

BILAN ET FAITS SAILLANTS

2018 ▶ Recherche-développement
2019 ▶ Innovation



ÉCOLE DE
TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE

Université du Québec

TABLE DES MATIÈRES

ACRONYMES ET RACCOURCIS UTILISÉS

CARIC	Consortium for Aerospace Research and Innovation in Canada
CRC	Chaires de recherche du Canada
CRIAQ	Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec
CRIQ	Centre de recherche industrielle du Québec
CRITM	Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
FCI	Fondation canadienne pour l'innovation
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada
FRQNT	Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
MEI	Ministère de l'Économie et de l'Innovation
MITACS	Mathématiques des technologies de l'information et des systèmes complexes
PRIMA	Pôle recherche innovation matériaux avancés

Un tournant pour
la recherche

4

Projets
d'envergure

6

Un bilan en
quelques chiffres

8

Nos principaux gains

10

L'intelligence artificielle pour mieux
gérer sa consommation énergétique
KAMAL AL-HADDAD

12

Des ondes pour analyser
l'état d'une structure
PIERRE BÉLANGER

14

Le numérique pour améliorer la productivité
de l'industrie de la construction
CONRAD BOTON

16

Intégrer les énergies renouvelables
au réseau hydroélectrique
AMBRISH CHANDRA

19

Les TIC pour contribuer à l'atteinte des
cibles de développement durable
MOHAMED CHERIET

21

La genougraphie : une avancée spectaculaire
dans le traitement de l'arthrose du genou
NICOLA HAGEMEISTER

22

Des carburants et technologies de l'avenir pour
réduire les émissions polluantes
PATRICE SEERS

25

La technologie de la chaîne de blocs pour
protéger les données et les communications
KAIWEN ZHANG

27

Les grands
événements

28

Les chaires et unités
de recherche

30

UN TOURNANT POUR LA RECHERCHE

L'exercice financier qui vient de s'écouler marque un tournant pour la recherche à l'ÉTS. Tout d'abord, nous avons atteint un sommet sans précédent du financement accordé par des organismes subventionnaires. Ensuite, nous avons obtenu une belle reconnaissance internationale dans le domaine de la vision artificielle en nous classant au sixième rang des universités canadiennes et au premier rang au Québec dans ce champ d'expertise. Sans compter que l'ÉTS a accueilli cette année le premier regroupement stratégique de son histoire, en plus d'obtenir du financement pour six nouvelles chaires de recherche, dont deux chaires de recherche du Canada. Voici, en quelques mots, les autres faits marquants de l'année.

CRSNG-Découverte : un succès éclatant

Notre communauté de professeurs-chercheurs peut être fière d'avoir reçu cette année l'une des plus grosses sommes versées à l'ÉTS par le Programme des subventions à la découverte du CRSNG. Trente et un chercheurs ont pu se partager une enveloppe budgétaire de près de 1 M\$, renouvelable annuellement pendant cinq ans. Qui plus est, 74 % des professeurs ayant présenté une demande de subvention ont reçu une réponse positive. Il s'agit d'une augmentation de 8 % de notre taux de succès comparativement à celui de l'année dernière.

Ce succès vient confirmer la qualité des contributions de nos professeurs, mais aussi le niveau élevé d'expertise de ceux et celles que nous avons embauchés au cours des dernières années : des huit chercheurs en début de carrière qui ont déposé une demande dans le cadre de ce programme, six ont obtenu une réponse positive.

CIRODD : un financement qui dépasse le cadre habituel

Nous avons pris le relais de Polytechnique Montréal en tant qu'établissement gestionnaire du Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable (CIRODD). Une nouvelle responsabilité qui nous ravit ! Cet important regroupement stratégique, qui compte 93 chercheuses et chercheurs provenant de 13 universités ainsi que de 5 cégeps et collègues, nous



permettra de réaliser de nombreux maillages, et ce, tant du côté des professeurs-chercheurs que de celui de nos partenaires industriels. De plus, le CIRODD a reçu la somme maximale pouvant être versée par les Fonds de recherche du Québec à un regroupement stratégique. Le CIRODD sera dirigé jusqu'en 2025 par le professeur Mohamed Cheriet.

Chaires de recherche : des partenariats prometteurs

Et quel bilan également du côté des chaires de recherche ! Nous en comptons en effet six nouvelles, soit quatre chaires de recherche industrielle et deux chaires de recherche du Canada. À cela, il faut en outre ajouter le renouvellement de deux chaires.

La création de ces nouvelles entités de recherche démontre la pertinence et la qualité des travaux de recherche qui sont réalisés par notre équipe dans des domaines de pointe comme la vision artificielle, l'aéronautique verte, la robotique collaborative, l'inspection ultrasonore, l'analyse de forme et les réseaux de télécommunications.

Je tiens d'ailleurs à remercier les titulaires de ces chaires pour la qualité de leurs travaux de recherche, soit les professeurs Bélanger, Kaddoum, Lombaert, Garnier, Duchaine et Ben Ayed. Je souhaite aussi remercier nos partenaires industriels, soit Orthogone, Robotiq, Olympus et Safran, pour la confiance qu'ils nous accordent en finançant nos travaux de recherche et en renouvelant leurs ententes. Mes remerciements vont également au Programme des chaires de recherche du Canada et au CRSNG pour leur appui. Leur soutien est crucial pour l'évolution de la recherche collaborative dans les domaines les plus pointus.

Vision artificielle : l'ÉTS se classe première au Québec !

Selon le classement international CS Rankings, l'ÉTS est arrivée première au Québec et sixième au Canada dans la catégorie Vision artificielle grâce à la qualité de ses contributions scientifiques des cinq dernières années ! Cette reconnaissance nous encourage à poursuivre dans la même voie. Je tiens d'ailleurs à remercier les professeurs Ismail Ben Ayed, Christian Desrosiers, José Dolz, Éric Granger, Hervé Lombaert, Marco Pedersoli et Matthew Toews de permettre à l'ÉTS de rayonner ainsi sur la scène mondiale.

5G : l'ÉTS compte parmi les 5 sites d'innovation canadiens

À l'été 2018, l'ÉTS a été choisie comme l'un des cinq sites d'innovation au Canada pour l'initiative 5G ENCQOR (Évolution des services en nuage dans le corridor Québec-Ontario pour la recherche et l'innovation). Rappelons que ce projet a permis le déploiement d'un réseau de télécommunications précommercial de cinquième génération afin de tester des applications logicielles. Ce projet d'envergure est soutenu par

cinq partenaires privés, dont Ciena, et par les gouvernements du Québec, de l'Ontario et du Canada. Le site d'innovation de Montréal se trouve au Centech, l'accélérateur d'entreprises de l'ÉTS.

Équité, diversité et inclusion : pour devenir plus forts !

