

Recherche

LES SAMEDI 7 ET DIMANCHE 8 AVRIL 2018

REFINANCEMENT

Ottawa croit de nouveau à la recherche fondamentale

Après de longues années de vaches maigres, le gouvernement fédéral a fait volte-face en injectant près de 4 milliards de dollars dans la recherche. Une annonce saluée par toute la communauté scientifique, d'autant qu'il ne s'agit pas d'un coup isolé, mais bien d'un financement pérenne.

HÉLÈNE ROULOT-GANZMANN

Collaboration spéciale

« **T**oute la communauté scientifique est heureuse », affirme le vice-recteur à la recherche et aux études supérieures de l'Université de Sherbrooke, Jean-Pierre Perreault. « Après plusieurs années difficiles, on ne peut qu'applaudir au refinancement de la recherche, d'autant qu'il s'inscrit dans la durée. C'est un signal fort envoyé par le gouvernement, une agréable réponse aux conclusions du rapport Naylor. »

Ce rapport, commandé par Justin Trudeau et rendu public il y a tout juste un an, concluait que les années Harper avaient fait très mal à la recherche scientifique puisque, sur dix ans, on avait assisté à une réduction de plus de 30% du financement par chercheur canadien. Il recommandait notamment un réinvestissement échelonné sur quatre ans dans les organismes subventionnaires.

C'est aujourd'hui chose faite. Le budget 2018 de Bill Morneau injecte en effet plus de 3,8 milliards dans le système de recherche du Canada. Ce montant comprend notamment 1,2 milliard sur cinq ans pour les trois conseils subventionnaires, 763 millions pour la Fondation canadienne pour l'innovation et 210 millions pour la création de près de 250 chaires de recherche d'ici 2022.

« On voit le sourire sur le visage de nos chercheurs », commente la vice-rectrice à la recherche et à la création de l'UQAM, Catherine Mounier. « C'est du jamais vu ! Il y a une telle effervescence... Nous sommes d'autant plus ravis, ici à l'UQAM, que, proportionnellement, le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada enregistre une plus grosse augmentation de son financement. Or, 80% de nos chercheurs travaillent dans ces domaines. »

Perte d'expertise

M^{me} Mounier explique que, dans les dernières années, environ 25% seulement des demandes de subventions recevaient une réponse positive. Dès l'an dernier, alors qu'un premier effort avait été consenti par le gouvernement, ce taux était remonté à 40%, mais le refinancement de cette année devrait faire largement augmenter le taux de succès.

« Sans subvention, il n'y a pas de recherche possible, indique-t-elle. Or, avoir un trou dans son curriculum, c'est tellement problématique pour un chercheur. C'est difficile de rembarquer par la suite parce qu'il y a forcément une perte d'expertise. »

Problématique pour le chercheur et pour tous les membres de son laboratoire. Problématique également pour le développement économique et social d'un pays, estime-t-on tant à l'Université de Sherbrooke qu'à l'UQAM. Les entreprises ont besoin de tout ce savoir développé par les chercheurs afin de prendre de bonnes décisions d'affaires. Les gouvernements se servent de ces données pour comprendre la société dont ils ont la charge.

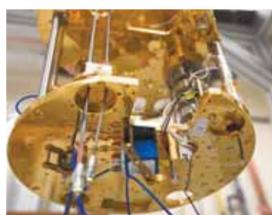
« Les problématiques ne sont pas les mêmes partout dans le monde, explique Catherine Mounier, et il serait donc paradoxal de prendre des décisions en se basant sur les résultats obtenus pour une autre société que la nôtre. »

« Les pays développés doivent aujourd'hui transformer leurs économies pour entrer de plain-pied dans la société du savoir, ajoute Jean-Pierre Perreault. Pour cela, nous devons avoir des idées originales. Ça,

VOIR PAGE C 2 : OTTAWA



Prôner une intelligence artificielle responsable
C 4



Du bit au qubit, la course à l'ordinateur quantique
C 6

RECHERCHE

ACFAS

« Nos cerveaux sont nos ressources naturelles »

Lyne Sauvageau est devenue la présidente de l'Acfas le mois dernier

L'Association francophone pour le savoir (Acfas) a une nouvelle présidente en la personne de Lyne Sauvageau. Détentrice d'un doctorat en santé publique de l'Université de Montréal et d'une maîtrise en science politique de l'Université Laval, M^{me} Sauvageau était jusque-là vice-présidente à l'enseignement et à la recherche de l'Université du Québec. Elle dévoile au *Devoir* les priorités de son mandat.

HÉLÈNE
ROULOT-GANZMANN
Collaboration spéciale

Cible numéro un de la nouvelle présidente: la relève. Et en premier lieu: faire en sorte que de plus en plus de jeunes Québécois prennent le chemin de l'université.

« Parce que nos cerveaux sont nos ressources naturelles, lance-t-elle. Mais pour attirer plus de jeunes dans les laboratoires de recherche, il faut faire rayonner les travaux de ceux qui s'y trouvent déjà. C'est ce que nous nous attelons à faire à l'Acfas. »

La jeune présidente rappelle que seul le tiers des 25-34 ans ont un diplôme de premier cycle universitaire et que cela place le Québec en bas de la moyenne des pays de l'OCDE.

« C'est une situation que nous ne regardons pas souvent, mais qui justifie pleinement la priorité que l'Acfas accorde à la relève, assume-t-elle, à ses besoins et au rôle fondamental qu'elle joue dans notre système de recherche et dans la société. »

Elle raconte ainsi comment, la veille de notre entrevue, elle a assisté à une activité organisée par l'association et qui mettait en vedette plusieurs étudiants dont les recherches ont abouti à un produit pouvant être mis en marché. Les uns ont découvert des probiotiques susceptibles de rempla-

cer les agents chimiques qui servent de conservateurs dans l'industrie alimentaire et qui sont de plus en plus décriés. Les autres ont réussi à améliorer le moteur électrique.

« Ce sont des modèles pour les jeunes qui sont aujourd'hui au secondaire ou au cégep, estime-t-elle. Ça leur montre que faire un doctorat, ce n'est pas seulement faire des études. C'est aussi avoir des idées concrètes susceptibles de faire avancer la société et, le cas échéant, se lancer en affaires grâce à celles-ci. »

La chasse aux fausses nouvelles

L'activité évoquée par M^{me} Sauvageau est le concours Génies en affaires. Mais l'Acfas propose d'autres programmes destinés à la relève, comme Ma thèse en 180 secondes ou encore les Journées de la relève en recherche, dont la dernière édition a eu lieu en septembre 2017. Par ailleurs, l'association aide les jeunes chercheurs à mieux communiquer et à mettre en valeur leurs résultats.

Car voilà une autre priorité que se fixe la nouvelle présidente: mieux communiquer, vulgariser. « Maintenir l'importance des faits alors même que de plus en plus d'informations circulent, de plus en plus rapidement et sur toutes sortes de plateformes, précise Lyne Sauvageau. Faire en sorte que l'on

se réfère toujours à des faits et à des résultats de recherche. C'est fondamental dans la société d'aujourd'hui. La recherche donne l'heure juste. Elle fait contrepoids aux fausses nouvelles. »

L'Acfas s'engage donc à encourager les chercheurs à communiquer avec le grand public, car il en va de leur responsabilité sociale. Dans la même veine, elle a mis en place une grille tarifaire spécifique pour encourager le public non universitaire à participer à son grand congrès annuel, et ce, afin qu'un dialogue puisse s'instaurer entre la science et la société.

