

Comment l'IA améliore-t-elle les dispositifs biomédicaux intelligents ?

Les progrès réalisés dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) ouvrent de nouvelles perspectives pour les systèmes biomédicaux, comme les dispositifs implantables ou portables qui favorisent la santé et le bien-être, grâce à un large éventail d'applications. À l'**Université Laval**, au Canada, le **professeur Benoît Gosselin** et ses doctorants **Félix Chamberland** et **Michelle Janusz** exploitent ces possibilités pour créer des prothèses intelligentes et des solutions pour soulager les douleurs chroniques.



Professeur Benoît Gosselin

Directeur, Laboratoire de recherche sur les microsystèmes biomédicaux intelligents, Département de génie électrique et informatique, Université Laval, Canada.

Domaines de recherche

Génie électrique, génie biomédical, bioélectronique



Félix Chamberland

Doctorant

Domaines de recherche

Génie biomédical, génie électrique

Projet de recherche

Développement d'une prothèse de main intelligente



Michelle Janusz

Doctorante

Domaines de recherche

Génie électrique

Projet de recherche

Développement d'un implant vertébral intelligent



Parler comme un ...

ingénieur biomédical

Convertisseur analogique-numérique

— dispositif qui convertit un signal analogique (par exemple, une tension) en un signal numérique (une série de chiffres) pouvant être traité par un microcontrôleur

Bioélectronique —

domaine interdisciplinaire qui combine la biologie et l'électronique pour développer des dispositifs qui interagissent avec les systèmes biologiques.

Électromyographie à haute densité (HD-EMG)

— une technique qui mesure l'activité électrique produite par les muscles.

Fluorescence — un phénomène par lequel une

substance absorbe la lumière d'une certaine couleur et la réémet sous une autre couleur.

Microcontrôleur — un petit ordinateur qui contrôle des tâches spécifiques au sein d'un seul circuit intégré

Prothèse myoélectrique

— membre artificiel qui est contrôlé par les signaux électromyographiques émis par les muscles du moignon.

Optogénétique —

technique biologique qui utilise la lumière pour contrôler l'activité des cellules en les modifiant génétiquement afin qu'elles expriment des protéines sensibles à la lumière.

Partenaires

centre de recherche sur le cerveau CERVO ; centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation et intégration sociale (Cirris) ; centre d'optique, photonique et lasers (COPL) ; Institut de l'intelligence et des données (IID) ; alliance stratégique des microsystèmes du Québec (ReSMiQ) ; CMC Microsystems

Commanditaires

Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada (CRSNG) ; Fonds de Recherche du Québec (FRQ) ; Chaire de recherche du Canada en microsystèmes biomédicaux intelligents

Site internet

biomicrosystems.ca

doi: 10.33424/FUTURUM622



Les membres du Laboratoire de recherche sur les microsystèmes biomédicaux travaillant dans leur laboratoire.

Le génie biomédical consiste à utiliser les principes de l'ingénierie pour améliorer la santé et les soins médicaux. À mesure que les scientifiques repoussent les limites de nos capacités technologiques et de nos capacités biologiques, les possibilités offertes par le génie biomédical deviennent de plus en plus vastes et variées. L'avènement de l'intelligence artificielle (IA) et les progrès de la bioélectronique permettent la création de dispositifs biomédicaux de plus en plus complexes.

Le professeur Benoit Gosselin dirige le Laboratoire de recherche sur les microsystèmes biomédicaux intelligents à l'Université Laval. « Les microsystèmes biomédicaux intelligents sont de minuscules dispositifs qui surveillent, diagnostiquent ou même traitent des troubles médicaux », explique-t-il. « Ils sont 'intelligents' en raison de leur capacité à détecter et à traiter des signaux physiologiques et à réagir de manière intelligente, grâce à des composants électronique, des capteurs et une intelligence artificielle intégrés ». Benoit et son équipe développent ces composants intelligents afin de lancer la prochaine génération de dispositifs biomédicaux hautement personnalisés.

