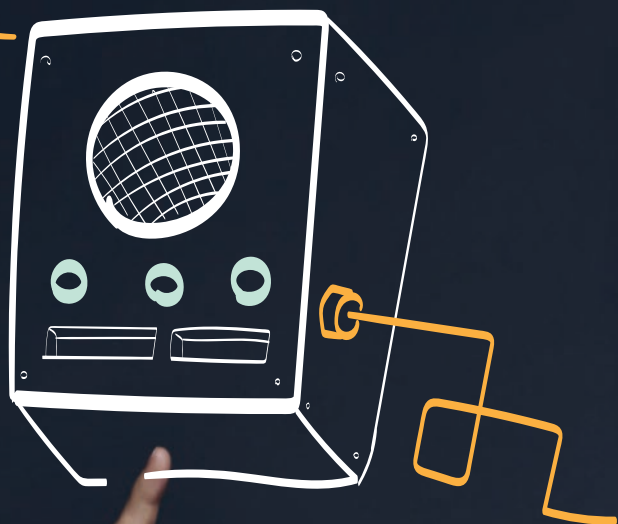


2017
2018

BILAN ET FAITS SAILLANTS

- ▶ Recherche-Développement (R-D)
- ▶ Innovation



ÉTS

Le génie pour l'industrie

ÉCOLE DE
TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE

Université du Québec

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

Page couverture :
Chaire de recherche industrielle
CRSNG-EERS en technologies
intra-auriculaires. (Texte en page 24)

Hany Moustapha	4
L'ÉTS, acteur important de la quatrième révolution industrielle	6
Annie Levasseur	8
L'analyse environnementale du cycle de vie, un outil précieux	11
Kim Khoa Nguyen	12
Pour des TIC vertes	14
Marie-José Nollet	16
Séismes : au-delà des aléas naturels, la vulnérabilité	18
Simon Joncas	20
Concevoir des structures exploitant mieux les propriétés du composite	22
Jérémie Voix	24
Des effets positifs pour toutes les oreilles	26
Mohamed Faten Zhani	28
Repenser l'Internet : un nouveau chapitre	30
Mathias Glaus	
Les systèmes de transport cybernétiques au service des villes durables	
Les grands événements	

Projets d'envergure

Un bilan en quelques chiffres...

... et en quelques mots

Plan de recherche stratégique

Les chaires et les unités de recherche

TABLE DES MATIÈRES

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 2017-2018.

CRITM - MITACS - Bombardier

—
**Bocher, Philippe
Demers, Vincent
Pham, Tan**

Développement du procédé de soudage laser fil froid oscillatoire pour la fabrication de composantes ferroviaires

FCI - MESI - ÉTS - Divers

—
**Bocher, Philippe
Demers, Vincent
Zednik, Ricardo**

Contrôle des surfaces à haute température pour la fabrication avancée des pièces métalliques et céramiques

CRC

—
Botez, Ruxandra

Chaire de recherche du Canada en technologies de modélisation et de simulation des aéronefs (renouvellement)

CRSNG - PRIMA - Rio Tinto Fer & Titane inc.

—
**Brailovski, Vladimir
Demers, Vincent**

Optimizing the Rheology of Metal Powder Feedstock for the Production of High-Density Components by Powder Metallurgy, Additive Manufacturing and Metal Injection Molding Techniques

FCI - MESI - ÉTS - Divers

—
Demarquette, Nicole R.

Nanofibres et nanosphères polymériques fonctionnelles obtenues par électrofilage à échelle semi-industrielle

CRC

—
De Guise, Jacques

Chaire de recherche du Canada en imagerie 3D et ingénierie biomédicale (Niveau 1 – 2^e renouvellement)

CRSNG - CRIAQ - CARIC

—
Doutres, Olivier

Development of Engineering Methods for Structure-Borne Noise Specification and Quantification in Aircraft and Rotorcraft Cabins (ENV-1605)

Finkl Steel - Usine Sorel Forge

—
Jahazi, Mohammad

Chaire de recherche industrielle en technologies de mise en forme des alliages à haute résistance mécanique (renouvellement)

CRSNG - CRIQ - CARIC

—
**Brailovski, Vladimir
Tahan, Antoine**

Post-Processing of Laser Powder Bed-Fused IN625 Components for Better Mechanical Properties, surface Finish and Tolerances (MANU-1625)

CRSNG - Sika Canada inc.

—
Chaallal, Omar

Renforcement à l'effort tranchant à l'aide de composites en PRF nouvelle génération : développement de méthodes novatrices et de modèles de calcul pour les normes

ArianeGroup SAS

—
Cloutier, Sylvain G.

Chaire de recherche sur les matériaux émergents dans le domaine de l'aéronautique et du spatial

CRC

—
Cloutier, Sylvain G.

Chaire de recherche du Canada sur les matériaux et composants optoélectroniques hybrides (Niveau 2 – renouvellement)

IRSC - CRSNG

—
**Lerouge, Sophie
Wagnac, Éric**

Injectable Bioactive Hydrogel for the Regeneration of Intervertebral Discs

FCI - MESI - ÉTS - Divers

—
Ouellet-Plamondon, Claudiane

Additive Manufacturing and Automation in Civil And Construction Engineering

CRSNG - Sport Maska inc.

—
Petit, Yvan

Biomechanics of Head Protection in Ice Hockey - Development of Hockey Helmet Computer-Aided Design Tool

Un bilan EN QUELQUES CHIFFRES...

En 2017-2018, les fonds de recherche totaux ont fait un bon historique de 25 % par rapport à 2016-2017.

Au cours de la dernière année, les fonds totaux de recherche sont passé de 28,9 M\$ à 36,1 M\$, un record historique à l'ÉTS.

