

# LE VOYAGE FANTASTIQUE

UNE NOUVELLE PISTE DANS LE TRAITEMENT DU CANCER : DES CHERCHEURS DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL UTILISENT L'IRM POUR PROPULSER DES NANODISPOSITIFS DANS LA CIRCULATION SANGUINE ET EN SUIVRE LA PROGRESSION.

Par Véronique Barker



## PROJET

Dans le film *Le voyage fantastique*, ce classique des années 1960, on miniaturisait un vaisseau et son équipage de scientifiques pour l'injecter dans la circulation sanguine d'un sujet. Aujourd'hui, grâce aux travaux de **Sylvain Martel [1]**, directeur du Laboratoire de NanoRobotique de l'École Polytechnique de Montréal, il est désormais possible de réaliser des déplacements dans le courant sanguin d'un animal vivant. « C'est bel et bien ce que nous faisons mais, évidemment, ce ne sont pas des mini-humains que nous propulsons ainsi », précise-t-il en riant. Sylvain Martel crée des robots minuscules, ou nanorobots, capables de naviguer dans les vaisseaux sanguins. Jusqu'à tout récemment, l'étude de la **nanorobotique [2]** était encore purement théorique, mais Sylvain Martel est parvenu à en illustrer une application possible au moyen de l'**imagerie par résonance magnétique (IRM) [3]**.

Sylvain Martel est le premier scientifique au monde à utiliser l'IRM pour démontrer qu'il est possible de propulser et de diriger des nanorobots à l'intérieur d'un être vivant. Avec son équipe, le chercheur a mis au point des outils logiciels qui lui ont permis d'exploiter la force magnétique d'un système IRM pour guider une bille magnétique dans l'artère d'un porc vivant. « Nous utilisons les champs magnétiques des nanoparticules pour suivre le déplacement des billes dans la circulation sanguine. » Le succès de cette expérience ouvre la voie à de nouveaux traitements du cancer, notamment à des techniques thérapeutiques non invasives. « Cette percée pourrait révolutionner la radiologie d'intervention », indique **Gilles Soulez [4]**, un membre de l'équipe de recherche. La radiologie d'intervention est une branche de la médecine qui consiste à diagnostiquer et à traiter les maladies au moyen de petites aiguilles, de fils-guides et de **cathéters [5]**. Pour introduire ces instruments, on pratique de petites incisions, puis on les guide par rayons X, ultrasons ou au moyen d'autres méthodes d'imagerie radiologique.

Même si les essais sur la propulsion par IRM ne sont pas terminés, Sylvain Martel et son équipe peuvent dorénavant travailler sur les applications de cette nouvelle technologie. « Nous avons démontré qu'il est possible de transporter des médicaments anticancéreux vers des régions ciblées du corps et ainsi de réduire les effets secondaires des



traitements sur l'ensemble de l'organisme », explique-t-il.

Le grand intérêt de la technologie nanorobotique tient également à l'usage largement répandu de l'IRM et à son accessibilité dans tous les hôpitaux. L'IRM n'est pas aussi invasive que les rayons X et elle produit une image tridimensionnelle. Par conséquent, on pourrait adapter les systèmes d'IRM existants de façon à leur permettre d'accomplir les tâches requises par les techniques nanorobotiques sans avoir à dépenser des millions de dollars pour concevoir une plateforme d'imagerie sur mesure. « Il serait possible de stocker notre programme sur un CD qui coûte à peine 35 cents, et de le mettre en application dans chaque hôpital », affirme Sylvain Martel. Le chercheur espère parvenir d'ici cinq ans à réaliser un essai clinique nanorobotique dans des vaisseaux sanguins beaucoup plus petits.

Entre-temps, les chercheurs s'emploient à trouver des matériaux appropriés pour ces nanostructures. « Il existe une variété de particules que nous pouvons utiliser selon les différents types d'applications. Par exemple, si nous devons transporter des nanorobots vers le cerveau, nous n'aurions pas recours au même matériau et à la même conception que pour le foie », précise Sylvain Martel. Pour réaliser cet objectif, il a recruté **Jean-Christophe Leroux [6]**, un chercheur en technologie pharmaceutique spécialisé dans les polymères biodégradables. « Nous en sommes encore à un stade préliminaire, mais nous savons que nous voulons un polymère dégradable dans l'organisme, indique-t-il. Nous savons que la technologie fonctionne. Il nous reste simplement à la perfectionner. »



[1] Sylvain Martel



Sylvain Martel, Ph.D.