Développement d'une prothèse de main intelligente

Félix Chamberland, doctorant au laboratoire, dirige un projet visant à développer une prothèse de main intelligente, en se concentrant sur la manière dont la prothèse reçoit et interprète les signaux provenant du corps. « Une prothèse myoélectrique est un membre artificiel contrôlé par l'activité musculaire de l'utilisateur », explique-t-il. « Des électrodes sont placées à la surface du moignon, où elles détectent les signaux électriques générés par les contractions musculaires volontaire, qui activent les moteurs de la prothèse. »

La plupart des prothèses de main myoélectriques actuelles ont une amplitude de mouvement limitée, car elles ne sont capables de traiter que quelques signaux provenant des muscles. « En revanche, notre prototype utilise l'électromyographie à haute densité (HD-EMG), qui consiste à placer 64 électrodes en forme de grille sur le moignon », explique Félix. « Cela permet d'extraire des informations plus riches des muscles, ce qui permet des stratégies de contrôle plus complexes et des mouvements de la main plus précis. »

La grille d'électrodes détecte l'activité musculaire du moignon, et le nombre important d'électrodes permet de capter un éventail plus large de contractions musculaires. Un convertisseur analogique-numérique échantillonne les signaux HD-EMG et les transmet sous forme numérique à un microcontrôleur. « Le microcontrôleur est le 'cerveau' de cette prothèse », explique Félix. « Il traite les signaux et les transmet à un algorithme d'IA afin de prédire l'intention de l'utilisateur en fonction de ses contractions musculaires. Les commandes qui en résultent sont envoyées aux moteurs de la prothèse pour les faire bouger d'une manière spécifique. »

Comme tous les systèmes d'IA de ce type, l'algorithme doit être entraîné. « Chaque geste de la main possède un schéma d'activation musculaire unique », explique Félix. « En demandant aux participants ayant une main de porter les 64 électrodes tout en effectuant des mouvements spécifiques de la main ou diverses contractions musculaire pour les personnes amputées, nous pouvons enregistrer les schémas d'activation correspondants afin de les utiliser comme données d'entraînement pour la reconnaissance des gestes. » En introduisant ces données dans l'algorithme d'IA, celui-ci apprend à associer les schémas d'activation musculaire aux gestes auxquels ils donnent lieu. « Jusqu'à présent, nous

avons réussi à mettre au point le système d'enregistrement HD-EMG et l'algorithme de reconnaissance gestuelle par IA », explique Félix. « La prochaine étape consiste à les intégrer dans une prothèse de main entièrement fonctionnelle. »

Conception d'un implant vertébral intelligent

Ailleurs dans le laboratoire, Michelle Janusz, doctorante, conçoit un nouveau type d'implant spinal afin d'aider les chercheurs à mieux comprendre et, éventuellement, à traiter la douleur chronique. « La moelle épinière contient des neurones qui transmettent les signaux de douleur du corps au cerveau », explique-t-elle. « Dans les cas de douleur chronique, certains de ces neurones deviennent hyperactifs et continuent d'envoyer au cerveau des signaux de douleur, même en l'absence de blessure. »

Pour mettre fin à ces signaux, la vertèbre intelligente de Michelle utilise la lumière pour contrôler les neurones actifs. Cette technique, appelée optogénétique, consiste à modifier génétiquement certains neurones afin qu'ils régissent à la lumière. « En utilisant la lumière plutôt que l'électricité, nous pouvons cibler uniquement les cellules problématiques et éviter d'affecter les autres », explique-t-elle. « Cela permet un traitement beaucoup plus précis que les stimulateurs de la moelle épinière actuels, qui reposent sur des signaux électriques larges. »

Cependant, contrôler les neurones n'est que la moitié du chemin. L'implant doit également surveiller l'activité neuronale en temps réel pour savoir quand intervenir. Pour ce faire, il utilise des protéines fluorescentes sensibles à la lumière qui s'illuminent lorsque les neurones s'activent. « Cette 'lueur' agit comme un signal qui nous indique quand les neurones sont actifs, ce qui nous permet de réagir au bon



moment pour bloquer le signal de douleur », explique Michelle. Cela permet à la vertèbre intelligente d'intervenir uniquement lorsque cela est nécessaire, réduisant ainsi les effets secondaires tels que l'engourdissement.

L'implant remplacera l'une des vertèbres de la colonne vertébrale et est conçu pour s'intégrer naturellement dans la colonne vertébrale. « Comme la lumière visible ne traverse pas très bien les tissus, le remplacement de l'os nous permet de nous rapprocher suffisamment pour éclairer directement les neurones sans endommager la moelle épinière », explique Michelle.

Michelle construit actuellement un prototype de vertèbre intelligente à partir de composants disponibles dans le commerce afin de tester le système. L'objectif est de créer à terme une version plus petite avec des composants

électroniques et optiques personnalisés.

« Nous combinons la microélectronique, l'IA, la lumière et la biologie pour concevoir un outil plus intelligent et plus précis pour le traitement de la douleur chronique », explique-t-elle.