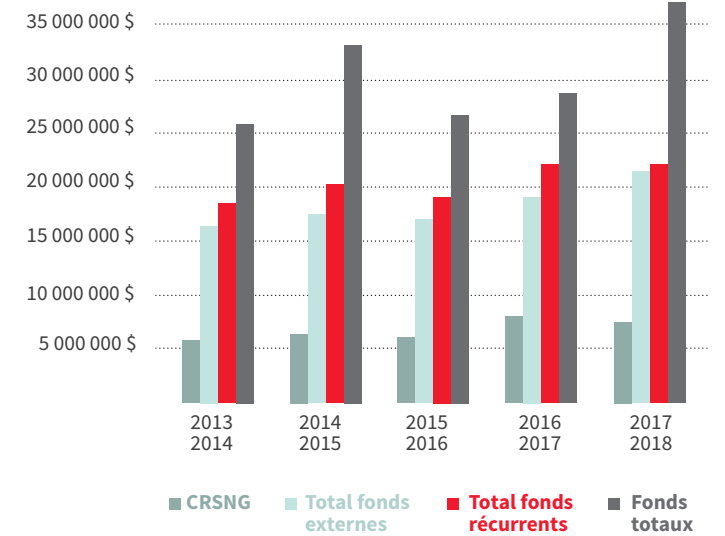
VOICI LA COMPOSITION DES PRINCIPAUX INDICES

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

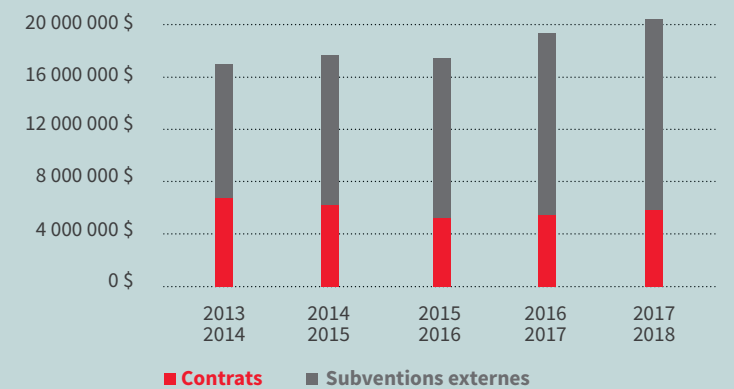
Fonds récurrents : fonds externes + total fonds internes

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



ET EN quelques mots



Chers lecteurs, chers amis¹,

Au moment d'écrire ces lignes, je complète avec une grande fierté la première année de mon mandat à titre de doyenne de la recherche de l'ÉTS. Durant cette période, j'ai fait la rencontre de chercheurs, d'étudiants et de stagiaires postdoctoraux passionnés. J'ai aussi découvert un campus moderne en constante évolution, des infrastructures de recherche à la fine pointe de la technologie, un génie créatif et ambitieux – bref, **un lieu habité par le savoir.**

LA RECHERCHE À L'ÈRE 4.0

La recherche doit aujourd'hui suivre le rythme du développement de l'industrie 4.0. La quatrième révolution industrielle, qui se déploie sous nos yeux, impose en effet son programme dans les milieux manufacturiers, mais aussi dans les salles de classe et les laboratoires. À l'ÉTS, la recherche 4.0 s'organise autour des grands thèmes suivants :

- Analytique des mégadonnées : incluant l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage machine (Machine Learning)
- Fabrication additive et intelligente
- Intégration des systèmes et des technologies : incluant la simulation, l'automatisation et l'optimisation de la conception, de la production et de la chaîne d'approvisionnement, et la gestion du cycle de vie du produit (Product Lifecycle Management – PLM)
- Internet des objets (Internet of Things – IoT) : incluant l'infonuagique et la 5G
- Réalité augmentée et virtuelle
- Sécurité informatique
- Systèmes autonomes : incluant les robots, les capteurs, etc.

UNE ÈRE DE COLLABORATION

Les domaines de recherche énumérés ci-contre structurent d'ailleurs le nouveau Pôle Innovation 4.0, lequel mobilise plus de 50 professeurs issus des cinq départements de l'ÉTS. Les principaux objectifs de ce Pôle sont de développer un programme d'enseignement et de recherche capable de répondre aux besoins de l'industrie 4.0 et de contribuer activement aux efforts des réseaux nationaux de R-D à l'ère 4.0. Dans le même esprit, les travaux de la nouvelle Chaire de recherche Siemens sur l'intégration des technologies de l'industrie 4.0 favoriseront la collaboration entre les chercheurs de l'ÉTS et ceux des universités McGill et Concordia. Ce modèle interuniversitaire est des plus prometteurs.

Pour plusieurs partenaires industriels, la confiance dans la recherche se traduit par la continuité. Ainsi, en 2018, Finkl Steel (Sorel Forge) nous a renouvelé sa confiance en reconduisant sa Chaire de recherche industrielle en technologies de mise en forme des alliages à haute résistance mécanique et en y consacrant le plus important financement issu de l'industrie de l'histoire de l'ÉTS (*ex æquo* avec Siemens). Un peu plus tôt, l'ancienne chaire Pomerleau était également relancée sous une forme élargie, réunissant toute une communauté de pratique (11 partenaires) autour d'un projet commun : la Chaire de recherche industrielle sur l'intégration des technologies numériques en construction (construction 4.0). Un réel tour de force dans cette industrie en pleine mutation.

Je tiens en outre à souligner que les chaires industrielles de recherche de l'ÉTS se multiplient et s'internationalisent de plus en plus. En 2017-2018, la française ArianeGroup (matériaux émergents dans le domaine de l'aéronautique et de l'aérospatiale) et la

japonaise Olympus (contrôle non destructif ultrasonore) ont toutes deux confié une partie de leur R-D à des équipes de l'ÉTS. La tendance de l'industrie à se rapprocher des milieux de la recherche est d'ailleurs de plus en plus marquée. Pour un nombre croissant d'entreprises, les universités représentent la meilleure voie pour innover rapidement.

Quatre chaires de recherche du Canada (CRC) ont également été renouvelées au cours de la dernière année, et plusieurs le seront dans les prochains mois. À l'instar des chaires industrielles, les CRC sont d'une importance capitale dans la formation de personnel hautement qualifié. Celles-ci offrent à des centaines d'étudiants-chercheurs l'occasion de développer leurs compétences sur le terrain, en profitant des meilleurs équipements et des meilleures équipes qui soient. L'ÉTS se distingue d'ailleurs fortement dans cette offre d'expérience pratique.

UNE RECHERCHE QUI HABITE L'ESPACE

Si la recherche doit prendre le virage 4.0, il est impératif que les infrastructures s'adaptent à cette nouvelle réalité. Le projet ENCQOR (Évolution des services en nuage dans le corridor Québec-Ontario pour la recherche et l'innovation) s'inscrit dans cette nécessité. Ce site d'innovation, installé à l'ÉTS, offrira des ressources et des infrastructures 5G qui permettront d'établir les bases du premier corridor pré-commercial de télécommunication sans fil 5G au Canada.

Ce partenariat de 400 M\$ réunit cinq chefs de file du domaine des technologies numériques : Ericsson, Ciena Canada, Thales Canada, IBM Canada et CGI. Appuyé au Québec par le CEFRIO et Prompt, et en Ontario par les Centres d'excellence de l'Ontario, il profite entre autres d'un financement du gouvernement du Canada et des gouvernements du Québec et de l'Ontario.

Cinq sites composeront ce corridor : trois en Ontario – Toronto, Waterloo et Ottawa – et deux au Québec – l'un à Québec et l'autre à Montréal, dans les nouvelles installations du Centech, l'accélérateur d'entreprises technologiques de l'ÉTS. L'ancien Planétarium Dow, reconverti en espaces ouverts et collaboratifs, offre un lieu de « collision » des plus fructueux pour plusieurs corporations, des entreprises en démarrage, des chercheurs établis et des étudiants. Le projet ENCQOR s'intégrera parfaitement dans cet environnement propice à l'innovation.

Le Centech, qui a été agrandi, peut accueillir de 90 à 120 entreprises par année dans le cadre de ses différents programmes (Accélération, Propulsion, Collision). En plus de favoriser l'émergence de nouvelles pousses, la participation des professeurs-chercheurs de l'ÉTS à de nombreux projets favorise la publication d'articles et le développement de projets de recherche (subventions d'engagement partenarial, MITACS, PARI-CRNC), eux-mêmes générateurs de valeur économique. La compagnie SPARK Microsystems, lancé par deux chercheurs de l'ÉTS et propulsé par le Centech, est un exemple dont je suis particulièrement fière.

Avec sa technologie numérique sans fil à très faible consommation d'énergie et latence consacrée à l'internet des objets, SPARK Microsystems a été couronnée grande gagnante du 6^e Nokia Open Innovation Challenge (NOIC), ce qui lui a valu une bourse de 100 000 \$.

Dans un autre ordre d'idées, rappelons que la bibliothèque de l'ÉTS a été complètement rénovée. Ses nouveaux espaces modernes, lumineux et confortables sauront non seulement favoriser l'apprentissage individuel et le travail collaboratif, mais également inspirer la création.

Une autre des conditions pour former de manière optimale les chercheurs de la quatrième révolution industrielle est le renouvellement du corps professoral. Je suis donc heureuse de dire qu'au rythme moyen de neuf embauches par année, 45 nouveaux professeurs auront fait leur entrée à l'ÉTS en cinq ans, au moment de publier ce document.

Quant aux avancées scientifiques réalisées par nos professeurs-chercheurs de renom, je vous invite à en prendre connaissance en découvrant huit de ces spécialistes dans nos pages (pp. 14-29). Chacun d'eux représente l'un des grands domaines de R-D de l'ÉTS, lesquels sont présentés succinctement dans le Plan de recherche stratégique (pp. 10-11).

J'aimerais terminer en soulignant l'apport considérable de l'ensemble de la communauté de l'ÉTS. Les succès de l'École dans le domaine de la recherche ne sont possibles que grâce aux efforts soutenus et concertés des professeurs, des professionnels de la recherche, des étudiants des cycles supérieurs, dont les stagiaires postdoctoraux, et de tout le personnel de soutien.

À toutes et à tous, merci et félicitations !

Claire Samson,
Doyenne de la recherche

¹ Veuillez noter que la période de référence va du 1^{er} avril 2017 au 31 mars 2018 et que l'usage du masculin vise uniquement à alléger la lecture.



- Aérospatiale
- Énergie
- Environnement
- Infrastructures et milieux bâtis
- Matériaux et fabrication
- Santé
- Technologies de l'information et des communications
- Transport terrestre

Plan de recherche STRATÉGIQUE

Pour le plan de recherche stratégique 2017-2020, les thématiques prioritaires en recherche ont été définies dans le cadre d'une vaste consultation auprès du corps professoral ainsi que de représentants industriels et ce, dans une perspective de maintien et de développement des domaines performants et des domaines en émergence. Suivant un consensus développé lors de ces consultations, ils sont regroupés en huit grandes thématiques, associant des disciplines à plus d'un secteur, et concordant avec les programmes de formation existants ou à venir aux cycles supérieurs.

LES CHAIRES 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 génie pour l'innovation en traumatologie spinale
Chaire de recherche du Canada en imagerie 3D et ingénierie biomédicale
Chaire de recherche du Canada en robotique de précision
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 biomatériaux et les implants endovasculaires
Chaire de recherche du Canada sur les matériaux et composants optoélectroniques hybrides

CHAIRES CRSNG

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

CHAIRES INDUSTRIELLES

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 CRSNG P&WC sur l'intégration et l'optimisation du système de propulsion
Chaire de recherche industrielle sur l'intégration des technologies numériques en construction
Chaire de recherche industrielle Finkl Steel en technologies de mise en forme des alliages à haute résistance mécanique

CHAIRES ÉTS

Chaire de recherche ÉTS en optoélectronique térahertz (THz)
Chaire de recherche ÉTS en robotique interactive
Chaire de recherche ÉTS sur l'ingénierie des procédés, des matériaux et des structures pour la fabrication additive
Chaire de recherche ÉTS sur la réhabilitation et le renforcement des infrastructures
Chaire de recherche ÉTS sur la sécurisation de la couche physique des réseaux sans fil
Chaire de recherche ÉTS sur la sécurité des réseaux électriques
Chaire de recherche ÉTS sur les mélanges et nanocomposites à base de thermoplastiques
Chaire de recherche ÉTS sur les systèmes de surveillance adaptatifs et évolutifs dans les environnements dynamiques
Chaire de recherche ÉTS sur l'intelligence artificielle en imagerie médicale

CHAIRE INTERUNIVERSITAIRE

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

LES UNITÉS DE RECHERCHE AGRÉÉES

Groupe de recherche en électronique de puissance et commande industrielle – GREPCI
Laboratoire d'imagerie, de vision et d'intelligence artificielle – LIVIA
Laboratoire d'ingénierie des produits, procédés et systèmes – LIPPS
Laboratoire de recherche en multimédia – LABMULTIMEDIA
Laboratoire de communications et d'intégration de la microélectronique – LACIME
Laboratoire de fabrication et de caractérisation des matériaux composites - LFCMC
Laboratoire d'imagerie et d'orthopédie – LIO
Équipe de recherche en dynamique des machines, des structures et des procédés – DYNAMO

LES 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
Groupe de recherche spécialisé en développement et en recherche appliquée à la modélisation environnementale – DRAME
Laboratoire d'imagerie interventionnelle – LIVE
Laboratoire de commande et de robotique – CORO
Laboratoire de communications multimédias en téléprésence – Synchronédia
Laboratoire de géotechnique et de génie géoenvironnemental – LG2
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 en architecture de systèmes informatiques – LASI
Laboratoire sur les alliages à mémoire et les systèmes intelligents – LAMSI
Laboratoire sur les chaussées et matériaux bitumineux – LCMB

LES UNITÉS DE RECHERCHE



L'ÉTS, acteur important de la quatrième révolution industrielle

L'industrie 4.0 – communément désignée comme la « quatrième révolution industrielle » – vise l'établissement de l'entreprise numérique. À l'instigation de Hany Moustapha, professeur-chercheur au Département de génie mécanique, l'ÉTS lançait à l'automne 2018 le Pôle Innovation 4.0, dont l'objectif est, entre autres, de favoriser la mise en œuvre des technologies de l'industrie 4.0 en ciblant la totalité de l'entreprise, à la fois sur le plan de la conception et de la fabrication que de la chaîne d'approvisionnement.

Au cours de l'automne 2018 était aussi lancée la Chaire de recherche Siemens sur l'intégration des technologies de l'industrie 4.0 de l'ÉTS, également sous l'égide de M. Moustapha, qui en est le titulaire. Vingt professeurs de l'ÉTS et des universités Concordia et McGill collaborent dans le cadre de cette chaire.

Un leader essentiel de l'industrie aérospatiale canadienne

Si le professeur Moustapha s'est récemment distingué par sa promotion de l'industrie 4.0 pour l'ensemble des secteurs industriels, il faut rappeler qu'il est d'abord un important leader et un grand promoteur des partenariats de recherche et de formation dans l'industrie aérospatiale canadienne. Ce passionné de moteurs d'avion a été au service de Pratt & Whitney Canada durant 30 ans, dont 10 à la direction du Bureau de la technologie. Ces responsabilités l'ont naturellement amené à devenir « l'interface technologique » entre l'entreprise et les universités, les centres de recherche et les gouvernements, tout en enseignant dans différentes universités.

En 2010, il entrait à l'ÉTS à titre de professeur et se voyait confier le mandat de créer un regroupement de chercheurs de tous les domaines de l'ingénierie intéressés par l'aérospatiale : AÉROÉTS. Aujourd'hui, sur plus de 180 professeurs que compte l'ÉTS, 55 font partie de cette structure. Depuis le lancement d'AÉROÉTS, les fonds de recherche et les stages d'étudiants ont plus que triplé, et l'ÉTS a conclu un grand nombre d'accords de partenariat stratégique avec des acteurs de l'industrie aéronautique locale et internationale.

Infatigable, le professeur-chercheur a également mis sur pied en 2011 la Chaire de recherche industrielle CRSNG/P&WC sur l'intégration et l'optimisation du système de propulsion.

Président du Club des ambassadeurs du Palais des congrès de Montréal

Soulignons enfin que M. Moustapha est engagé dans un autre projet qui lui tient à cœur : la promotion de l'organisation de grands événements multisectoriels à Montréal. Sa notoriété ayant depuis longtemps dépassé nos frontières, notamment en raison de la longue liste de prix qu'il a reçus et de sa participation à de nombreuses conférences internationales, le succès de cette entreprise est assuré d'avance.

RÉVOLUTION industrielle 4.0

Par nature, la professeure-chercheuse Annie Levasseur a tendance à voir le verre à moitié plein plutôt qu'à moitié vide. C'est certainement ce qui lui permet d'afficher un certain optimisme lorsqu'il est question de changements climatiques.

Pourtant, les nouvelles à cet égard sont inquiétantes. Mais peut-on réellement parler de « nouvelles », quand on sait que l'existence de l'effet de serre et ses répercussions sur le climat sont des faits avérés depuis plus de 30 ans ? Le plus récent rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été publié en octobre 2018. Il est alarmant, évidemment. Ses 91 signataires doutent même que l'humanité arrive à faire ce qu'il faut pour arrêter la progression de ce funeste phénomène. « Limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C nécessiterait des changements rapides, très profonds et sans précédent dans tous les aspects de la société », y lit-on.

L'utilisation de l'ACV à un très haut niveau pour guider l'élaboration de politiques

La jeune chercheuse se consacre depuis plus de 10 ans à l'élaboration d'outils diagnostiques basés sur l'analyse du cycle de vie (ACV). Ceux-ci permettent l'évaluation globale des répercussions environnementales des activités d'ingénierie en général, plus particulièrement de leur incidence sur les changements climatiques.

Elle s'intéresse notamment à l'utilisation de modèles technico-économiques dans le secteur énergétique, et de modèles dynamiques d'évaluation des conséquences sur les changements climatiques. Elle travaille d'ailleurs avec un professeur des HEC en vue de l'utilisation de l'ACV dans le cadre de l'élaboration de politiques, grâce à des modèles d'optimisation technico-économiques prospectifs. « L'ACV est un outil passionnant et fondamental qui permet de penser en amont et en aval », explique-t-elle.

Aider les villes à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES)

Les travaux de recherche d'Annie Levasseur, notamment son projet CarboCount, suscitent un grand intérêt, autant dans le milieu scientifique que municipal. Ce projet consiste en la mise au point d'un outil capable de mesurer en temps réel l'incidence des mesures de réduction des émissions de GES déployées à partir d'un réseau de capteurs. Les données obtenues, combinées aux résultats d'un inventaire classique de GES ainsi qu'à des modèles atmosphériques et à des données géographiques, permettront de constituer un inventaire sectoriel et spatialisé beaucoup plus précis que celui obtenu avec la méthode traditionnelle. CarboCount a valu à Annie Levasseur de remporter le concours De l'idée à l'innovation : Transformer Montréal par la recherche, en octobre 2018.

L'ANALYSE

environnementale du cycle de vie, un outil précieux



On estime que les technologies de l'information et des communications (TIC) génèrent autant de gaz à effet de serre (GES) que l'ensemble du secteur des transports aériens et que cette empreinte pourrait quintupler d'ici 2040.

Chaque recherche Google, chaque « j'aime » sur Facebook, chaque envoi de courriel – ou ouverture de pourriel ! – sollicite un réseau complexe et hétérogène de télécommunications qui achemine ces « requêtes » à des centres de données partout dans le monde, la plupart du temps en utilisant de l'électricité produite à partir de combustibles fossiles.

Titulaire d'un doctorat de l'Université Concordia en génie électrique et informatique, Kim Khoa Nguyen, aujourd'hui professeur-chercheur au Département de génie électrique, s'intéresse aux TIC vertes.

GreenStar Network

L'avantage de l'informatique en nuage repose principalement sur le principe de la délocalisation, source de gains colossaux sur les plans de l'espace et de l'économie d'énergie. L'essentiel de l'énergie consommée par les TIC sert à alimenter et à refroidir les serveurs de données. Le professeur Nguyen a été l'architecte et le principal développeur du projet GreenStar Network, le premier réseau mondial de centres de données écologiques carbone neutre.

Avec l'aide du chercheur émérite de l'ÉTS Mohamed Cheriet, il a mis sur pied et testé le premier réseau entièrement alimenté par de l'énergie renouvelable (solaire, éolienne et hydroélectrique) et fonctionnant sur la base d'un paradigme de gestion des réseaux connu sous le nom de Follow the Wind, Follow the Sun. N'étant plus statiques, les centres de données virtuels se déplacent près des ressources renouvelables, tantôt dans l'Arctique, tantôt dans le désert, grâce à un réseau international de nouvelle génération.

Le défi : la collecte et le traitement de données massives des objets connectés

De grands défis subsistent, notamment pour la planification des réseaux de télécommunications de cinquième génération (5G) et le traitement des données provenant des milliards d'objets connectés. Le professeur Nguyen a dirigé la R-D sur ces problématiques dans le cadre de plusieurs projets financés par Ericsson, Ciena, Telus, Vidéotron, InterDigital ainsi que par le gouvernement canadien.

Vignes en ville : l'Internet des objets au service de l'agriculture urbaine

Son expertise en matière de technologies IoT (Internet of Things) étant reconnue, il s'est vu confier le mandat de concevoir l'architecture technologique du projet d'agriculture urbaine Vignes en ville, dans le cadre duquel seront étudiés le comportement et les avantages des vignes rustiques en milieu urbain. Il aimerait à cette occasion appliquer les principes appris dans certaines régions aux prises avec de sérieuses difficultés sur le plan agricole, notamment en Afrique.

POUR DES TIC VERTES





SÉISMES

au-delà des aléas naturels, la vulnérabilité

Au Québec, l'activité sismique est relativement faible, à l'exception de Charlevoix, une région plus active à ce chapitre. Près de 450 séismes ont lieu chaque année dans l'est du pays, et les études démontrent qu'au cours de chaque cycle de 10 ans, il se produit en moyenne trois séismes de magnitude 5. Séismes Canada estime qu'il est inévitable que des séismes dévastateurs se produisent un jour.

Les risques sismiques sont évalués en fonction de deux facteurs. Le premier – l'aléa sismique – représente la probabilité qu'un séisme destructeur se produise dans une région donnée. Le second – la vulnérabilité – est la probabilité qu'un tremblement de terre provoque des dommages et fasse des victimes. Ainsi, les régions densément peuplées sont exposées à un risque plus important.

Marie-José Nollet, professeure au Département de génie de la construction, est reconnue pour son expertise en matière d'évaluation de la vulnérabilité des structures, comme les bâtiments et les ponts. Ses travaux, qui sont principalement consacrés aux structures de maçonnerie, portent ainsi sur la caractérisation, la modélisation structurale et l'analyse de la fragilité.

Bâtiments patrimoniaux : un travail en amont

La professeure a un intérêt tout particulier pour les bâtiments patrimoniaux, comme ceux des quartiers historiques de Montréal et de Québec. Ses projets l'ont d'ailleurs amenée à élaborer des courbes de fragilité pour les édifices afin d'estimer des dommages. Un autre de ses projets – une étude comparative du comportement structural des églises italiennes et des nôtres – est mené en collaboration avec la Politecnico di Milano.

Un outil Web d'estimation du risque

Étant l'une des chercheuses principales d'un projet réalisé avec la Commission géologique du Canada et consacré à l'évaluation rapide des risques sismiques, elle participe en outre au développement d'un outil d'estimation du risque sur une plateforme Web. Cet outil permettra aux gestionnaires des mesures d'urgence d'établir des scénarios d'estimation des risques.

La fonctionnalité post-sismique

Marie-José Nollet collabore aussi avec d'autres chercheurs sur la fonctionnalité après-séisme des écoles et des hôpitaux. En cas de séisme, les hôpitaux sont appelés à jouer un rôle essentiel dans l'organisation et la prestation de soins d'urgence. Ils doivent pouvoir assurer la continuité des opérations et la sécurité de leurs occupants, pendant et après le séisme. Les travaux de recherche de M^{me} Nollet ont contribué à l'élaboration d'une méthodologie permettant d'évaluer la fonctionnalité des hôpitaux de Montréal après un séisme.

Marie-José Nollet a récemment accepté de relever un nouveau défi. L'ÉTS lui a en effet confié la direction du Décanat des études. La voilà donc doyenne des études, certes, mais elle demeure une chercheuse, puisqu'elle entend bien poursuivre ses projets de recherche.



Le secteur des matériaux composites est en pleine effervescence. L'aéronautique s'y intéresse depuis longtemps, mais un nombre grandissant d'industries ont également compris les avantages que représentent les propriétés mécaniques du composite par rapport aux métaux. Ultra résistant, rigide et léger, le composite offre également plus de liberté sur le plan de la forme et de la conception des pièces.

Ce matériau suscite ainsi l'intérêt des principaux acteurs du secteur de l'énergie éolienne, de l'industrie du transport terrestre et du sport. Si la production du composite a plus que doublé au cours des 20 dernières années, le chercheur Simon Joncas, professeur au Département de génie des systèmes, estime toutefois que nous nous trouvons aujourd'hui à la croisée des chemins : nous sommes en effet à l'ère de l'industrie 4.0 et nous devons sortir de la production principalement manuelle pour trouver une manière d'automatiser à grande échelle la fabrication des pièces en composite. Il faut ainsi dépasser la production de pièces à tirage limité afin de parvenir à des volumes de production plus importants.

Les composites TTR, une avancée remarquable

Les procédés de fabrication et le développement de nouveaux matériaux, notamment les composites fabriqués à l'aide de textiles 3D ou 2D renforcés transversalement (les composites TTR), ont connu des avancées importantes. Le chercheur et ses étudiants s'y intéressent de près. Les composites TTR permettent d'envisager de nouvelles possibilités sur le plan de la conception structurale et de la fabrication.

D'autre part, la création de préformes textiles tissées tridimensionnelles ou assemblées par des techniques de couture robotisée permet de réduire les coûts de production et d'augmenter la qualité des pièces produites. Sur le plan de la conception, l'utilisation de fibres transverses augmente en outre la résistance à la délamination et maximise la performance des pièces soumises à des chargements complexes. Tout cela est prometteur.

De l'éolien... au patin artistique

La variété des projets auxquels participe le chercheur reflète les nombreuses applications des composites. Ayant fait un doctorat multidisciplinaire dans le domaine de l'éolien à l'université de technologie de Delft, aux Pays-Bas – dans l'un des plus importants centres de recherche universitaires en matériaux composites d'Europe –, Simon Joncas contribue avec ses étudiants au développement de l'industrie éolienne depuis une dizaine d'années. Au cours de cette période, il a multiplié les champs d'activité en menant divers projets dans les domaines de l'aéronautique, de l'aérospatiale, du sport et de l'énergie. Il travaille ainsi actuellement au développement d'un talon de patin artistique en matériaux composites qui amortirait mieux les chocs et à la création d'un condensateur sec haute tension (180 kV).

CONCEVOIR

des structures exploitant mieux les propriétés des matériaux composites

L'exposition quotidienne à un niveau de bruit excessif peut finir par entraîner une surdité, laquelle est irréversible. Malheureusement, la fréquence de ce « mal silencieux » augmente de plus en plus, si on se fie au nombre de cas déclarés à la CNESST.

En 2009, la société montréalaise Sonomax (aujourd'hui EERS) a vendu au géant américain 3M un système avant-gardiste de protection auditive passive combiné à un outil de mesure de l'atténuation terrain qui est devenu une référence à l'échelle mondiale.

C'est au chercheur Jérémie Voix, professeur titulaire au Département de génie mécanique, que l'on doit la mise au point de ce système novateur. Cumulant plus de 20 ans d'expérience dans les milieux industriel et universitaire, il livre un combat sans merci contre les effets néfastes du bruit en milieu de travail.

À l'origine, l'entreprise Sonomax a approché l'ÉTS afin de développer une technologie qui puisse à la fois prévenir la perte d'audition chez les travailleurs industriels et permettre à ces derniers de communiquer dans le bruit. Cette collaboration a débouché sur la « Solution Sonomax », qui a été commercialisée mondialement et qui est protégée par plus de 50 brevets et marques de commerce.

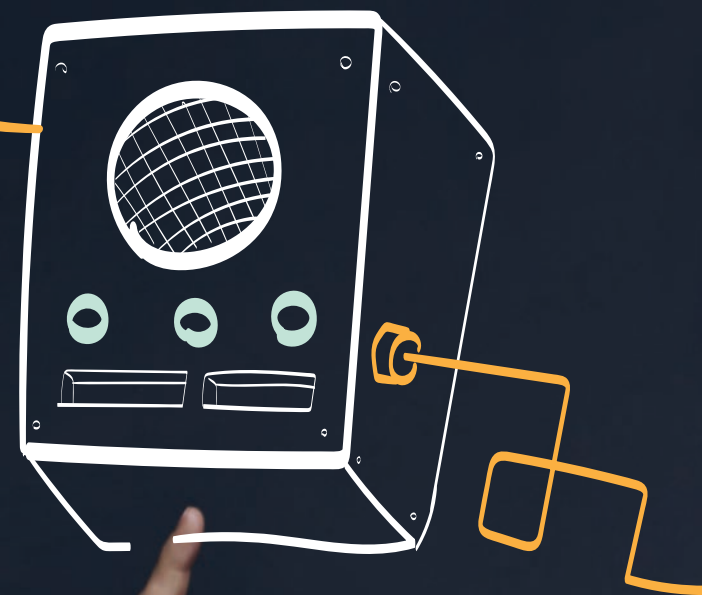
Cette fructueuse entente entre EERS et l'ÉTS a connu un nouveau développement en 2010 avec la mise sur pied de la Chaire de recherche industrielle en technologies intra-auriculaires (CRITIAS). Celle-ci a notamment permis d'élaborer un dispositif numérique intra-auriculaire capable de protéger l'ouïe du porteur tout en lui permettant de communiquer dans le bruit grâce à la captation de la voix dans le conduit auditif.

Le succès de cette technologie, qui a été récompensée de plusieurs prix internationaux, a mené à la création d'une seconde chaire de recherche industrielle en 2016, qui est aujourd'hui financée à parts égales par le CRSNG et EERS. Au sein de celle-ci, plus de 20 chercheurs se consacrent au développement de technologies de pointe reposant sur des plateformes matérielles originales en vue d'instrumenter l'oreille humaine, en utilisant des algorithmes de traitement des signaux audio et d'extraction des biosignaux.

Les affiliations et titres professionnels du professeur Voix sont nombreux. Président élu de l'Association canadienne d'acoustique (ACA) et directeur associé – Science et technologie – du CIRMMT à McGill, il est également membre associé de l'International Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), pour n'en nommer que quelques-uns. Auteur et coauteur de plus d'une centaine de publications scientifiques et d'une douzaine de brevets d'invention, ce spécialiste mondial de la protection auditive a reçu de nombreux prix prestigieux et est régulièrement invité à prendre part à l'organisation de conférences internationales.

DES EFFETS

positifs pour toutes les oreilles



Une milliseconde... C'est le temps de latence visé pour le plein déploiement des applications informatiques de demain. De la réalité virtuelle à « l'holoportation » et à la réalité augmentée, en passant par la téléprésence, la téléchirurgie, le télédiagnostic et la robotique télécommandée, ces applications promettent de révolutionner notre façon de vivre, d'apprendre, de travailler, et même de jouer. Mais pour offrir une véritable expérience immersive, elles devront pouvoir réagir en temps réel.

Pour cela, il est nécessaire de repenser l'Internet. Mohamed Faten Zhani, chercheur et professeur au Département de génie logiciel et des TI, consacre ainsi une grande partie de ses travaux de recherche à concevoir le réseau Internet de demain. « Il faut révolutionner l'architecture actuelle des réseaux informatiques et concevoir de nouveaux protocoles de communication capables de répondre aux besoins des applications émergentes », résume-t-il.

Une interaction en temps réel avec des environnements distants

Le jeune chercheur s'applique à concevoir et à mettre en place la nouvelle génération du réseau Internet – « l'Internet tactile » –, laquelle serait en mesure de capturer, de traiter et de transmettre à distance et en temps réel toutes les données perçues par nos cinq sens. Nous pourrions ainsi interagir avec des environnements distants comme si nous y étions.

La mise au point de l'Internet tactile implique l'exploitation et le développement des plus récentes technologies d'informatique en nuage, de virtualisation des réseaux, de réseautique définie par logiciel et de gestion autonome des réseaux informatiques assistée par intelligence artificielle. Voilà, résumés en une phrase, les axes de recherche du professeur Zhani.

Ce dernier s'intéresse également au traitement de données massives (Big Data), aux réseaux programmables (Software-Defined Networks) et à la gestion des infrastructures et des services infonuagiques (Cloud Computing).

Coauteur de nombreux articles de recherche publiés dans des revues et dans le cadre de conférences spécialisées, et de plusieurs chapitres de livres, le professeur Zhani est invité aux plus prestigieuses rencontres internationales, notamment à la rencontre IEEE/IFIP/ACM CNSM, qui s'est tenue à Rome en mai 2018. Cofondateur et vice-président de l'IEEE Network Intelligence Emerging Technology Initiative, le chercheur a récemment reçu le prix IEEE/IFIP IM 2017 Young Researchers and Professionals Award pour sa contribution exceptionnelle à la recherche.

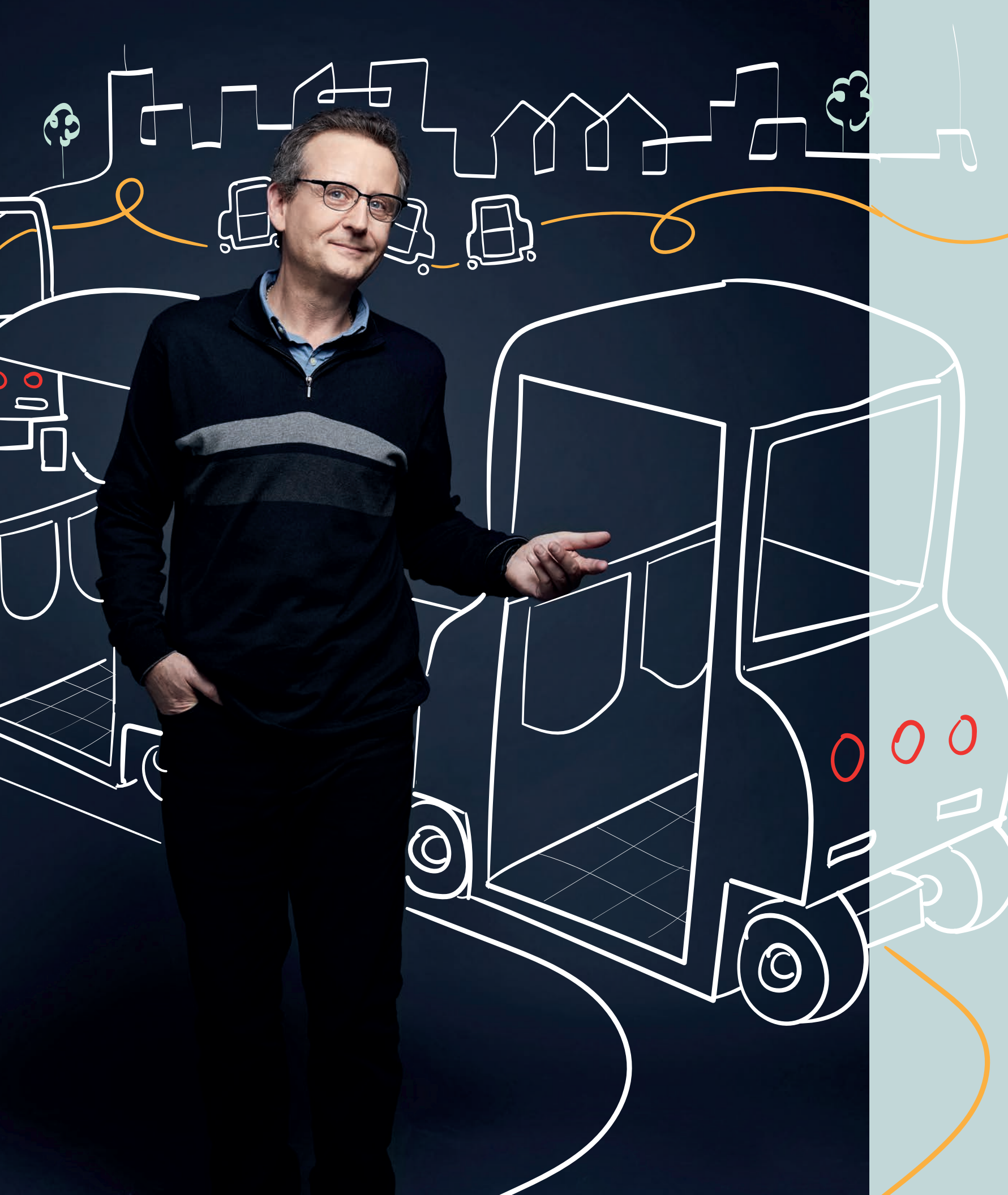
À défaut de pouvoir nous téléporter, nous pourrions donc bientôt compter sur nos hologrammes pour le faire à notre place. Nous nous transporterons ainsi « ailleurs » en ayant des perceptions tout à fait réalistes. *The Matrix*, ça vous dit quelque chose ? Nous y sommes presque.

Il semble bien qu'un nouveau chapitre de l'Internet soit en train de s'écrire.



REPENSER

l'Internet : un nouveau chapitre



Les systèmes de transport cybernétiques au service des villes durables

Les enjeux liés au transport en milieu urbain sont nombreux. Pour répondre aux besoins des personnes, mais également à ceux du transport des marchandises et des matières résiduelles, il est nécessaire de dépasser la dualité entre transport en commun conventionnel et utilisation de véhicules individuels.

Les travaux de recherche de Mathias Glaus, ingénieur et professeur-chercheur en génie de l'environnement, se concentrent sur le déploiement de nouveaux transports pour répondre à la complexité des milieux urbains. « Les systèmes de transport cybernétiques (réseaux de routes intelligentes avec flottes de véhicules automatisés et gestion collective des véhicules) représentent une solution pour améliorer l'offre en matière de mobilité, tant pour les marchandises et les personnes que pour la collecte des matières résiduelles », explique-t-il.

Une mobilité collective individualisée en réseau

La vision du professeur Glaus est celle d'une ville où circulent de petits véhicules autonomes – sans conducteur – qui offrent en tout temps un service individualisé sur demande, sans transfert ni arrêt intermédiaire, et basé sur le partage de véhicules automatisés fonctionnant en réseau.

La Serpentine

Mathias Glaus a eu l'occasion – après ses études d'ingénieur en Suisse – de travailler avec Bernard Saugy, concepteur de la Serpentine, un système composé d'une flotte de véhicules autonomes de quatre places munis de moteurs-roues et alimentés par induction à partir d'une voie active enfouie sous la chaussée, sans contact direct avec les véhicules. Ce système permet de déplacer les capsules en réseau (itinéraires personnalisés) par l'intermédiaire d'un système de gestion des demandes individuelles. Le chercheur estime que cette approche de la mobilité est un élément clé du développement des milieux urbains, car elle favorise la complémentarité des modes de transport dans un esprit d'amélioration des services offerts aux citoyens.

Mathias Glaus a une vision systémique de la mobilité, axée sur la multifonctionnalité des besoins. Il s'intéresse notamment à la recirculation des matières résiduelles vers les différentes filières de recyclage et de valorisation disponibles sur un territoire, une des prémisses de l'économie circulaire, en intégrant la recherche de solutions de collecte adaptées aux différents contextes urbains (densité, clientèle, débouchés).

Un outil de planification du territoire

Flexible, adaptable et axé sur la réponse aux divers besoins de mobilité de proximité (porte-à-porte), le système Serpentine permet de concrétiser une planification urbaine basée sur une plus grande diversité des fonctions du territoire. Ainsi, la multifonctionnalité du milieu et la mobilité multimodale de proximité, développées sur le principe d'une offre diversifiée et dynamique, établissent un contexte urbain à partir duquel l'individuation des besoins peut s'exprimer dans le temps et dans l'espace.

LES SYSTÈMES

de transport cybernétiques

LES GRANDS ÉVÉNEMENTS



Juin 2017

Inauguration de la Chaire de recherche industrielle CRSNG-EERS en technologies intra-auriculaires (CRITIAS)

Claude Perras (directeur général de la Fondation de Gaspé Beaubien), Nick Laperle (fondateur de EERS), Jérémie Voix (titulaire de la chaire), Charles Gauvin, (président et chef de la direction de EERS) et Pierre Dumouchel (directeur général de l'ÉTS).



Octobre 2018

Renouvellement de la Chaire de recherche industrielle en technologies de mise en forme des alliages à haute résistance mécanique (CM2P)
Titulaire : **Mohammad Jahazi**

Charles Despins (directeur des affaires professorales, de la recherche et des partenariats, ÉTS), Mohammad Jahazi, Louis-Philippe Lapierre (vice-président Opérations, Finkl Steel) et Claire Samson (doyenne de la recherche, ÉTS).



Septembre 2017

Inauguration de la Chaire de recherche ArianeGroup sur les matériaux émergents dans le domaine de l'aéronautique et du spatial

Dévoilement du logo officiel de la chaire en présence de Sylvain G. Cloutier (titulaire) et de Coumar Oudea (directeur des opérations-partenariats académiques en recherche-technologie, ArianeGroup).



Septembre 2018

Inauguration de la Chaire de recherche industrielle sur l'intégration des technologies numériques en construction
Titulaire : **Daniel Forgues**

Première rangée : Stéphane Coudry (Groupe TEQ), Claire Samson (ÉTS), Pierre Dumouchel (ÉTS), Jean Rochette (Ville de Québec), Daniel Forgues (ÉTS), Martin Jacques (Pomerleau), Anik Mandalian (Provencher Roy), Souha Tahrani (Aedifica)

Deuxième rangée : Franck Murat (BIMOne), Samer Jarmak (Groupe TEQ), Louis Tremblay (Ville de Québec), Karine Duguay (CIMA+), Simon Leclerc-Granger (Groupe TEQ), Yassine Ben Jemaa (Groupe TEQ), Daniel Barbeau (Canam), Sébastien Frénette (Provencher Roy), Jean-François Lapointe (BIMOne), Mathieu St-Gelais (TBC)



Janvier 2018

Renouvellement des Chaires de recherche du Canada en technologies de modélisation et simulation des aéronefs de la professeure Ruxandra Botez et en imagerie 3D et ingénierie biomédicale du professeur Jacques de Guise

Pierre Dumouchel (directeur général, ÉTS), Ruxandra Botez, Jacques de Guise et Charles Despins (directeur par intérim des affaires professorales, de la recherche et des partenariats, ÉTS).



Décembre 2018

Inauguration du Pôle innovation 4.0 et de la Chaire de recherche Siemens sur l'intégration des technologies de l'industrie 4.0

Charles Despins (directeur des affaires professorales, de la recherche et des partenariats, ÉTS), Faisal Kazi (PDG, Siemens Canada), Hany Moustapha (directeur du Pôle et titulaire de la Chaire Siemens), Claire Samson (doyenne de la recherche, ÉTS), Marie-Josée Blais (sous-ministre adjointe, MEI), Thomas Scarinci (vice-président senior, Siemens AGT), Zafirios Gazidis (directeur du développement des affaires, Siemens Canada) et Patrick Suter (directeur adjoint, Partenariats de recherche, CRSNG).

L'École de technologie supérieure 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.

« Le génie est fait d'un pour cent d'inspiration et de quatre-vingt-dix-neuf pour cent de transpiration. »

Thomas A. Edison

**ets
mtl
.ca**

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

Décanat de la recherche : 514 396-8730
Renseignements et admission aux cycles supérieurs : 514 396-8888