Titulaire de la Chaire de recherche du Canada en conception, en fabrication et en validation de micro et de nanosystèmes

Professeur agrégé, Département de génie informatique et Institut de génie biomédical, École Polytechnique de Montréal

Directeur, Laboratoire de NanoRobotique, École Polytechnique de Montréal

Sylvain Martel a reçu son doctorat en génie électrique du Département de génie biomédical de l'Université McGill en 1997. Après des études postdoctorales au Massachusetts Institute of Technology (MIT), il est nommé chercheur scientifique au laboratoire de bioinstrumentation du Département de génie mécanique du MIT. De février 2001 à septembre 2004, il occupe deux postes de front, l'un au MIT et l'autre à titre de professeur adjoint au Département de génie électrique et informatique et à l'Institut de génie biomédical de l'École Polytechnique, à l'Université de Montréal. En 2002, il fonde le Laboratoire de NanoRobotique à l'École Polytechnique de Montréal dont il est l'actuel directeur. Il a à son actif plus de 140 publications arbitrées, plusieurs brevets d'invention et il est membre de plusieurs comités et organismes internationaux à travers le monde. Les principaux domaines de spécialisation de Sylvain Martel sont la nanorobotique et la conception de plateformes d'instrumentation et de technologies de soutien novatrices destinées plus particulièrement à des applications biomédicales et de bioingénierie ainsi que la nanotechnologie. Il possède aussi une vaste expérience en électronique et en génie informatique et il a beaucoup travaillé dans les secteurs du génie biomédical et mécanique.

Outre son expérience dans le milieu universitaire et en entreprise, Sylvain Martel a aussi occupé plusieurs fonctions au sein de la Réserve navale du Canada de 1976 à 2004, et il a participé à plusieurs exercices de défense côtière de l'OTAN. De 1994 à 2004, il a assumé les responsabilités de commandant de navire de guerre et, à ce titre, il a participé à des opérations de défense côtière le long des côtes du Pacifique et de l'Atlantique.



## [2] Nanorobotique

La nanorobotique est la technologie qui consiste à créer des machines ou des robots à très petite échelle. Plus précisément, la nanorobotique se rapporte à une branche encore largement théorique du génie nanotechnologique consacrée à la conception et à la construction de nanorobots. Les nanorobots (nanobots ou nanoïdes) sont des dispositifs dont la taille varie entre 0,1 et 10 micromètres et qui sont constitués d'éléments moléculaires (ou nanométriques). Comme aucun nanorobot artificiel non biologique n'a encore été créé à ce jour, ce concept reste purement hypothétique. On pourrait aussi définir le nanorobot comme un dispositif permettant des interactions de précision avec des objets d'échelle nanométrique ou des manipulations à une résolution nanométrique. En vertu de cette définition, même un appareil de grande dimension peut être considéré comme un instrument de nanorobotique s'il est configuré pour effectuer des nanomanipulations.

Extrait en partie de Wikipedia (*lien anglophone*)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Nanorobotics>

## [3] Imagerie par résonance magnétique (IRM)

L'IRM est une technique non invasive employée pour produire des images provenant de l'intérieur d'un objet. On l'utilise principalement en imagerie médicale pour représenter des altérations pathologiques ou physiologiques de tissus vivants. L'IRM a également des applications à l'extérieur du champ médical.