Il est connu qu'accroître l'équité, la diversité et l'inclusion (ÉDI) favorise l'excellence. L'ÉTS a donc lancé, en novembre dernier, un plan d'action en ÉDI. Grâce à celui-ci, nous souhaitons instaurer des principes, des politiques et des pratiques qui s'appliqueront non seulement au secteur de l'enseignement et de la recherche, mais aussi à l'ensemble de l'ÉTS.

Parmi les actions prévues dans le cadre de ce plan, notons une vaste consultation sur le sentiment d'inclusion des membres du personnel, la création de sous-comités, de la formation, la révision du processus d'embauche du personnel enseignant ainsi que l'adhésion à la charte du programme Dimensions. Nous aurons très certainement des résultats à vous présenter dans la prochaine édition de la publication Bilan et faits saillants. À surveiller !

Nous surpasser encore en 2020

Les succès de 2019 nous permettent d'aborder 2020 avec beaucoup d'optimisme. Nous poursuivons nos efforts afin d'augmenter la notoriété de l'ÉTS dans les différents domaines de la recherche. Notre objectif ? Faire en sorte que les étudiants et les chercheurs talentueux aient envie de venir à l'ÉTS. Pourquoi ? Parce qu'ils savent qu'ils y trouveront un environnement de recherche inspirant, où ils pourront repenser, modifier et inventer ce qui sera déterminant pour la société de demain. C'est la mission que François Gagnon, notre nouveau directeur général, a confiée à l'ensemble de la communauté de l'ÉTS lors de la présentation du Plan stratégique 2019-2022. À l'instar de toute la communauté de l'ÉTS, le Décanat de la recherche a accepté cette mission avec beaucoup d'enthousiasme.

Enfin, rappelons-nous que la découverte est au cœur de la profession de chercheur. Quelques-unes de nos découvertes mèneront peut-être à des innovations qui stimuleront la croissance économique. Une autre transformera peut-être un domaine de recherche, tandis que certaines pourraient aider un collègue – de l'ÉTS ou d'ailleurs dans le monde – à résoudre un problème qui mobilise ses efforts depuis longtemps.



Charles Despins,

Directeur de la recherche et des partenariats
Doyen de la recherche par intérim

PROJETS D'ENVERGURE

Au cours de la dernière année, plusieurs fonds de recherche externes et partenaires privés ont contribué à la mise sur pied de nouveaux projets, à l'embauche d'étudiants à des fins de recherche et à l'acquisition d'équipements essentiels pour les différents laboratoires de l'ÉTS.

Voici quelques exemples de projets porteurs démarrés en 2018-2019.

FCI - Fonds des leaders
John R. Evans

—

Claudiane Ouellet-Plamondon
Additive Manufacturing and Automation in Civil and Construction Engineering

RDC - MEDTEQ

—

Ghyslain Gagnon
Nouveaux circuits de traitement de signal et matériaux pour une électrocardiographie robuste et abordable

RDC - Thales Canada Inc.

—

Yves Blaquière
Configurable Integrated Power Input/Output Systems for Avionic Applications

RDC - Rio Tinto Alcan

—

Richard Arsenault
Value Chain Optimization of Hydroelectric Power Generation Systems

CARIQ – CRIAQ - MÉI
ainsi que 9 partenaires internationaux

—

Olivier Doutres
New Acoustic Insulation Meta-Material Technology for Aerospace

CRITM – CRSNG - SAFRAN

—

Mohammad Jahazi
Simulation numérique de la trempe des composants aéronautiques en acier

Conception Génik Inc.

—

Martine Dubé
Mass Production of Induction Welded Thermoplastic Composites
MANU-1709_ TRL4+-

RDC - Acme Engineering Products Ltd.

—

Abdelouahed Gherbi
Specification, Deployment and Management of Large-scale and Dependable IoT Systems using Model-based Engineering Techniques

CRC

—

Hervé Lombaert
Chaire de recherche du Canada sur l'analyse de forme en imagerie médicale (niveau 2)

CRC

—

Yvan Petit
Chaire de recherche du Canada en biomécanique des traumatismes à la tête et à la colonne vertébrale (niveau 2 - renouvellement)

Siemens – AGT - ÉTS

—

Hany Moustapha
Chaire de recherche Siemens sur l'intégration des technologies de l'industrie 4.0

UN BILAN EN QUELQUES CHIFFRES

Après avoir enregistré un bond historique de 25 % en 2017-2018, nos fonds de recherche ont connu une hausse appréciable de 19 % en 2018-2019.

Au cours du dernier exercice financier, les fonds totaux de recherche sont passés de 36,1 M\$ à 42,8 M\$.

Voici la composition des principaux indices

Fonds totaux :

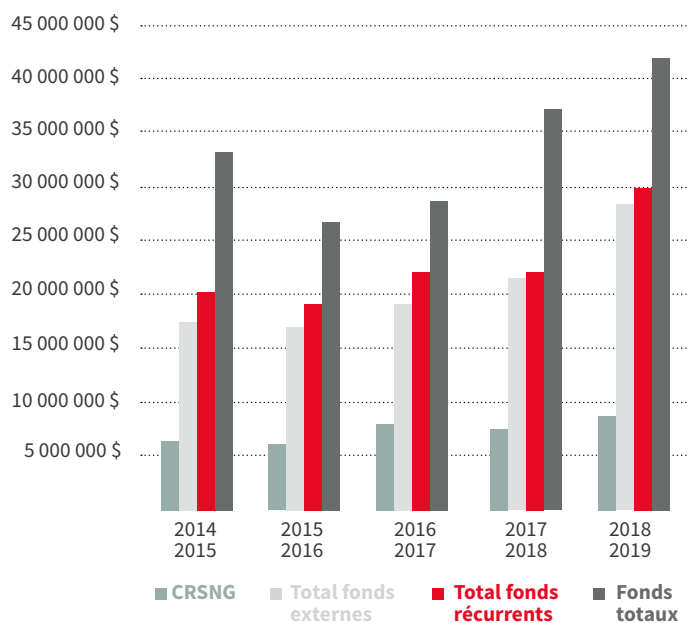
total des fonds récurrents + infrastructures majeures (FCI, FEI et DEC) + frais indirects de la recherche + dons + bourses aux cycles supérieurs

Fonds récurrents :

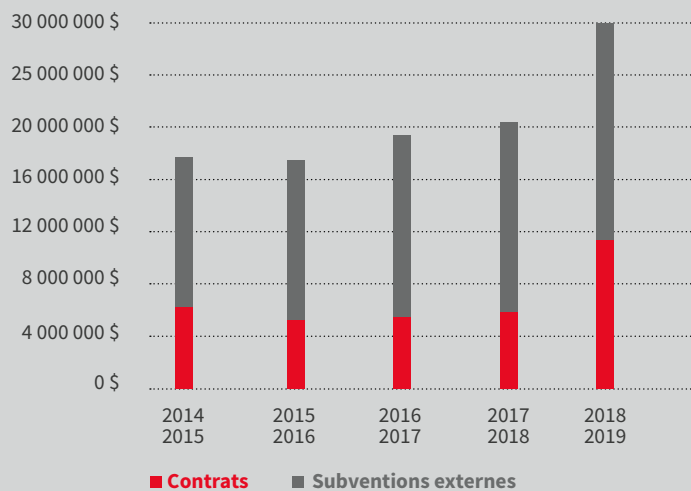
total des fonds externes + total des fonds internes

PRINCIPALES CATÉGORIES DE FONDS DE RECHERCHE

Les bourses versées aux étudiants des cycles supérieurs sont incluses dans le calcul des fonds totaux.



