

Une technologie qui file droit dans l'œil

Ça ressemble à de la science-fiction, mais les contours sont de plus en plus réels : des minirobots capables d'intervenir à l'intérieur du corps. Les récents développements dans ce domaine interpellent les chirurgiens oculaires.

PAR ROLAND FISCHER

Des robots miniaturisés qui évoluent dans les vaisseaux sanguins et procèdent à des interventions médicales à l'intérieur du corps humain ? Voilà qui fait penser à de la science-fiction façon *L'Aventure intérieure*, mais pas à de la recherche. « Des robots autonomes qui procèdent à des manipulations mécaniques, coupent ou auscultent, cela relève encore du rêve », admet Bradley Nelson, expert en robotique à l'EPFZ. Ce secteur offre néanmoins des opportunités aux ingénieurs fûtés, un secteur qui n'est d'ailleurs plus seulement investi par la recherche fondamentale. Bradley Nelson et son équipe figurent parmi les pionniers qui réussissent le mieux dans ce secteur d'avenir : « Nous avons développé une technologie qui devrait trouver ces prochaines années une application dans le domaine de la chirurgie oculaire », explique le chercheur.

Il serait toutefois erroné d'imaginer des minimachines sensorielles et intelligentes capables de naviguer par elles-mêmes à l'intérieur du corps. Ces robots ne sont pas encore autonomes, mais on peut les téléguider. Les chercheurs zurichois ont déve-

loppé trois systèmes de propulsion différents, tous basés sur des champs magnétiques externes qui donnent aux petites machines les impulsions leur permettant de se mouvoir dans l'organisme.

Mini sous-marin téléguidé

Le plus gros de ces petits robots est le plus proche d'une application concrète : un « sous-marin » de presque deux millimètres, tout juste identifiable à l'œil nu. Il est destiné à être injecté lors d'une petite intervention dans le globe oculaire. Ensuite, les chercheurs peuvent le diriger avec précision à travers le liquide oculaire. Ils mettent en place à cet effet un champ magnétique (environ 1000 fois plus faible que celui d'un appareil IRM), en créant les gradients de champ magnétique nécessaires, c'est-à-dire différentes forces de champ. A l'intérieur du corps, les objets magnétiques glissent alors le long de ces gradients jusqu'à la position désirée. Un procédé fiable qui fonctionne au millimètre près. Actuellement, les chercheurs travaillent à la mise au point d'un « traîneau » qui permettrait d'acheminer un médicament au point souhaité de la rétine, au lieu de le répandre dans l'ensemble de l'œil. Cela représenterait un avantage, par exemple dans

le cas de la dégénérescence maculaire, cette altération de la partie centrale de la rétine où se trouve la majorité des nerfs optiques. De nouveaux médicaments ralentissent la perte de la capacité visuelle, mais ils seraient évidemment plus efficaces s'ils pouvaient agir directement sur la macula. De tout petits dispositifs d'injection sont aussi en développement: ils pourraient acheminer un jour certaines substances directement dans l'œil, jusque dans les plus petits vaisseaux sanguins. Le principe fonctionne, les chercheurs zurichois l'ont abondamment testé sur des yeux de porc.

Le monde du tout-petit réserve aussi quelques surprises aux scientifiques: si diriger des objets minuscules dans le corps vitré, ce liquide gélatineux qui remplit la cavité oculaire, fait désormais partie des activités qu'ils maîtrisent, plus l'échelle est réduite, plus les résistances augmentent. Ainsi, l'eau se comporte tout à coup comme « du miel très épais » dès que l'on réduit tout d'un facteur 1000, explique Bradley Nelson. Or les chercheurs visent des échelles encore plus petites. Ils veulent conquérir les micromondes et les nanomondes. Car même si dans ces dimensions, l'eau présente davantage de similitudes avec un matériau visqueux, y faire évoluer des objets reste parfaitement possible. La preuve par la nature.

Une hélice avec un aimant en guise de moteur

Le micromonde est en effet peuplé de bactéries qui utilisent leurs flagelles pour se mouvoir. Les chercheurs zurichois se sont inspirés de ces appendices rotatifs. Depuis peu, ils procèdent à des expériences avec des flagelles artificiels sur un matériau semi-conducteur. Les bâtonnets longs de 30 micromètres prennent automatiquement une forme hélicoïdale: dès qu'ils se sont détachés du matériau porteur, ils se contractent en tire-bouchon. Les scientifiques y accolent une petite unité magnétique. Il ne manque alors plus que la rotation. C'est là qu'interviennent à nouveau les champs magnétiques qui peuvent aussi être disposés de façon à imprimer une rotation aux parties magnétiques; les flagelles artificiels se frayent ainsi un chemin à travers l'élément humide et épais.

Les ingénieurs de l'EPFZ ont encore une troisième astuce dans la manche. Avec des champs magnétiques oscillants, ils sont capables de transformer en méduse un minirobot environ dix fois plus gros que les flagelles artificiels. Mis en mouvement, ce robot se contracte régulièrement et rejette de l'eau, ce qui assure sa propulsion. Cette technologie a d'ailleurs brillamment réussi son test de passage: les petits robots sont champions de foot et ont remporté la Nanogram League des Robocups (une ren-

contre internationale de robots footballeurs). Pour ce concours, il s'agissait d'évoluer en tournoyant sur un petit terrain et de marquer des buts, mais sans adversaire pour commencer.

Bientôt réalité

Et où ce voyage conduira-t-il? Les coursiers de médicaments seront bientôt réalité. Ces petits assistants pourraient prochainement assumer la surveillance de certaines fonctions de l'organisme, si on leur implante des senseurs de température ou certaines molécules. Les manipulations à l'intérieur du corps, comme le prélèvement de tissus ou la pose de stents dans des vaisseaux sanguins bouchés, restent en revanche de la musique d'avenir.

Mais peu importe le champ d'application, les avantages de cette technologie sont évidents: grâce aux minirobots, la médecine minimalement invasive pourrait prendre de toutes nouvelles dimensions. Il suffirait d'une banale petite incision pour pouvoir piloter un robot presque n'importe où à l'intérieur du corps. Ce scénario est si séduisant que Bradley Nelson est persuadé que les patients ne s'opposeront pas à l'implantation de ces petites machines dans leur organisme, même si la perspective peut sembler inquiétante. « Dès qu'ils verront ses avantages sanitaires, les gens adopteront cette technologie avec enthousiasme », affirme-t-il avec conviction. ■

Ce dispositif expérimental sophistiqué montre comment le premier minirobot pourrait un jour pénétrer dans l'œil. Le chirurgien l'injecterait dans le globe oculaire au moyen d'un bras métallique. Puis le dirigerait avec précision à travers le liquide oculaire grâce à un champ magnétique. Pendant l'opération, le patient serait couché sous les bobines magnétiques, son œil étant visible sur l'écran.