Extrait en partie de Wikipedia Wikipedia (*lien anglophone*)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/MRI>



#### [4] Gilles Soulez



Gilles Soulez, Ph.D.  
Professeur, Département de radiologie,  
Université de Montréal  
Directeur de recherche, Département de  
radiologie, Université de Montréal  
Directeur, Plateforme de recherche en  
imagerie, Centre hospitalier de l'Univer-  
sité de Montréal (CHUM)

Gilles Soulez est un chercheur clinique qui œuvre dans les domaines de la radiologie vasculaire d'intervention et de l'imagerie. Il possède une vaste expérience dans le traitement endovasculaire des maladies périphériques occlusives et anévrismales et dans l'imagerie vasculaire. Il a reçu de nombreuses distinctions nationales et internationales pour ses travaux et a publié plus de 75 articles arbitrés au cours de sa carrière. Il collabore activement avec plusieurs sociétés qui produisent des appareils endovasculaires et des plateformes d'imagerie et il détient quatre brevets d'invention. Il a participé aux recherches de Sylvain Martel sur la conception d'expériences sur animaux, la manipulation de cathéters et l'interprétation de clichés d'IRM.

#### [5] Cathéter

Le cathéter est un tube que l'on insère dans une cavité, un canal ou un vaisseau du corps. Les cathéters permettent le drainage ou l'injection de fluides ou encore l'insertion d'instruments chirurgicaux.



[6] Jean-Christophe Leroux



D<sup>r</sup> Jean-Christophe Leroux  
Titulaire de la Chaire de recherche du  
Canada sur la libération contrôlée des  
médicaments  
Professeur agrégé, Faculté de pharmacie,  
Université de Montréal

Le D<sup>r</sup> Jean-Christophe Leroux a obtenu son baccalauréat en pharmacie à l'Université de Montréal et son doctorat en sciences pharmaceutiques (1995) à l'Université de Genève (Suisse). De 1996 à 1997, il a suivi une formation postdoctorale à l'Université de la Californie, puis est entré à l'Université de Montréal comme professeur adjoint. Ses intérêts de recherche comprennent la mise au point de nouveaux biopolymères et de systèmes de libération de médicaments sensibles aux stimuli ainsi que le ciblage des médicaments anticancéreux. Il est l'auteur ou le coauteur de plus de 80 articles arbitrés, de huit chapitres de livre et a à son actif 13 brevets d'invention ou demandes de brevets. Rédacteur en chef adjoint de l'European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, il fait aussi partie du comité de rédaction de cinq revues, notamment le Journal of Controlled Release de la Controlled Release Society (CRS) et le Journal of Pharmaceutical Sciences. Parmi les récompenses qu'il a reçues, citons le prix CRS-Capsugel (1997 et 2003), l'AFPC-AstraZeneca (2003) et le Young Investigator Award (2004) de la CRS pour ses recherches novatrices en technologie pharmaceutique.



## RETOMBÉES

En réussissant à transporter un corps magnétique par IRM dans le courant sanguin d'un être vivant, Sylvain Martel a ouvert une avenue très prometteuse pour la médecine et la bioingénierie. Comme le corps humain compte près de 100 000 kilomètres de vaisseaux sanguins, la circulation sanguine permet d'atteindre toutes les régions de l'organisme. Cet accès localisé pourrait permettre le développement de nouveaux traitements contre le cancer, par exemple l'hyperthermie ciblée, qui consiste à augmenter la température dans une région précise afin d'y détruire des tumeurs cancéreuses. Il pourrait aussi favoriser la mise au point de nouvelles techniques chirurgicales moins invasives.

Dans le domaine plus spécifique de la bioingénierie, la découverte de Sylvain Martel a permis de mener des travaux fructueux à l'échelle nanométrique. Les chercheurs sont ainsi capables de diriger les dispositifs et d'avoir un accès direct au corps humain à une échelle imperceptible à l'œil nu. Extrêmement complexe et unique, la plateforme informatique requise pour exécuter ces opérations a pu voir le jour grâce à l'environnement hautement interdisciplinaire dans lequel Sylvain Martel et ses collaborateurs poursuivent leurs activités scientifiques.

Les travaux de Sylvain Martel rassemblent en effet des équipes de chercheurs et d'étudiants diplômés issus de divers horizons : médecine, microbiologie, physique, chimie, dynamique des fluides, science des matériaux, nanotechnologie, micromécanique, microélectronique, génie logiciel et informatique. Ce cadre de recherche a aussi une incidence sur le plan de la formation universitaire. Ainsi, six étudiants de maîtrise qui travaillent avec Sylvain Martel comptent désormais faire des études de doctorat dans l'espoir de pousser plus loin leurs propres recherches en nanomédecine.

## PARTENAIRES

Pour ses recherches en nanorobotique fondées sur l'IRM, Sylvain Martel a fait appel à 11 coéquipiers — tous des membres du Laboratoire de NanoRobotique de l'École Polytechnique de Montréal. Ces scientifiques ont contribué à la mise au point du logiciel de pistage des objets dans la circulation sanguine. Il leur fallait éliminer la distorsion associée au déplacement de l'objet et accroître la résolution à l'aide de nombreux algorithmes. Le programme informatique prend 24 décisions à la seconde afin de constamment corriger la trajectoire de l'objet. « Aucun être humain n'est capable de prendre des décisions si rapidement et, à cet égard, notre programme informatique est infaillible », soutient Sylvain Martel. Dans la prochaine phase du projet, l'équipe s'emploiera à trouver le matériau approprié pour éliminer tous les risques de toxicité et assurer la biodégradabilité du nanodispositif une fois que celui-ci a accompli sa tâche. Sylvain Martel collabore aussi avec d'autres chercheurs de l'Université McGill, de l'Université de Montréal et du Centre hospitalier de l'Université de Montréal.



## POUR EN SAVOIR PLUS

Pour en apprendre davantage sur le Laboratoire de NanoRobotique de Sylvain Martel.

<http://www.nano.polymtl.ca/>

Voyez une **photo [7]** de la bille se déplaçant dans un vaisseau sanguin.

Visionnez une animation 3D virtuelle d'une libération ciblée de médicaments par plateforme IRM.

Lisez le rapport (lien anglophone) intégral des résultats de recherche de Sylvain Martel publié dans Applied Physics Letter, une revue hebdomadaire qui présente les plus récentes découvertes dans le domaine de la physique appliquée.

[http://www.innovationcanada.ca/29/fr/pdf/martel\\_applied\\_physics\\_letter.pdf](http://www.innovationcanada.ca/29/fr/pdf/martel_applied_physics_letter.pdf)

Pour en savoir plus sur la nanotechnologie, consultez le numéro précédent d'InnovationCanada.

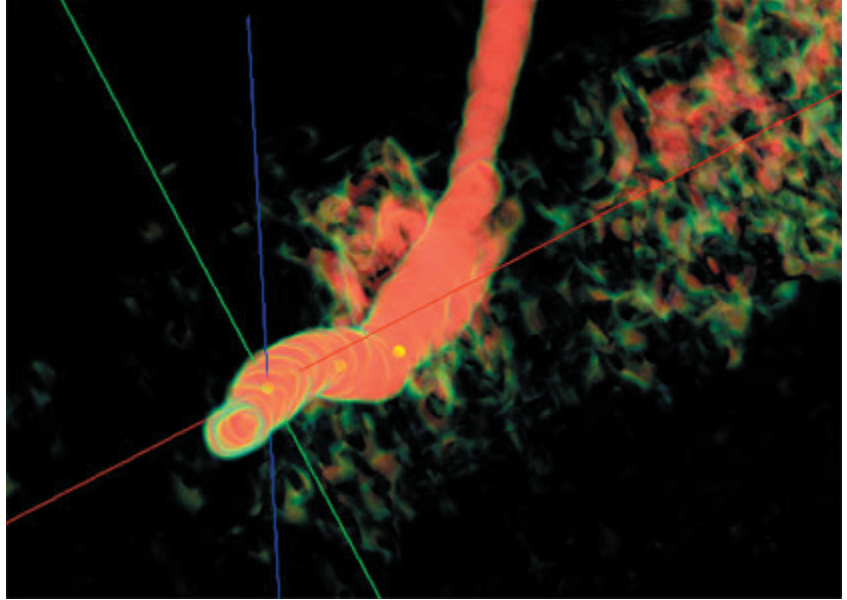
<http://www.innovationcanada.ca/25/fr/>





[7] Photo

Déplacement d'un vaisseau sanguin



Vaisseau sanguin