CONTRATS ET SUBVENTIONS EXTERNES



INTENSITÉ DE LA RECHERCHE (\$ / PROF)

Financement moyen par professeur au-dessus de la moyenne des universités canadiennes



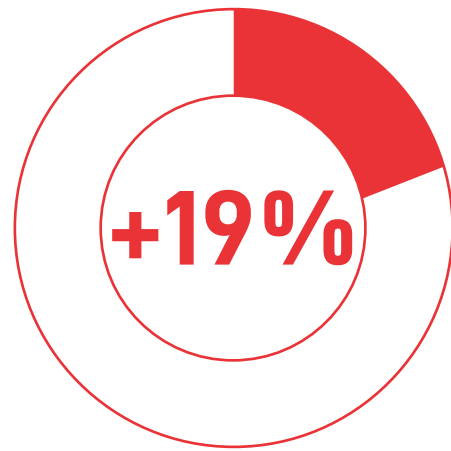
**NOS
PRINCIPAUX
GAINS
2018-2019**

42,8 MILLIONS

Fonds totaux de recherche



Le taux de réponse favorable au Programme de subventions à la découverte du CRSNG est passé de 66 % à 74 %.



Les fonds de recherche totaux sont passés de 36,1 M\$ à 42,8 M\$.

+6

Chaires de recherche

L'ÉTS a obtenu 4 nouvelles chaires de recherche industrielle et 2 nouvelles chaires de recherche du Canada. Elle compte maintenant 24 chaires actives.

+1

Regroupement stratégique

L'ÉTS a accueilli cette année son premier regroupement stratégique : le Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable (CIRODD).

+10

Professeurs

Le corps professoral s'est enrichi de 10 nouveaux membres.

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR MIEUX GÉRER SA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

Kamal Al-Haddad

Génie électrique

Nos besoins en énergie électrique atteindront d'ici 10 ans des niveaux sans précédent. Et pour l'instant, notre approvisionnement en électricité provient essentiellement de ressources polluantes, la moins chère et la plus abondante étant le charbon.

Sommes-nous prêts à vivre dans un monde de plus en plus énergivore ? Selon le professeur-chercheur Kamal Al-Haddad, nous n'avons d'autre choix que de développer des techniques et des moyens pour utiliser l'énergie de la façon la plus rationnelle possible et de trouver de nouvelles sources d'énergie renouvelable afin de combler tous nos besoins, autant industriels et commerciaux que résidentiels.

L'énergie intelligente de demain

Pionnier dans le domaine de l'électronique de puissance et des systèmes de conversion d'énergie, M. Al-Haddad fait aujourd'hui partie de l'élite mondiale des chercheurs dans ce secteur. Il s'intéresse depuis plus de 30 ans aux convertisseurs électroniques de puissance, à la qualité de l'énergie électrique, aux harmoniques de courant et aux énergies vertes.

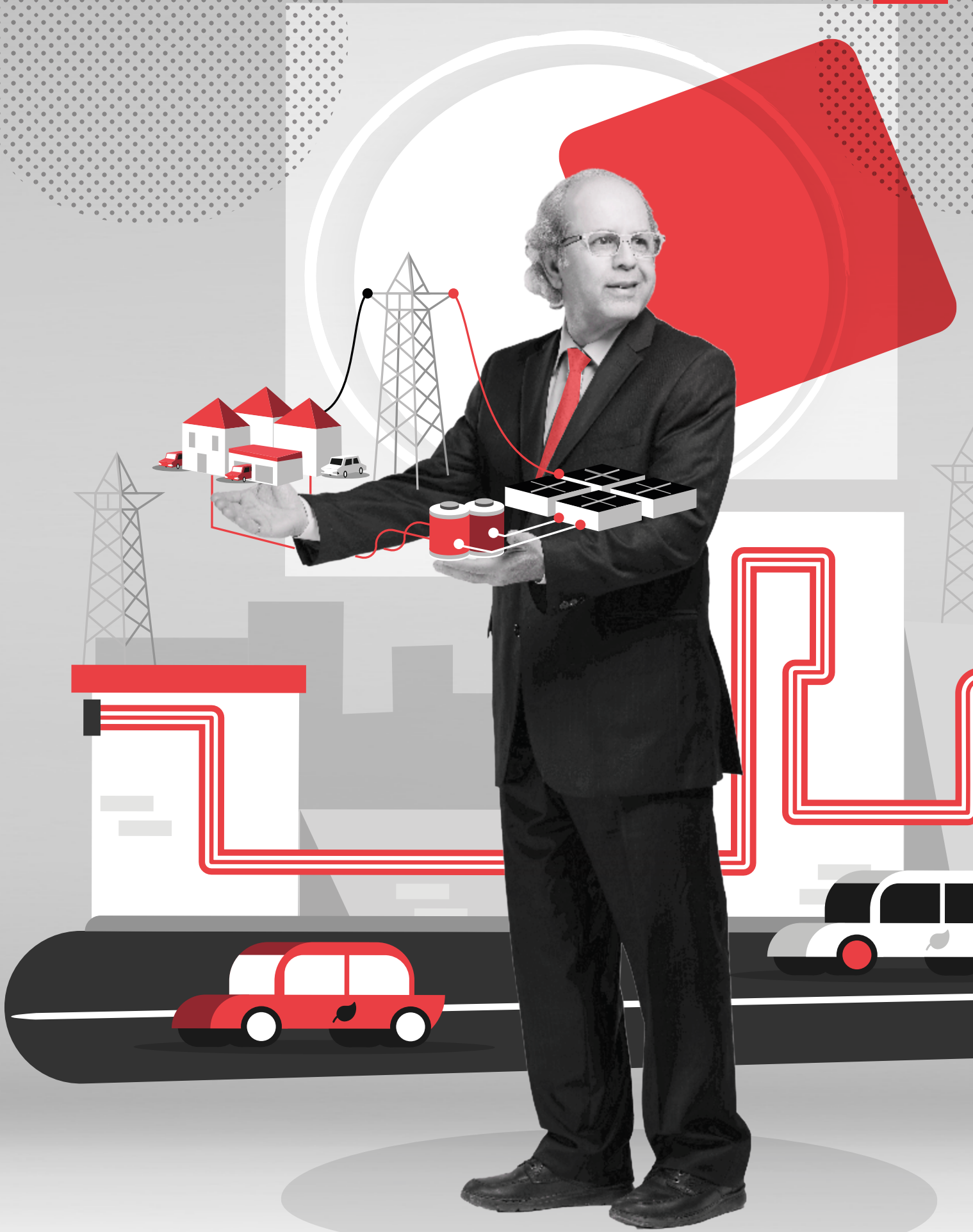
« L'intelligence artificielle peut être largement utilisée pour résoudre les problèmes complexes liés à l'électronique de puissance et à ses applications dans divers domaines, en particulier celui des énergies renouvelables », explique le professeur. D'après lui, des sociétés comme Hydro-Québec sont appelées à se transformer radicalement, en offrant notamment à la population des microréseaux électriques intelligents à l'échelle individuelle. Ceux-ci seraient centralisés dans les lieux

où les gens vivent, et la distribution de l'électricité serait gérée par des systèmes de contrôle basés sur l'intelligence artificielle. Par ailleurs, ces réseaux n'auraient plus à être reliés à des câbles faisant plusieurs centaines de kilomètres.

« Chaque individu sera appelé à gérer son énergie, comme s'il s'agissait d'un portefeuille. Nous devons composer avec une déréglementation de l'électricité, qui sera facturée à la consommation. Comme le transport représente un tiers des dépenses globales d'énergie, l'électrification des transports par le biais de ressources non polluantes est le sujet de l'heure dans le monde, autant sur le plan collectif qu'individuel. La gestion rationnelle de l'électricité s'inscrira dans le cadre d'un effort global, comme l'est désormais le recyclage », continue-t-il.

Fellow de l'IEEE depuis 2007, le professeur Al-Haddad est aussi membre de l'Académie des Sciences et Fellow de la Société royale du Canada (FRSC) – le plus grand honneur qui puisse être accordé à ceux et celles qui œuvrent au Canada dans le domaine des arts, des sciences sociales ou des sciences. Titulaire de la Chaire de recherche du Canada en conversion de l'énergie électrique et en électronique de puissance à l'ÉTS depuis sa création en 2002, il dirige également le Groupe de recherche en électronique de puissance et commande industrielle (GRÉPCI).





DES ONDES POUR ANALYSER L'ÉTAT D'UNE STRUCTURE

Pierre Bélanger

Génie mécanique

Le vieillissement des infrastructures publiques est un problème de plus en plus criant partout dans le monde. Nos barrages et nos ponts, par exemple, arrivent à la fin de leur vie utile. Le coût de remplacement de ces constructions est tel que les États cherchent à prolonger leur utilisation de quelques dizaines d'années. Pour parvenir à cette fin, le contrôle non destructif ultrasonore est l'un des meilleurs moyens. Il s'agit d'un ensemble de techniques permettant d'analyser l'état d'une structure ou d'un matériau au moyen des ondes, et ce, sans l'endommager.

Pierre Bélanger, professeur de génie mécanique à l'ÉTS depuis 2013, concentre ses recherches sur les modes de propagation de ces ondes et sur la possibilité de les exploiter dans le cadre de différentes applications industrielles et biomédicales. Détenteur d'un doctorat du réputé Imperial College London, en Angleterre, M. Bélanger a travaillé comme ingénieur de développement et d'essai sur simulateur pour l'écurie de Formule 1 Vodafone McLaren Mercedes avant d'entrer à l'ÉTS, fort de son expertise en développement d'instrumentation et de ses connaissances en matière de propagation des ondes ultrasonores.

La Chaire Olympus

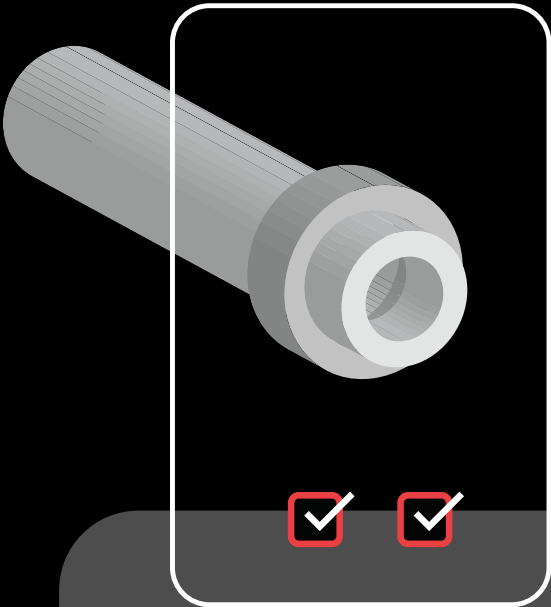
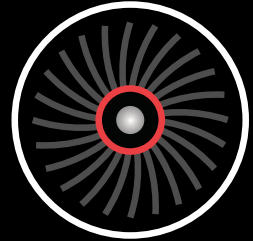
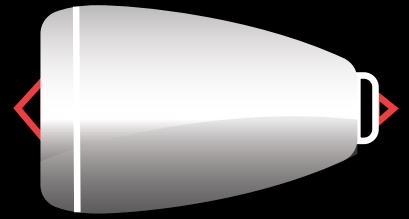
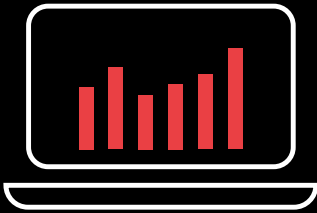
Ses travaux ont attiré l'attention de la société Olympus, chef de file mondial des technologies de précision, dont la division des solutions industrielles se concentre sur la fabrication d'instruments d'inspection de très haute précision. M. Bélanger a établi avec l'entreprise japonaise une collaboration qui a mené au lancement de la Chaire de recherche industrielle Olympus sur le contrôle non destructif ultrasonore, dont il est le titulaire.

Transfert de technologie vers d'autres domaines

Des travaux de recherche prometteurs sont en cours afin d'exploiter le procédé que le chercheur utilise pour cartographier la corrosion des infrastructures dans le cadre de la caractérisation des os. Ce transfert de technologie servirait au diagnostic de l'ostéoporose et à l'évaluation de l'élasticité de la moelle épinière dans le cas de blessures médullaires.

