



ROYAL COLLEGE
OF PHYSICIANS AND SURGEONS OF CANADA
COLLÈGE ROYAL
DES MÉDECINS ET CHIRURGIENS DU CANADA

Rapport du Groupe de travail sur l'intelligence artificielle et les nouvelles technologies numériques

Préparé par :

Richard Reznick, MD, FRCSC, FACS, FRCSEd (hon),
FRCSI (hon), FRCS (hon), doyen de la Faculté des sciences
de la santé et directeur général de la Southeastern Ontario
Academic Medical Organization, Université Queen's
Ken Harris, MD, FRCSC, directeur général adjoint et
directeur exécutif, Bureau de l'éducation spécialisée
Tanya Horsley, PhD, MBA, directrice associée,
Unité de recherche
Mohsen Sheikh Hassani, analyste principal des politiques

Avec la collaboration du

Groupe de travail du Conseil sur l'intelligence artificielle
et les nouvelles technologies numériques

Février 2020



Table des matières

Sommaire.....	3
Contexte.....	8
Le groupe de travail.....	10
Méthodes.....	13
Constatations et observations.....	14
Intelligence artificielle, apprentissage machine et apprentissage profond.....	14
L'IA en santé est un travail d'équipe.....	15
Considérations relatives aux données.....	17
Nouveaux produits et avancées.....	18
Capacités et limites (« C'est un simple calcul mathématique »).....	19
Vastes répercussions sur la pratique médicale.....	20
Complément de l'équipe médicale.....	23
Changements à la pratique des médecins.....	25
L'IA peut démocratiser les soins de santé.....	26
Aspects éthiques et juridiques.....	27
Une nouvelle compétence fondamentale.....	30
Préparer maintenant l'avenir de l'IA.....	31
Ce rapport n'est que la première étape.....	32
Sommaire des principales constatations et recommandations.....	34
Références.....	37
Annexes	
Annexe A : Glossaire.....	39
Annexe B : Mobilisation des intervenants.....	41
Annexe C : Mandat.....	51

Nous tenons à souligner le travail de Tyler Victor pour sa remarquable coordination des réunions du groupe de travail, ainsi que Jeanie Zeiter pour son soutien à l'élaboration et à la production du rapport final. Nous tenons également à remercier Lorie Boucher pour sa contribution à la rédaction et le Dr Teodor Grantcharov pour ses contributions.

Sommaire

Constitué par une loi spéciale du Parlement canadien en 1929, le Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada est une association de médecins spécialistes vouée à l'établissement de normes de pratiques élevées et à l'assurance de la qualité des soins de santé.

Le Collège royal établit les normes en matière de formation, d'évaluation et de certification des médecins spécialistes et d'agrément des programmes de formation médicale postdoctorale spécialisée. Il appuie également le développement professionnel continu par le biais de son programme de Maintien du certificat et il contribue aux avancées du système de santé et de ses effectifs.

Reconnaissant l'importance des technologies avancées dans les soins de santé, le Conseil du Collège royal a chargé un groupe de travail d'aider la profession médicale au Canada à se préparer aux changements profonds qu'auront l'intelligence artificielle (IA) et les nouvelles technologies numériques sur la formation des résidents et la prestation des soins. Le Groupe de travail sur l'intelligence artificielle et les nouvelles technologies numériques s'est vu confier le mandat de mener des recherches approfondies sur l'état actuel et futur de ces technologies et de recommander au Conseil des façons de relever les défis et de saisir les occasions qu'elles présentent à notre organisation.

Ce groupe de travail reconnaît par ailleurs que l'évolution technologique se poursuivra. Ce rapport ne met pas un terme à nos activités exploratoires. Le Collège royal devra préparer les médecins spécialistes à s'adapter à l'évolution de l'IA et des technologies numériques dans le domaine des soins de santé et leur fournir le soutien requis.

Le groupe de travail comprend des experts de l'IA et des Associés du Collège royal. Il a consulté plusieurs intervenants clés, passé en revue la littérature actuelle, sondé l'opinion d'Associés et de résidents affiliés, interrogé plus de 20 spécialistes du domaine et officiellement mis à contribution des Associés

du Collège royal dotés d'une expertise en IA et en nouvelles technologies numériques.

Les constatations et recommandations du groupe de travail sont présentées ci-dessous. Celles-ci ont été harmonisées avec les objectifs budgétaires jugés raisonnables et les ressources prévues, compte tenu des limites de la portée et de considérations financières.

Impact prévu sur la pratique médicale

Principales constatations :

- L'IA et les nouvelles technologies numériques ne peuvent remplacer la présence, l'intuition, la créativité, le jugement et la compassion d'un médecin.
- La présence de l'IA et des nouvelles technologies numériques sera plus marquée en médecine spécialisée et aidera les équipes de soins de santé à s'acquitter de leurs tâches quotidiennes.
- L'IA et les nouvelles technologies numériques pourraient libérer les médecins de tâches répétitives et leur permettre de se consacrer davantage aux soins aux patients, y compris aux soins de compassion, et d'améliorer la sécurité et la qualité des soins.

Recommandation :

- Que le Comité des spécialités du Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada continue de surveiller régulièrement la situation dans chaque discipline et d'évaluer l'incidence de l'IA et des nouvelles technologies numériques. Le groupe de travail n'a formulé aucune recommandation afin de modifier le nombre et l'effectif de médecins spécialistes en formation au Canada.

Une nouvelle compétence fondamentale

Principale constatation :

- L'IA et les nouvelles technologies numériques deviendront essentielles à la pratique médicale. Pour continuer de répondre aux besoins des patients, les médecins devront posséder des notions de base sur les technologies mises à leur disposition, avoir reçu une excellente formation en mathématiques et en statistiques, et être en mesure de comprendre l'information sur la santé extraite de sources électroniques.

Recommandation :

- Le référentiel CanMEDS devrait comprendre des compétences dans le domaine de la littératie en santé numérique.

Changements à la pratique des médecins

Principales constatations :

- Les transitions de carrière au sein des effectifs médicaux seront plus fréquentes. Il est peu probable que les médecins exercent dans le même secteur tout au long de leur carrière.
- Les médecins devront souvent recevoir une formation et acquérir de nouvelles compétences pour suivre le rythme rapide des changements qu'imposent les nouvelles technologies numériques.

Recommandation :

- Étant donné l'urgence de la situation, créer des processus pour que tous les spécialistes développent de nouvelles compétences ou procèdent aux changements de carrière requis en raison de l'incidence de l'IA et des nouvelles technologies numériques sur la médecine spécialisée.

Nouvelles carrières

Principales constatations :

- De nouveaux rôles et spécialités faisant appel à la technologie feront leur apparition.
- Les répondants au sondage se sont dits très intéressés par ce domaine de travail, à titre de pionniers, d'innovateurs ou de participants à un programme dans une nouvelle spécialité axée sur la technologie.

Recommandations :

- Envisager de créer une nouvelle discipline en informatique médicale.
- De concert avec les écoles de médecine canadiennes, promouvoir l'IA, les programmes MD-PhD et de cliniciens-chercheurs axés sur la technologie numérique afin d'offrir des possibilités de formation dans ce domaine et de former un groupe d'« innovateurs cliniques » en technologies de l'IA en soins de santé.

L'IA en santé est un travail d'équipe

Principales constatations :

- Les outils d'IA en médecine sont développés de concert avec des équipes composées de membres d'équipes de soins de santé et de spécialistes qui contribuent au développement des systèmes d'IA, comme des informaticiens, des ingénieurs, des mathématiciens et des professionnels d'autres disciplines technologiques.
- La majorité des Associés et des résidents affiliés du Collège royal qui ont répondu à un sondage sont en faveur de l'adoption des technologies de l'IA et aimeraient jouer un rôle accru dans le développement, l'amélioration, la validation et le déploiement des technologies de l'IA dans le futur.

Recommandation :

- Jouer un rôle actif afin d'aider les Associés et les résidents affiliés à cocréer, améliorer, valider et déployer les technologies de l'IA.

Nouveaux produits et avancées

Principales constatations :

- On approuve de plus en plus le recours aux technologies de l'IA en contexte médical. Ces technologies – et celles qui sont en cours d'élaboration – pourraient contribuer considérablement au diagnostic, à la prise de décisions cliniques, à la formation, au dépistage et à la prévention précoces, aux traitements et à la médecine personnalisée.
- Les médecins et autres membres des effectifs médicaux doivent être au fait des avancées dans ces domaines et comprendre les capacités, les limites et les risques de l'IA et des nouvelles technologies numériques en médecine.

Recommandation :

- De concert avec les disciplines individuelles et le Comité des spécialités, établir des lignes directrices et des principes afin d'incorporer l'enseignement sur l'IA et les nouvelles technologies numériques à tous les programmes de formation des résidents et d'en faire une composante du développement professionnel continu (DPC) des Associés actuels.

Complément de l'équipe médicale

Principales constatations :

- L'IA et les nouvelles technologies numériques feront « partie intégrante » des équipes de soins de santé en les aidant à s'acquitter de leurs tâches quotidiennes.
- Les équipes de soins de santé seront de plus en plus multidisciplinaires. Leurs membres auront divers antécédents professionnels, y compris en ingénierie, en robotique et en science des données.

Recommandation :

- Promouvoir la création de nouvelles possibilités d'aider les Associés et les résidents affiliés à collaborer avec des innovateurs des secteurs public, sans but lucratif et privé afin de cocréer, d'améliorer, de valider et de déployer l'IA et les nouvelles technologies numériques, et à tenir compte des possibilités de conflits d'intérêts.

L'IA peut démocratiser les soins de santé

Principales constatations :

- Étant donné que les patients auront de plus en plus accès aux données sur la santé, y compris à celles qui les concernent, l'IA et les technologies numériques pourront améliorer la relation médecin-patient en créant un partenariat centré sur les données favorable à une approche centrée sur le patient.
- Les médecins devront de plus en plus s'approprier leurs nouveaux rôles en tant que guides auprès des patients, devenus de plus en plus autonomes.
- Même si elle peut démocratiser les soins de santé, l'IA pourrait accentuer le « fossé numérique » des populations marginalisées, sous-représentées depuis nombre d'années et d'autres populations mal desservies si l'IA n'est pas déployée de manière responsable, et surveillée.

Recommandation :

- Mettre en place des mécanismes d'inclusion des diverses perspectives des patients dans l'ensemble du processus décisionnel en IA.

Considérations éthiques et juridiques

Principales constatations :

- La gouvernance actuelle (politiques, aspects juridiques et éthiques) de l'IA peut ne pas appuyer l'intégration de cette dernière dans les systèmes de soins de santé ou assurer la protection des renseignements personnels, la qualité et la sécurité, et éviter la discrimination à l'égard des populations mal desservies depuis nombre d'années.
- Il convient d'établir de nouveaux cadres réglementaires qui soulignent la prise en compte rapide d'aspects juridiques et éthiques, comme l'explicabilité et la transparence, la prévention de la subjectivité et de la discrimination, les considérations relatives aux données, la protection des renseignements personnels, la sécurité et la responsabilité.

Recommandation :

- Collaborer avec les organisations partenaires afin de créer, de sélectionner et de diffuser des offres de formation sur la protection des renseignements personnels, la discrimination, la sécurité et d'autres préoccupations d'ordre éthique et juridique découlant de l'intégration de l'IA dans les systèmes de soins de santé.

Responsabilité sociale

Principales constatations :

- On prévoit que l'intégration de l'IA dans les soins de santé les rendra plus efficaces et efficaces, et permettra d'obtenir de meilleurs résultats pour les patients.
- Par contre, les données actuelles sur la santé n'incluent pas toujours toutes les populations de patients.
- L'intégration de l'IA dans les soins de santé risque donc de compromettre la sécurité et la qualité des soins offerts aux populations mal desservies depuis nombre d'années, ou de leur retirer les avantages escomptés de l'IA, ou les deux.

Recommandation :

- Promouvoir, favoriser et offrir des activités d'érudition, de la formation et d'autres formes de soutien pour permettre aux médecins de mieux connaître l'incidence des technologies de l'IA sur la justice sociale.

Considérations institutionnelles**Principales constatations :**

- Le Collège royal est une organisation riche en données qui produit et recueille une grande quantité de données grâce à ses divers programmes (agrément, examens, développement professionnel continu (DPC), maintien du certificat (MDC)).
- On s'attend à ce que l'approche par compétences en formation médicale augmente le volume de données. L'incidence sur les normes de formation et les examens sera considérable.

Recommandation :

- Former un groupe de travail afin de déterminer la meilleure façon d'utiliser l'IA pour appuyer des composantes des activités du Collège royal, et plus particulièrement son rôle en tant que responsable des examens. Ce groupe devrait aussi évaluer comment l'IA pourrait améliorer l'analyse des données recueillies par l'organisation, et examiner les enjeux relatifs à la gouvernance et à la propriété des données.

Surveillance et suivi des avancées de l'IA**Principale constatation :**

- L'évolution rapide de l'IA et des nouvelles technologies numériques exigera des mesures d'adaptation et un suivi constant de la part du Collège royal.

Recommandation :

- Élaborer une stratégie de développement et de suivi continu, compte tenu de la nécessité de formuler d'autres recommandations dans le domaine de l'IA et des nouvelles technologies numériques.



Contexte

Contexte

Les avancées de l'IA et des nouvelles technologies numériques ainsi que leur utilisation en médecine et en soins de santé sont de plus en plus évidentes. Nombreux sont ceux qui prédisent que la médecine spécialisée risque de faire l'objet de changements profonds et qu'aucun domaine de la médecine n'échappera à la transformation radicale associée à ces technologies. Même si le rythme et le moment de ces changements à la pratique font encore l'objet de débats, dans la plupart des cas, on convient qu'ils auront lieu bientôt.

En raison de ces effets attendus, le Conseil a demandé à un groupe de travail d'examiner l'influence actuelle et future de l'IA et des nouvelles technologies numériques sur la médecine spécialisée au Canada, et de lui présenter des recommandations sur l'incidence qu'elles auront sur le rôle du Collège royal, qui supervise les normes et l'exercice de la médecine spécialisée au Canada.

Activités du Collège royal

Lorsqu'il a été constitué par charte royale en 1929, le Collège royal ne reconnaissait que deux spécialités, la médecine et la chirurgie. Aujourd'hui, il reconnaît 67 disciplines qui englobent toutes les spécialités médicales, chirurgicales et de la médecine de laboratoire. La portée et le contenu de ces disciplines continuent d'évoluer.

Le Collège royal établit les normes de la formation médicale postdoctorale, évalue les compétences des

diplômés des programmes de résidence et accorde l'agrément aux divers programmes de formation offerts dans les 17 écoles de médecine au Canada. Des aspects du développement professionnel continu et du maintien de la compétence relèvent également du mandat du Collège royal. Pour en savoir plus, consultez le site Web du Collège royal : www.collegeroyal.ca.

Rôle du Groupe de travail sur l'intelligence artificielle et les nouvelles technologies numériques

Le Conseil du Collège royal a chargé le Groupe de travail sur l'intelligence artificielle et les nouvelles technologies numériques d'étudier les répercussions de l'IA et des nouvelles technologies numériques sur la formation des futurs médecins spécialistes, la pratique et le développement professionnel des médecins actuels, et de formuler des recommandations pour atténuer ces répercussions.

Terminologie

Aux fins du groupe de travail et de ce rapport, l'expression « IA et nouvelles technologies numériques » fait référence aux technologies qui touchent aussi à la médecine, dont l'apprentissage machine, la réalité augmentée, la réalité virtuelle, les applications sur la santé, les technologies omiques, la médecine de précision, la robotique, l'impression 3D, la vision artificielle et la médecine intelligente. Les définitions d'autres termes utilisés dans le rapport se trouvent à l'Annexe A.

Vision du Collège royal

Le leader mondial en formation médicale et soins spécialisés

Mission du Collège royal

Être au service des patients, des diverses populations et de nos Associés en établissant les normes de la formation médicale spécialisée et de l'apprentissage à vie, et en assurant l'avancement de la pratique professionnelle et des soins de santé

Responsabilités et pouvoirs

Le groupe de travail relève du Conseil et doit :

- préparer et formuler des recommandations qui éclaireront le Conseil, les comités permanents et la direction du Collège royal concernant l'impact de l'IA et des nouvelles technologies numériques sur la formation des futurs médecins spécialistes;
- tirer des leçons d'autres secteurs qui intégreront à court terme l'IA au secteur de la santé;
- explorer et définir les innovations qui influenceront la formation médicale spécialisée;
- définir les approches, les partenariats et les sources de données qui assurent la surveillance continue des avancées en intelligence artificielle et évaluer leur incidence sur la formation médicale spécialisée, la formation et la prestation de soins;
- définir des stratégies pour surveiller et évaluer l'influence des nouvelles technologies numériques sur la médecine spécialisée;
- définir et intégrer d'autres activités internes et externes, y compris d'autres groupes de travail, initiatives et organisations qui assurent le développement de stratégies d'intelligence artificielle;
- introduire l'intelligence artificielle dans d'autres volets du plan stratégique.

Aux fins du groupe de travail et de ce rapport, l'expression « IA et nouvelles technologies numériques » fait référence aux technologies qui touchent aussi à la médecine.

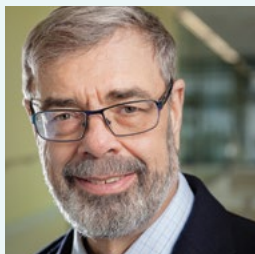
Livrables

Ce rapport est le principal livrable du groupe de travail. Après la remise de ce rapport au Conseil, les recommandations seront examinées et mises en pratique comme il convient par la direction et le personnel du Collège royal.

Le groupe de travail reconnaît par ailleurs que l'évolution technologique se poursuivra. Ce rapport ne met pas un terme à nos activités exploratoires. Le Collège royal devra préparer les médecins spécialistes à s'adapter à l'évolution de l'IA et des technologies numériques dans le domaine des soins de santé et leur fournir le soutien requis.



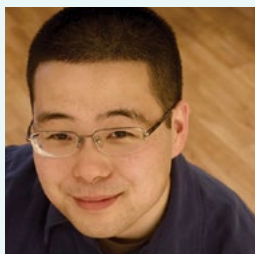
Le groupe de travail



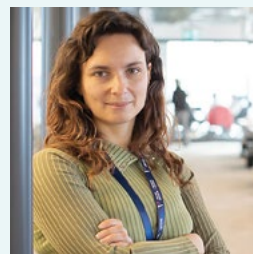
Dr Richard Reznick (président)
Doyen, Faculté des sciences de la santé, Université Queen's.
Directeur général, Southeastern Ontario Academic Medical Organization



Colleen Flood, PhD
Professeure, Faculté de droit, Université d'Ottawa. Titulaire de la chaire en droit et politique de la santé. Directrice, Centre de droit, politique et éthique de la santé, Université d'Ottawa



Dr Jaron Chong
Professeur adjoint,
Département de radiologie,
Université McGill



Anna Goldenberg, PhD
Professeure adjointe, Département d'informatique, Université de Toronto. Chercheuse, Genetics & Genome Biology Lab, SickKids Research Institute



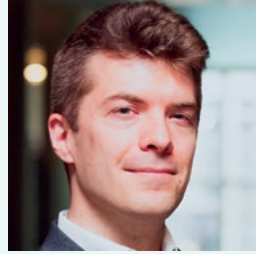
Khaled El Emam, PhD
Professeur, Département de pédiatrie, Université d'Ottawa.
Chef de la direction, Privacy Analytics



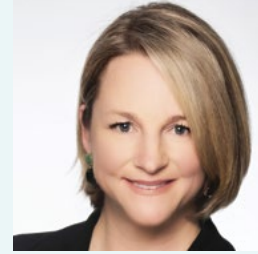
Dr Daniel Hashimoto
Résident en chirurgie générale et directeur associé, Research, Surgical Artificial Intelligence and Innovation Laboratory, Massachusetts General Hospital



Dr Brian Hodges
 Professeur, Département de psychiatrie, Université de Toronto. Vice-président, Éducation, et médecin en chef, Réseau de santé universitaire



Frank Rudzicz, PhD
 Professeur agrégé, Département d'informatique, Université de Toronto. Vice-président, Stratégie et Partenariats en matière de santé, Institut Vecteur. Cofondateur, Winterlight Labs



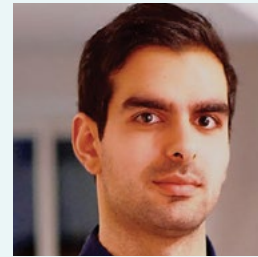
Tanya Horsley, PhD
 Directrice associée, Recherche, Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada, professeure auxiliaire, École d'épidémiologie et de santé publique, Université d'Ottawa



Dr Joon Lee
 Professeur agrégé, Cumming School of Medicine, Université de Calgary



Osmar Zaiane, PhD
 Professeur, Département d'informatique, Université de l'Alberta. Directeur scientifique, Amii



Mohsen Sheikh Hassani
 Analyste principal des politiques, Unité de la recherche, Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada



Alison Paprica, PhD
 Vice-présidente, Stratégie et partenariats en matière de santé, Institut Vecteur. Professeure adjointe, Institut des politiques, de la gestion et de l'évaluation de la santé, Université de Toronto



Dr Ken Harris
 Directeur exécutif, Bureau de l'éducation spécialisée, et directeur général adjoint, Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada



This inscription was presented to
The Royal College of Physicians and Surgeons
of Canada
by
Dr. William H. FROSTMAN, D.M., M.D., F.R.C.P.
40th President of the College (June 2012)
and his wife, Tracy
10th of November 2010.
"May this hall call forth in us the very best
in the service of our College"

Council Room
Salle du Conseil
290

Méthodes

Le groupe a utilisé diverses méthodes pour remplir son mandat :

Revue de littérature : Le groupe de travail a analysé en profondeur plus de 20 rapports et articles publiés sur l'IA et les nouvelles technologies numériques dans les soins de santé et effectue un suivi continu des nouveaux documents et articles dans ce domaine. Cette collection de documents constitue une riche base d'informations pour les discussions et donne un aperçu des perceptions et des points de vue d'autres organisations sur l'IA.

Réunions en personne et téléconférences :

Les membres du groupe de travail ont tenu cinq réunions en personne et sept téléconférences. L'équipe de l'Unité de la recherche a fait part de ses constatations au groupe de travail aux fins de discussion. Les membres du groupe de travail, des cadres du Collège royal, des membres invités du Comité de l'éthique du Collège royal, des Associés et des résidents affiliés désignés à titre d'utilisateurs précoces (aussi appelés « pionniers ») et des experts de l'IA se sont réunis afin d'évaluer les constatations préliminaires et les recommandations du groupe de travail. Les membres du groupe de travail ont ensuite discuté des commentaires reçus et les ont incorporés à ce rapport (Annexe B, section 4).

Méthode Delphi : Le groupe de travail s'est inspiré de cette technique de communication structurée pour arriver à un consensus sur le projet de recommandations.

Entrevues : Le groupe de travail a eu recours à une approche multisources pour trouver 21 experts internationaux en IA et en nouvelles technologies numériques pour réaliser des entrevues. Celles-ci ont été enregistrées, transcrites et analysées à l'aide

d'un processus continu de codage de contenus. Deux réviseurs indépendants ont dégagé les thèmes ressortis des entrevues (Annexe B, section 1).

Sondages : Des Associés du Collège royal ont répondu à un sondage ayant pour but de connaître leurs points de vue sur divers sujets, y compris leur connaissance de l'IA, leur intérêt à l'égard de l'IA et leur volonté d'en apprendre davantage à son sujet. L'analyse de leurs réponses a fait ressortir des lacunes et des possibilités pédagogiques et institutionnelles (Annexe B, section 2 de la version intégrale du sondage envoyé aux Associés). Les résidents affiliés du Collège royal ont reçu un sondage similaire, qui a été adapté afin de signaler au groupe de travail les lacunes relevées dans les programmes d'études; les résultats de ce sondage ont inspiré bon nombre des constatations et des recommandations (Annexe B, section 3 de la version intégrale du sondage envoyé aux résidents affiliés). Les membres du groupe de travail ont aussi participé à plusieurs sondages afin d'éclairer les recommandations et d'en établir la priorité.

Participation des intervenants : Afin de valider les données et d'enrichir les discussions du groupe de travail, plusieurs stratégies de participation ont donné aux membres du groupe de travail l'occasion d'échanger avec les principaux intervenants de ce rapport (Annexe B).

Examen exploratoire : En guise de complément aux travaux du groupe de travail, des activités sont en cours afin de créer un protocole d'examen exploratoire sur l'IA et la médecine spécialisée. Cet examen permettra de corriger les lacunes relevées dans la littérature et pourrait fournir des données probantes pour ce rapport et de futures stratégies de suivi (Annexe B, section 5).



Le groupe de travail a eu recours à une approche multisources pour trouver 21 experts internationaux en IA et en nouvelles technologies numériques pour réaliser des entrevues.

Constatations et observations

Intelligence artificielle, apprentissage machine et apprentissage profond

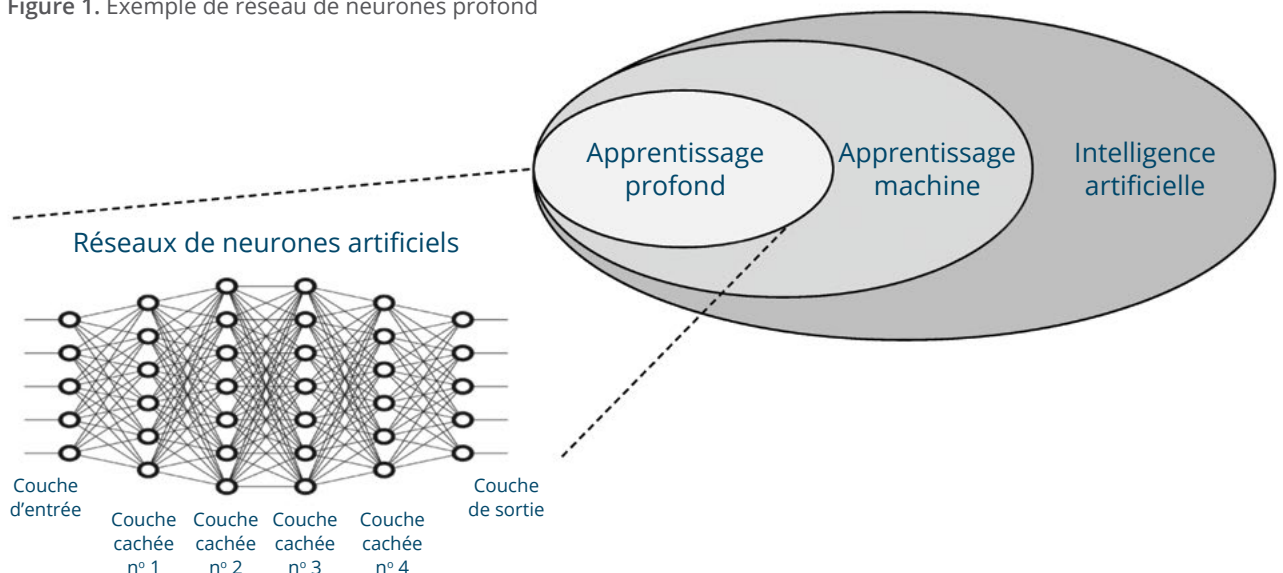
« L'intelligence artificielle (IA) fait référence à des ordinateurs qui peuvent découvrir le monde et s'y adapter, tirer des conclusions sur ce qu'ils voient et ce qu'ils entendent, et comprendre l'information, comme le ferait un humain »¹. Ce faisant, ils reproduisent les modes de compréhension de l'intelligence humaine afin d'exécuter des tâches dont les humains s'acquittent normalement. Ces tâches sont programmées par des experts humains qui codifient des règles explicites permettant aux systèmes d'IA d'exécuter des tâches précises.

Une composante importante de l'IA est l'apprentissage machine, un processus d'apprentissage qui permet à des ordinateurs de reconnaître des schémas de données directement à partir des exemples fournis et d'améliorer leur efficacité à l'aide de divers algorithmes de reconnaissance de formes. Les algorithmes de l'apprentissage machine dégagent les tendances dans les données afin de créer et de peaufiner des modèles de prédiction convenant à ces données, mais pouvant aussi s'appliquer aux données futures. Au nombre des algorithmes de l'apprentissage machine figurent les réseaux de neurones artificiels (RNA) (algorithmes inspirés du fonctionnement du cerveau humain), les arbres de décision (diagrammes arboriformes calculés automatiquement et servant d'outil d'aide à la décision) et les machines à vecteurs de support (algorithmes permettant de découvrir les marges ou hyperplans séparant les classes de données).

L'algorithme le plus abordé dans la littérature actuelle est le réseau de neurones artificiels. Ce type de réseau est inspiré de la connectivité cérébrale. Il comporte une couche d'entrée, des couches cachées et une couche de sortie. Chaque couche comprend plusieurs neurones ou « nœuds », et les nœuds des couches adjacentes sont interconnectés. Un poids leur est aussi associé, lequel indique l'importance relative des informations provenant de chaque nœud (voir la figure 1). Au début, les poids sont attribués de façon aléatoire, mais à mesure que l'algorithme d'apprentissage est alimenté en données, il détermine quels nœuds sont les plus importants et ajuste les poids en conséquence afin d'optimiser l'exactitude des prévisions.

L'augmentation considérable de la portée des calculs, conjuguée aux innovations en matière d'algorithmes et à la disponibilité de données importantes, a alimenté l'essor de l'apprentissage profond, un type de réseau de neurones artificiels comprenant plusieurs couches cachées². L'ajout de telles couches permet d'analyser des liens plus complexes, et le processus d'apprentissage peut être supervisé ou non supervisé. L'apprentissage profond est l'algorithme de l'apprentissage machine le plus fréquemment utilisé dans les applications médicales, et celui qui a connu le plus de succès jusqu'à présent. L'apprentissage profond est la technologie de base qui stimule la résurgence de l'IA aujourd'hui. Il est toutefois important de souligner qu'il s'agit d'un paradigme de l'apprentissage machine, lui-même un sous-domaine de l'intelligence artificielle.

Figure 1. Exemple de réseau de neurones profond



Le processus d'apprentissage d'un ordinateur est conçu pour reproduire celui du cerveau humain. Cet appareil comporte toutefois une différence fondamentale : sa perception de l'information. À titre d'exemple, un ordinateur ne discerne pas une image de la même façon que l'œil humain, puisqu'il a besoin que cette image soit traduite en données numériques avant de pouvoir l'analyser. Une fois l'image sous forme numérique, l'ordinateur peut utiliser des algorithmes de reconnaissance de formes conçus par l'homme pour déceler des tendances dans les données.

La définition des tendances dans les données permet à l'ordinateur de créer un modèle qui prédit les liens entre une cause et un événement (entrée et sortie). Un être humain ne sera pas toujours en mesure d'interpréter le modèle de prédiction. L'ordinateur peut ensuite se servir de ce modèle pour de nouvelles données auxquelles il n'a pas déjà été exposé. Cette logique représente le processus général d'apprentissage machine supervisé, et tout système qui utilise un tel processus pour exécuter des tâches et qui met continuellement à jour son algorithme d'apprentissage peut être qualifié de système d'IA.

L'IA en santé est un travail d'équipe

Comme le mentionne le Dr Eric Topol dans son article de 2019 intitulé « High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence », publié dans la revue *Nature Medicine*³, la production de données en quantités massives, grâce à des sources telles que l'imagerie médicale à haute résolution, les biocapteurs produisant continuellement des mesures physiologiques, le séquençage génomique et les dossiers médicaux électroniques, signifie que nous avons clairement dépassé les limites des analyses pouvant être réalisées par l'homme seul. Nous devons donc nous fier davantage aux machines; or, comme le souligne le Dr Topol, « l'intégration de l'IA en médecine en complément à l'intervention humaine a à peine commencé ».

L'application précoce de l'IA en médecine, notamment pour prédire la mortalité à l'urgence et interpréter des images médicales grâce à la vision artificielle, met l'accent sur les données facilement accessibles, même si les médecins, patients ou autres intervenants n'ont pas besoin de la solution d'IA ou n'en veulent pas. Plus récemment, des médecins et d'autres intervenants du système de santé ont commencé à participer au processus dès le début, au moment où le problème à régler avec l'aide de l'IA est relevé. Une feuille de route utile décrivant les étapes à suivre pour mobiliser les intervenants est présentée dans l'article « Do no harm: a roadmap for responsible machine learning for health care »⁴. Comme pour toutes les

interventions médicales, les interventions menées à l'aide de l'IA devront aussi être soigneusement validées par des utilisateurs compétents avant d'être diffusées pour une mise en œuvre généralisée⁵. En traitant l'IA en santé comme un travail d'équipe, on est beaucoup plus susceptible d'en maximiser l'utilité, la fiabilité et l'impact et, par le fait même, d'ajouter un élément essentiel aux soins aux patients plutôt que de seulement les améliorer de façon négligeable.

Dire que l'IA en santé est un travail d'équipe ne sous-entend PAS que tous les médecins doivent apprendre à encoder et à concevoir des modèles d'IA. Les médecins ont toutefois une occasion en or de contribuer de façon importante à la conception, à l'amélioration, à la validation et à la diffusion conjointes des technologies de l'IA utilisées dans les applications médicales.

Conformément à la théorie sur la diffusion des innovations⁶, les médecins peuvent et devraient jouer de multiples rôles dans le développement et la diffusion de technologies de l'IA. Les rôles envisagés par le groupe de travail sont présentés au tableau 1.

D'après les résultats de notre sondage sur la mobilisation, la position des répondants à l'égard de l'IA est généralement positive. Les Associés et les résidents affiliés souhaitent tous deux participer au processus d'innovation dès le début.

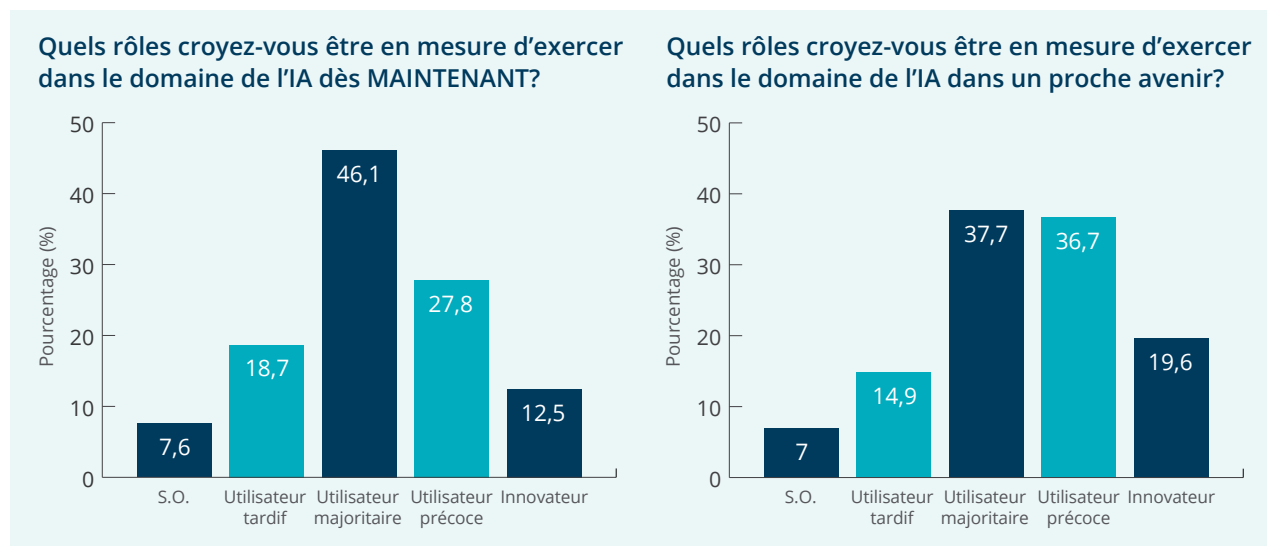
Résultats du sondage :

- La plupart des Associés ayant répondu au sondage envisagent d'adopter l'IA maintenant et à l'avenir.
- Moins de 20 % des Associés ayant répondu au sondage se voient comme (ou veulent être) des « utilisateurs tardifs ».
- Les Associés veulent contribuer plus tôt au processus d'innovation; par exemple, de nombreux « utilisateurs précoces » (pionniers) veulent devenir des innovateurs, tandis que beaucoup d'« utilisateurs majoritaires » souhaitent participer davantage et devenir des « utilisateurs précoces » (voir la figure 2).
- Les résidents affiliés ayant répondu au sondage ont une attitude encore plus positive que les Associés envers l'IA, 90 % d'entre eux ayant indiqué qu'ils veulent être des innovateurs, des utilisateurs précoces ou des utilisateurs majoritaires (en proportions presque égales).
- Les Associés et les résidents affiliés ne comprennent pas bien l'utilisation de l'IA en médecine et appuient fortement le rôle que joue le Collège royal en offrant de la formation sur l'IA.

Tableau 1. Rôles des médecins et besoin et activités connexes

Rôle	Besoins et activités
<p>Innovateur Médecins qui développent ou développent conjointement des technologies de l'IA</p>	<p>Besoins des innovateurs</p> <ul style="list-style-type: none"> occasions de mettre à profit leurs intérêts entrepreneuriaux pour mettre au point de nouvelles technologies et (s'il y a lieu) partager les profits; occasions de renforcer leurs compétences en informatique et de travailler directement avec des informaticiens sur des travaux scientifiques de pointe visant à évaluer la capacité de l'IA à combler les lacunes et saisir les occasions importantes dans le domaine des soins de santé; possibilité de remettre des ébauches d'innovations à un expert ou à un groupe d'experts qui les peaufineront jusqu'à ce qu'elles soient prêtes à diffuser à grande échelle.
<p>Utilisateur précoce Médecins qui améliorent et valident les technologies de l'IA</p>	<p>Besoins des utilisateurs précoces</p> <ul style="list-style-type: none"> assurance que la technologie qu'ils mettent à l'essai est sécuritaire; renseignements au sujet des pratiques exemplaires et des normes concernant la mise à l'essai et l'amélioration des interventions (p. ex., quand et comment réaliser un essai silencieux); reconnaissance (et rémunération) du temps et de l'effort consacrés à la mise en application des prototypes d'IA et des idées connexes dans la pratique.
<p>Utilisateur majoritaire Médecins qui utilisent les technologies de l'IA validées</p>	<p>Besoins des utilisateurs majoritaires</p> <ul style="list-style-type: none"> capacité de faire la distinction entre les applications d'IA prometteuses, mais non éprouvées, et les applications validées, prêtes à l'emploi; connaissances suffisantes au sujet de l'IA et des autres technologies numériques émergentes et capacité d'expliquer aux patients comment ils les utilisent dans leur pratique; compétences accrues de métacognition afin d'intégrer les extraits de l'IA à la pratique; occasions de présenter leurs priorités en ce qui concerne le développement de nouvelles technologies afin de s'assurer que le secteur adopte des orientations qui sont utiles pour les médecins plutôt que des « tâches factices » ou des applications qui pourraient dresser les hommes contre les machines.
<p>Utilisateur tardif Médecins qui ne prévoient pas intégrer l'IA à leur pratique</p>	<p>Besoins des utilisateurs tardifs</p> <ul style="list-style-type: none"> liste des collègues à qui ils peuvent confier des patients lorsqu'ils ne possèdent pas suffisamment de connaissances ou d'expérience pour utiliser l'IA et les technologies connexes avec assurance dans leur pratique; possibilité de continuer à pratiquer la médecine de façon traditionnelle.

Figure 2. Les résultats du sondage montrent les rôles que les Associés se jugent aptes à exercer maintenant et à l'avenir



Considérations relatives aux données

Les données sont essentielles à la formation d'algorithmes d'apprentissage machine, et l'accès à un volume important de données de grande qualité est nécessaire à la mise en place d'un système d'IA très performant. Pour former un algorithme, les données sont généralement réparties en trois ensembles :

- un ensemble de données utilisé pour former l'algorithme de telle sorte qu'il puisse créer des règles de prédiction en s'appuyant sur les données annotées avec précision qui sont lui sont fournies;
- un ensemble de données de validation servant à évaluer l'efficacité de l'algorithme formé et à en peaufiner les paramètres;
- un ensemble de données d'essai servant à évaluer l'efficacité de l'algorithme final et à déterminer comment il se comporterait avec de nouvelles données.

Le processus décrit ci-dessus s'appelle *apprentissage supervisé*; il s'agit de l'algorithme le plus couramment utilisé dans les applications médicales⁷. Les données servant à créer l'algorithme doivent être annotées avec précision pour que l'algorithme soit adéquat. Elles doivent aussi être exhaustives afin que l'algorithme soit formé à l'aide de tous les types de données et d'éviter les biais algorithmiques. Cette méthode est principalement utilisée en cas de problème de classification, notamment pour analyser les images rétinienne et faire la distinction entre les rétines des patients diabétiques et non diabétiques. À l'inverse, *l'apprentissage non supervisé* consiste essentiellement à regrouper les données en fonction des tendances détectées. Cette méthode ne requiert pas l'annotation des données.

L'algorithme d'apprentissage machine découvre les tendances dans les données même lorsque ces tendances découlent de biais, de bruits, d'idiosyncrasies ou d'autres sources. Le processus de collecte de données exige donc beaucoup de soin ainsi qu'un certain niveau d'expertise et de connaissance. Le grand problème des ensembles de données médicales disponibles à l'heure actuelle est qu'ils n'ont pas été compilés dans le but d'être utilisés dans le contexte de l'IA. Par conséquent, ils comportent souvent plusieurs lacunes :

- **Données manquantes** : Des renseignements essentiels pouvant contribuer à l'élaboration de l'algorithme ne sont pas toujours consignés, comme les antécédents familiaux d'une maladie.
- **Dépersonnalisation problématique** : Le processus de dépersonnalisation pourrait faire en sorte que la sécurité des patients n'est pas adéquatement protégée ou diminuer l'utilité des données.
- **Mauvaise qualité des données** : Les données peuvent manquer d'uniformité (p. ex., erreurs typographiques, utilisation d'abréviations différentes pour les mêmes termes ou non-consignation du contexte).
- **Biais** : Les données peuvent refléter les différences dans les traitements offerts selon le statut socioéconomique, la race, le sexe ou d'autres caractéristiques⁸.

Pour régler ces problèmes, il convient d'offrir aux effectifs médicaux une formation sur la collecte et l'évaluation des données pouvant servir à concevoir des algorithmes d'IA. Idéalement, toutes les données médicales seraient recueillies dans un seul et même format normalisé et prêt à l'analyse. Pour mettre en

œuvre ce processus, une formation sur les aspects des données qui sont importants pour un système d'IA serait nécessaire.

Les visites virtuelles joueront probablement aussi un rôle important dans la collecte future de données. Comme de plus en plus d'interactions entre médecins et patients sont sur le point d'avoir lieu virtuellement, un volume important de données sur les patients seront recueillies de cette façon. À l'instar des données amassées pendant les visites en personne, les données découlant des visites virtuelles devront être recueillies de façon uniforme pour faciliter le développement de l'IA.

Nouveaux produits et avancées

Le recours à l'IA dans les soins de santé est une question d'actualité; il convient donc de s'y attarder maintenant. En 2014, il n'y avait qu'un seul algorithme approuvé par la FDA tandis qu'en 2018, on en comptait 23⁹. La FDA a approuvé 35 algorithmes d'IA à ce jour, une croissance exponentielle, et il est fort possible que ce nombre ait augmenté au moment où ce rapport sera publié. Reconnaisant l'essor rapide des technologies de l'IA, la FDA a proposé un cadre pour les modifications liées aux logiciels fondés sur l'IA ou l'apprentissage machine qui sont utilisés en tant que dispositifs médicaux. Ce cadre a pour but de faciliter l'amélioration continue de ces dispositifs et, par ricochet, les soins aux patients¹⁰.

De nombreux appareils ont aussi reçu la marque de certification CE en tant que produit médical en Europe. Parmi eux figure la montre Apple, officiellement approuvée par la FDA en septembre 2018 à la suite d'études démontrant sa capacité à détecter la fibrillation auriculaire chez certains patients¹¹. Les technologies médicales fondées sur l'IA sont aujourd'hui une réalité, et nous sommes déjà nombreux à les utiliser sans même le savoir.

Bien qu'ils puissent faciliter la prestation de soins de diverses façons, les dispositifs médicaux basés sur l'IA font plutôt les manchettes en raison de leur grande efficacité dans le processus de prise de décisions cliniques¹². L'un des premiers exemples d'algorithme d'IA très performant était un algorithme d'apprentissage profond capable de détecter la rétinopathie diabétique sur des photographies du fond de la rétine avec une précision de plus de 96 %¹³. La grande efficacité de cet algorithme a entraîné sa mise en application dans les cliniques d'ophtalmologie en Inde. D'autres algorithmes d'IA performants ont été conçus depuis, et beaucoup d'entre eux ont enregistré une efficacité équivalente ou même supérieure à celle des cliniciens¹⁴.

Pour surveiller les progrès rapides de l'IA dans le processus décisionnel clinique, l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) a conçu une base de données¹⁴ comprenant les derniers algorithmes définis. Cette base de données est alimentée et régulièrement mise à jour à l'aide des données d'études sur la prise de décisions cliniques publiées dans divers domaines, comme le cancer du sein, les scintigraphies cardiaques et le cancer de la peau. Selon l'IEEE, le rendement des algorithmes d'IA est équivalent ou supérieur à celui des médecins dans 13 des 17 domaines de prise de décisions cliniques examinés.

L'IA peut être mise à profit dans les catégories fondamentales ci-après à des fins de soins de santé et de recherche.

Diagnostic

Étant capable de traiter d'importantes quantités de données rapidement, l'IA peut assimiler l'ensemble des dossiers et données des patients, tenir compte de centaines de facteurs différents et reconnaître des tendances dans les données des patients que le cerveau humain est incapable de déceler. Ce faisant, l'IA peut trouver des liens de causalité détaillés, que l'homme n'est pas en mesure d'établir dans de nombreux cas. Elle permet donc de poser des diagnostics plus précis, plus rapidement.

Un exemple de la possibilité d'établir un diagnostic à l'aide de l'IA est un système d'IA mis au point par l'Université Stanford (voir le site <https://www.nature.com/articles/nature21056?foxtrotcallback=true>), capable de détecter un cancer de la peau en seulement quelques secondes sur des photos de lésions cutanées téléversées dans une application mobile¹⁵. La précision de l'application permet d'établir des diagnostics équivalents à ceux des dermatologues. Un autre exemple est un algorithme de cardiologie défini par Rajpurkar P. et al¹⁶ en appliquant l'apprentissage profond à 64 121 ECG de 29 163 patients. L'efficacité de ce modèle, capable de détecter 13 formes d'arythmie, était supérieure à celle de six cardiologues.

Prise de décisions et aide à la décision

L'exercice de la médecine et la prise de décisions seront toujours indissociables; la clé d'une bonne décision est de recueillir le plus d'information et de données possible au sujet du cas en question. En étant en mesure d'analyser facilement d'énormes ensembles de données médicales, l'IA peut aider à repérer des renseignements et des faits qui ont un rapport avec la situation et qui seraient dans bien des cas passés inaperçus dans l'océan d'information. De nombreux outils d'IA ont été créés pour analyser

des données et fournir des renseignements et des orientations aux médecins afin de les aider à prendre les meilleures décisions qui soient. Ces outils ont augmenté l'exactitude du processus décisionnel et facilité l'établissement des priorités par le fait même. À titre d'exemple, IBM Watson a développé un système d'IA appelé Watson for Oncology qui recommande des traitements pour les patients atteints d'un cancer en s'appuyant à la fois sur les données des dossiers médicaux des patients et sur des données extraites des lignes directrices et de la littérature médicales¹⁷.

Formation

La réalité virtuelle et la réalité augmentée sont des outils pouvant simuler des environnements cliniques et placer les résidents dans des situations semblables à celles de la vie réelle pour les former et améliorer leurs compétences. Utilisées en combinaison avec l'IA, ces technologies peuvent agir comme un tuteur médical réel¹⁸, en observant chacune des actions du stagiaire et en lui fournissant une rétroaction concrète. Ils imitent ainsi un médecin principal qui forme des stagiaires.

Les exemples de tels outils utilisés pour la formation et la simulation sont nombreux. Par exemple, un fabricant canadien d'appareils médicaux a mis au point un simulateur de formation en réalité virtuelle qui fournit une rétroaction en temps réel sur les interventions chirurgicales de la vie réelle¹⁹. Un autre exemple dans le même domaine est une plateforme de formation chirurgicale et d'évaluation en réalité virtuelle utilisée dans les hôpitaux orthopédiques. Une étude publiée dans le *Journal of the American Medical Association* (JAMA) en août 2019, à laquelle ont participé 50 experts médicaux, a démontré que les simulateurs de réalité virtuelle s'appuyant sur l'apprentissage machine peuvent évaluer avec précision les compétences des neurochirurgiens pendant les séances de chirurgie virtuelle et aider ces spécialistes à parfaire leur expertise en prévision d'interventions en salle d'opération²⁰. Grâce à de telles technologies, la formation nécessite moins de supervision et de ressources (p. ex., salles d'opération et services publics).

Dépistage et prévention précoces

L'analyse d'importants ensembles de données sur les patients, tant propres aux patients que globaux, permettra aux systèmes d'IA de parcourir de nombreux cas d'apparition de maladie, d'examiner l'état des patients avant l'apparition de la maladie et de relever les premiers symptômes de maladie, ce qui pourrait mener au dépistage précoce. La gouvernance des données et la communication d'ensembles de données à l'échelle nationale et internationale, de

concert avec le volume croissant de données issues de dispositifs mobiles et de capteurs, sont des facteurs qui contribuent grandement au dépistage et à la prévention des maladies.

Un exemple de système d'IA prédictif est le système de dépistage précoce des septicémies en cours d'élaboration à l'Université Johns Hopkins. Le système recueille 44 000 jours de données dans les dossiers médicaux électroniques de 7 852 patients pour créer le modèle^{21,22}. Bien qu'il ne soit pas encore prêt, l'outil s'est révélé prometteur pour prévoir les septicémies plusieurs heures avant qu'elles ne se produisent.

Traitement

L'IA jouera un rôle important tout au long du cheminement des futurs patients, de la prévention au diagnostic puis au traitement. En parcourant les données et les dossiers médicaux des patients, l'IA peut faciliter le processus de traitement en aidant les médecins à prendre en charge les maladies et à planifier les plans de traitement. L'IA est actuellement utilisée à des fins de planification des traitements de radiothérapie au Princess Margaret Cancer Centre de Toronto^{23,24}. La planification des traitements de radiothérapie consiste à positionner le corps, à faire des marques sur la peau pour définir les organes critiques et les tumeurs, et à calculer la dose appropriée de radiothérapie à administrer à la tumeur qui minimisera la dose absorbée par les tissus sains et préviendra les lésions aiguës des organes critiques. Ces étapes, qui prenaient au départ plusieurs heures à accomplir, ne prennent maintenant que quelques minutes grâce à l'IA^{25,26}.

L'IA permettra aussi d'améliorer un autre domaine de traitement, la robotique, plus précisément les assistants chirurgicaux robotiques. Bien que ce ne soient pas tous les robots qui aient besoin de l'IA pour fonctionner, les nouvelles générations de robots seront sans doute munies de vision artificielle et offriront probablement une rétroaction en temps réel, ce qui accroîtra la précision et l'exactitude²⁷.

Capacités et limites (« C'est un simple calcul mathématique »)

Comme nous l'avons vu avec l'émergence d'autres technologies, l'engouement et l'enthousiasme du public peuvent conduire à des données trompeuses et à des attentes irréalistes au sujet de l'IA. Il serait donc tout aussi important de comprendre les limites de l'IA que ses capacités.

Bien que l'IA ait acquis une plus grande visibilité au cours des dernières années, il ne s'agit pas

d'un nouveau concept. Son adoption remonte aux années 1950, et nous l'utilisons de diverses façons depuis plusieurs années sans même nous en rendre compte. Récemment, toutefois, la croissance des données disponibles et l'augmentation exponentielle de la puissance de calcul des ordinateurs modernes ont considérablement renforcé l'importance de l'IA. La forme actuelle d'IA est appelée « intelligence étroite », ce qui signifie qu'elle est conçue pour très bien exécuter une seule tâche²⁸. Un système d'IA conçu pour détecter les septicémies à un stade précoce, par exemple, serait incapable de prédire ou détecter l'arythmie cardiaque ni faire quoi que ce soit d'autre que de détecter les septicémies. Les systèmes d'IA ne peuvent créer des connaissances; ils peuvent seulement appliquer les règles qu'ils ont été programmés pour appliquer.

« L'intelligence artificielle n'est de l'intelligence artificielle que jusqu'à ce qu'une masse critique comprenne son fonctionnement. Ce n'est alors qu'un simple programme informatique, rien de plus. »

Daniel Silver, PhD, directeur, Acadia Institute for Data Analytics, Université Acadia²⁹

Pour résumer, les systèmes d'IA peuvent :

- traiter et interpréter des ensembles de données dépassant les capacités du cerveau humain;
- établir des liens complexes entre les données;
- prédire les causes et événements, s'ils sont programmés pour le faire et s'ils disposent de suffisamment de données.

Bien que ces capacités soient bénéfiques et intéressantes, les technologies actuelles de l'IA ne peuvent pas encore :

- créer des renseignements;
- apprendre par eux-mêmes, sans règles et sans être programmés pour réaliser des tâches précises;
- prédire ou détecter des tendances dans les données s'ils ne disposent pas de suffisamment de données valides.

Il sera essentiel de mieux comprendre ces capacités et limites pour pouvoir faire la différence entre les faits et les mythes dans la littérature sur l'IA. Ces connaissances deviendront fondamentales dans la plupart des milieux de travail, mais seront particulièrement importantes pour les médecins et les effectifs médicaux. La disponibilité d'un nombre croissant d'outils de soins de santé basés sur l'IA et la publication de nombreuses études portant

sur les nouvelles approches médicales fondées sur l'IA obligeront les médecins à être au courant des différentes options qui leur sont offertes et à mettre en œuvre celles qui conviennent le mieux en vue d'améliorer la santé de leurs patients. Les médecins devraient aussi être en mesure de faire la distinction entre les études et technologies scientifiques fondées sur des données probantes et celles qui n'ont pas fait l'objet d'un examen scientifique et qui n'aideraient pas les patients ou pourraient même leur nuire. Pour ce faire, les médecins devront avoir une compréhension élémentaire de l'IA et de certains des concepts sous-jacents, ainsi que de solides connaissances en statistiques et en mathématiques.

Vastes répercussions sur la pratique médicale

D'après un rapport publié par le Comité sénatorial permanent des affaires sociales, de la science et de la technologie en 2017, « 42 % de tous les emplois actuels au pays (7,5 millions d'emplois) risquent d'être automatisés²⁹ ». Les effectifs médicaux, y compris les médecins et les spécialistes, sont notamment exposés à ce risque. Comme l'indique un récent rapport, environ 17 % des emplois dans le secteur de la santé pourraient être automatisés d'ici 2030³⁰. Toutefois, cette prédiction ne signifie pas nécessairement la perte d'emplois dans ce secteur, mais vraisemblablement une modification du flux de travail actuel. À la lumière des données probantes disponibles, les membres du groupe de travail s'entendent pour dire que l'IA aura une incidence sur l'ensemble des spécialités; les fonctions de tous les futurs médecins, y compris les spécialistes, vont changer.

Le moment où surviendront ces changements variera sans doute selon la spécialité. Étant donné que les algorithmes d'apprentissage machine tels que les réseaux neuronaux procurent de meilleurs résultats avec des ensembles de données d'images, les spécialités s'appuyant fortement sur des outils numériques et visuels devraient être les premières à subir d'importantes répercussions. Toutefois, l'absence d'ensembles complets de données valides délibérément recueillies ralentit le processus. Outre ses répercussions directes et immédiates prévues sur des spécialités particulières, l'IA pourrait aussi avoir une incidence indirecte sur le flux de travail des médecins.

« Les machines ne remplaceront pas les médecins, mais les médecins qui se servent de l'IA remplaceront bientôt ceux qui ne s'en servent pas. »

Dr Antonio Di Ieva, professeur agrégé, neuroanatomie et neurochirurgie, Université Macquarie³¹

Les experts ont des avis très différents sur le moment auquel les médecins peuvent s'attendre à constater des changements importants à leur pratique. En 2016, Geoffrey Hinton, PhD, avait déclaré qu'il était « évident que nous devrions arrêter de former des radiologistes ». Le Dr Hugh Harvey, n'étant pas de cet avis, avait répondu : « Je crois que nous devons en former davantage; il n'y en a pas suffisamment. Nous sommes confrontés à une grave pénurie de main-d'œuvre ici au Royaume-Uni. Tout ça ne remplacera pas le travail des radiologistes ou des pathologistes de sitôt. » Malgré ces points de vue divergents sur le moment où surviendront ces changements basés sur l'IA, les experts conviennent que la technologie émergente ne remplacera PAS les médecins. À la lumière des données probantes disponibles, le groupe de travail ne prévoit pas une diminution du nombre d'emplois dans une spécialité donnée prochainement. Même s'il est possible que le nombre d'emplois ne change pas, le développement de l'IA et de nouvelles technologies aura d'autres répercussions sur les futurs médecins. Ces derniers devront s'adapter facilement aux technologies émergentes et être en mesure de les utiliser et de les interpréter dans leur pratique au bénéfice des patients.

« Le temps. Il est essentiel d'en redonner aux patients et aux médecins, qui n'en ont plus... La relation entre eux s'est détériorée. »

Dr Eric Topol, vice-président exécutif, Scripps Research Institute (Entrevue sur la participation des intervenants, 8 juillet 2019)

Bien que les experts s'entendent pour dire qu'elles ne remplaceront pas les médecins, les machines modifieront substantiellement leur quotidien. L'amélioration continue de la capacité de l'IA à recommander des diagnostics et à faciliter la prise de décisions cliniques signifie que les médecins auront un assistant multifonctionnel à leur disposition. Les futurs médecins n'auront plus à passer la majeure partie de leurs rendez-vous à réaliser des tâches administratives comme prendre des notes ou parcourir plusieurs documents pour connaître les antécédents médicaux des patients. L'IA devrait les libérer de beaucoup de ces tâches répétitives et leur permettre de se concentrer sur les aspects importants de la relation médecin-patient, notamment les soins de compassion. Dans ce système de plus en plus et contraignant où tout se déroule à un rythme croissant, les médecins auront plus de temps pour établir des liens avec les patients, leur expliquer le déroulement de leur traitement, exprimer de l'empathie et de la compassion, et créer ce lien humain que les machines ne parviendront jamais à établir.

« Je crois qu'il s'agit de l'occasion pour les médecins d'accorder plus de place à l'empathie et aux soins, ainsi qu'à la prise de décisions partagées avec les patients, et d'utiliser tous ces outils et toutes ces données pour aider à fournir une interprétation. »

Brad Wouters, PhD, vice-président exécutif, Sciences et recherche, Princess Margaret Cancer Centre (Entrevue sur la participation des intervenants, 10 juillet 2019)

Compte tenu de l'important potentiel des algorithmes d'IA pour prédire les maladies et les détecter à un stade précoce, et pour aider les médecins à réaliser des interventions et fournir des diagnostics plus précis, on s'attend à ce que la pratique médicale évolue vers la prévention et la prise en charge. Les nouvelles technologies médicales accompagneront les patients et répondront à leurs besoins tout au long de leur parcours, avec la promesse de meilleurs résultats et d'une récupération plus rapide. La technologie aidera aussi les patients avant qu'ils ne tombent malades grâce à un plus grand nombre de stratégies de prévention de la maladie et à des interventions en temps opportun. Pour que ces bienfaits anticipés soient possibles, les médecins devront mettre à profit un large éventail de compétences et utiliser de nombreuses technologies.

« On notera à mon avis une hausse de l'interdisciplinarité de la charge de travail. On constatera aussi une augmentation du nombre d'informaticiens, qui ne travaillent habituellement pas dans le domaine de la santé, en milieu clinique. Il y aura inévitablement des différences sur le plan de la culture et de la terminologie technique. Je pense que cette situation posera tout un défi. »

Tom Chau, PhD, vice-président de la recherche, Holland Bloorview Kids Rehabilitation Hospital (Entrevue sur la participation des intervenants, 17 juillet 2019)

L'utilisation accrue des technologies de l'IA dans le domaine des soins de santé devrait aussi avoir une incidence sur la composition des équipes médicales du futur, qui prendront sans doute la forme d'équipes multidisciplinaires ayant un champ d'expertise beaucoup plus vaste et comprenant des ingénieurs biomédicaux, des bio-informaticiens et des scientifiques de données, entre autres. Les futurs médecins devront acquérir les aptitudes et compétences requises pour faire partie de ces équipes, indépendamment de leur spécialité, et collaborer avec des spécialistes de l'analyse de données. Ils devront aussi être conscients des effets qu'auront ces technologies sur les patients afin qu'ils puissent mieux comprendre ce que ceux-ci vivent pendant chaque phase des soins. Des modifications aux programmes actuels de formation

Le Collège royal est une organisation riche en données qui produit et recueille une grande quantité de données grâce à ses divers programmes (agrément, examens, développement professionnel continu [DPC], Maintien du certificat [MDC]).



et d'éducation, des changements d'orientation et l'enrichissement des compétences des résidents et futurs médecins seront donc nécessaires.

Complément de l'équipe médicale

Les interactions avec le patient sont essentielles à la prestation de soins de qualité. Outre leur grande fonction de communication permettant d'établir une relation, les interactions aident le médecin et l'équipe de soignants à obtenir des renseignements utiles et détaillés sur les plaintes, les signes et les symptômes du patient. Ces données sont utilisées pour déduire les causes possibles du problème du patient (qui pourrait être une maladie clinique, une affection psychologique ou un problème social), déterminer comment lui apporter la meilleure aide qui soit et, si possible, traiter et prendre en charge le problème. Ces interactions peuvent être vues comme un effort consistant à utiliser des renseignements et la raison pour prendre une décision au sujet des mesures à prendre, un processus qui, à bien des égards, reflète le fonctionnement d'un système d'IA.

Cette comparaison donne peut-être une meilleure idée de la façon dont les systèmes d'IA peuvent être intégrés aux rôles du médecin et des membres de l'équipe de soignants. Le plus important, c'est la quantité de données valides et exactes pouvant être obtenues auprès du patient grâce à un système numérique.

Selon IBM, « chaque personne crée 1 million de gigaoctets de données médicales pendant sa vie, soit l'équivalent de plus de 300 millions de livres³² ». En raison de l'adoption rapide des biocapteurs et des traqueurs tels que les téléphones, montres et accessoires intelligents, le volume de données sur les soins de santé double tous les trois ans³³. Le cerveau humain ayant seulement une bonne capacité de raisonnement lorsque 7 variables ou moins entrent en ligne de compte, il serait impossible pour l'homme de tirer parti de tous ces renseignements et d'établir des liens de causalité. Ainsi, une interaction reposant uniquement sur la présence d'un professionnel des soins de santé signifie forcément que la majorité des données du patient ne seront pas prises en compte et que les prédictions diagnostiques seront fondées sur un ensemble de données très limité. Comme le prouvent chaque jour les découvertes scientifiques, des renseignements précieux se cachent dans ces données; la capacité d'extraire toutes les informations pertinentes peut s'avérer essentielle à l'établissement d'un diagnostic plus précis. Contrairement au cerveau humain, les algorithmes d'IA peuvent traiter des milliers de variables simultanément et déceler les tendances dans ces

variables à l'aide d'algorithmes d'apprentissage machine. L'intégration à la pratique médicale actuelle des nouveaux renseignements extraits à l'aide des algorithmes d'IA révolutionnera le domaine de la médecine et de la santé humaine.

Pour mieux comprendre les résultats possibles de l'utilisation de cette technologie dans le milieu des soins de santé, il pourrait être utile d'examiner deux expériences récentes. Une entreprise a récemment conçu un système d'IA s'appuyant sur le traitement du langage naturel et l'apprentissage profond pour extraire des données des dossiers médicaux des patients et faciliter la prise de décisions fondées sur des données³⁴. Après avoir été formé à l'aide de suffisamment de données, le modèle a été mis à l'essai dans le cadre d'un examen médical fictif, et son efficacité a été comparée à celle de deux groupes, soit un groupe de médecins d'une grande faculté de médecine des États-Unis et un groupe de médecins ayant recours au système d'IA. Dans ce dernier groupe, le système d'IA recommandait la « meilleure réponse » aux médecins, qui étaient libres de l'accepter ou de la rejeter et de choisir une autre réponse. Un examen de questions à choix multiples a été utilisé pour évaluer l'exactitude du diagnostic. Il comprenait 100 questions décrivant des scénarios cliniques et fournissant des renseignements tels que les symptômes et les antécédents médicaux. Le premier groupe de médecins a obtenu une note moyenne de 75 %, le système d'IA utilisé seul, de 85 %, et le groupe de médecins ayant recours au système d'IA, de 91 %³⁴.

Dans le cadre d'une autre étude publiée dans la revue *Nature Medicine Letters* en février 2019, un outil d'IA a été créé pour analyser des dossiers de santé électroniques et diagnostiquer des maladies pédiatriques, encore une fois en s'appuyant sur le traitement du langage naturel et les techniques d'apprentissage profond³⁵. Ce modèle a été formé à l'aide de données extraites de 11 926 dossiers médicaux reposant sur 1 362 559 visites de 567 498 patients pédiatriques. L'outil d'IA et 20 pédiatres ayant divers niveaux d'expérience ont été évalués à l'aide des mêmes données médicales. L'outil d'IA a obtenu de meilleurs résultats que tous les pédiatres en début de carrière (3 à 15 ans d'expérience); c'était plutôt le contraire dans le cas des pédiatres d'expérience.

Les études citées ici sont des exemples du rôle complémentaire de l'IA dans le flux de travail médical et de sa capacité à servir d'assistant, d'outil de formation ou même de mesure de sécurité aux professionnels de l'équipe de soins

de santé. Malgré leur amélioration quotidienne, les algorithmes dépendent encore des données créées par les médecins, notamment les dossiers de santé électroniques et les notes cliniques, indispensables à leur fonctionnement. Outre cette dépendance, les algorithmes tels que les réseaux de neurones artificiels, bien qu'ils soient inspirés du fonctionnement du cerveau humain, font les choses très différemment de l'homme.

L'intelligence humaine et l'intelligence artificielle apportent différentes forces à l'analyse, mais causent aussi différents types d'erreurs. Comme le suggèrent les études susmentionnées, la combinaison des deux pourrait donc se traduire par des analyses plus précises et plus complètes et réduire les erreurs. Les machines ne seront jamais dotées de qualités humaines telles que la créativité, l'intuition et le jugement, que seules plusieurs années d'expérience permettent de développer. Il semble évident que l'utilisation sécuritaire et efficace de l'IA dans le domaine des soins de santé nécessitera une participation importante des médecins à toutes les étapes, de la conception à la mise en œuvre, en passant par la mise à l'essai, l'amélioration et la validation.

« Donc, l'avantage perçu – je le nomme ainsi puisque personne ne l'a encore prouvé – est que nous pourrions accomplir instantanément et inlassablement des tâches répétitives qui prennent habituellement quelques secondes à l'homme à l'aide de machines et ainsi réaliser des gains d'efficacité considérables. »

Dr Hugh Harvey, directeur général, Hardian Health (Entrevue sur la participation des intervenants, 11 juillet 2019)

Selon l'Organisation mondiale de la santé, l'espérance de vie moyenne dans le monde était de 72 ans en 2016, soit une augmentation de 5,5 ans par rapport à l'an 2000³⁶. La population de nombreux pays, dont le Canada, est vieillissante, le taux de natalité y étant faible et l'espérance de vie ayant augmenté. Les aînés au Canada devraient représenter de 23 % à 25 % de la population d'ici 2036³⁷. La hausse de l'espérance de vie moyenne, conjuguée au vieillissement de la population, signifie qu'il y aura un nombre croissant de patients et une plus forte demande de ressources de soins de santé à l'avenir.

Les médecins ont déjà une charge de travail énorme, qui mène dans de nombreux cas à l'épuisement professionnel et à une retraite anticipée. D'après l'Organisation mondiale de la santé, la pénurie

de travailleurs de la santé dans le monde devrait se chiffrer à plus de 14,5 millions en 2030³⁸. Cette situation, qui s'ajoute aux problèmes existants, notamment les longs déplacements et délais d'attente, le manque de personnel, les longs temps d'attente auxquels font face les patients qui souhaitent obtenir un rendez-vous avec un spécialiste et le nombre limité de spécialistes, témoigne du fardeau de plus en plus lourd qui semble peser sur les médecins. Les avantages que procure l'utilisation d'un système d'IA à une équipe médicale deviennent plus apparents lorsque l'on tient compte des prévisions liées à la médecine pour les prochaines années. L'IA pourra aider les médecins à organiser et à parcourir de grandes quantités de données ainsi qu'à s'acquitter de tâches répétitives. Elle pourrait permettre aux médecins et aux autres professionnels de la santé d'épargner du temps et des efforts afin qu'ils puissent se concentrer sur des choses plus importantes et intervenir seulement lorsque leur présence est nécessaire.

À mesure que leur charge de travail augmente, les médecins risquent davantage de commettre des erreurs médicales. Contrairement aux humains, l'IA n'est pas vulnérable à la fatigue ni aux contraintes de temps. Elle peut accomplir des tâches répétitives sans relâche, comme l'analyse de données administratives, la classification et l'établissement de diagnostics de base, et la gestion de données et d'informations. Nous pourrions donc nous attendre à ce que ce nouveau complément pour l'équipe aide à régler les problèmes de surmenage et à alléger le fardeau que représentent les tâches répétitives pour les médecins.

« Il n'y aura tout simplement pas assez de médecins pour faire face à l'augmentation de la population au cours des 10 prochaines années dans des pays comme le Canada, les États-Unis et le Royaume-Uni. »

Lionel Tarassenko, PhD, directeur du département de génie, Université d'Oxford (Entrevue sur la participation des intervenants, 16 juillet 2019)

Ayant souligné l'importance des technologies futures en médecine et présenté l'IA comme un complément possible pour l'équipe de soins de santé, il est important d'insister sur un élément : le professionnel de la santé doit toujours être celui qui dirige les opérations. Les machines serviront d'assistants, en accomplissant diverses fonctions comme attirer l'attention d'un clinicien occupé sur des faits importants au sujet du patient, en réalisant des tâches administratives, en proposant des solutions cliniques et en fournissant des renseignements visant à faciliter l'établissement d'un diagnostic éclairé.

Le groupe de travail ne croit pas qu'une machine prendra un jour une décision finale au sujet des soins prodigués à un patient sans supervision humaine. Bien qu'elles puissent être d'une grande aide aux humains, l'IA et les technologies numériques connexes ne peuvent remplacer les aptitudes et compétences humaines. Les aptitudes et compétences essentielles des médecins doivent donc demeurer solides, de sorte qu'ils puissent intervenir au besoin, tout comme les autres professionnels de la santé. La vigilance et les compétences humaines seront plus importantes que jamais pour surveiller le fonctionnement des systèmes d'IA, relever les risques d'erreurs et intervenir immédiatement. Tout comme un système de localisation GPS, qui peut cesser de fonctionner ou même induire l'utilisateur en erreur, les outils médicaux basés sur l'IA seront vulnérables aux biais, aux erreurs d'analyse et aux défaillances. Les médecins doivent être préparés à faire face aux situations où ils doivent prendre le contrôle intégral d'une tâche autonome réalisée par un outil d'IA.

« Si vous devenez trop dépendant de la technologie, vous risquez de perdre le gros bon sens qui va de pair avec la compétence qu'on vous a enseignée. »

Bernard Meyerson, PhD, directeur de l'innovation, IBM Corporation (Entrevue sur la participation des intervenants, 25 juin 2019)

Comme nous l'avons vu dans le cas d'autres technologies, l'intégration de l'IA dans les soins de santé entraînera aussi des risques uniques et imprévus ainsi que des préoccupations sur le plan de la sécurité. Les cliniciens et les chercheurs en IA devront unir leurs efforts en vue d'assurer la sécurité des systèmes d'IA. Les chercheurs en IA devront notamment faire part aux cliniciens des données qui sont les plus utiles pour former les algorithmes, des informations devant être déclarées et de la façon d'interpréter les valeurs de sortie d'un algorithme.

Les cliniciens, pour leur part, devront informer les chercheurs en IA des facteurs qui sont importants pour l'évaluation des patients, des renseignements générés au moyen de l'IA qui leur sont les plus utiles, et des aspects de la fonction d'IA et de l'interface homme-machine qui doivent être améliorés. Il pourrait aussi y avoir des perturbations des tendances dans les données que les spécialistes de l'IA ne peuvent comprendre, mais que les spécialistes de la santé sont en mesure d'interpréter grâce à leurs compétences avancées de reconnaissance des tendances, développées au fil des ans. Ces compétences seront importantes pour assurer la sécurité des systèmes d'IA. Les normes de réglementation sur la sécurité des dispositifs

médicaux doivent être modifiées pour accroître encore davantage la sécurité des patients dans les milieux où l'on utilise des technologies de l'IA. Il conviendrait aussi de mettre au point de nouveaux règlements sur la sécurité visant à définir les paramètres de l'utilisation sécuritaire de la technologie, y compris les possibles effets positifs et négatifs de l'utilisation d'une technologie d'IA à grande échelle pour les patients, puis de comparer ces données aux effets (incluant les taux d'erreurs) à l'aide d'approches courantes et actuelles.

Changements à la pratique des médecins

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'IA ne remplacera jamais les médecins. Cependant, bon nombre d'aspects de la pratique médicale seront complètement transformés. Compte tenu de l'incidence prévue de l'IA et des nouvelles technologies numériques, le groupe de travail s'attend à ce que les futurs spécialistes ne se limitent pas qu'à un seul secteur de pratique et à ce que les transitions de carrière soient plus fréquentes. Ainsi, contrairement au contexte médical traditionnel, il est peu probable que les futurs Associés adoptent une discipline et exécutent les mêmes tâches tout au long de leur carrière de 30 à 40 ans. On considère déjà que l'IA changera la donne et que de nombreux autres domaines prendront de l'ampleur, notamment la génomique, la protéomique et la robotique; d'autres domaines pourraient essentiellement transformer les tâches et la façon de faire des futurs médecins³⁹⁻⁴¹. Contrairement à ce qui se produit dans certaines de ces catégories d'innovations, la plus grande facilité à développer et déployer des outils d'IA pourrait retarder les innovations et les transformations de la pratique clinique.

Un tel scénario aura d'importantes répercussions sur le renouvellement de la formation et du certificat. Il sera difficile de changer le point de vue actuel des résidents, qui s'attendent à suivre une formation de cinq ans dans une spécialité puis à passer les 40 années suivantes à exercer dans la même discipline. En prévision de ces transitions de carrière, le groupe de travail croit que des changements s'imposent au référentiel CanMEDS. Il faudra modifier considérablement la formation des médecins afin de les aider à s'adapter à un champ de pratique plus fluide.

« Les spécialistes pourraient recevoir une formation qui leur permettrait d'exercer dans une autre spécialité au besoin. »

Yoshua Bengio, PhD, fondateur et directeur scientifique, Mila (Entrevue sur la participation des intervenants, 15 juillet 2019)

Le Collège royal cherche depuis toujours à soutenir les Associés tout au long de leur apprentissage, de l'entrée en résidence jusqu'à la retraite. Le programme de développement professionnel continu (DPC) du Collège royal a été conçu pour aider les Associés à cheminer dans ce continuum :

- en les guidant dans leur apprentissage durant la transition vers une discipline donnée;
- en les aidant à apprendre les fondements de cette discipline;
- en les préparant à la transition vers la pratique;
- en les aidant à maintenir leur compétence et à améliorer leur expertise;
- en les guidant durant la transition vers la retraite.

Comme on s'attend à ce que les transitions de carrière soient plus fréquentes, le Collège royal devra préparer les Associés à d'autres transitions dans la pratique. Pour que les médecins soient en mesure de répondre aux nouvelles exigences qu'entraîneront les changements technologiques dans leur milieu de travail, le Collège royal devra aussi soutenir les stratégies d'apprentissage à vie des Associés et des résidents affiliés.

L'IA peut démocratiser les soins de santé

Selon le groupe de travail, l'IA placera médecins et patients sur un pied d'égalité et transformera les bases de leur relation. La relation médecin-patient évolue, de sorte que les patients deviennent des partenaires et s'approprient leurs soins⁴². Ils ont maintenant accès à des technologies et à des données médicales qui n'étaient autrefois accessibles qu'aux médecins. Pour la première fois de l'histoire de la médecine, les patients deviendront le point de service, et ils seront plus autonomes que jamais. Ce mouvement d'autonomie s'intensifiera au rythme de l'évolution des nouvelles technologies, et les médecins devront se préparer à cette nouvelle réalité, la comprendre, l'adopter et s'y adapter.

« Si je dis à mon médecin que j'ai mesuré pratiquement tous les paramètres des signes vitaux possibles, que mon génome a été séquencé, que j'ai utilisé un algorithme avancé de l'infonuage pour obtenir des résultats significatifs mais que j'ai quand même besoin d'aide... il se retrouve alors dans une situation où il doit gérer une énorme quantité de données et il devra acquérir des compétences et des connaissances qui dépassent la portée de la formation médicale. »

Bertalan Meskó, PhD, directeur, The Medical Futurist Institute (Entrevue sur la participation des intervenants, 11 juillet 2019)

Les patients autonomes auront le plein contrôle d'une panoplie de données médicales à leur disposition – et dont les médecins auront besoin⁴³. Les patients pourraient faire séquencer leur génome, recourir à des capteurs et dispositifs mobiles pour recueillir des données sur leur fréquence cardiaque ou la qualité de leur sommeil, et compter sur plusieurs applications mobiles en santé. Alors que ces technologies évoluent et que les gens sont davantage sensibilisés aux changements physiologiques qu'ils peuvent ainsi détecter, ils auront tendance à se tourner plus souvent vers le système de santé, bien avant l'apparition des symptômes ou des signes physiques d'une maladie. Comme ils auront davantage accès aux nouvelles technologies, les patients pourront déterminer leur traitement en fonction d'une plus grande quantité de données, et ils pourront présenter ces données aux fournisseurs de soins. Les effectifs médicaux devront donc être préparés à cette nouvelle réalité.

L'IA et les nouvelles technologies pourraient aussi redresser les inégalités géographiques, économiques et sociales que subissent les patients. Malgré les efforts déployés en ce sens partout au pays, ces inégalités subsistent dans le domaine de la santé. Il serait possible de les réduire si les patients pouvaient contribuer davantage aux soins qui leur sont prodigués.

« Ce sera de plus en plus fréquent que des patients iront voir leur médecin en lui disant "Je pense que je fais de l'arythmie – regardez ma montre". »

Bernard Meyerson, directeur de l'innovation, IBM Corporation (Entrevue sur la participation des intervenants, 25 juin 2019)

C'est l'aspect culturel de cette transformation numérique en médecine – définir la façon dont les médecins évolueront auprès de patients autonomes – qui pourrait avoir la plus grande influence sur la pratique médicale. Le patient autonome moderne voudra recourir aux technologies numériques pour communiquer avec les spécialistes et consulter lui-même ses données; le médecin de l'avenir devra accepter cette réalité et s'y résoudre⁴³. Ainsi, les futures générations de médecins devront être formés pour collaborer avec ces patients autonomes. Ils devront acquérir les compétences, les connaissances et les méthodes nécessaires pour utiliser les données et les outils que les patients leur présenteront. Afin de répondre aux besoins des patients autonomes, le groupe de travail recommande au Collège royal de mettre en place des mécanismes d'inclusion des diverses perspectives des patients dans l'ensemble du processus décisionnel en IA.

« Les médecins seront de plus en plus appelés à jouer un rôle d'interprète, de guide, de coach, de directeur... à comprendre leurs patients et à travailler en collaboration avec eux. »

Brad Wouters, PhD, vice-président administratif, sciences et recherche, Princess Margaret Cancer Centre (Entrevue sur la participation des intervenants, 10 juillet 2019)

Malgré le potentiel de transformation de ces technologies, une mauvaise interprétation des données recueillies au moyen de dispositifs mobiles et d'autres appareils personnels pourrait nuire aux patients. La quantité astronomique de données générées par ces nouveaux appareils souligne d'autant plus l'importance du rôle des médecins en tant que partenaires actifs des patients. Les médecins auront davantage l'occasion de mettre en pratique leur formation de base en médecine afin de bien orienter leurs patients – à partir de données probantes – et d'utiliser les données sur les patients de façon à assurer leur santé et leur autonomie. Les médecins, ainsi que les ordres de médecins, devront aussi superviser les nouvelles technologies puisque les outils offerts ne conviennent pas nécessairement à tous les patients. Les organisations, les gouvernements et les professionnels de la santé seront donc tenus d'encourager l'autonomie des patients, en toute sécurité et en toute confiance.

Aspects éthiques et juridiques

Compte tenu de l'omniprésence de technologies comme l'IA – qui enrichit la présence et l'intervention humaines – dans le domaine de la médecine, la prise de décisions reposera de plus en plus sur les valeurs et l'éthique. Les considérations éthiques et juridiques n'ont pas tendance à suivre le rythme des avancées technologiques, et l'IA ne fait pas exception. Certains cadres juridiques et réglementaires actuellement en place pour assurer la protection, la sécurité et la confidentialité des patients ne sont pas encore adaptés à ces nouvelles technologies. Le Collège royal peut participer à la surveillance contrôlée et opportune des aspects éthiques pour veiller à ce que les nouvelles technologies soient bien utilisées. Ainsi, selon le groupe de travail, il faut porter une attention particulière à certains points.

Choisir le bon moment

Il faudra choisir le bon moment pour prendre en compte les aspects éthiques et juridiques des nouvelles technologies. Le groupe de travail croit qu'il faut tenir compte de l'éthique dans la conception des nouvelles technologies. Bon nombre de décisions éthiques doivent être prises dès les premières étapes du développement, soit au moment de la sélection et de la collecte des données.

Selon le groupe de travail, les aspects éthiques découlant de l'intégration de l'IA doivent être enseignés aux médecins, au même titre que les futurs ingénieurs, chercheurs et concepteurs de logiciels œuvrant dans les domaines de l'IA et de la santé. Le groupe de travail insiste par ailleurs sur l'importance d'intégrer l'éthique en tant que sous-compétence du référentiel CanMEDS pour les résidents.

L'IA est explicable et transparente

Les modèles d'IA tels que l'apprentissage profond se complexifient. Ils sont de moins en moins faciles à expliquer, au point où on les compare à des « boîtes noires ». Les extraits d'un modèle d'apprentissage profond et leurs centaines de couches cachées sont presque impossibles à suivre pour l'esprit humain; il devient donc très difficile de comprendre et de s'expliquer la logique à l'origine des décisions. Cette situation ne semble pas poser problème lorsqu'on utilise quotidiennement des outils d'IA tels que la reconnaissance faciale sur nos cellulaires, mais lorsque la vie et la sécurité des gens sont à risque, les décisions rendues sans explication ni justification peuvent s'avérer problématiques.

L'incapacité à expliquer les résultats d'un modèle entraîne d'autres problèmes de transparence qui, dans le monde médical, peuvent poser un dilemme de taille. De plus, si les médecins eux-mêmes ne comprennent pas le processus s'étant traduit par un résultat et une recommandation, ils ne seront pas en mesure de l'expliquer aux patients qui souhaiteront vraisemblablement qu'on leur explique en détails les motifs d'une décision. Dans une telle situation, on mettra en doute la responsabilité et le consentement des patients à ce que d'autres mesures soient prises en fonction des résultats générés par le modèle.

Ce défi peut aussi englober l'utilisation indirecte de l'IA dans un établissement de soins, notamment pour la gestion des rendez-vous ou des listes d'attente pour une greffe selon l'ordre de priorité⁴⁴. Si, dans un système d'IA, le rendez-vous ou l'intervention d'un patient est soudainement repoussé dans l'ordre de priorité en fonction de son dossier médical, le patient voudra sûrement qu'on lui explique pourquoi. Les systèmes d'IA sont également des modèles en apprentissage continu; ils doivent donc être corrigés en cours de développement. En cas d'erreur, le médecin doit comprendre ce qui en est la cause afin de pouvoir corriger le modèle.

Pour remédier à ces situations, le Collège royal doit songer à appuyer la recherche sur les modèles d'IA transparents et explicables, en offrant notamment

une formation suffisante aux personnes qui participent au développement des modèles, afin qu'elles sachent quels aspects doivent être explicables dans le contexte médical. Le Collège royal pourrait envisager d'imposer des normes d'évaluation et d'audit des outils d'IA afin de garantir la transparence des modèles et de favoriser l'évaluation des outils par le public.

Subjectivité et discrimination

Malgré les nombreux commentaires en faveur du potentiel de démocratisation du système de soins de santé et de réduction des inégalités systémiques des nouvelles technologies, une mauvaise gestion pourrait entraîner l'effet contraire et désavantager les groupes sous-représentés et vulnérables. Les systèmes médicaux fondés sur l'IA dépendent majoritairement des données sur les patients, et l'efficacité d'un modèle dépend de la qualité des données. Si les données sont biaisées, les algorithmes seront inévitablement biaisés et discriminatoires. La principale source de subjectivité, ce sont peut-être les ensembles de données choisis pour créer les modèles : ceux-ci peuvent être principalement constitués de données recueillies auprès de patients d'un sexe donné, d'une race donnée ou d'un statut socioéconomique donné, et sous-représenter d'autres groupes. Les écarts dans l'accès à la technologie et aux services mobiles pourraient aussi fausser les ensembles de données et surreprésenter certaines populations. Comme l'accès aux données est inégal à l'échelle du pays, si environ 20 % de la population canadienne vit dans des communautés éloignées où les données se font plus rares, il y a vraiment de quoi s'inquiéter⁴⁵.

Les communautés autochtones sont un bon exemple de sous-représentation. Les valeurs culturelles peuvent aussi amener certaines communautés à éviter certaines technologies et, par le fait même, à être mal représentées ou sous-représentées dans les ensembles de données. Pour y remédier, il faut adopter une approche différente. Les communautés doivent communiquer leur point de vue, et les résidents et les médecins doivent être formés pour savoir comment se comporter.

« Les défis sont parfois liés au manque d'infrastructures, particulièrement lorsque les services d'Internet et de télécommunications qu'il faudrait ne sont pas offerts. »

Carrie Bourassa, PhD, directrice scientifique, Institut de la santé des Autochtones, Instituts de recherche en santé du Canada (Entrevue sur la participation des intervenants, 11 juillet 2019)

Outre la sélection des données, le processus de collecte peut également provoquer des biais de données, notamment des différences entre le témoignage des cliniciens et celui des patients, ou dans le traitement des patients. En plus du risque de devoir composer avec des données ou un modèle biaisés, il faut aussi tenir compte de la justice distributive et de la mesure dans laquelle les gens ont accès aux mêmes services technologiques et en tirent les mêmes avantages, sans égard au statut socioéconomique et au lieu. La démographie et le statut socioéconomique influencent aussi l'accès aux technologies actuelles. Comme les systèmes d'IA sont constamment alimentés en données, nous devons non seulement être conscients que les données et les modèles peuvent être biaisés dès le départ, mais aussi veiller en tout temps à ce que les nouvelles données qui alimentent les modèles ne soient pas biaisées.

L'IA se distingue aussi des autres technologies par sa nature opaque. La complexité des modèles masque souvent l'origine des biais, et il est donc quasi impossible de déterminer la source des extrants biaisés.⁴⁴ Il est encore plus difficile d'y remédier, car nous ne sommes pas en mesure de savoir si la cause est liée au système ou à la structure de l'algorithme en soi, à la collecte de données, à la sélection des données ou à une combinaison de tous ces facteurs. L'outil COMPAS (Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions) qui a prédit que les contrevenants afro-américains étaient plus à risque de récidive qu'ils ne le sont dans la réalité est un bon exemple d'algorithme biaisé puisqu'il démontre un taux de classification erroné deux fois plus élevé que celui des contrevenants blancs⁴⁶. Le système de publicité ciblée de Google est un autre exemple, car il a tendance à montrer moins de femmes que d'hommes qui occupent des postes bien rémunérés⁴⁷. Il est donc nécessaire d'intégrer les bonnes procédures d'audit et d'évaluation aux cadres éthiques et juridiques actuels afin que l'algorithme ainsi que la sélection et la collecte de données qui s'y rattachent soient exempts de biais ou de discrimination.

Considérations relatives aux données

Plus les données sont abondantes, plus l'intelligence artificielle est efficace. En génomique, en santé de la population et en épidémiologie, le partage de données nationales et internationales permet aux algorithmes de dégager des tendances à partir d'un vaste ensemble de données diversifiées. Nous pourrions ainsi faire d'importantes découvertes et mieux surveiller la santé publique. De nombreux obstacles nuisent au partage de données,

notamment l'hésitation de certains pays et organismes à partager leurs données, les différences dans la définition des données (systèmes de codage), la qualité des données, les méthodes de collecte et les différents règlements sur la protection des données^{48,49}. Ces obstacles soulèvent aussi des préoccupations éthiques en ce qui a trait au mode de collecte et de partage des données.

La première étape de la collecte de données consiste à obtenir le consentement du patient, mais ce dernier doit savoir à quelles fins ses données seront utilisées. Lorsque les ensembles de données sont imposants, les données sont souvent utilisées à maintes reprises, par différentes parties et sous différentes formes, alors que le consentement du patient avait peut-être été limité à une seule organisation et un seul usage. L'anonymisation des données constitue un autre piège. Il faut donc mettre en place une méthode standardisée ainsi qu'une politique sur la confidentialité des données sur les patients. Si les données ne sont pas bien protégées, elles peuvent perdre de la valeur; elles pourraient même être associées de nouveau aux patients. C'est ce qui s'est produit avec l'ensemble de données sur les congés du Washington State Hospital, où des données anonymes avaient pu être associées de nouveau à d'autres données publiques, si bien que la confidentialité avait été compromise⁵⁰.

La propriété des données est un autre facteur juridique important à considérer⁵¹. Lorsqu'un patient partage ses données avec une organisation privée ou publique, on ne sait pas si l'organisation a le droit de les partager avec des tiers. Légalement, au Canada, la propriété des données ne s'applique pas aux soins de santé (voir www.cigionline.org/publications/data-ownership). La protection des données des patients et les efforts déployés pour permettre l'accès aux données dans le cadre de recherches qui peuvent profiter au public à long terme sont donc contradictoires. Toutes ces questions témoignent de l'importance de mettre en place des lignes directrices et des règles qui garantissent que la collecte de données respecte les normes relatives à la permission, au consentement, au chiffrement et à l'anonymisation. Ces facteurs faciliteront aussi la recherche sur les ensembles de données internationaux et interprovinciaux.

Confidentialité et sécurité

La confidentialité et la sécurité demeurent les principaux facteurs à considérer lorsqu'il est question de collecte et de partage de données. La confidentialité et la sécurité des données sur les patients doivent être protégées à toutes les étapes

de la conception d'un système médical, de la collecte au stockage des données, et même jusqu'à la modélisation et au déploiement du système. Durant la collecte de données, pour assurer la protection des renseignements personnels des patients, il faut préciser à quelles fins les données seront utilisées au moment de demander le consentement des patients. Même si les lois actuelles sur la protection des renseignements personnels exigent le consentement du patient pour la collecte, l'utilisation et la divulgation de renseignements personnels sur sa santé, ce consentement ne s'applique qu'au groupe de personnes qui veille à la santé du patient. Lorsque l'équipe médicale utilise des systèmes d'IA, il faut établir si le consentement associé au partage de données doit également s'appliquer au système d'IA.

Il faut aussi éviter le plus possible de s'exposer à des données qui permettent d'identifier les patients durant la collecte de données. Les données recueillies doivent ensuite être stockées de façon sécurisée, et les patients doivent en tout temps avoir le droit de retirer leur consentement ou de demander à ce que leurs données soient masquées. Les patients ont le droit de savoir comment leurs données seront traitées après utilisation, et qu'elles seront éliminées de manière sécuritaire. À la phase de modélisation, l'algorithme ne doit pas présenter de risque de fuite d'information susceptible de compromettre la vie privée des patients. Enfin, au déploiement, il faut surveiller le modèle pour s'assurer qu'il est utilisé aux fins prévues et qu'une stratégie est en place pour récupérer le modèle en cas d'atteinte à la vie privée ou à la sécurité.

Le groupe de travail suggère que le Collège royal recommande de sensibiliser les médecins aux risques liés à la protection des renseignements personnels dans les systèmes d'IA afin qu'ils puissent déterminer si leur système traite les données conformément aux règles de sécurité. Idéalement, les médecins devraient être formés de manière à bien comprendre le fonctionnement du système et à décider si les données sur les patients sont bien protégées.

Responsabilité et imputabilité

La responsabilité des préjudices et l'imputabilité soulèvent d'importantes préoccupations quant au rôle des systèmes d'IA dans la prise de décisions cliniques. Les lois actuelles ne précisent pas clairement qui doit être tenu responsable des préjudices physiques et émotionnels, de l'atteinte à la vie privée ou de la discrimination découlant de décisions médicales fondées sur l'IA. Il serait peut-être logique de tenir les médecins responsables

de ces situations puisque ce sont eux qui ont la responsabilité de surveiller les systèmes d'IA. La responsabilité légale ne doit toutefois pas viser uniquement les médecins, mais aussi un groupe élargi de parties, notamment les fabricants, les programmeurs et les développeurs des systèmes. Toute décision fondée sur l'IA constitue un sous-produit et le fruit des actions combinées des groupes susmentionnés; l'algorithme initial et les données sont fournis par les fabricants et les développeurs, les intrants et l'évaluation des résultats et des recommandations fondés sur l'IA relèvent des médecins, et le comportement des patients ainsi que l'autodéclaration permettent de développer les algorithmes. Si les médecins étaient tenus comme étant les seuls responsables, ils pourraient refuser d'utiliser une technologie susceptible d'apporter de nombreux avantages aux patients. Dans un tel scénario, il faudrait déterminer si les médecins qui refusent de recourir à l'IA doivent être tenus responsables des dommages causés aux patients parce qu'ils n'ont pas utilisé la technologie.

Une nouvelle compétence fondamentale

Selon le groupe de travail, l'omniprésence de l'IA et des nouvelles technologies est telle que le Collège royal doit repenser son référentiel de compétences fondamentales. Plus précisément, le groupe de travail croit que le référentiel devrait comprendre, à titre de huitième composante du référentiel CanMEDS, « des compétences dans le domaine de la littératie en santé numérique ». Selon l'Organisation mondiale de la santé, la littératie en santé numérique (ou littératie en santé électronique) est la capacité à chercher, trouver, comprendre et évaluer les données sur la santé au moyen de sources électroniques, et d'appliquer les connaissances acquises pour remédier à un problème de santé⁵².

« Si je devais attribuer un pourcentage au temps que les médecins consacreront à chacune de ces compétences clés, je dirais que le recours à la technologie, sans compter la littératie numérique, représente au moins 80 %... Je ne peux pas concevoir que les professionnels de la santé, d'ici 15, 10 ou même 5 ans, ne seront pas forcés d'utiliser ces technologies et de consulter les données des capteurs de santé et des plateformes analytiques pour conseiller le bon traitement à leurs patients. »

Bertalan Meskó, PhD, directeur, The Medical Futurist Institute. (Entrevue sur la participation des intervenants, 11 juillet 2019)

Les données recueillies dans notre sondage auprès des Associés révèlent que 41 % des répondants ont déclaré ne pas bien connaître l'IA et les concepts connexes. Un sondage similaire mené auprès des résidents affiliés révèle que 42 % des répondants ont répondu la même chose. Lorsqu'on a demandé aux répondants de décrire dans quelle mesure ils ont été exposés à des échanges sur l'IA dans leur milieu de travail/de formation, les résidents ont répondu qu'ils n'y avaient jamais été exposés ou qu'ils y avaient été exposés très rarement dans une proportion de 70 %. Étonnamment, la plupart des répondants (85 %) croient qu'ils n'ont pas reçu de l'information/un enseignement susceptible de les préparer à l'utilisation de l'IA et des nouvelles technologies numériques dans leur future pratique. Ces données révèlent qu'il existe peut-être un écart important entre les programmes d'études médicales prédoctorales et postdoctorales. Cet écart pourrait permettre au Collège royal de s'assurer que la formation des générations actuelles et futures de médecins les prépare aux avancées technologiques qui transformeront la pratique médicale.

Nos données indiquent aussi que près de la moitié des répondants (48 % des Associés et 59 % des résidents) se sont montrés très intéressés à participer à des séances de formation sur l'IA propres à leur spécialité. Par ailleurs, 55,6 % des Associés et 63,2 % des résidents ont dit qu'ils seraient intéressés à devenir des innovateurs ou des utilisateurs précoces de l'IA en santé s'ils en avaient l'occasion. Ces résultats témoignent du degré élevé de potentiel et d'intérêt chez les professionnels de la santé, et encore plus chez les résidents qui représentent les effectifs médicaux de l'avenir.

Ainsi, les membres du groupe de travail suggèrent que la littératie numérique devienne une compétence obligatoire des spécialistes en formation et en exercice. Après avoir consulté des experts, le groupe de travail a convenu des exigences minimales suivantes :

- une vision commune du fonctionnement des technologies et des systèmes d'IA, notamment la transition des données en algorithmes, la prise de décisions fondées sur l'IA et la capacité à interpréter les extraits de manière significative;
- une taxonomie et une terminologie communes⁵³;
- des connaissances statistiques de base, comme la régression linéaire.

De plus, les médecins spécialistes doivent comprendre la littérature et faire preuve de pensée critique pour analyser la documentation et les méthodes publiées, définir les méthodes qui ont une signification statistique et tirer des conclusions à partir d'un énorme volume de publications sur le sujet. Ils doivent aussi être en mesure de choisir la pratique qui convient le mieux à leurs patients parmi les nouvelles techniques, méthodes et connaissances qui évoluent à un rythme accéléré. Bien que le degré de connaissance requise soit discutable, les experts s'entendent sur le fait qu'il est essentiel de comprendre les statistiques. Le recours à l'apprentissage machine en médecine peut être considéré comme le prolongement des statistiques; il faut donc posséder une base solide en mathématiques statistiques.

Préparer maintenant l'avenir de l'IA

Le Canada accueille plusieurs laboratoires de recherche en IA, emmagasine des données sur la santé depuis plus de vingt ans et investit dans les technologies modernes d'information et de communication. Fort de ces initiatives, le Canada est déjà en bonne position pour recourir à l'IA en santé⁵³. Cependant, la rapidité avec laquelle évoluent l'IA et les nouvelles technologies dans la pratique de la médecine nous obligent à réagir sans tarder. Des lacunes importantes doivent être corrigées si nous voulons suivre la cadence. Nous devons pallier les lacunes qui minent le développement de stratégies de collecte de données, peaufiner les politiques sur l'anonymisation et la confidentialité des données, remédier aux problèmes liés au partage et à la propriété des données, élaborer un cadre commun de partage des modèles d'IA, compenser le manque d'experts qui adaptent la technologie à la pratique clinique et créer des occasions de collaborer avec les laboratoires de recherche universitaires et les partenaires de l'industrie^{53,54}.

Pour ce faire, il faut d'abord compter sur la collaboration des principaux intervenants. Les médecins canadiens peuvent en outre s'investir davantage et participer à la recherche sur les applications d'IA en santé, se montrer en faveur des changements prévus à leur pratique au profit des patients, et s'y adapter. Le Collège royal pourrait jouer un important rôle de facilitateur en ce sens.

Le fardeau économique qu'imposeront ces technologies au système de soins de santé pourrait faire obstacle à ces changements. L'intégration de nouvelles technologies aux systèmes de soins de

santé s'est toujours avérée très coûteuse; on n'a qu'à penser aux dossiers de santé électroniques. Le Canada figure déjà parmi les pays qui dépensent le plus en santé⁵⁵. Avec un taux de croissance prévu de 3,9 % en 2019⁵⁶, les dépenses totales en santé devraient se chiffrer à 264 milliards de dollars, soit 11,6 % du PIB du Canada⁵⁷. Malgré les coûts élevés associés à l'intégration de l'IA et des nouvelles technologies aux soins de santé, on prévoit des avantages financiers à long terme.

Ces technologies peuvent aussi contribuer indirectement aux soins aux patients puisqu'elles améliorent le déroulement des activités cliniques et la gestion des données et des inventaires.

Les capteurs, les dispositifs portables et les soins à distance peuvent aussi jouer un rôle dans la détection précoce, la prévention et l'opportunité des soins. La prise en charge des maladies chroniques est un bon exemple de réduction des coûts prometteuse. D'après les données du Système canadien de surveillance des maladies chroniques, 44 % des Canadiens de plus de 20 ans sont atteints d'au moins une des dix maladies chroniques les plus courantes⁵⁸. L'intégration des technologies au système de soins de santé à des fins de prévention, de détection précoce et de surveillance de la santé de la population pourrait entraîner une diminution du taux de personnes atteintes de maladies chroniques. Selon l'Organisation mondiale de la santé, même si le taux national de décès liés aux maladies chroniques diminuait de 2 % chaque année, les économies se chiffraient à un milliard de dollars au cours des dix prochaines années⁵⁹.

« Je crois que le Collège royal devrait préciser les rôles et responsabilités et dicter ceux qui s'appliquent à chacun, des individus aux associations de spécialistes, ainsi qu'à l'ensemble des professionnels. C'est selon moi le rôle du Collège royal : proposer un cadre pour l'ensemble du système, en partenariat avec les ordres de médecins et les universités. »

Dr Salim Samanani, président et directeur médical, OKAKI (Entrevue sur la participation des intervenants, 9 octobre 2019)

Les changements radicaux découlant des nouvelles technologies exigent une stratégie de surveillance solide et exhaustive. Sans surveillance, ces technologies pourraient avoir des conséquences fâcheuses malgré leurs nombreux avantages. Les points suivants nécessitent une attention particulière :

- **Éthique, protection des renseignements personnels et confiance** : Les ordres des médecins et les utilisateurs des technologies doivent collaborer et être suffisamment formés pour connaître les principes d'éthique et en tenir compte dans leurs interactions avec la technologie. Ils doivent assurer la protection des renseignements sur les patients à toutes les étapes de l'utilisation des technologies, et éviter qu'un usage inapproprié mine la confiance du public.
- **Préparation des effectifs et analyse des répercussions** : Il est essentiel que le Collège royal (et ses partenaires) comprenne les répercussions de ces technologies sur les effectifs et sur leurs tâches, et qu'il adapte la formation en fonction des besoins futurs.
- **Règlements du marché** : Les cadres réglementaires doivent être modifiés pour surveiller l'IA et les innovations numériques qui font leur entrée sur le marché²⁹.

« Une nouvelle technologie fondamentale est à notre disposition; on a le choix d'assumer un rôle de leadership pour diriger et planifier ce changement, ou de s'y opposer. »

Dr Salim Samanani, président et directeur médical, OKAKI (Entrevue sur la participation des intervenants, 9 octobre 2019)

Le groupe de travail conseille au Collège royal de s'adapter aux répercussions de l'IA et des nouvelles technologies sur ses propres activités. Les données constituent l'un des plus importants atouts du Collège royal, et les fonctions d'IA alimentées par ces données ont le potentiel d'améliorer l'efficacité et l'efficacité de ses programmes. Les données recueillies au quotidien par le Collège royal pourraient être utilisées à des fins de gestion et confirmer d'importantes tendances que l'humain ne peut dégager seul. Les données pourraient aussi être partagées avec les Associés et la communauté des soins de santé en général à des fins de recherche ou d'amélioration de la qualité.

Le Collège royal pourrait aussi miser sur l'IA pour faire valoir son rôle en tant qu'organisme responsable des examens. Dans le cadre de l'automatisation des examens, les algorithmes d'IA pourraient être développés à partir d'une banque de données qui héberge toutes les questions antérieures et le contenu applicable à chaque spécialité. Les technologies et plateformes numériques pourraient servir non seulement à générer les questions d'examen mais aussi à

automatiser le processus; des technologies telles que la réalité virtuelle et la réalité augmentée pourraient faciliter la tenue des examens en temps réel. Ces applications ont beau être prometteuses mais elles ne sont pas sans risque. Par exemple, le Collège royal devra garantir un accès sécurisé et équitable à l'ensemble des Associés (p. ex., politique sur les sources ouvertes et les sources fermées), faire en sorte que les ensembles de données actuels soient plus conviviaux et veiller à ce qu'ils respectent les règles de protection des renseignements personnels, comme la transparence, le consentement et la confidentialité des données.

Ce rapport n'est que la première étape

L'IA et les nouvelles technologies numériques transformeront la pratique médicale au Canada et auront d'importantes répercussions sur les principales fonctions du Collège royal. C'est pourquoi le groupe de travail insiste sur l'importance de progresser en ce sens, au-delà du présent rapport; le Collège royal doit aller de l'avant et prendre les mesures qui s'imposent.

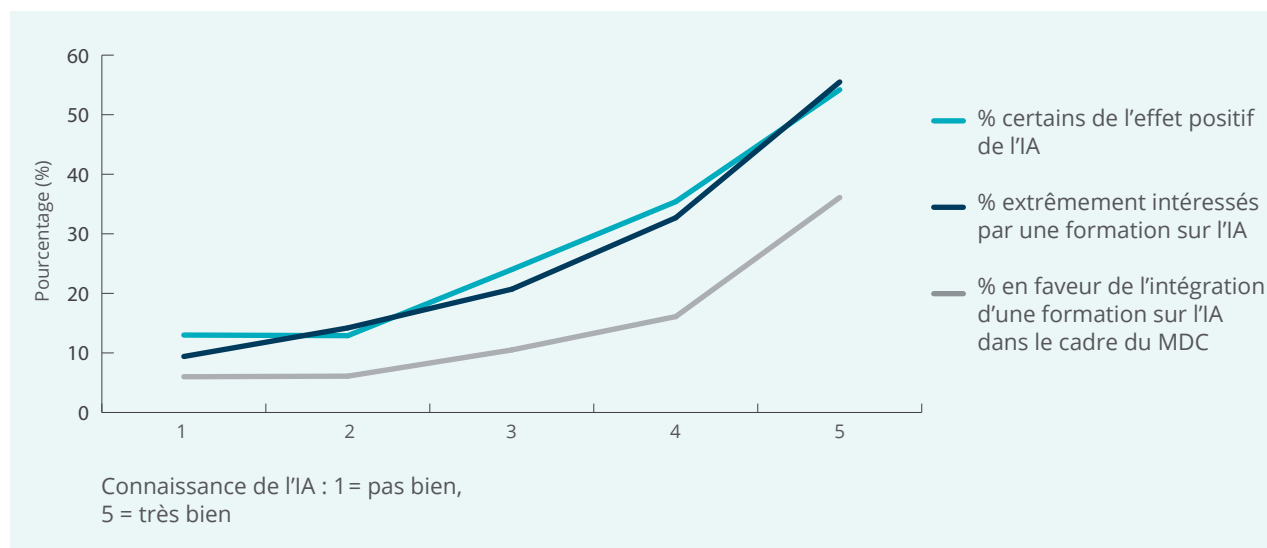
Les Associés et les résidents affiliés ont aussi demandé au Collège royal de participer activement à leur cheminement et de les accompagner durant leur apprentissage. Quelque 600 répondants ont indiqué que le Collège royal doit :

- offrir une formation aux Associés et les sensibiliser à l'IA;
- faire connaître l'IA et expliquer ses répercussions pour favoriser une meilleure compréhension;
- offrir des ateliers, des séminaires, des cours, des conférences et des séances d'apprentissage en ligne sur l'IA;
- présenter régulièrement des données probantes et des exemples des bienfaits de l'IA.

Les résultats du sondage révèlent que le degré de connaissance des Associés et des résidents au sujet de l'IA et des nouvelles technologies détermine la façon dont ils les perçoivent. Les résultats (illustrés ci-dessous) indiquent un lien direct entre la mesure dans laquelle les répondants connaissent l'IA et :

- la mesure dans laquelle ils considèrent que l'IA aura des répercussions positives sur leurs futurs rôles d'éducateurs médicaux et de fournisseurs de soins;
- la mesure dans laquelle ils sont intéressés à en apprendre davantage au sujet de l'IA;
- la mesure dans laquelle ils appuient l'intégration de l'IA au programme de MDC du Collège royal.

Figure 3. Connaissance de l'IA et des concepts connexes par rapport à l'opinion des Associés sur l'IA adaptée aux spécialités



Pour donner suite à ces conclusions, le Collège royal doit consacrer des ressources à l'IA et aux nouvelles technologies. Ces ressources adopteront une stratégie de surveillance pour suivre l'évolution rapide de cette transformation technologique des soins aux patients. Elles pourraient en outre publier des documents d'information sur l'IA et les avancées technologiques dans le domaine de la médecine spécialisée.

Il serait peut-être utile d'offrir une formation sur ces technologies aux résidents et aux Associés, et de créer, seul ou en partenariat, du contenu pédagogique et des cours en ligne. Le Collège royal devrait aussi défendre les politiques qui veillent à ce que l'adoption de ces nouvelles technologies repose sur des données probantes et des règles d'éthique. Il pourrait également être utile de former des groupes de travail ou d'autres groupes pour faire avancer le dossier de l'IA et des nouvelles technologies au Collège royal.

Le Collège royal pourrait aussi aider les Associés à comprendre les limites de l'IA dans les soins de santé. Comme nous l'avons mentionné, cette technologie pourrait être trompeuse et causer des préjudices si elle ne fait pas l'objet d'une surveillance et d'une orientation adéquates.

Plus précisément, l'intégration de données inexactes ou trompeuses aux ensembles de données servant à élaborer les modèles d'IA pourrait fausser les extrants. Le Collège royal pourrait aussi surveiller l'évolution des nouvelles technologies et n'appuyer que celles dont l'utilisation est fondée sur différentes formes de données probantes; ce faisant, les Associés seraient protégés contre toute forme de fausse information et adopteraient des pratiques exemplaires.

Compte tenu de son rôle dans la formation médicale et les soins, le Collège royal devra jouer un rôle actif et équilibré pour aider les Associés actuels et futurs à offrir les meilleurs soins qui soient aux patients durant toute leur carrière, dans un système de soins qui évolue rapidement.

Sommaire des principales constatations et recommandations

Le sommaire suivant fait état des constatations et recommandations du groupe de travail. Celles-ci ont été harmonisées avec les objectifs budgétaires jugés raisonnables et les ressources prévues, compte tenu des limites de la portée et de considérations financières.

Impact prévu sur la pratique médicale

Principales constatations :

- L'IA et les nouvelles technologies numériques ne peuvent remplacer la présence, l'intuition, la créativité, le jugement et la compassion d'un médecin.
- La présence de l'IA et des nouvelles technologies numériques sera plus marquée en médecine spécialisée et aidera les équipes de soins de santé à s'acquitter de leurs tâches quotidiennes.
- L'IA et les nouvelles technologies numériques pourraient libérer les médecins de tâches répétitives et leur permettre de se consacrer davantage aux soins aux patients, y compris aux soins de compassion, et d'améliorer la sécurité et la qualité des soins.

Recommandation :

- Que le Comité des spécialités du Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada continue de surveiller régulièrement la situation dans chaque discipline et d'évaluer l'incidence de l'IA et des nouvelles technologies numériques. Le groupe de travail n'a formulé aucune recommandation afin de modifier le nombre et l'effectif de médecins spécialistes en formation au Canada.

Une nouvelle compétence fondamentale

Principale constatation :

- L'IA et les nouvelles technologies numériques deviendront essentielles à la pratique médicale. Pour continuer de répondre aux besoins des patients, les médecins devront posséder des notions de base sur les technologies mises à leur disposition, avoir reçu une excellente formation en mathématiques et en statistiques, et être en mesure de comprendre l'information sur la santé extraite de sources électroniques.

Recommandation :

- Le référentiel CanMEDS devrait comprendre des compétences dans le domaine de la littératie en santé numérique.

Changements à la pratique des médecins

Principales constatations :

- Les transitions de carrière au sein des effectifs médicaux seront plus fréquentes. Il est peu probable que les médecins exercent dans le même secteur tout au long de leur carrière.
- Les médecins devront souvent recevoir une formation et acquérir de nouvelles compétences pour suivre le rythme rapide des changements qu'imposent les nouvelles technologies numériques.

Recommandation :

- Étant donné l'urgence de la situation, créer des processus pour que tous les spécialistes développent de nouvelles compétences ou procèdent aux changements de carrière requis en raison de l'incidence de l'IA et des nouvelles technologies numériques sur la médecine spécialisée.

Nouvelles carrières

Principales constatations :

- De nouveaux rôles et spécialités faisant appel à la technologie feront leur apparition.
- Les répondants au sondage se sont dits très intéressés par ce domaine de travail, à titre de pionniers, d'innovateurs ou de participants à un programme dans une nouvelle spécialité axée sur la technologie.

Recommandations :

- Envisager de créer une nouvelle discipline en informatique médicale.
- De concert avec les écoles de médecine canadiennes, promouvoir l'IA, les programmes MD-PhD et de cliniciens-chercheurs axés sur la technologie numérique afin d'offrir des possibilités de formation dans ce domaine et de former un groupe d'« innovateurs cliniques » en technologies de l'IA en soins de santé.

L'IA en santé est un travail d'équipe

Principales constatations :

- Les outils d'IA en médecine sont développés de concert avec des équipes composées de membres d'équipes de soins de santé et de spécialistes qui contribuent au développement des systèmes d'IA, comme des informaticiens, des ingénieurs, des mathématiciens et des professionnels d'autres disciplines technologiques.
- La majorité des Associés et des résidents affiliés du Collège royal qui ont répondu à un sondage sont en faveur de l'adoption des technologies de l'IA et aimeraient jouer un rôle accru dans le développement, l'amélioration, la validation et le déploiement des technologies de l'IA dans le futur.

Recommandation :

- Jouer un rôle actif afin d'aider les Associés et les résidents affiliés à cocréer, améliorer, valider et déployer les technologies de l'IA.

Nouveaux produits et avancées

Principales constatations :

- On approuve de plus en plus le recours aux technologies de l'IA en contexte médical. Ces technologies – et celles qui sont en cours d'élaboration – pourraient contribuer considérablement au diagnostic, à la prise de décisions cliniques, à la formation, au dépistage et à la prévention précoces, aux traitements et à la médecine personnalisée.
- Les médecins et autres membres des effectifs médicaux doivent être au fait des avancées dans ces domaines et comprendre les capacités, les limites et les risques de l'IA et des nouvelles technologies numériques en médecine.

Recommandation :

- De concert avec les disciplines individuelles et le Comité des spécialités, établir des lignes directrices et des principes afin d'incorporer l'enseignement sur l'IA et les nouvelles technologies numériques à tous les programmes de formation des résidents et d'en faire une composante du développement professionnel continu (DPC) des Associés actuels.

Complément de l'équipe médicale

Principales constatations :

- L'IA et les nouvelles technologies numériques feront « partie intégrante » des équipes de soins de santé en les aidant à s'acquitter de leurs tâches quotidiennes.
- Les équipes de soins de santé seront de plus en plus multidisciplinaires. Leurs membres auront divers antécédents professionnels, y compris en ingénierie, en robotique et en science des données.

Recommandation :

- Promouvoir la création de nouvelles possibilités d'aider les Associés et les résidents affiliés à collaborer avec des innovateurs des secteurs public, sans but lucratif et privé afin de cocréer, d'améliorer, de valider et de déployer l'IA et les nouvelles technologies numériques, et à tenir compte des possibilités de conflits d'intérêts.

L'IA peut démocratiser les soins de santé

Principales constatations :

- Étant donné que les patients auront de plus en plus accès aux données sur la santé, y compris à celles qui les concernent, l'IA et les technologies numériques pourront améliorer la relation médecin-patient en créant un partenariat centré sur les données favorable à une approche centrée sur le patient.
- Les médecins devront de plus en plus s'approprier leurs nouveaux rôles en tant que guides auprès des patients, devenus de plus en plus autonomes.
- Même si elle peut démocratiser les soins de santé, l'IA pourrait accentuer le « fossé numérique » des populations marginalisées, sous-représentées depuis nombre d'années et d'autres populations mal desservies si l'IA n'est pas déployée de manière responsable, et surveillée.

Recommandation :

- Mettre en place des mécanismes d'inclusion des diverses perspectives des patients dans l'ensemble du processus décisionnel en IA.

Considérations éthiques et juridiques

Principales constatations :

- La gouvernance actuelle (politiques, aspects juridiques et éthiques) de l'IA peut ne pas appuyer l'intégration de cette dernière dans les systèmes de soins de santé ou assurer la protection des renseignements personnels, la qualité et la sécurité, et éviter la discrimination à l'égard des populations mal desservies depuis nombre d'années.
- Il convient d'établir de nouveaux cadres réglementaires qui soulignent la prise en compte rapide d'aspects juridiques et éthiques, comme l'explicabilité et la transparence, la prévention de la subjectivité et de la discrimination, les considérations relatives aux données, la protection des renseignements personnels, la sécurité et la responsabilité.

Recommandation :

- Collaborer avec les organisations partenaires afin de créer, de sélectionner et de diffuser des offres de formation sur la protection des renseignements personnels, la discrimination, la sécurité et d'autres préoccupations d'ordre éthique et juridique découlant de l'intégration de l'IA dans les systèmes de soins de santé.

Responsabilité sociale

Principales constatations :

- On prévoit que l'intégration de l'IA dans les soins de santé les rendra plus efficaces et efficaces, et permettra d'obtenir de meilleurs résultats pour les patients.
- Par contre, les données actuelles sur la santé n'incluent pas toujours toutes les populations de patients.
- L'intégration de l'IA dans les soins de santé risque donc de compromettre la sécurité et la qualité des soins offerts aux populations mal desservies depuis nombre d'années, ou de leur retirer les avantages escomptés de l'IA, ou les deux.

Recommandation :

- Promouvoir, favoriser et offrir des activités d'érudition, de la formation et d'autres formes de soutien pour permettre aux médecins de mieux connaître l'incidence des technologies de l'IA sur la justice sociale.

Considérations institutionnelles

Principales constatations :

- Le Collège royal est une organisation riche en données qui produit et recueille une grande quantité de données grâce à ses divers programmes (agrément, examens, développement professionnel continu (DPC), maintien du certificat (MDC)).
- On s'attend à ce que l'approche par compétences en formation médicale augmente le volume de données. L'incidence sur les normes de formation et les examens sera considérable.

Recommandation :

- Former un groupe de travail afin de déterminer la meilleure façon d'utiliser l'IA pour appuyer des composantes des activités du Collège royal, et plus particulièrement son rôle en tant que responsable des examens. Ce groupe devrait aussi évaluer comment l'IA pourrait améliorer l'analyse des données recueillies par l'organisation, et examiner les enjeux relatifs à la gouvernance et à la propriété des données.

Surveillance et suivi des avancées de l'IA

Principale constatation :

- L'évolution rapide de l'IA et des nouvelles technologies numériques exigera des mesures d'adaptation et un suivi constant de la part du Collège royal.

Recommandation :

- Élaborer une stratégie de développement et de suivi continus, compte tenu de la nécessité de formuler d'autres recommandations dans le domaine de l'IA et des nouvelles technologies numériques.

Références

1. Vector Institute. *Vector Institute Guidance for AI-Related Master's Programs.*; 2018.
2. Lecun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015;521(7553):436-444. doi:10.1038/nature14539
3. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(1):44-56. doi:10.1038/s41591-018-0300-7
4. Wiens J, Saria S, Sendak M, et al. Do no harm: a roadmap for responsible machine learning for health care. *Nat Med*. 2019;25:1337-1340.
5. Liu X, Rivera SC, Faes L, et al. Reporting guidelines for clinical trials evaluating artificial intelligence interventions are needed. *Nat Med*. 2019;25(10):1467-1468. doi:10.1038/s41591-019-0603-3
6. Lien ASY, Jiang Y Der. Integration of diffusion of innovation theory into diabetes care. *J Diabetes Investig*. 2017;8(3):259-260. doi:10.1111/jdi.12568
7. Handelman GS, Kok HK, Chandra R V., Razavi AH, Lee MJ, Asadi H. eDoctor: machine learning and the future of medicine. *J Intern Med*. 2018;284(6):603-619. doi:10.1111/joim.12822
8. Wang F, Casalino LP, Khullar D. Deep Learning in Medicine – Promise, Progress and Challenges. *JAMA Intern Med*. 2018;179(3):293-294.
9. The Medical Futurist. FDA Approvals For Smart Algorithms In Medicine In One Giant Infographic. The Medical Futurist magazine. Accès : <https://medicalfuturist.com/fda-approvals-for-algorithms-in-medicine> (10 décembre 2019). Publié en 2019.
10. U.S. Food and Drug Administration. *Proposed Regulatory Framework for Modifications to Artificial Intelligence/Machine Learning (AI/ML)-Based Software as a Medical Device (SaMD) – Discussion Paper and Request for Feedback*.
11. Stanford Medicine. Apple Heart Study. Accès : <https://med.stanford.edu/appleheartstudy.html> (10 décembre 2019).
12. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. *Stroke Vasc Neurol*. 2017;2(4):230-243. doi:10.1136/svn-2017-000101
13. Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA – J Am Med Assoc*. 2016;316(22):2402-2410. doi:10.1001/jama.2016.17216
14. IEEE Spectrum. AI vs. Doctors. Accès : <https://spectrum.ieee.org/static/ai-vs-doctors> (6 janvier 2020).
15. Esteve A, Kuprel B, Novoa RA, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017;542(7639):115-118. doi:10.1038/nature21056
16. Rajpurkar P, Hannun AY, Haghpanahi M, Bourn C, Ng AY. Cardiologist-Level Arrhythmia Detection with Convolutional Neural Networks. 2017. [En ligne] <http://arxiv.org/abs/1707.01836>.
17. Somashekhar SP, Sepúlveda M-J, Norden AD, et al. Early experience with IBM Watson for Oncology (WFO) cognitive computing system for lung and colorectal cancer treatment. *J Clin Oncol*. 2017;35(15):8527-8527. doi:10.1200/JCO.2017.35.15_suppl.8527
18. Masters K. Artificial intelligence in medical education. *Med Teach*. 2019;41(9):976-980. doi:10.1080/0142159X.2019.1595557
19. OSSimTech. Accès : <https://ossimtech.com/en-us> (20 janvier 2020).
20. Winkler-Schwartz A, Yilmaz R, Mirchi N, et al. Machine Learning Identification of Surgical and Operative Factors Associated With Surgical Expertise in Virtual Reality Simulation. *JAMA Netw open*. 2019;2(8):e198363. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.8363
21. Hirsch A. Computer algorithm could aid in early detection of life-threatening sepsis. Hub, Johns Hopkins University. Accès : <https://hub.jhu.edu/2015/08/05/sepsis-detection-method>. Publié en 2015.
22. Richards S. Early-Warning Algorithm Targeting Sepsis Deployed at Johns Hopkins. Johns Hopkins Medicine. Accès : <https://www.hopkinsmedicine.org/news/articles/early-warning-algorithm-targeting-sepsis-deployed-at-johns-hopkins> (10 décembre 2019). Publié en 2019.
23. Machine learning in radiation therapy tested. Canadian Healthcare Technology. Accès : <https://www.canhealth.com/2019/09/18/machine-learning-in-radiation-therapy-tested> (10 décembre 2019). