

Avec ses microrobots de manipulation, Percipio Robotics veut lever un frein à la miniaturisation.

INNOVATION

LA MÉCANIQUE VOIT TOUJOURS PLUS PETIT

La miniaturisation des pièces continue, incitant les usineurs à pousser les procédés à leurs limites.

PAR MARION GARREAU

Elle est invisible à l'œil nu, tient sur un cheveu. La plus petite maison au monde a été dévoilée en mai par l'institut de recherche Femto-ST, à Besançon (Doubs) [lire page 44]. Elle a été construite grâce à une plate-forme technologique unique en Europe, composée de nanorobots capables de travailler avec une précision de 10 nanomètres. Bienvenue dans la mécanique de l'infiniment petit. Cette percée est révélatrice : la miniaturisation des pièces mécaniques, démarrée avec la réduction en taille d'objets comme les téléphones et les moteurs, va toujours plus loin. Aujourd'hui, le premier secteur à tirer cette tendance est le médical. Pinces, préhenseurs, endoscopes, implants... Pour réduire les risques infectieux, les objets insérés dans le corps sont miniaturisés et la chirurgie devient mini-invasive, faite sans ouvrir le corps, mais en passant par des conduits très petits.

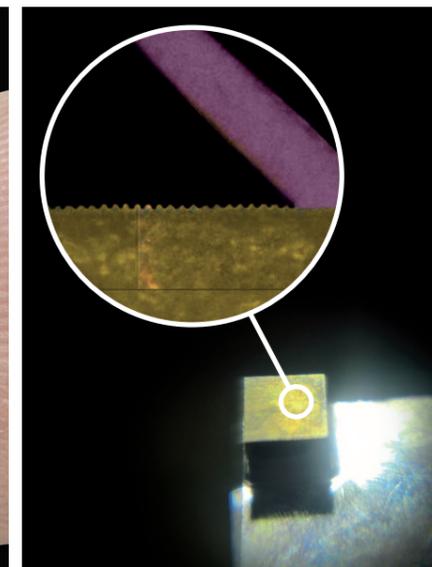
La neuroradiologie interventionnelle, qui traite les pathologies du cerveau (anévrismes, accidents vasculaires cérébraux), utilise par exemple de longs cathéters pour faire passer, via l'artère fémorale, une prothèse vasculaire, appelée stent, qui va se déployer dans l'artère cérébrale.

P. GUILLET/DR.

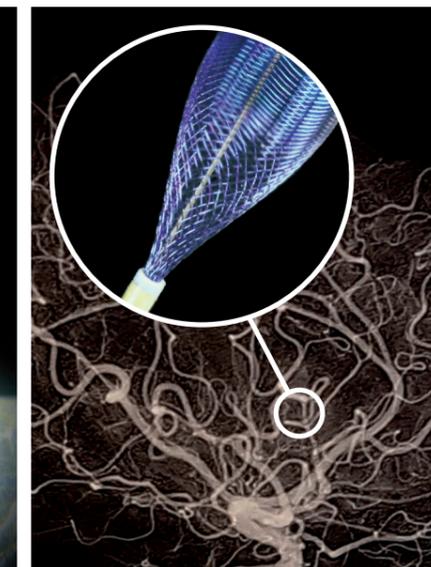
L'industrie à l'échelle du micron



Pour le médical, la PME Vuichard fabrique des pièces d'implants cochléaires de 200 microns de diamètre.



Les ondulations usinées à la surface de ce micromoule sont dix fois plus fines qu'un cheveu [ici en violet].



Avant de se déployer dans une artère cérébrale, ce stent passe dans un cathéter de 430 microns de diamètre.

En mai, le français Balt a commercialisé l'un des plus petits stents au monde, capable de s'introduire dans un cathéter de 0,43 millimètre de diamètre. «Ce stent est fabriqué avec un fil de 25 microns de diamètre, deux fois plus fin que les précédents, explique Nicolas Plowiecki, président de cette PME de Montmorency (Val-d'Oise). La difficulté a été de réduire la taille de l'outillage de nos machines, fabriquées en interne. Pour cela, nous avons appris à travailler la céramique, plus résistante que l'acier traité, et les techniques d'usinage sans contact comme l'électroérosion et l'usinage laser.» Des techniques difficiles à maîtriser. «Pour réaliser des stents plus petits encore, nous devons mieux maîtriser l'usinage sans contact», admet Nicolas Plowiecki.

Gravure sur silicium

Autre pièce emblématique de la miniaturisation dans le médical : le stimulateur cardiaque. Le plus courant sur le marché est aujourd'hui semblable à un sachet de thé. Le plus petit a la forme d'une gélule longue de 25,9 millimètres pour 6,7 d'épaisseur. Il s'agit du stimulateur Micra, commercialisé par l'américain Medtronic en 2015. «L'opération la plus délicate dans la fabrication de cet appareil est la soudure, détaille Dominique Piguet, responsable de l'industrialisation des produits au sein de l'usine qui fabrique le Micra, implantée en Suisse pour bénéficier des savoir-faire de l'horlogerie helvète. Pour la réaliser, nous avons développé un mini-robot manipulateur plus précis dans son placement qu'un opérateur et appris à utiliser une technologie laser de soudure sur le titane.» Un défi technologique tel que l'entreprise a travaillé avec l'École

polytechnique fédérale de Lausanne pour comprendre ce qui se passe au moment où le titane fond.

Dominique Piguet en est convaincu, la miniaturisation des dispositifs médicaux va continuer car elle améliore le confort du patient. Ce qui nécessitera, selon lui, de s'ouvrir à une nouvelle technologie, la photolithographie sur disque de silicium (aussi appelé wafer). Ce procédé, utilisé dans l'électronique pour la fabrication des circuits, consiste à retirer par attaque chimique de la matière à certains endroits de la surface du wafer en utilisant des masques - l'équivalent de pochoirs - pour obtenir les motifs désirés. «Les technologies actuelles ne permettent pas de réduire la taille des batteries de nos stimulateurs, pointe Dominique Piguet. Si demain nous réussissons à les fabriquer en silicium, nous pourrions descendre à des échelles dix fois plus petites.»

Philippe Vuichard, le patron de la PME familiale éponyme, est plus réservé. «La fabrication sur wafer offre des possibilités extraordinaires, mais elle est liée au silicium et limitée en termes de caractéristiques mécaniques et de formes obtenues», précise-t-il. C'est d'ailleurs parce qu'elle n'était pas satisfaite des prototypes réalisés sur wafer que l'université de Valenciennes s'est tournée vers Vuichard pour la fabrication d'un micromoule, à la surface lisse en apparence, mais en réalité sinusoïdale. La société a réussi à fabriquer ce moule par microfraisage, grâce à un outil à la pointe de moins de 1 micron de diamètre et au pas d'usinage de 0,5 micron. Autre technique en cours de maturation, la fabrication additive métallique. «Parce qu'elle repose sur le dépôt de matière, l'impression 3D métallique est intéressante pour



➔ fabriquer des pièces maillées plus petites et pour compacter des pièces autrement réalisées par assemblage, souligne François Niarfeix, chargé du développement des roulements capteurs chez SKF. Elle nous sert à fabriquer des outillages et à réaliser des prototypes.»

Des outils minuscules pour manipuler le minuscule

Le groupe suédois a miniaturisé ses bielles d'avion et ses roulements, dont le plus petit fait 600 microns de diamètre. «Dans les moteurs, par exemple, des roulements très petits permettent d'avoir plus de place pour le bobinage, donc plus de puissance pour un même encombrement, indique François Niarfeix. Aujourd'hui, les constructeurs veulent inclure plus de fonctionnalités dans leurs objets sans en augmenter le volume, ce qui tend à réduire la taille des composants électroniques et des pièces mécaniques qui y sont couplées.» Une tendance forte dans les voitures, les avions,

les machines-outils, autant de produits où se retrouvent les roulements capteurs de SKF.

La miniaturisation des composants mécaniques devrait continuer. À condition que les outils existent. Car pour manipuler des objets minuscules, il faut créer des outils minuscules ! C'est pour répondre à ce besoin que la start-up Percipio Robotics crée des microrobots capables de travailler sur des objets de la taille d'un cil de bébé. «Aujourd'hui, les objets minuscules sont manipulés à la pince brucelles sous microscope, un procédé qui a ses limites, explique David Héri-ban, le fondateur de cette spin-off du Femto-ST créée en 2011. Parce qu'ils permettent de manipuler des objets encore plus petits, nos outils vont lever l'une des limites actuelles à la miniaturisation.» Les doigts des pinces de Percipio mesurent quelques dizaines de microns. Mais avec quels outils fabriquer ces pinces ? La gravure sur silicium s'impose. La miniaturisation est un phénomène qui s'autoalimente. ■

Silmach, le français qui s'inspire des Mems

La PME bisontine s'attaque au marché de l'horlogerie avec ses micromoteurs en silicium.

Dun côté l'enlèvement de matière par usinage dans des ateliers plein de copeaux de métaux, de l'autre l'attaque chimique réalisée dans un environnement propre et contrôlée appelé salle blanche. La PME française Silmach a fait le pari d'hybrider ces deux mondes en utilisant les technologies de gravure sur silicium de la microélectronique pour créer des objets mécaniques. Cette spin-off du laboratoire Femto-ST, fondée en 2003 et située à Besançon (Doubs), produit ce qu'elle appelle des Mems hybrides. Elle crée des composants en silicium par gravure, comme pour les Mems classiques (microsystèmes électromécaniques, par exemple les capteurs gyroscopiques), et les intègre ensuite dans des objets micromécaniques conventionnels comme ceux des montres.

«Notre innovation réside dans l'exploitation de composants conçus comme des Mems dans un environnement mécanique, souligne Pierre-François Louvigné, le directeur des ventes de Silmach. Pour cela, nous avons développé deux savoir-faire. Nous concevons des composants en silicium dotés d'une force mécanique avancée et nous maîtrisons des techniques d'assemblage adaptées au caractère fragile du silicium, aussi cassant que du verre.»

La première application réalisée par Silmach est un micromoteur électrostatique

Vue d'artiste montrant, à droite, les peignes en silicium actionnant la roue dentée qui entraîne les aiguilles d'une montre.



en silicium, reposant sur des actionneurs à base de peignes interdigités - dont les dents sont intriquées - capable de faire tourner une roue, elle aussi en silicium. Pour porter ses micromoteurs sur le marché de l'horlogerie, la société a créé en avril un joint-venture avec l'américain Timex. «Nos produits ont pour ambition de concurrencer les moteurs Lavet, dominants sur le marché des montres connectées, fait valoir Pierre-François Louvigné. Leurs atouts sont leur compacité et leur format, identique à celui des composants microélectroniques, qui permet aux

fabricants de les intégrer sans passer par un prestataire.» Au-delà de ce marché déjà immense, la société de 22 salariés voit loin : «Nos moteurs rendent possible l'intégration de fonctions mécaniques dans une multitude d'objets. Ils vont permettre d'imaginer de nouveaux usages dans la mode, la défense et le médical.» Des implants capables de faire du dosage sont un premier exemple. La suite dépendra de l'imagination des fabricants. ■ M.G.

SUITE DE NOTRE ENQUÊTE P. 44 ➔