

Les dossiers de

N° 47
HORS-SÉRIE
FÉVRIER 2012

LA Recherche

Les énergies de demain

PROJET D'ATOLL
au Danemark
qui associe éoliennes,
photovoltaïque
et stockage
d'énergie.

- > Un nucléaire maîtrisé
- > Du pétrole moins accessible
- > Les risques du charbon
- > Le stockage de l'électricité
- > Des algues pour les biocarburants

CAHIER
TECHNOLOGIES

Les robots chirurgiens

M 02751 - 47 - F: 6,90 € - RD



Un robot qui sécurise la neurochirurgie

Robocast, un système plus précis que la main du chirurgien, fait son entrée au bloc opératoire. Il ouvre la voie à des interventions dans le cerveau partiellement automatisées.

Après quatre ans de recherche et 3,45 millions d'euros d'investissement, Robocast a fait son entrée dans un bloc opératoire. Certes, il ne s'agissait que d'intervenir sur un mannequin, mais ses performances ont été à la hauteur des attentes de ses concepteurs. À la fois précis, mobile et intelligent, il pourrait bientôt assister les chirurgiens dans le cadre d'interventions cérébrales.

De quoi s'agit-il ? Conçu dans le cadre d'un programme de recherche financé par l'Union européenne, Robocast s'inscrit dans la famille des robots semi-actifs, dont certains sont déjà utilisés en neurochirurgie (lire « Ils développent la chirurgie hybride », p. 92). Dans ce cas, le praticien se retrouve aux manettes d'un bras articulé lui permettant de

positionner un instrument (sonde, aiguille, électrode) dans le cerveau du patient. Cela présente l'avantage de limiter l'ouverture pratiquée dans le crâne, réduit les risques de contamination et facilite la cicatrisation.

L'actuateur linéaire. Robocast se distingue toutefois de ses prédécesseurs par la présence d'une unité de robotique multiple. Le système complet est ainsi constitué d'un bras articulé dont le rôle est de positionner approximativement un second robot de la taille d'une canette. Celui-ci, à son tour, place très précisément un troisième robot, l'actuateur linéaire. Ce dernier porte l'instrument neurochirurgical. « Cette association de machines permet de combiner la mobilité des unes avec la précision des autres », explique Giancarlo

Ferrigno, de l'École polytechnique de Milan, coordinateur du projet.

Ce robot peut ainsi faire accomplir treize mouvements différents à son outil, alors que le poignet humain ne peut en effectuer que six. De plus, le tremblement est divisé par dix par rapport à la main du chirurgien. Enfin, la précision est de l'ordre du demi-millimètre. « La recherche d'une telle minutie peut se révéler utile dans certains types d'opérations, comme la stimulation profonde du cerveau qui implique d'implanter des électrodes dans des cibles larges de 2 ou 3 millimètres seulement », indique Dominique Chaussemy, chef de clinique du service de neurochirurgie au CHU de Strasbourg.

Planificateur de trajectoire.

L'originalité de Robocast ne s'arrête pas là. Ses concepteurs ont également mis au point un planificateur de trajectoire. À partir d'informations acquises par imagerie médicale (résonance magnétique ou scanner à rayons X) et récupérées pendant l'intervention par imagerie ultrasonique, ce logiciel calcule en quelques minutes le meilleur chemin pour parcourir le cerveau avec le minimum de dommage. Toutefois, le chirurgien conserve le contrôle et choisit, parmi les différentes options proposées, la plus adaptée. Les trajectoires sont visibles sur un écran qui restitue un effet tridimensionnel.

Ce planificateur a nécessité d'importants développements logiciels reposant sur l'intelligence artificielle. « La planification de trajectoire est un problème qui nécessite de prendre en compte un grand nombre



UNE OUVERTURE DE 10 MILLIMÈTRES de diamètre suffit pour implanter des électrodes dans le cerveau ou y enlever une tumeur. Plus que dans tout autre organe, la précision du geste est indispensable pour minimiser les séquelles de ces opérations.

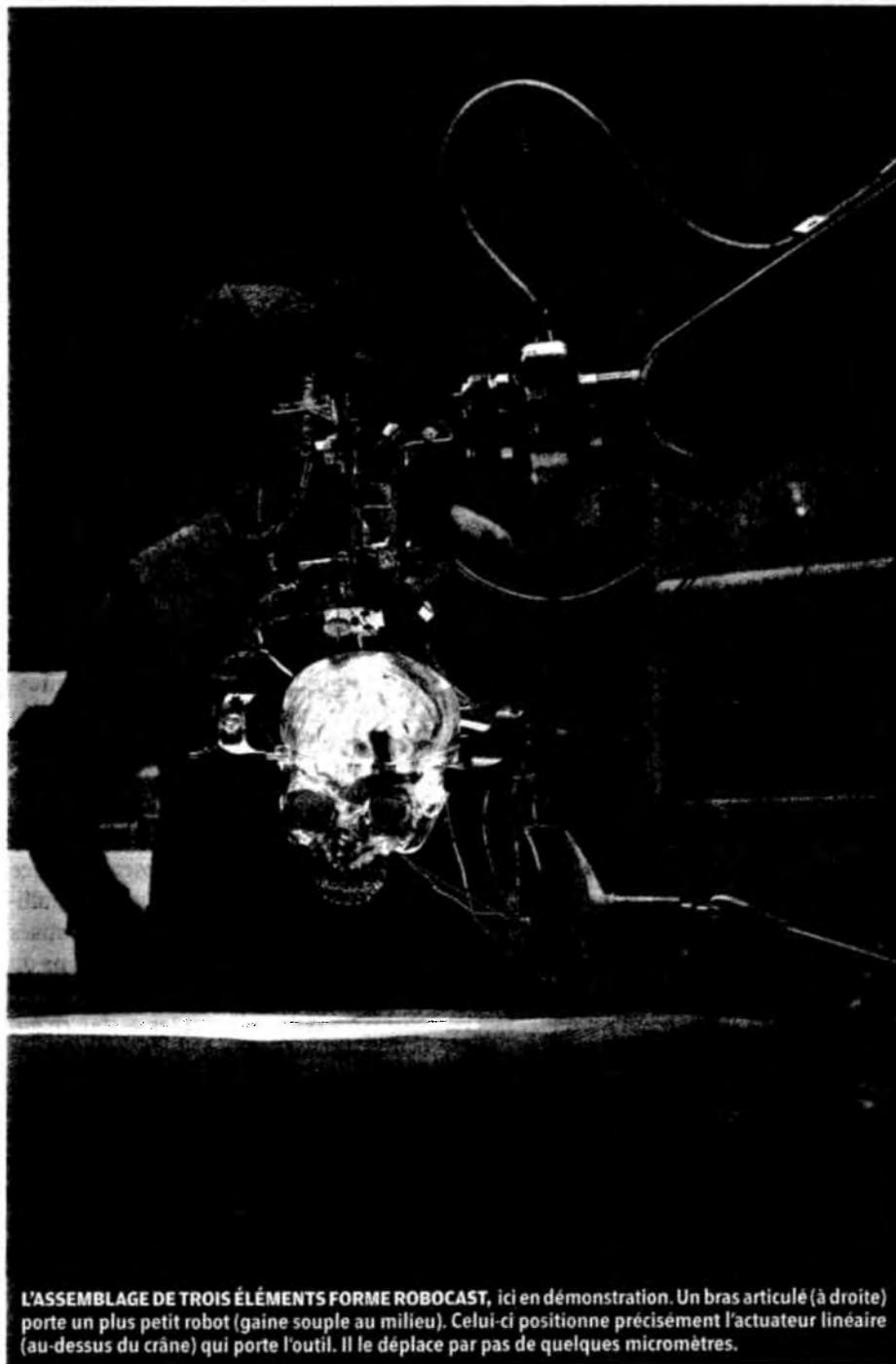
© PHOTOS : NEARLAB - BIOENGINEERING DPT - POLITECNICO DI MILANO

de variables et implique une grande puissance de calcul », explique Giancarlo Ferrigno. Il s'agit notamment d'intégrer les données issues de l'imagerie médicale. Les chercheurs ont également introduit dans le logiciel le concept de risque associé à l'altération des structures internes du cerveau, tels les vaisseaux, les fibres et les aires fonctionnelles.

Un moteur de 4 centimètres cubes. Situé en bout de chaîne, l'actuateur linéaire représente un autre atout. Le challenge a été d'obtenir un robot à la fois précis, léger et stérilisable facilement. La solution a consisté en la mise au point d'un moteur piézoélectrique de 4 centimètres cubes seulement, générant des mouvements de quelques micromètres à chaque impulsion électrique. En outre, un système de retour d'effort a été associé à ce moteur, permettant au chirurgien de percevoir l'intensité de la pression appliquée lors de l'insertion de la sonde, via une console semblable à un joystick.

« Une sensibilité très fine peut être intéressante pour faire ressentir au chirurgien la consistance des tissus, les vaisseaux, par exemple, dont la rupture est une des complications majeures », explique Dominique Chaussemy. Mais surtout, cette commande permettrait un plus grand degré d'automatisation de l'intervention, car ce serait le robot qui, manipulé par le chirurgien, introduirait la sonde dans le cerveau. Aujourd'hui, cette étape est encore réalisée manuellement.

Doté de telles performances, Robocast vise la chirurgie de type « trou de serrure », technique consistant à introduire une sonde dans le crâne via un orifice de 10 millimètres de diamètre. Déjà utilisée lors d'interventions cérébrales (biopsie, prélèvement de fluides, ablation cryogénique et électrolytique ou curiethérapie), elle a fait faire de grands progrès pour le traitement des tumeurs ou pour l'insertion d'électrodes destinées à soigner des



L'ASSEMBLAGE DE TROIS ÉLÉMENTS FORME ROBOCAST, ici en démonstration. Un bras articulé (à droite) porte un plus petit robot (gaine souple au milieu). Celui-ci positionne précisément l'actuateur linéaire (au-dessus du crâne) qui porte l'outil. Il le déplace par pas de quelques micromètres.

troubles tels que l'épilepsie et les maladies de Parkinson et de Gilles de la Tourette.

Néanmoins, le passage en conditions réelles n'est pas encore gagné. Robocast doit encore faire ses preuves dans des situations plus réalistes où la tête bouge. Dans ce but, un projet de suivi baptisé « Active » a démarré pour tester ce dispositif sur des patients éveillés pendant l'opération. La stimulation cérébrale implique en effet de surveiller l'apparition de troubles (mémoire, langage ou

encore mouvements) lors de l'intervention. « Le plus grand challenge reste l'acceptation par les chirurgiens, estime Giancarlo Ferrigno. Ces derniers ne sont pas encore prêts à laisser un robot prendre en charge une partie de leur savoir-faire. » Ce que Dominique Chaussemy relativise toutefois : « L'utilisation de robots plus automatisés en chirurgie est prévue dans un avenir très proche. Pour l'instant les limites sont surtout d'ordre technique et financier. »

■ Cédric Duval