Maintenir le dialogue en français

Pour cela, rien de tel que de communiquer en français. Voilà une autre priorité de Lyne Sauvageau qui, bien qu'elle comprenne la pression qu'il y a à publier en anglais afin d'élargir son auditoire et de pouvoir échanger avec le monde entier, estime que, si les scientifiques veulent garder leur capacité à travailler avec le terrain, ils ne peuvent le faire au Québec qu'en français.

« Dans le domaine de la recherche en éducation, par exemple, les chercheurs sont en relation étroite avec des écoles, des professeurs, des élèves. Ces échanges se font en français. Ici, au Québec, pour maintenir le dialogue avec la société, la langue,



Lyne Sauvageau est la nouvelle présidente de l'Association francophone pour le savoir (Acfas).

c'est le français. »

M^{me} Sauvageau explique par ailleurs que la science passe par des concepts culturels et que ces concepts sont enchâssés dans la langue. Elle indique que ce que recouvre un mot peut différer d'une langue à l'autre et que la science perdrait de sa richesse si elle ne se produisait plus que dans une seule langue devenue universelle. « En se limitant à l'an-

« En se limitant à l'anglais, on limite la science elle-même »

Lyne Sauvageau, présidente de l'Acfas

glais, on limite la science elle-même », résume-t-elle.

Sous sa présidence, l'Acfas poursuivra donc son engage-

ment envers la recherche et la diffusion du savoir en français, et cela, dans des « espaces multilingues et ouverts ».

GÉNIE APPLIQUÉ

AU-DELÀ DE LA RECHERCHE, DES RÉSULTATS CONCRETS

- AÉROSPATIALE
- ÉNERGIE
- ENVIRONNEMENT
- INFRASTRUCTURES ET MILIEUX BÂTIS
- MATÉRIAUX ET FABRICATION
- SANTÉ
- TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DES COMMUNICATIONS
- TRANSPORT TERRESTRE

Toute l'information sur nos programmes de 2^e et 3^e cycles à www.etsmtl.ca

ÉTS
Le génie pour l'industrie

ÉCOLE DE
TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE
Université du Québec

OTTAWA

SUITE DE LA PAGE C 1

les chercheurs savent le faire. Mais jusqu'à, nous manquons d'argent pour creuser les sujets. »

Recherche multidisciplinaire

À l'Association francophone pour le savoir (Acfas), on se félicite que ce virage au fédéral se prenne à l'avantage de la recherche fondamentale. La nouvelle présidente, Lyne Sauvageau, accueille comme une très bonne nouvelle le fait que les chercheurs puissent de nouveau proposer des sujets de recherche basés sur leur curiosité. « C'est comme cela qu'ils aident la société dans laquelle ils vivent à mieux préparer l'avenir, estime-t-elle. Nous avons besoin d'une base de connaissances fondamentales pour mieux appréhender l'inattendu. »

Tous trois saluent également la création d'un nouveau fonds pour soutenir la recherche interdisciplinaire, qui reconnaît, selon eux, les nouvelles façons d'exercer le métier de chercheur.

Jean-Pierre Perreault fait notamment valoir que, dans plusieurs domaines, l'Université de

Sherbrooke travaille de manière transdisciplinaire. Sur le vieillissement de la population par exemple, les équipes se penchent bien entendu sur les aspects biologiques et médicaux, mais aussi sur la question des chèques de pension, sur la mobilité durable, l'automatisation des maisons pour permettre de garder les personnes âgées à domicile, etc.

Sherbrooke profitera également de ce refinancement pour développer son expertise en matière de science quantique, de vivre ensemble, de gouvernance, ainsi qu'en médecine. À l'UQAM, l'innovation sociale, l'entrepreneuriat social, le développement durable sont des secteurs qui devraient profiter de cette manne financière. Les recherches féministes également, tout comme les questions éthiques et sociales que pose le développement de l'intelligence artificielle.

« Ces expertises vont pouvoir de nouveau être subventionnées », se réjouit Catherine Mounier, tout en soulignant que les années de disette ont fait en sorte que le Canada a perdu de son lustre sur le plan international. Elle note par exemple que la place des chercheurs canadiens dans les grandes publications scientifiques a reculé au cours de la dernière décennie.

Québec : pas de pérennisation des subventions

Le budget provincial déposé la semaine dernière à Québec donne lui aussi un petit coup de pouce à la recherche, mais il s'agit en réalité surtout de la reconduction des sommes annoncées l'an dernier dans le cadre de la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation (SQRI). Le budget Leitaô prévoit ainsi une augmentation de 20 millions de dollars accordée aux Fonds de recherche du Québec (FRQ). L'Acfas estime que le SQRI a permis de mettre en lumière la qualité, la diversité et la pertinence de la recherche qui se fait au Québec et l'importance du soutien qui doit être apporté à la relève et à la culture scientifique. L'association tient également à souligner la mesure ponctuelle de soutien aux missions de neuf musées à caractère scientifique et technologique. Mais dans un cas comme dans l'autre, elle souhaite que le gouvernement travaille à la pérennisation des subventions.

« Les sommes sont promises pour une durée limitée, explique Lyne Sauvageau. Cela nous pousse à rester très vigilants. La coupe d'un financement pour un laboratoire, cela signifie la fin abrupte des recherches. Nous souhaitons vivement que la volonté du



JACQUES BOISSINOT LA PRESSE CANADIENNE

gouvernement de réinvestir de manière soutenue dans la recherche se traduise concrètement et permette à nos chercheuses et chercheurs de répondre aux grands défis de notre société. » Dans un communiqué publié au lendemain du dépôt du budget, la Fédération québécoise des professeurs et professeurs d'université (FQPPU) a également indiqué qu'elle réservait un accueil modéré aux investissements supplémentaires accordés à Québec. Elle rappelle que la contribution provinciale au fi-

nancement global des fonds destinés aux chercheurs universitaires québécois diminue constamment par rapport à ce que leur accorde le gouvernement canadien. Le président de la FQPPU, Jean-Marie Lafortune, rappelle que l'orientation donnée aux activités de recherche par le financement est déterminante en regard de la maîtrise des leviers du développement et de la satisfaction des besoins de la population. Il déplore ainsi que le gouvernement du Québec baisse les bras en ce domaine.

RECHERCHE

FEMMES EN SCIENCES ET EN GÉNIE

Vers la fin du « baiser de la mort »?

Le gouvernement fédéral investira 21 millions pour accroître la diversité et la présence des femmes

Lors de la tuerie de Polytechnique en 1989, au terme de laquelle 14 étudiantes en génie ont brutalement trouvé la mort, Michèle Prévost n'était pas sur les lieux. Mais son bureau, lui, n'était qu'à quelques pas d'une des classes où les jeunes femmes ont été abattues... Cette tragédie, qui a visé des femmes souhaitant travailler dans le domaine des sciences, n'a jamais freiné les ardeurs de Michèle Prévost, professeure titulaire de la Chaire industrielle CRSNG en eau potable de Polytechnique Montréal.

ANNICK POITRAS

Collaboration spéciale

« Pour moi, Marc Lépine n'était qu'un fou. Mon père m'avait toujours dit que si je travaillais fort, je pouvais faire tout ce que je voulais dans la vie, et j'en étais totalement convaincue. Alors, après ce drame, j'ai simplement poursuivi mon chemin et j'ai fait ma place dans le domaine du génie, qui était alors un monde d'hommes », raconte Michèle Prévost, qui œuvre à Polytechnique depuis maintenant une trentaine d'années. Véritable pionnière dans la gestion de l'eau potable par les municipalités, cette professeure titulaire au Département des génies civil, géologique et des mines est devenue, au fil des ans, une figure incontournable du domaine, tant au Canada que sur la scène internationale.