Avantages des ondes ultrasonores et de l'intelligence artificielle

La faible empreinte écologique et le faible coût des ondes ultrasonores en font un outil très intéressant. Mais cette technologie est complexe, et le recours à la modélisation et à la simulation est nécessaire. Heureusement, c'est là une des spécialisations du professeur Bélanger et de son équipe. Leurs récentes avancées dans ces domaines leur ont permis de recueillir suffisamment de données liées au contrôle par ultrasons pour avoir recours à l'intelligence artificielle et ainsi améliorer l'interprétation de ces données. C'est une voie d'avenir dans ce secteur de la recherche.



LE NUMÉRIQUE POUR AMÉLIORER LA PRODUCTIVITÉ DE L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION

Conrad Boton

Génie de la construction

Depuis l'arrivée des technologies numériques, l'industrie de la construction fait face à des changements considérables à l'échelle planétaire. Le Building Information Modeling (BIM), une approche de modélisation des données du bâtiment, est désormais une réalité incontournable.

Professeur au Département de génie de la construction de l'ÉTS, Conrad Boton est un spécialiste du BIM. Il s'est joint à l'équipe du professeur Daniel Forgues en 2015, dans le cadre des activités du Groupe de recherche en intégration et développement durable en environnement bâti (GRIDD), après avoir accumulé une importante expérience professionnelle et de recherche dans divers contextes, notamment à titre de chercheur au Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), au Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie (CRAI) de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy, en France, ainsi qu'en Égypte et au Bénin.

Une meilleure collaboration grâce aux TIC

M. Boton s'intéresse au développement des technologies associées au BIM, visant l'amélioration de la collaboration et de la productivité dans l'industrie de la construction grâce à une meilleure intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC). Il a récemment reçu le soutien de l'ÉTS pour créer le Laboratoire de recherche sur les technologies de l'information dans la construction (LaRTIC), dont la mission sera de développer des outils technologiques plus adaptés aux besoins réels de l'industrie.

Le chercheur étudie les enjeux organisationnels et technologiques liés à la mise en œuvre de l'approche BIM et, plus généralement, l'instauration de nouvelles approches technologiques dans les cabinets québécois d'architecture et d'ingénierie ainsi que dans les entreprises de construction de la province. Il ajoute une dimension temporelle au BIM (4D) afin de simuler le processus de construction de façon collaborative et visuelle. Son approche systémique vise

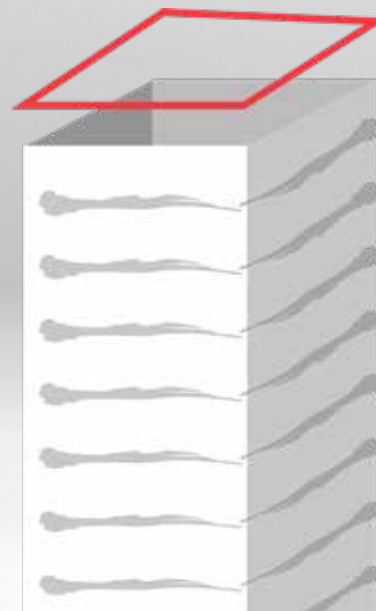
l'élaboration de modèles plus adaptés qui permettraient aux intervenants non seulement de mieux travailler ensemble, mais aussi de développer une perspective commune.

Reconnaissance internationale

L'expertise de l'ÉTS dans ce domaine du génie est reconnue partout dans le monde. Le professeur Boton a d'ailleurs été sollicité pour faire partie du comité consultatif du grand projet DigiPLACE, financé par l'Union européenne et réunissant les plus grands acteurs de l'industrie de la construction en Europe.

Le partage, une valeur fondamentale

Dans le cadre de ses travaux visant à faire entrer l'industrie de la construction dans l'ère de la 4^e révolution industrielle, M. Boton réserve une place au partage des connaissances. Établi au Québec depuis quelques années, il consacre une part importante de son temps à la coopération internationale. Ainsi, il n'hésite pas à partir plusieurs semaines par année en mission dans des pays en développement à titre d'expert bénévole.







INTÉGRER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES AU RÉSEAU HYDROÉLECTRIQUE

Amrish Chandra

Génie électrique

Professeur au sein du Département de génie électrique, Amrish Chandra s'intéresse depuis plus de 25 ans à la qualité de l'énergie électrique. Le réseau électrique subit constamment diverses perturbations, notamment en raison des courants harmoniques générés par les charges non linéaires. Il est essentiel de les atténuer afin de préserver la qualité de l'électricité.

Les énergies renouvelables, notamment l'éolien et le solaire photovoltaïque, provoquent également des perturbations dans le réseau électrique. À titre d'exemple, rappelons que les vents sont imprévisibles et que l'énergie qu'ils produisent arrive par conséquent de manière irrégulière. L'intégration des énergies renouvelables dans le réseau hydroélectrique doit se faire en tenant compte de ces risques.

La pollution d'un réseau électrique est généralement attribuable aux convertisseurs qui sont utilisés pour fournir l'électricité aux charges non linéaires lorsque le courant alternatif est transformé en courant continu. M. Chandra a mis au point de nombreuses techniques de mitigation afin d'améliorer la qualité de l'électricité. Le chercheur consacre tous ses efforts à améliorer les technologies existantes. Ainsi, il s'intéresse autant à la production et à l'intégration des énergies renouvelables qu'à la conversion et à l'optimisation des convertisseurs.

Il souscrit entièrement au cadre d'action adopté par l'ONU, qui vise à accélérer la transition mondiale vers une société durable et auquel le Canada a adhéré. Ses travaux partagent fondamentalement les objectifs de développement durable qui y sont énoncés.

Les travaux de recherche de M. Chandra font l'unanimité à l'échelle mondiale, autant pour leur excellence que pour leur caractère novateur. Le professeur a notamment contribué au développement de nouveaux algorithmes de théorie et de contrôle dans l'intégration de sources d'énergie renouvelable aux systèmes de distribution. Il a aussi consacré une partie de ses efforts à l'amélioration de la qualité de l'alimentation dans les systèmes de distribution.

La grande incidence de son travail lui a valu de recevoir de nombreux honneurs et distinctions, notamment le prix Phoivos Ziogas Electric Power de l'Institut des ingénieurs électriques et électroniques du Canada (IEEE Canada). Nommé Fellow de l'IEEE et membre du programme Distinguished Lecturers des divisions Power and Energy Society et Industry Application Society de cet institut, il est également Fellow de l'Institut canadien des ingénieurs et Fellow de l'Académie canadienne du génie.





LES TIC POUR CONTRIBUER À L'ATTEINTE DES CIBLES DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Mohamed Cheriet

Génie des systèmes

En 2015, l'Assemblée générale des Nations unies adoptait un cadre d'action destiné à accélérer la transition vers une société durable à l'échelle mondiale et intitulé Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030. Le Canada s'est engagé à mettre en œuvre les objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies, qui sont au nombre de 17 et qui comptent 169 cibles. Parmi celles-ci, 103 sont liées aux technologies de l'information et des communications (TIC).

« La réalisation du cadre d'action de l'ONU demande non seulement que l'on " verdisse " les TIC, mais également que l'on verdisse au moyen des TIC », affirme Mohamed Cheriet, professeur au Département de génie des systèmes de l'ÉTS et directeur du Laboratoire de communications multimédias en téléprésence SYNCHROMÉDIA. M. Cheriet est aussi titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur la durabilité écologique d'Eco-Cloud, qui a pour mission de développer des systèmes d'acquisition de connaissances et d'intelligence artificielle établis sur un nuage informatique écologique intelligent et durable.

Une norme pour mesurer l'empreinte des TIC

Peu importe le chapeau qu'il porte, M. Cheriet cherche toujours à réduire les GES émis par les TIC. Il a récemment dirigé un groupe de travail, dans le cadre de l'initiative Sustainable ICT de l'IEEE, qui a permis l'adoption d'une nouvelle norme aidant à mesurer en temps réel les émissions des infrastructures TIC – une avancée importante en vue de les rendre plus durables.

La force de la recherche transdisciplinaire : le CIRODD

Le professeur Cheriet est par ailleurs le directeur général du Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable (CIRODD), un regroupement stratégique du FRQNT, qui siège à l'ÉTS depuis le printemps 2019. Ce centre d'expertise d'envergure mondiale regroupe, dans son second mandat, près d'une centaine de chercheurs de haut niveau attachés à 13 universités et 5 cégeps et collèges, dont les champs de recherche sont extrêmement variés et qui visent à instaurer des mécanismes d'innovation durable en mode transdisciplinaire.

Admis au prestigieux club des Fellows de l'Académie canadienne du génie, de l'Institut des ingénieurs du Canada et de l'Association internationale pour la reconnaissance des formes, M. Cheriet a reçu la Médaille du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II ainsi que de nombreuses distinctions décernées par l'IEEE. Ces honneurs témoignent de l'importance de ses travaux pour notre société. L'éminent chercheur ne poursuit qu'un but, celui du bien-être de la société, en passant par sa transformation.

LA GENOUGRAPHIE : UNE AVANCÉE SPECTACULAIRE DANS LE TRAITEMENT DE L'ARTHROSE DU GENOU

Nicola Hagemeister

Génie des systèmes

S'il n'existe encore aucun moyen de guérir l'arthrose du genou, il est désormais possible d'améliorer de façon remarquable la qualité de vie des centaines de milliers de Canadiens qui souffrent de cette maladie.

Des années de travail au sein du Laboratoire de recherche en imagerie et en orthopédie de l'ÉTS (LIO) ont abouti à la mise au point d'un outil permettant la genougraphie, c'est-à-dire l'évaluation objective de la fonction dynamique du genou. Une récente étude portant sur 449 patients confirme les hypothèses des chercheurs sur l'utilité de cet outil dans la prise en charge des patients atteints d'arthrose du genou. Cette technologie de rupture permet en effet de diminuer la douleur qu'ils ressentent ainsi que leurs symptômes et de les aider dans leurs activités quotidiennes.

Nicola Hagemeister, professeure au Département de génie des systèmes de l'ÉTS et chercheuse au Centre de recherche du CHUM (CRCHUM), s'intéresse depuis longtemps à la biomécanique et à l'évaluation fonctionnelle du genou. Co-inventrice de l'outil en question – commercialisé sous le nom de KneekG par la société québécoise EMOVI –, elle a coordonné l'étude clinique.

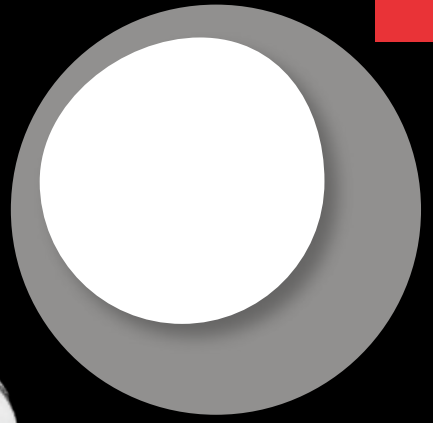
Le genou est l'une des articulations les plus complexes du corps humain. Si la radiographie et la résonance magnétique permettent d'en vérifier l'intégrité des structures, il arrive que la douleur ressentie ne soit pas liée à l'importance des dommages à l'articulation. L'imagerie peut ainsi être peu éloquente, alors que le patient éprouve de grandes douleurs et une forte incapacité fonctionnelle. Le contraire peut aussi être vrai.

« Grâce à la genougraphie, qui est réalisée à l'aide d'un harnais attaché à certaines zones stratégiques de la jambe où la peau bouge très peu et auquel des marqueurs sont fixés, nous parvenons à mesurer avec une précision suffisante les petites rotations non visibles à l'œil nu lorsque le patient marche sur un tapis en laboratoire », explique M^{me} Hagemeister. L'image obtenue n'est pas statique et permet donc de montrer des petits mouvements de rotation qui caractérisent avec plus d'exactitude la fonction du genou.

La genougraphie permet de comprendre l'origine de la douleur ressentie par le patient et de créer un programme personnalisé d'exercices en fonction des déficits observés.

L'étude conduite par M^{me} Hagemeister conclut que les patients qui font de façon régulière les exercices prescrits à la maison notent une diminution de leur douleur et une amélioration de la fonction de leur genou.







DES CARBURANTS ET DES TECHNOLOGIES POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS POLLUANTES

Patrice Seers
Génie mécanique

Patrice Seers, professeur-chercheur au Département de génie mécanique de l'ÉTS, est passionné depuis toujours par le phénomène de la combustion. Ses axes de recherche portent sur l'énergie dans le domaine du transport terrestre et dans celui de l'aérospatiale.

Ses travaux se concentrent sur les phénomènes liés à la combustion, principalement dans les moteurs à pistons et les brûleurs poreux, mais son expertise est beaucoup plus vaste et embrasse également les moteurs à injection directe, les carburants alternatifs liquides (alcools et biodiesel) et gazeux (biogaz), le biodiesel, les turbines à gaz, la modélisation et la simulation numériques des systèmes réactifs, la pollution, le jet de carburant (spray), etc.

Moteurs à pistons et brûleurs poreux

La réaction des biocarburants sur les moteurs à pistons ainsi que l'étude de nouvelles molécules à haut potentiel sont au cœur des intérêts du professeur Seers. Par ailleurs, en collaboration avec des collègues œuvrant dans le domaine des matériaux, il consacre une partie de ses recherches aux brûleurs poreux. Grâce à une méthode avancée de fabrication, son équipe a proposé une nouvelle conception de brûleur qui permet une diminution notable des émissions polluantes – ce qui favorise la poursuite des recherches.

Ses travaux l'ont amené à élaborer des technologies novatrices pour les moteurs, notamment une nouvelle approche de RGE (recirculation des gaz d'échappement) stratifiée qui devrait permettre d'améliorer le rendement moteur, et pour laquelle une déclaration d'invention a déjà été déposée. Il se consacre également à l'étude des phénomènes complexes liés au processus de formation du mélange carburant-air et à la

combustion qui s'ensuit dans les moteurs à injection directe à allumage commandé (DISI), et ce, dans le cadre d'expériences et de simulations numériques. En connaissant les propriétés physiques du carburant injecté, il est possible de proposer des stratégies d'injection susceptibles d'augmenter le rendement des moteurs.

Dans un contexte où l'on cherche à diversifier les sources d'énergie, les biocarburants sont appelés à jouer un rôle important. Le professeur Seers s'emploie donc à mieux comprendre l'influence des propriétés des biocarburants afin d'y adapter les machines thermiques existantes et de déterminer ceux qui ont les propriétés recherchées. Il souligne l'importance de choisir des végétaux qui n'entrent pas dans notre alimentation – un souci constant du chercheur.

Former les futurs chercheurs

La patience ainsi que la maîtrise d'une méthodologie de recherche sont des éléments clés pour un scientifique qui cherche à comprendre le fondement des choses. Telle est l'approche préconisée par le professeur Seers, dont l'objectif est de réduire les répercussions potentielles des machines thermiques sur l'environnement et d'évaluer divers carburants afin de trouver une solution de rechange aux carburants conventionnels.





LA TECHNOLOGIE DE LA CHAÎNE DE BLOCS POUR PROTÉGER LES DONNÉES ET LES COMMUNICATIONS

Kaiwen Zhang

Génie logiciel et technologies de l'information

Depuis toujours, les êtres humains ont besoin de conserver des données dans des lieux protégés. La technologie de la chaîne de blocs (*blockchain*) – une méthode spécialisée de partage et de validation des données – est en train de révolutionner une pratique ancestrale, celle de la forteresse à l'épreuve des intrusions. Elle permet en effet la sécurisation des communications et l'authentification des données stockées dans les blocs. « Finalement, explique Kaiwen Zhang, l'approche demeure essentiellement la même : il s'agit d'une variation sur le thème du coffre-fort. »

Le professeur Zhang, qui a joint l'ÉTS il y a près de trois ans à titre de professeur-chercheur au Département de génie logiciel et des TI, est un spécialiste de ce qu'on appelle les « registres distribués ». On dit d'un registre qu'il est « distribué » (par opposition à un registre centralisé) lorsqu'il est simultanément enregistré et synchronisé sur un réseau d'ordinateurs gérés par différents intervenants. Ce réseau évolue par l'ajout de nouvelles informations préalablement validées par l'ensemble du réseau et destinées à ne jamais être modifiées ou supprimées.

La chaîne de blocs est le pilier technologique des registres distribués. Elle représente une révolution en termes de stockage de l'information, mais aussi en termes de sécurité des données.

La reconstitution de la chaîne par piratage et l'altération des informations de blocs existants à des fins malveillantes sont pratiquement impossibles. La chaîne étant entièrement transparente, son fonctionnement et ses limites sont connus par tous ses utilisateurs.

M. Zhang est engagé dans plusieurs projets de recherche menés dans le cadre du groupe de recherche FUSEE, qu'il a fondé au sein de l'ÉTS. Parmi ceux-ci, un projet sur la traçabilité et la conformité des produits sanguins avec Héma-Québec, un projet sur la modélisation de l'Internet des objets avec Bitfarms et un autre sur le consentement de la collecte de données pour l'apprentissage machine avec Ericsson.

Alors que le vol de données constitue un véritable fléau dans le monde et que la sécurité des renseignements personnels devient l'une des grandes préoccupations planétaires, notamment avec l'arrivée imminente de la connectivité 5G – qui décuplera les données en circulation – et à l'orée de la révolution de l'intelligence artificielle, la technologie de la chaîne de blocs apparaît comme étant incontournable.

**LES
GRANDS
ÉVÉNEMENTS**

JUN 2019

Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable (CIRODD)

En juin, l'ÉTS est devenue l'établissement gestionnaire du CIRODD. Ce regroupement stratégique entend accélérer la transformation durable et intelligente de la société québécoise par la mise en place de mécanismes d'innovation durable en mode transdisciplinaire. Pour y arriver, il compte instaurer des approches, des outils et des méthodes de collaboration qui tireront profit des avancées technologiques, tout en intégrant les besoins, les visées et les aspirations des acteurs de terrain.

FÉVRIER 2019

Chaire de recherche industrielle Olympus sur le contrôle non destructif ultrasonore

La chaire du professeur Pierre Bélanger touche un nombre considérable de domaines, de l'industrie navale au secteur pétrolier, en passant par le nucléaire, l'aéronautique, l'aérospatiale et bien d'autres. Elle recouvre un ensemble de techniques permettant d'analyser l'état d'une structure ou d'un matériau sans l'endommager. On y recourt, par exemple, pour savoir si la coque d'un navire, un oléoduc, un réservoir, une aile d'avion, un bloc-moteur sont en bon état sans être obligé de les démonter.

JUN 2019

École d'été Frederick Jelinek

Seules deux universités hors des États-Unis peuvent se targuer d'avoir accueilli l'École d'été Frederick Jelinek, de l'université Johns Hopkins : l'université Charles, à Prague, et l'École de technologie supérieure (ÉTS), à Montréal. La sixième édition de cet événement a commencé à la mi-juin et s'est terminée le 2 août 2019.

AOÛT 2019

École d'été industrie 4.0

Le premier événement chapeauté par le Réseau Innovation 4.0 Network, l'École d'été industrie 4.0, s'est déroulé à l'ÉTS du 26 au 28 août. Plus de 100 personnes, dont des étudiants, des professionnels et des universitaires, y ont participé.

OCTOBRE 2019

Publication d'une vaste étude clinique

Une équipe scientifique dirigée par Nicola Hagemester, professeure au Département de génie des systèmes, et chercheuse au CHUM, démontre la pertinence d'intégrer la géographie à la pratique médicale des médecins généralistes, notamment au cours de l'évaluation des facteurs de risque biomécaniques liés à la progression de l'arthrose.

SEPTEMBRE 2019

Chaire de recherche industrielle Robotiq sur la robotique collaborative

La pénurie de main-d'œuvre frappe de nombreuses PME, en particulier celles des régions. Et si l'une des solutions consistait à concevoir des robots collaboratifs (aussi appelés « cobots ») simples à programmer, faciles à installer et capables d'accomplir la plupart des tâches répétitives qui sont effectuées dans les PME ? C'est le défi que comptent relever Vincent Duchaine, professeur en génie des systèmes, et Robotiq.

DÉCEMBRE 2019

Chaire de recherche industrielle Safran sur le développement de systèmes d'aéropulsion durables

Le trafic aérien mondial, qui connaît une croissance de 4 à 5 % par an, est responsable de plus de 2 % des gaz à effet de serre liés à l'activité humaine. François Garnier, professeur-chercheur, souhaite contribuer à résoudre une partie de ce problème en réduisant à la source les émissions de particules fines et ultrafines des moteurs d'avion.

DÉCEMBRE 2019

Chaire de recherche industrielle Orthogone sur la vision artificielle par apprentissage profond

L'essor des transports autonomes, de la robotique industrielle et de l'imagerie médicale est largement tributaire de la capacité des algorithmes à interpréter les images. Bien que des avancées spectaculaires aient été réalisées dans les domaines de la vision artificielle et de l'apprentissage machine, plusieurs défis techniques doivent encore être relevés pour que la vision artificielle atteigne son plein potentiel. Ismail Ben Ayed, professeur-chercheur, et Orthogone Technologies s'attaqueront à ces défis en recourant à l'apprentissage profond.

LES CHAIRES ET UNITÉS DE RECHERCHE

Chaires de recherche du Canada

Chaire de recherche du Canada en conversion de l'énergie électrique et en électronique de puissance
 Chaire de recherche du Canada en imagerie 3D et imagerie médicale
 Chaire de recherche du Canada en biomécaniques des traumatismes à la tête et à la colonne vertébrale
 Chaire de recherche du Canada en technologies de modélisation et simulation des aéronefs
 Chaire de recherche du Canada sur la durabilité écologique d'Eco-Cloud
 Chaire de recherche du Canada sur les matériaux et composants optoélectroniques hybrides
 Chaire de recherche du Canada sur l'analyse de forme en imagerie médicale
 Chaire de recherche du Canada sur la création d'un nouveau cadre pour les prochaines générations de réseaux liés à l'Internet des objets

Chaires CRSNG

Chaire de recherche industrielle CRSNG-EERS en technologies intra-auriculaires
 Chaire de recherche industrielle CRSNG-Ultra Électronics TCS en communication sans fil d'urgence et tactique

Chaires industrielles

Chaire de recherche industrielle sur l'intégration des technologies numériques en construction
 Chaire de recherche ArianeGroup sur les matériaux émergents dans le domaine de l'aéronautique et du spatial
 Chaire de recherche Richard J. Marceau sur les stratégies numériques sans fil pour les pays en développement
 Chaire de recherche Siemens sur l'intégration des technologies de l'industrie 4.0
 Chaire de recherche industrielle Olympus sur le contrôle non destructif ultrasonore
 Chaire de recherche industrielle Pratt & Whitney sur l'intégration et l'optimisation des systèmes de propulsion (PDDS)
 Chaire de recherche industrielle Finkl Steel en technologies de mise en forme des alliages à haute résistance mécanique
 Chaire de recherche industrielle Robotiq sur la robotique collaborative
 Chaire de recherche industrielle Safran sur le développement de systèmes d'aéropulsion durables
 Chaire de recherche industrielle Orthogone sur la vision artificielle par apprentissage profond

Chaire philanthropique

Chaire de recherche en orthopédie Marie-Lou et Yves Cotrel de l'Université de Montréal et de l'ÉTS

Regroupement stratégique

Centre interdisciplinaire de recherche en opérationnalisation du développement durable – CIRODD

Unités de recherche agréées

Groupe de recherche en électronique de puissance et commande industrielle – GRÉPCI
 Laboratoire en architecture de systèmes informatiques – LASI
 Laboratoire d'hydrologie, climat et changement climatique – H3C
 Laboratoire d'ingénierie des polymères et des composites – LIPEC
 Laboratoire d'imagerie, de vision et d'intelligence artificielle – LIVIA
 Laboratoire d'ingénierie des produits, procédés et systèmes – LIPPS
 Laboratoire de communications et d'intégration de la microélectronique – LACIME
 Laboratoire de communications multimédias en téléprésence – SYNCHROMÉDIA
 Laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie – LIO
 Équipe de recherche en dynamique des machines, des structures et des procédés – DYNAMO

Unités de recherche reconnues

Équipe de développement et recherche en structures et réhabilitation – DRSR
 Équipe de recherche en sécurité du travail – ÉREST
 Groupe de recherche en acoustique à Montréal – GRAM
 Groupe de recherche en intégration et développement durable en environnement bâti – GRIDD
 Laboratoire de recherche en multimédia – LABMULTIMEDIA
 Laboratoire d'imagerie interventionnelle – LIVE
 Laboratoire de commande et de robotique – CoRo
 Laboratoire de géotechnique et de génie géoenvironnemental – LG2
 Laboratoire en ingénierie cognitive et sémantique – LINCS
 Laboratoire de recherche en commande active, avionique et en aéroserveoélasticité – LARCASE
 Laboratoire de recherche sur l'ingénierie des organisations dans un contexte d'entreprise numérique – NUMÉRIX
 Laboratoire de thermofluide pour le transport – TFT
 Laboratoire de traitement de l'information en santé – LATIS
 Laboratoire des technologies spatiales, systèmes embarqués, navigation et avionique – LASSENA
 Laboratoire d'ingénierie pour le développement durable – LIDD
 Laboratoire d'optimisation des procédés de fabrication en aéronautique – LOPFA
 Laboratoire sur les alliages à mémoire et les systèmes intelligents – LAMSI
 Laboratoire sur les chaussées et matériaux bitumineux – LCMB

L'École de technologie supérieure (ÉTS) fait partie du réseau de l'Université du Québec. Elle forme des ingénieurs et des chercheurs reconnus pour leur approche pratique et innovatrice. Classée parmi les cinq plus grandes écoles ou facultés de génie au Canada, elle abrite une cinquantaine de chaires, centres et laboratoires de recherche auxquels sont rattachés ses professeurs et ses étudiants de deuxième et troisième cycles. Cette synergie d'expertise et d'excellence contribue au progrès scientifique, au développement de la productivité et de la qualité des industries ainsi qu'à la formation d'une main-d'œuvre hautement qualifiée.

Pour plus d'information sur les chaires, les laboratoires et les groupes de recherche de l'ÉTS, veuillez consulter la rubrique Recherche et innovation du site www.etsmtl.ca.



École de technologie supérieure
1100, rue Notre-Dame Ouest
Montréal (Québec) H3C 1K3

Décanat de la recherche : 514 396-8829
Renseignements et admission aux cycles supérieurs : 514 396-8888
