une caméra, mais par un accéléromètre, dont les données sont plus faciles à traiter, ce qui réduit les ressources informatiques nécessaires.

Le GyroLock a prouvé son efficacité sur le porc, dont le cœur est proche du nôtre. Il est, selon Jacques Gangloff, la solution la plus réaliste commercialement : « *Moins coûteux que le Cardiolock, il est constitué d'éléments génériques. L'innovation vient de leur assemblage.* » Il ne manque que la volonté d'un industriel pour lancer les tests sur l'homme, puis commercialiser l'outil. « *Cela prendrait quatre à cinq ans, et il faudrait en attendre au moins dix de plus pour connaître précisément les bénéfices du système* », conclut le roboticien.

■ Antoine Cappelle

* 1 g correspond à l'accélération de la pesanteur terrestre, soit environ 9,81 mètres par seconde au carré.



La précision au bout des doigts

Les commandes situées sur la poignée de Jaimy ont été adaptées pour une manipulation intuitive.

A l'extrémité d'une longue tige, une pince tourne sur elle-même pour planter une aiguille à travers la paroi d'un estomac. Aidée d'une seconde pince ordinaire, elle suture entièrement l'ouverture pratiquée sur l'organe. Cette pince articulée, c'est la tête de Jaimy, et le prolongement de la main du chirurgien.

Chirurgie par laparoscopie. Jaimy, mis au point par la société grenobloise EndoControl et l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (Isir), à Paris, est un nouvel outil destiné à la chirurgie par laparoscopie. Cette technique consiste à introduire les outils chirurgicaux dans l'abdomen du patient grâce à des incisions de 5 à 10 millimètres. Cela évite l'ouverture de l'abdomen, mais comporte des inconvénients. « *Les outils manuels sont droits et difficiles à manipuler car leurs mouvements sont limités. Les robots de téléchirurgie sont articulés, mais longs à installer et coûteux* », résume Clément Vidal, président d'EndoControl.

Tenu à la main par le chirurgien, Jaimy offre une plus grande amplitude de mouvement que les robots,

tout en ayant la même précision grâce à des commandes directes actionnées par les doigts. Sur la poignée, une gâchette ouvre et ferme la pince et un joystick la fait pivoter et plie l'extrémité de la tige. Ces mouvements sont actionnés par deux moteurs et régulés par un système électronique intégré pour garantir la fluidité des mouvements. « *Un travail de miniaturisation a été nécessaire pour transmettre les mouvements dans une tige de 5 millimètres de diamètre* », précise Clément Vidal.

L'outil a été en partie conçu par prototypage virtuel. « *Cette méthode a défini la forme la plus ergonomique et les commandes intuitives* », explique Guillaume Morel, de l'ISIR. Chirurgiens et profanes ont utilisé des poignées pour effectuer des tâches avec un Jaimy virtuel. De leurs performances, les chercheurs ont déduit les articulations dont il fallait doter l'outil et les fonctions à assigner aux boutons pour obtenir une efficacité optimale. Depuis, Jaimy est devenu réel et a effectué sa première opération sur l'homme en décembre 2011. Sa commercialisation commence en ce début d'année 2012.

■ A. C.