Elle fait partie de ceux qui ont été appelés à la rescousse après la tragédie de Walkerton en 2000, cette petite ville ontarienne frappée par la pire épidémie à la bactérie *E. coli* de l'histoire du Canada: plus de 2000 personnes sont tombées malades et sept d'entre elles sont décédées après avoir bu de l'eau du robinet. « Cet événement malheureux a toutefois permis à tout le monde de prendre conscience de différents risques de contamination et a mené à une refonte majeure des façons de traiter l'eau

potable en partant de la source jusqu'au robinet », explique-t-elle. Elle travaille depuis activement à faire évoluer les normes, ici et ailleurs dans le monde.

Une représentativité « inacceptable »

Michèle Prévost a donc vu beaucoup d'eau couler sous les ponts, au sens propre comme au figuré. À son arrivée à Polytechnique, alors qu'elle avait trois enfants, aucun congé parental ne figurait dans la convention collective ni dans les programmes sociaux. « Pour une femme qui voulait faire carrière en sciences tout en ayant une famille, c'était très difficile. Arrêter ses travaux pour prendre un congé de maternité signifiait de prendre du retard par rapport aux collègues masculins et d'entamer une progression plus lente et différente pour le reste de sa carrière. En somme, c'était comme le baiser de la mort. »

Aujourd'hui, grâce à des battantes comme elle qui ont fait tomber les barrières dans tous les domaines de la science, les femmes peuvent maintenant mieux concilier travail et famille, même si l'exercice demeure un défi. Cependant, la proportion de femmes au sein du corps professoral demeure faible, une représentativité que Michèle Prévost juge « inacceptable ». De plus, même si le taux de réussite des femmes en génie est le même que celui des hommes, les femmes sont moins nombreuses à demander des bourses de recherche par exemple.

Parce qu'on est en 2018

C'est pourquoi elle se réjouit, comme bien des scientifiques au pays, du fait que le budget fédéral 2018 prévoit de consacrer 21 millions de dollars sur cinq ans à l'accroissement de la diversité



Michèle Prévost (3^e en partant à droite de la 3^e rangée), dans son laboratoire entourée de ses étudiants

dans les sciences, y compris la représentativité des femmes: 6 millions de dollars seront affectés à des enquêtes destinées à recueillir des données améliorées sur les chercheurs et 15 millions serviront à mettre en œuvre des programmes qui valorisent l'égalité et la diversité parmi les chercheurs des établissements d'enseignement postsecondaire partout au pays.

Pour attirer et retenir les chercheurs de pointe en début de carrière dans ces derniers, le budget de 2018 propose un nouvel investissement de 210 millions de dollars sur cinq ans et de 50 millions de dollars par année par la suite pour le programme des chaires de recherche du Canada afin de soutenir les chercheurs en début de carrière tout en assurant une plus grande diversité parmi les chercheurs sélectionnés et un nombre accru de femmes nommées à des chaires de recherche du Canada.

Appelé à se « réinventer », le Conseil national de recherche du Canada souhaite aussi éliminer tout obstacle involontaire à la participation des chercheuses et entrepreneures à ses programmes.

Faire tomber les barrières (encore)

Car des obstacles involontaires, il en existe encore, confirme la chercheuse. « Par nature, on dirait que beaucoup de femmes sont un peu comme les subventions... elles ne viennent pas cogner à la porte, il faut aller les chercher! » illustre-t-elle.

Elle a elle-même appris à cogner aux portes. Elle se souvient que lorsqu'elle a fondé la Chaire de recherche en eau potable en 1992, elle a hérité de deux laboratoires... vides! Rapidement, grâce à une subvention en équipement du CRSNG, elle a pu acquérir ses premiers outils analytiques, bâtir ses premiers pilotes et démarrer sa recherche, qu'elle codirige désormais avec son collègue, le professeur Benoit Barbeau.

Depuis, grâce à la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), elle a pu fonder en 2003 le Centre de recherche, développement et validation des technologies et procédés de traitement des eaux (CREDEAU), qui a formé plus de 400 étudiants œuvrant aujourd'hui au sein d'entreprises et d'institutions du savoir au pays.

La combinaison des programmes fédéraux (chaires industrielles, FCI et programmes de chaires du Canada) lui permet aujourd'hui d'attirer les meilleurs talents à Montréal, comme la professeure Sarah Dorner, recrutée aux États-Unis, de même que la professeure Françoise Bichai, qui vient tout juste de se joindre à l'équipe.

Actuellement, la Chaire s'intéresse entre autres aux nouveaux polluants qui se retrouvent dans les cours d'eau, comme les algues, et à la problématique du plomb dans l'eau potable, qui est d'ailleurs un enjeu de santé publique à Montréal, où le réseau d'aqueducs nécessite des réfections majeures.

Michèle Prévost dit avoir été longtemps contre les programmes de discrimination positive visant par exemple l'accroissement des femmes en sciences et génie, comme le propose maintenant le gouvernement fédéral avec ce budget. « Leurs programmes sont vraiment dynamiques et comme la culture a changé et que les femmes sont plus présentes qu'auparavant, le tout me semble très positif pour l'avenir. »



L'Institut national de la recherche scientifique (INRS) est le seul établissement au Québec dédié exclusivement à la recherche et à la formation aux cycles supérieurs.

Nos professeurs et nos étudiants rayonnent dans le monde entier. En partenariat avec la communauté et l'industrie, nous sommes fiers de contribuer au développement de la société par nos découvertes et la formation d'une relève capable d'innovation scientifique, sociale et technologique.

INRS.CA

INRS
UNIVERSITÉ DE RECHERCHE

CONCORDIA



L'AÉROSPATIALE

NOUVELLE GÉNÉRATION

CONCORDIA.CA/AEROSPATIALE

UNIVERSITÉ
Concordia
UNIVERSITY

RECHERCHE

Prôner une intelligence artificielle responsable

Orienter les travaux de recherche en intelligence artificielle vers le bien commun: voilà l'objectif affiché par le regroupement de recherches HumanIA. Pour l'une de ses coordonnatrices, la professeure au Département d'informatique de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) Marie-Jean Meurs, la clé pour y arriver réside dans les collaborations entre les différentes disciplines.

ETIENNE PLAMONDON EMOND

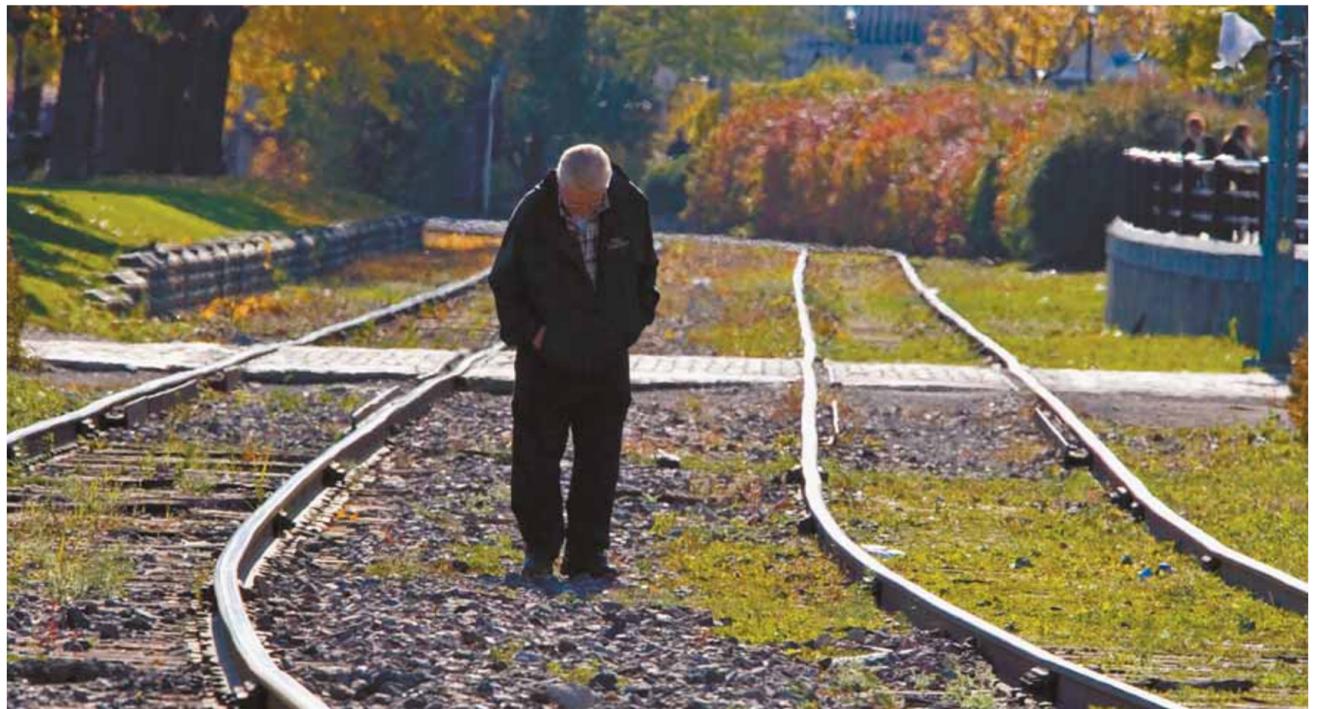
Collaboration spéciale

Pour prendre en considération les enjeux éthiques qui émergent de l'intelligence artificielle, Marie-Jean Meurs travaille, dès qu'elle démarre des projets de recherche, avec des juristes, des philosophes et des éthiciens. «Je pourrais faire des mathématiques appliquées et de l'informatique théorique, déléguer la dimension éthique à mes collègues et ne pas m'en préoccuper, en me disant que je fabrique de jolis moteurs, puis que les autres vont décider du contexte éthique dans lequel ils les utilisent.» Mais cela ne lui ressemble pas. Depuis le début de sa carrière, sa démarche a pris un virage fort différent. «Il se trouve que mon intérêt de recherche, en intelligence artificielle, c'est vraiment dans le cadre d'une recherche multidisciplinaire, où je préfère partir des problèmes, puis sélectionner des approches d'intelligence artificielle qui vont s'adapter, pour le mieux, aux problèmes qu'on rencontre. Dans cette démarche, la collaboration entre les disciplines m'apparaît indispensable.» Cette démarche permet notamment de respecter ou de répondre à des principes éthiques dès la conception d'un algorithme, d'une base de données ou de tout autre outil technologique.

Le projet de recherche Legalia, qu'elle dirige avec Hugo Cyr, doyen de la Faculté de science politique et de droit de l'UQAM, et Sébastien Gambs, professeur au Département d'informatique de l'UQAM, est révélateur. Avec comme objectif de développer une éthique de l'intelligence artificielle dans les domaines du droit et de la justice, il met à contribution des partenaires universitaires issus de domaines aussi variés que les études internationales, les sciences juridiques, la responsabilité sociale et environnementale en gestion, les sciences politiques et la linguistique. «Mon approche, c'est d'adjoindre systématiquement aux projets de recherche des gens qui viennent d'un domaine où ils ont l'habitude de se poser ce genre de questions, de les écouter et de les faire participer à la réflexion. C'est très enrichissant.»

Discrimination

Avec Hugo Cyr et Sébastien Gambs, ainsi



JACQUES NADEAU LE DEVOIR

L'un des projets de recherche de Marie-Jean Meurs vise à détecter les signes avant-coureurs de dépression et d'anorexie à l'aide de textes publiés par des internautes dans des forums et des réseaux sociaux. Si les modérateurs de certains forums sont alertés rapidement, ils peuvent intervenir auprès des gens en danger.

que Dominic Martin, professeur au Département des organisations et des ressources humaines, elle dirigera aussi, dès l'été 2018, un projet de recherche sur l'égalité, la discrimination et l'intelligence artificielle.

La question de la discrimination se révèle particulièrement intéressante puisque les outils d'aide à la décision et les systèmes automatisés de décision ont le potentiel de détecter et d'enrayer les biais discriminatoires, mais aussi de les amplifier s'ils ne sont pas conçus avec soins. Elle met en exergue la question de la qualité et de la variété des données avec lesquelles sont entraînés les algorithmes. «C'est très compliqué, assure-t-elle. Ce n'est pas toujours possible d'avoir des données qui vont être équilibrées.»

Un autre champ de recherche qui touche l'éthique de l'intelligence artificielle, dans lequel elle est présentement très active, concerne l'apprentissage d'informations socialement pertinentes tout en protégeant la vie privée et la sécurité des individus. Un des défis consiste à empêcher, même lorsque les données sont anonymisées, d'identifier des personnes en recons-

truisant des liens entre les informations. «Ce n'est pas toujours évident, affirme-t-elle, parce que si vous enlevez trop d'informations ou de données, vous n'avez plus rien. Si vous n'en

levez pas assez, vous ratez votre objectif parce que vous apprenez des choses qui permettraient d'identifier, par exemple, des patients dans le contexte de la santé.»

Prévenir la dépression grâce à l'IA

Marie-Jean Meurs réalise des recherches pour que l'intelligence artificielle respecte des principes éthiques, mais aussi pour qu'elle serve d'outil pour résoudre des problèmes de société. L'un de ses projets de recherche vise à détecter les signes avant-coureurs de dépression et d'anorexie à l'aide de textes publiés par des internautes dans des forums et des réseaux sociaux. Actuellement, elle réalise des jeux d'entraînement et des tests à

l'aide d'un corpus de données fourni par la conférence internationale eRisk de l'initiative CLEF. Les données proviennent des sous-sections de la plateforme sociale Reddit, qui s'apparente à un regroupement de forums de discussions. «En plus de détecter si effectivement quelqu'un est en phase de dépression ou s'en approche, un des enjeux supplémentaires est de le détecter le plus tôt possible, avec le moins de publications

possible, indique Marie-Jean Meurs. Si les modérateurs de certains forums sont alertés rapidement, ils peuvent facilement intervenir auprès des gens susceptibles d'être en danger.» Ces démarches pourraient déboucher sur un outil qui avertirait des modérateurs, qui n'ont pas le temps de lire tous les textes générés sur leur plateforme, si des utilisateurs ont besoin d'être orientés vers du soutien ou des ressources psychologiques.

Quand l'impression 3D améliore les traitements chirurgicaux

Des chercheurs de l'ETS ont développé des endoprothèses personnalisées pour les chiens

EMILIE CORRIVEAU

Collaboration spéciale

Il y a près de quatre ans, des chercheurs de l'École de technologie supérieure (ETS), de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal (UdeM) et du Flint Animal Cancer Center de la Colorado State University convenaient d'unir leurs expertises en fabrication additive et en chirurgie oncologique vétérinaire pour tenter de créer des endoprothèses personnalisées pour les chiens. Intitulé Novel Limb Sparing Surgery Using Individualized 3D-Printed Implants in Dogs, leur projet-pilote s'est avéré très prometteur. Déjà, cinq patients canins atteints d'ostéosarcome ont pu bénéficier d'implants créés sur mesure pour leur anatomie.

C'est à l'initiative du docteur Bertrand Lussier, chirurgien vétérinaire, professeur titulaire à l'UdeM et chercheur associé au Centre de recherche du CHUM en chirurgie expérimentale et en maladies rhumatismales, que le projet est né.

Ayant réalisé de multiples chirurgies orthopédiques canines, M. Lussier était à la recherche de solutions pour améliorer le traitement chirurgical de l'ostéosarcome chez le chien.

«Bertrand Lussier savait que l'ETS était en train d'aménager un laboratoire d'impression 3D — le premier de ce type-là au Canada dans une université. Il nous a contactés, mon collègue Yvan Petit et moi, pour que nous essayions de créer par fabrication additive une endoprothèse personnalisée pour des chiens atteints d'ostéosarcome», indique Vladimir Brailovski, éminent spécialiste des matériaux, de la conception et des procédés de fabrication ainsi que professeur en génie mécanique à l'ETS.



Endoprothèse personnalisée par impression 3D (haut) et guide de coupe (bas)

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

Une tumeur complexe à traiter

Il faut savoir que cette tumeur cancéreuse est assez fréquente chez les chiens de grandes races et de races géantes. Touchant principalement la médullaire des os longs des pattes (radius, humérus, tibia, fémur), elle engendre une boiterie et occasionne des douleurs chez les chiens qui en sont atteints. Lorsqu'ils ne sont pas traités, ces derniers meurent en général dans les cinq mois suivant le diagnostic.

Or, les options de traitement de l'ostéosarcome sont pour le moment assez limitées et souvent très invasives. Une des avenues empruntées est la chirurgie pour préserver le membre (*limb-sparing*). Elle consiste à retirer la partie atteinte par la tumeur et à remplacer le défaut créé dans l'os par un implant métallique.

«Ce qui est disponible actuellement sur le marché pour réaliser cette opération, c'est une plaque métallique étroite qui est trouée pour y insérer des vis et qui s'attache à un autre morceau»,

précise le docteur Bernard Séguin, chirurgien vétérinaire spécialisé en oncologie au Flint Animal Cancer Center et l'un des membres du projet-pilote.

«Ce morceau de métal là n'est fait qu'en deux dimensions, c'est-à-dire 98 ou 122 millimètres, poursuit-il. Lorsqu'on fait la chirurgie, on enlève souvent plus d'os qu'on l'aurait voulu parce que la plus petite dimension est trop grande pour nos besoins. Il arrive aussi que 122 millimètres, ce soit trop court et que ça nous empêche d'utiliser cette technique. Mais ce n'est pas le seul problème. Comme la plaque doit être vissée, il y a différentes composantes à assembler. Il faut aussi plier l'implant pour l'adapter à l'anatomie du chien. Ça fait beaucoup de manipulations.»

Le taux élevé de complication survenant suite à cette intervention constitue également un enjeu. D'après la plus récente étude parue sur le sujet, 96% des chiens qui la subissent en vivent au moins une.

Une prothèse imprimée en 3D

Peu de temps après la requête du docteur Lussier, les chercheurs de l'ETS, en collaboration avec Anatolie Timercan, étudiant à la maîtrise en génie mécanique à l'ETS, se sont mis au travail. En se basant sur les principes d'ingénierie inverse, ils ont développé un processus leur permettant de créer des endoprothèses personnalisées par impression 3D.

Leur démarche nécessite l'utilisation de CT-scans effectués sur les deux pattes avant des chiens atteints. «On part du fichier obtenu lors de l'imagerie et on le transfère dans un format que les ingénieurs peuvent traiter», explique M. Brailovski.

Des modèles numériques des os du patient sont ainsi créés. Puis, une opération de miroir est réalisée sur le radius sain, qui est subséquemment positionné et orienté de la même manière que le radius atteint.

«On procède ensuite à l'opération de façon virtuelle et on retire les tissus endommagés en suivant les consignes du chirurgien, indique l'ingénieur. Après, dans un autre environ-

nement, on crée un implant à l'aide de logiciels de conception assistée par ordinateur. On crée aussi un guide, donc un outil chirurgical, qui permet de prendre une position par rapport à un repère anatomique.»

Une fois l'endoprothèse et le guide de coupe approuvés par le docteur Séguin, ceux-ci sont envoyés à l'impression.

«Pour l'implant, on travaille avec la fabrication additive — l'impression 3D — à partir de poudres métalliques. Pour ce qui est du guide, il est aussi imprimé, mais il est fait en plastique», souligne M. Brailovski.

Après quelques étapes de finition qui incluent notamment un traitement thermique, un polissage mécanique et un nettoyage dans un bain à ultrasons, l'endoprothèse et le guide de coupe sont expédiés aux États-Unis au docteur Séguin. L'ensemble du processus prend en général entre 14 et 21 jours.

Des résultats encourageants

C'est en septembre dernier que le docteur Séguin a réalisé la première opération avec une

endoprothèse personnalisée fabriquée à l'ETS. Depuis, quatre autres patients se sont ajoutés à la liste et le vétérinaire se dit heureux des résultats obtenus.

«Pour le chirurgien, ça fait vraiment une grande différence parce que l'implant va comme un gant et qu'il n'y a aucune modification à apporter, confie-t-il. Ça réduit pas mal le temps d'opération. Pour le chien, il est encore trop tôt pour le dire, d'autant plus qu'on n'a pas la puissance statistique pour l'appuyer, mais à ce jour, il semble y avoir moins de complications qu'avec un implant traditionnel. Nos résultats préliminaires sont extrêmement encourageants.»

Bien qu'il ne considère pas l'endoprothèse personnalisée comme une panacée, le docteur Séguin estime qu'elle recèle un grand potentiel.

«C'est une prothèse qui demeure en métal et qui ne règle pas tous les problèmes, mais c'est un excellent début. Ce qui reste à faire, c'est de trouver la meilleure composition possible de matériaux pour réduire au maximum le risque de complications, notamment les infections. Il faut aussi améliorer le temps de fabrication, parce que l'ostéosarcome peut endommager l'os rapidement, donc on doit opérer très vite après le diagnostic. Si on y parvient, c'est sûr que ce sera une amélioration majeure pour les chirurgiens et les patients.»

Très enthousiaste devant les possibilités qu'offre la fabrication additive, M. Brailovski espère pour sa part que le projet mènera à de futures initiatives dans le domaine médical.

«Déjà, la personnalisation, c'est quelque chose d'exceptionnel, mais il n'y a pas que ça, conclut-il. C'est une technologie qui permet de créer des structures architecturées à microstructure complexe et d'utiliser les matériaux les plus avancés. Dans le domaine médical, ses applications peuvent être multiples.»

RECHERCHE

UNIVERSITÉ CONCORDIA

Vers un campus nouvelle génération

L'Université Concordia souhaite établir une culture numérique nouvelle génération en son sein. Un virage aussi audacieux que nécessaire, qui concerne l'ensemble de la communauté universitaire.

ALICE MARIETTE
Collaboration spéciale

« C'est un changement de paradigme », estime Guylaine Beaudry, nommée vice-rectrice exécutive adjointe à la stratégie numérique. Celle qui est aussi directrice et bibliothécaire en chef de l'Université Concordia a la lourde tâche de coordonner la future stratégie numérique de l'établissement. Cette stratégie constitue l'un des cinq projets majeurs à Concordia dans sa volonté de devenir « une université de nouvelle génération ». « Avant tout, pour faire une distinction importante, il faut comprendre que la stratégie numérique n'est pas une stratégie de technologie de l'information, cela ne concerne pas les infrastructures, le serveur ou les réseaux », précise M^{me} Beaudry. Ce qui se cache derrière cette stratégie est bien plus large, puisqu'elle doit amener l'ensemble de la communauté universitaire à faire une transition vers une culture

L'objectif n'est pas de transformer Concordia en une université en ligne, mais bien de s'imprégner des nouveaux outils numériques

numérique. « Nous voulons aller au-delà des outils en tant que tels », ajoute-t-elle.

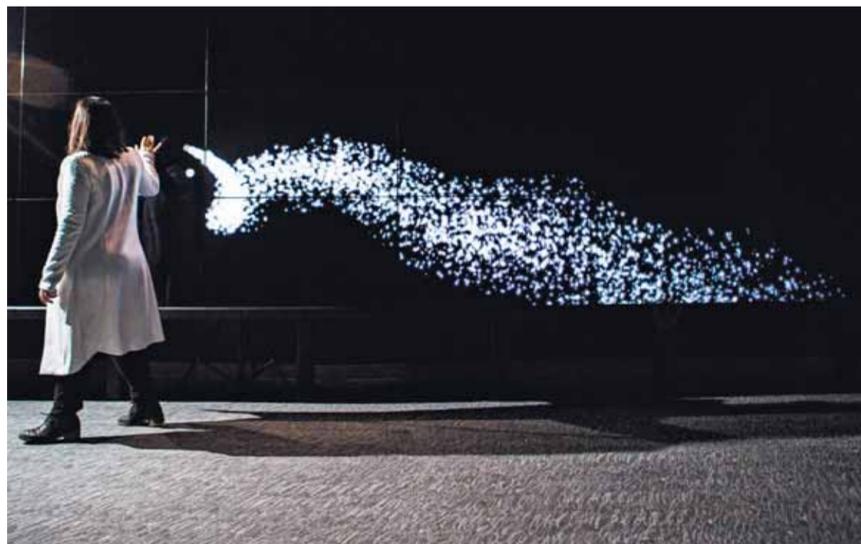
« Quand nous sommes passés du manuscrit à l'imprimé, au début, il s'agissait en fait

d'une reproduction de l'écriture... Et depuis, tous nos fonctionnements sont copiés de l'imprimé, donc aujourd'hui nous voulons quitter ce mimétisme technologique », explique Guylaine Beaudry. En comparant avec Gutenberg, la vice-rectrice exécutive adjointe à la stratégie numérique souhaite montrer que le processus de Concordia permettra d'entrer pleinement dans la culture numérique. « Nous voulons laisser derrière nous les choses auxquelles nous sommes habituées, les réflexes de l'imprimé et savoir travailler avec les données massives, la réalité virtuelle ou encore la réalité augmentée », développe-t-elle. Elle ajoute que l'objectif n'est pas de transformer Concordia en une université en ligne, mais bien de s'imprégner des nouveaux outils numériques.

Parler à la communauté

Le 23 mars dernier, Concordia a inauguré sa nouvelle bibliothèque Webster, après trois ans de rénovations et de travaux d'agrandissement. Un lieu nouvelle génération, où les visiteurs sont accueillis par des clips vidéo et qui offre davantage d'espaces de travail

pour les étudiants. Les nouvelles technologies y sont aussi très présentes, avec, par exemple, un studio de visualisation et un « bac à sable technologique », où l'on peut utili-



Un logiciel interactif présenté dans le nouveau studio de visualisation de la bibliothèque Webster

ser des imprimantes 3D, des casques de réalité virtuelle ou encore des caméras vidéo 360 degrés. « Pour la rénovation de notre bibliothèque, nous avons ouvert des canaux de communication et de consultation avec la communauté », explique Guylaine Beaudry, déjà à la barre de ce vaste chantier. D'ailleurs, c'est sans doute son travail pour Webster qui a poussé les responsables à la nommer vice-rectrice exécutive adjointe à la stratégie numérique.

En vue de la future stratégie numérique, tout comme pour la bibliothèque, M^{me} Beaudry a lancé une vaste consultation auprès des étudiants, professeurs et membres du personnel de l'Université. Des groupes de discussion ont été organisés et

des entretiens individuels vont se dérouler au cours des prochaines semaines. « Nous nous sommes organisés pour avoir une représentation d'un maximum de profils différents », commente-t-elle. Une troisième phase de consultation, constituée d'ateliers créatifs, est aussi prévue.

Penser la stratégie

Avant les consultations, l'équipe a mené un inventaire des outils, des pratiques et des formations de Concordia. « Cet inventaire a été une entreprise importante », commente Guylaine Beaudry. Aussi, un cycle de huit conférences sur le futur numérique a été organisé. Des personnalités du monde de l'informatique sont venues, telles que Marie-Josée Lamothe, de

tissage des étudiants. L'objectif était de savoir s'ils considéraient en savoir assez sur le plan du numérique pour être prêts pour leur carrière, mais aussi comment ils interagissent avec leurs professeurs, ou encore s'ils préfèrent apprendre avec les outils en ligne. « Le sondage couvre une panoplie de sujets et nous avons un taux de réponse extraordinaire. Nous regardons actuellement les résultats préliminaires sur l'expérience numérique de nos étudiants », souligne M^{me} Beaudry.

Pour finir, Guylaine Beaudry indique aussi dresser un état des lieux, afin de savoir ce qui se fait ailleurs. « Après avoir regardé à l'interne, on va regarder à l'externe, dans d'autres universités et grandes institutions, pour voir si nous pouvons apprendre des meilleures pratiques », explique-t-elle.

Plan de match

Ce travail devrait aboutir début juin, et l'équipe s'attaquera à la rédaction d'une feuille de route dès l'automne. Celle-ci devrait se détailler en plusieurs blocs, divisés en sous-actions. « Tout sera prêt pour le mois de décembre, avec le budget final », assure la vice-rectrice exécutive adjointe à la stratégie numérique. S'il est encore trop tôt pour s'avancer quant aux résultats, puisque les consultations sont encore en cours, M^{me} Beaudry peut d'ores et déjà dire que plusieurs membres de la communauté ont exprimé le besoin de mieux connaître les outils qui sont à leur disposition, mais aussi qu'ils ont beaucoup de questions sur la littérature et l'éthique numérique. « Il ne faut pas surestimer la connaissance des outils numériques », conclut-elle.

UDES

ACCÉLÉRER LA RÉVOLUTION QUANTIQUE



Les sciences quantiques produisent des technologies qui bouleversent les façons de faire. L'Institut quantique de l'UdeS contribue directement à cette révolution.

Il y a plus de dix ans, le professeur **Alexandre Blais**, directeur de l'Institut quantique, publiait une théorie prometteuse pour réaliser un ordinateur quantique avec une puissance de calcul inégalée. Cette théorie est aujourd'hui mise en œuvre par les plus grandes multinationales.

La recherche à l'UdeS engendre l'innovation.

USherbrooke.ca/iq

INSTITUT QUANTIQUE

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE



Félicitations au Pr Frédéric Leblond et à son équipe !

LEUR SONDE PORTATIVE ANTI-CANCER A REÇU LE PRIX DU PUBLIC QUÉBEC SCIENCE DÉCOUVERTE DE L'ANNÉE

Cette sonde portative anti-cancer développée par le Pr Frédéric Leblond en collaboration avec le Dr Kevin Petrecca, de l'Institut et Hôpital neurologiques de Montréal, détecte les cellules cancéreuses de manière quasi infallible et en quelques secondes.

Son usage diminuera les risques que des cellules cancéreuses demeurent dans l'organisme après une opération chirurgicale, réduisant les récurrences. Elle aidera aussi à mieux définir le type de cancer pour choisir le traitement le mieux adapté.



POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

LE GÉNIE EN PREMIÈRE CLASSE

Ont aussi participé à la découverte: Kelly Aubertin, Joannie Desroches, Marie-Christine Guiot, Andrée-Anne Grosset, Michael Jermyn, Jason Karamchandani, Wendy-Julie Madore, Eric Marple, Jeanne Mercier, Karl St-Arnaud, Mathias Strupler, Dominique Trudel et Kirk Urmey.

LES TRAVAUX DE NOS CHERCHEURS ONT UN IMPACT SUR LA SOCIÉTÉ
POLYMTL.CA/RECHERCHE

RECHERCHE

Du bit au qubit, la course à l'ordinateur quantique

ETIENNE PLAMONDON EMOND

Collaboration spéciale

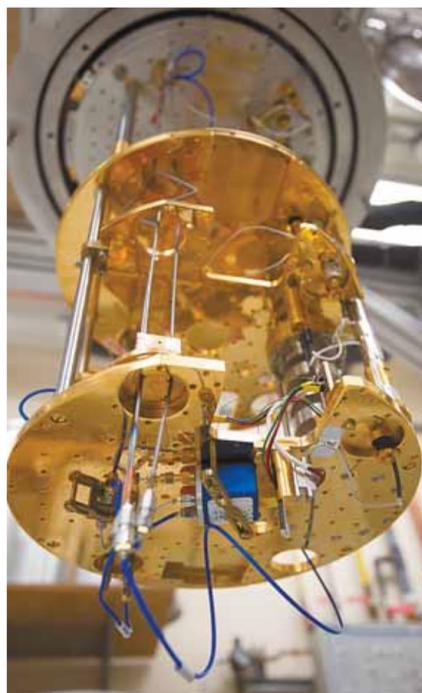
Des appareils mécaniques et électroniques sont branchés à un cylindre suspendu par un échafaudage. À l'intérieur de celui-ci, des dispositifs sont refroidis jusqu'à des températures extrêmes frisant le zéro absolu (environ -273 degrés Celsius) par un réfrigérateur à dilution qui produit un grand vacarme. « Dans un laboratoire comme ici, on sort l'artillerie lourde », lance dans le sous-sol du pavillon des sciences de l'Université de Sherbrooke Michel Pioro-Ladrière, professeur de physique et directeur adjoint de l'Institut quantique. L'objectif ultime : faire passer l'ordinateur quantique de la théorie à la réalité.

C'est le grand rêve de l'informatique moderne : créer un appareil avec une puissance de calcul incomparable à celle des ordinateurs d'aujourd'hui en domptant la physique quantique. Car les lois de la physique à l'échelle de l'infiniment petit se révèlent déroutantes : un même électron peut notamment exister dans plusieurs états à la fois et se retrouver à plusieurs endroits à la fois. Physiciens et ingénieurs collaborent ici pour tirer profit de ces propriétés au bénéfice de l'informatique.

Du bit au qubit

Dans nos ordinateurs actuels, les transistors bloquent ou laissent passer un courant électrique, ce qui engendre un 0 ou un 1. C'est ce qu'on appelle un bit. Ces signaux sont envoyés un à la suite de l'autre. Or, en s'appuyant sur la physique quantique, il est possible de superposer un 1 et un 0 en même temps. C'est ce qu'on appelle un qubit. « Un ordinateur quantique va faire plusieurs calculs en parallèle », précise Alexandre Blais, directeur de l'Institut quantique, en vulgarisant dans son bureau les bases théoriques de cet ambitieux projet à l'aide d'un crayon et d'un tableau. « Pour être capable de simuler un ordinateur quantique de 300 qubits avec un ordinateur classique, il faudrait prendre chaque atome de l'univers visible et déclarer que c'est un transistor. Et on n'en aurait même pas assez. »

Alexandre Blais montre un processeur quantique de forme circulaire, en saphir et en aluminium, de 4 qubits. Sa conception découle d'une théorie qu'il avait développée avec une équipe en 2004, durant ses études postdoctorales à l'Université Yale. Son design permet d'échan-



Vue de l'intérieur du cylindre Gradfairs 4

ger des informations entre des qubits sur un centimètre, une distance « gigantesque ». « Il y a une transition de la physique quantique vers la physique classique quand les corps deviennent trop gros. Et trop gros, ce n'est pas grand-chose. Ce qu'on veut faire, c'est combattre cette tendance à la nature de revenir à la physique classique. Pour ça, il faut trouver des trucs, des astuces. »

Des progrès insuffisants

Dans les derniers mois, IBM a annoncé avoir atteint 50 qubits, tandis que Google a évoqué un prototype de 72 qubits. Mais c'est encore loin d'être suffisant pour parler d'un ordinateur quantique ou pour supplanter la puissance des appareils actuels, souligne Alexandre Blais. Il ajoute que dans les manipulations quantiques,

une erreur entre un 0 et un 1 survient encore environ une fois sur cent. « Ce n'est pas acceptable. On ne peut pas faire un ordinateur qui fonctionne comme ça. »

De plus, les qubits demeurent fragiles : ils peuvent être maintenus dans leur état quantique sous des températures extrêmement froides, un champ magnétique puissant et à l'abri de tout bruit durant à peine 100 microsecondes. Même si Alexandre Blais assure qu'on peut faire beaucoup dans ce court laps de temps, il considère qu'« il faut améliorer ça ».

« Il y a beaucoup de défis d'ingénierie, mais à la base, il reste aussi beaucoup de recherche fondamentale pour trouver de meilleures façons », signale-t-il. L'équipe de l'Institut quantique continue de plancher sur des calculs et de nouveaux designs de circuits, tout en simulant des modèles à l'aide du superordinateur Mammoth, situé sur le campus.

« Nos montages sont faits pour contrôler quelques qubits et, à l'Institut, on a des projets pour faire des montages qui seront capables d'en contrôler beaucoup plus », souligne Michel Pioro-Ladrière au sujet des expérimentations dans les laboratoires. « À force d'avoir de plus en plus de qubits, on va peut-être découvrir des choses inattendues. Sur papier, il n'y a rien qui empêche l'ordinateur quantique. À ce stade-ci, avec quelques qubits, tout fonctionne selon les règles du jeu. Il est possible que cela change en court de route. Si ça ne fonctionne pas, c'est parce qu'il y a quelque chose qui est fondamentalement faux avec la mécanique quantique et on va faire des découvertes fondamentales. D'un point de vue scientifique, c'est capital. Et si ça fonctionne, tant mieux, on va se rendre à l'ordinateur quantique. »

La course à la sécurité

La sécurité constitue l'une des raisons pour lesquelles Alexandre Blais juge important que le Québec et le Canada demeurent dans la course à la conception de l'ordinateur quantique. Si d'autres pays en détenaient un, ils pourraient facilement briser la cryptographie protégeant nos communications numériques. En revanche, le posséder fournirait la solution pour sécuriser nos informations contre des appareils aussi puissants.

Mais l'informatique quantique ouvre davantage d'horizons. Sa puissance pourrait notamment résoudre des problèmes complexes d'optimisation, comme ceux dans la gestion d'une

Un nouveau pavillon

L'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke possédera bientôt son propre pavillon. Pour sa construction, il a reçu en janvier dernier un financement de 13 millions octroyé par le gouvernement du Québec et le Fonds canadien de l'innovation (FCI). Cette somme s'ajoute aux 33,5 millions sur sept ans accordés à l'Institut quantique en 2015 par le gouvernement fédéral à travers le Fonds d'excellence en recherche Apogée. Alexandre Blais espère toujours une entrée d'argent supplémentaire pour concrétiser le pavillon qu'il a en tête. Ce dernier posséderait des plateformes ouvertes, soit des laboratoires, notamment avec des installations pour effectuer des expériences à très basse température, qui seront accessibles pour plusieurs chercheurs, collaborateurs et partenaires. « En ce moment, on est dans un vieux bâtiment avec une vieille façon de faire de la recherche, souligne Michel Pioro-Ladrière. On veut démocratiser les laboratoires, les décloisonner. On veut que les théoriciens soient en contact avec les expériences et les expérimentateurs en contact avec les théoriciens. » En plus de réunir les physiciens et les ingénieurs en un seul édifice, des espaces communs seront aménagés pour qu'ils se rencontrent plus souvent. « Avec ce bâtiment, on veut vraiment favoriser la collision d'idées, poursuit-il. C'est vraiment important pour qu'émergent de nouvelles façons de faire, de nouvelles approches en technologie quantique auxquelles les gens n'ont pas encore pensé. On est encore à la pointe de l'iceberg. Il y a encore beaucoup de choses à découvrir. »

flotte aérienne commerciale. Il aiderait aussi à simuler... des systèmes quantiques. « Ça semble ennuyeux », admet le physicien, avant de citer des répercussions concrètes, comme dans la synthèse de nouvelles molécules pour des médicaments ou la conception de matériaux supraconducteurs. Et c'est sans compter les utilités dont on ne se doute pas encore. Après tout, l'ENIAC, le premier ordinateur américain dévoilé en 1946, avait été conçu pour calculer des trajectoires balistiques. On connaît la suite.

L'imagerie moléculaire comme un film

L'homme qui voulait voir les électrons danser

PIERRE VALLÉE

Collaboration spéciale

Prenez une molécule simple, comme l'acétylène (C₂H₂) dont la structure est linéaire (H-C-C-H). Excitez cette molécule en lui faisant absorber de l'énergie, soit des photons. Cela provoque une réaction chimique et la molécule perd sa structure linéaire et adopte plutôt une structure triangulaire, ce qui transforme la molécule d'acétylène en une molécule de vinylidène. Imaginons maintenant que cette réaction chimique a pu être filmée. Truc de prestidigitateur ?

Eh bien non, il s'agit d'une expérience réussie par François Légaré, chercheur et professeur au Centre Energie Matériaux Télécommunications de l'INRS. L'expérience sur la molécule d'acétylène a été réalisée dans le Laboratoire de sources femtosecondes (Advanced Laser Light Source ou ALLS) du centre situé à Varennes.

« Nous avons réussi à filmer le bris et la formation de liaisons chimiques induites par des photons », explique François Légaré, dont l'un des

Et pourquoi filmer les électrons et les noyaux ? « Parce que cela va permettre d'augmenter notre capacité à mieux comprendre le fonctionnement des réactions chimiques », souligne-t-il.

Difficultés technologiques

Mais filmer une réaction chimique à la hauteur des électrons et des noyaux pose une série de défis technologiques. D'abord, nous sommes ici dans le monde de l'ultra-petit et surtout de l'ultra-rapide. Par exemple, l'électron d'un atome d'hydrogène peut faire le tour complet de l'atome en 152 attosecondes. Rappelons qu'une attoseconde est un milliardième d'un milliardième de seconde, soit 10⁻¹⁸ seconde. « Pour pouvoir saisir et filmer une réaction chimique qui se déroule dans des durées aussi courtes, explique François Légaré, il faut être en mesure de pouvoir produire et émettre des pulsations lumineuses, ou flashes, de durées similaires. »

Et pour compliquer la chose, l'émission d'une seule pulsation lumineuse ne suffit pas, il faut être en mesure d'en

revenir à son état fondamental, il doit émettre un photon de la même longueur d'onde que celui absorbé. C'est l'émission spontanée.

L'émission stimulée se produit lorsqu'un atome excité reçoit un photon dont la longueur d'onde aurait permis de l'exciter s'il avait été dans son état fondamental ; ce photon peut alors déclencher une sorte de désexcitation de l'atome. L'atome va alors émettre un second photon, de même longueur d'onde que celui qu'il a reçu, mais dans la direction et la même phase que le premier. L'atome excité devient alors une sorte de photocopieuse à photons.

Un laser comprend essentiellement trois principaux éléments : une source d'énergie, un milieu amplificateur, c'est-à-dire une cavité dans laquelle se trouvent les atomes à exciter, et un jeu optique, des miroirs, qui permet des allers-retours de la lumière dans le milieu à exciter. En résulte l'émission d'un rayon lumineux composé de photons qui sont de même nature et qui vont dans le même sens.

Pour arriver à fabriquer un laser capable d'émettre un rayon à pulsation courte, François Légaré et son équipe se sont servis d'un laser de table qu'ils ont ensuite transformé, d'abord en adoptant un autre mode et milieu d'amplification et en modifiant le jeu optique. « Cela nous a permis de mettre en place un laser qui émet des pulsations lumineuses de l'ordre de la femtoseconde », précise François Légaré, la femtoseconde étant le degré qui précède l'attoseconde.

Few-cycle inc.

Le laser développé par François Légaré a non seulement permis à ce dernier de réaliser ses expériences d'imageries moléculaires, mais il a aussi fait des petits. En effet, un ancien associé de recherche, Bruno Schmidt, a fondé une entreprise, few-cycle inc., afin de commercialiser ce type de laser.

« Lorsque l'on va dans un laboratoire étranger, par exemple, en Allemagne, l'on constate qu'un fort pourcentage des instruments est d'origine alle-

mande. Par contre, dans nos laboratoires, la majorité des instruments est importée. Pourquoi ne pas commercialiser nos propres inventions ? C'est ce que cherche à faire few-cycle. »

La clientèle visée en est une de créneau. « Few-cycle cherche à vendre ce laser à d'autres chercheurs universitaires qui pourraient mettre à profit cet instrument pour leurs propres recherches, précise-t-il. Et cela ne concerne pas que l'imagerie moléculaire ; d'autres disciplines, je pense notamment à celle des matériaux condensés, pourraient s'en servir. »



Vue d'une partie du laboratoire de source femtoseconde de l'INRS

« Nous avons réussi à filmer le bris et la formation de liaisons chimiques induites par des photons. Nous avons réussi parfaitement à déterminer le mouvement et la position des atomes, mais pour ce qui est du déplacement et de la position des électrons, nos résultats sont moins précis. »

champs d'expertise est la photochimie qui porte sur l'interaction entre la lumière et les molécules chimiques. Bien que concluantes, ces expériences, de l'aveu même de François Légaré, ne sont pas entièrement satisfaisantes. « Nous avons réussi parfaitement à déterminer le mouvement et la position des atomes, poursuit-il, mais pour ce qui est du déplacement et de la position des électrons, nos résultats sont moins précis. »

Mais en quoi est-il important de déterminer le déplacement et la position des électrons ? « Parce que les électrons sont la colle des liens chimiques, explique-t-il. Lors d'une réaction chimique, des liens chimiques se brisent et se forment, ce qui implique que les électrons, la colle, se réarrangent aussi. »

émettre deux, et ces deux pulsations doivent être parfaitement synchronisées. « C'est que la première pulsation lumineuse sert à déclencher la réaction chimique, précise-t-il, et la deuxième pulsation lumineuse sert à sonder la réaction chimique. »

Pour réaliser ce haut fait d'armes, François Légaré s'est tourné vers la technologie des lasers. Il existe plusieurs sortes de lasers ayant différentes fonctions, allant de la chirurgie ophtalmologique à la métallurgie en passant par l'épilation. Mais les principes de base demeurent les mêmes.

Le principal principe physique du laser provient de la physique quantique et se nomme l'émission stimulée. Lorsqu'un atome absorbe un photon, il devient excité. Pour

100 MILLIONS D'IDÉES
UQAM

Voir clair dans le rôle de l'eau

Percer les secrets des interactions entre l'eau et les écosystèmes pour mieux conserver le territoire ?

Une idée brillante.