L'importance de la collaboration interdisciplinaire

« Le développement d'appareils biomédicaux intelligents ne se limite pas à l'électronique, il nécessite un ensemble de compétences », explique Benoit. « Notre laboratoire accueille une équipe dynamique et multidisciplinaire composée d'étudiants gradués de 2e et 3e cycles, de stagiaires postdoctoraux et de chercheurs associés, qui travaillent tous ensemble dans un environnement collaboratif et solidaire. »

Les ingénieurs électriciens et informaticiens conçoivent les circuits et les capteurs

nécessaires aux appareils, tandis que les scientifiques biomédicaux et spécialistes des matériaux s'assurent que les appareils soient compatibles et sans danger pour le corps. Les neuroscientifiques et physiologistes interprètent les signaux biologiques enregistrés par les appareils, les informaticiens et spécialistes en intelligence artificielle développent le code sous-jacent, et les cliniciens et experts en réadaptation s'assurent que les appareils répondent aux besoins médicaux réels. Le laboratoire collabore également avec d'autres centres de recherche afin de renforcer cette approche interdisciplinaire. « Ensemble, ces partenariats créent un écosystème riche pour le développement de microsystèmes biomédicaux intelligents, innovants et cliniquement significatifs », explique Benoit. « C'est à la croisée de ces disciplines que naît la véritable innovation. »

La conception et la création de composants électroniques constituent un aspect essentiel du travail du Laboratoire de recherche sur les microsystèmes biomédicaux.

Parcours scolaire menant au génie biomédical

Au lycée, concentrez-vous sur les mathématiques, la physique, la biologie, la chimie et l'informatique afin d'acquérir les bases nécessaires pour étudier l'ingénierie et les sciences médicales. « Commencez à coder dès que possible », conseille Félix. « La programmation est l'une des compétences les plus essentielles en ingénierie. »

À l'université, un diplôme en génie biomédical, en génie électrique ou en génie informatique peut mener à une carrière dans le domaine du génie biomédical. Suivez des cours en biomécanique, en imagerie médicale, en bio-instrumentation (conception et application de dispositifs et de systèmes destinés à mesurer, surveiller et analyser les signaux physiologiques dans les domaines des soins de santé et de la recherche) et en ingénierie neuronale, et apprenez à appliquer ces connaissances à des problèmes concrets dans le domaine des soins de santé.

Les compétences en communication scientifique et en présentation sont très prisées dans le domaine interdisciplinaire du génie biomédical. « Je suis une fervente partisane de la capacité à parler d'un sujet à des publics variés, » explique Michelle. « Profitez de chaque présentation orale pour améliorer vos compétences en communication tout en partageant vos intérêts et vos passions. »

Découvrez les carrières dans le domaine du génie biomédical

« Le génie biomédical est l'application de l'ingénierie au domaine médical », explique Félix. « Qu'il s'agisse de développer une prothèse de main, un implant neural, une greffe de peau, un instrument d'imagerie médicale ou un fauteuil roulant, les possibilités dans ce domaine sont vastes. »

Recherchez des stages pour acquérir une expérience pratique en génie biomédical, contactez des professeurs pour leur demander si vous pouvez visiter leur laboratoire, participez à des camps scientifiques, faites du bénévolat dans des établissements de santé et informez-vous sur les recherches et les technologies récentes.

« Restez curieux », conseille Michelle. « Intéressez-vous activement au génie biomédical afin d'identifier les domaines qui vous intéressent le plus. »

« N'oubliez pas que l'apprentissage débute souvent en dehors de la salle de classe », explique Benoit. « Utilisez des plateformes telles que OpenBCI (openbci.com) et Hackster (hackster.io) pour créer vos propres projets d'ingénierie biomédicale. »

Des organisations telles que la Société Canadienne de Génie Biomédical (cmbes.ca), la Société d'Ingénierie en Médecine et Biologie de l'IEEE Engineering (embs.org), et la Société de Génie Biomédical (bmes.org) offrent des possibilités de sensibilisation et des informations sur les carrières.

Rencontrez l'équipe



Rencontrez Benoit

Adolescent, j'étais attiré par la découverte des nouvelles technologies, qu'il s'agisse d'ouvrir des gadgets pour voir comment ils fonctionnaient ou de m'enthousiasmer

pour les dernières innovations. J'aimais aussi regarder des films de science-fiction, qui stimulaient mon imagination et mon intérêt pour les idées futuristes ; j'avais hâte de voir ce que le futur allait construire.

Ces films de science-fiction, ainsi que la passion contagieuse de mes professeurs à l'université, m'ont donné envie de devenir ingénieur électricien. Des démonstrations en classe aux récits sur les technologies de pointe et l'intelligence artificielle, je voyais l'ingénierie comme le moyen idéal pour

transformer l'imagination en réalité.

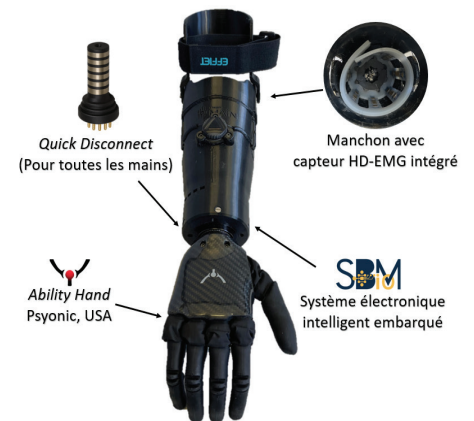
Le développement de microsystèmes biomédicaux intelligents commence par la créativité et l'imagination. Ma formation en génie électrique m'apporte les outils et les connaissances scientifiques nécessaires pour transformer des idées en appareils fonctionnels. J'adore relever des défis complexes à l'aide de solutions innovantes qui peuvent vraiment faire la différence.



Rencontrez Félix

Au lycée, j'aimais le hockey, les mathématiques et les sciences. Mon père est ingénieur électricien, ce qui a beaucoup influencé ma décision de faire carrière dans l'ingénierie, même si pendant de nombreuses années, j'ai hésité entre devenir ingénieur ou médecin. Finalement, j'ai choisi de devenir ingénieur afin de travailler avec des médecins pour aider les patients !

Je suis ingénieur biomédical dans l'âme, ce qui signifie que j'ai les compétences nécessaires pour assumer un rôle de leader dans le développement de notre prothèse de main intelligente. J'ai dû acquérir des compétences en génie électrique au fur et à mesure, car la majeure partie du travail consiste à développer le système intégré à l'IA pour l'enregistrement de l'activité musculaire, ce qui nécessite la conception de circuits et de la programmation. Je participe à plusieurs aspects du projet, en réunissant divers composants pour créer un système complexe et fonctionnel.



Représentation du bras prothétique myoélectrique de Félix. L'emboîture sur mesure intègre un réseau d'électrodes pour la détection HD-EMG, un microcontrôleur pour le traitement des signaux en temps réel et des batteries pour l'alimentation. Le système peut envoyer des commandes aux moteurs des doigts de la plupart des mains prothétiques commerciales.

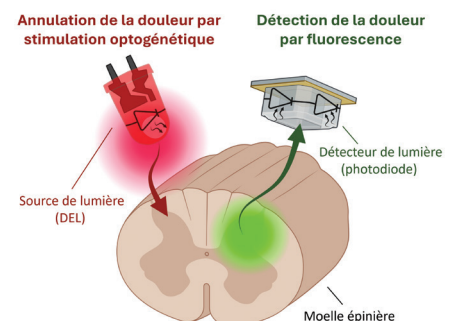


Rencontrez Michelle

Adolescente, j'avais des passe-temps créatifs comme la couture et la peinture. Au lycée, j'ai suivi un programme de mathématiques avancées et participé à un programme coopératif scientifique dans le cadre duquel j'ai effectué un stage de recherche dans un hôpital pour enfants. Cela m'a convaincue que la recherche était définitivement la voie que je voulais suivre.

Mon père m'a encouragée à poursuivre la carrière de mon choix et m'a apporté tout son soutien lorsque j'ai décidé de suivre ses traces en devenant ingénieure électricienne. Pendant mes études universitaires, j'ai pris conscience que tout le monde n'avait pas la chance de bénéficier d'un tel soutien. C'est ce qui me motive à encourager davantage de femmes à étudier l'ingénierie électrique, un domaine où elles restent très peu représentées.

Je m'efforce d'approfondir mes connaissances en neurosciences. Cela me permet d'aborder le projet « smart vertebra » (vertèbre intelligente) avec mes compétences techniques en génie électrique et une conscience des défis et des limites biologiques auxquels sont confrontés les neuroscientifiques.



Représentation de l'implant vertébral de Michelle, qui comprend un détecteur de lumière et une source lumineuse permettant d'identifier puis d'empêcher l'envoi de signaux douloureux par les neurones.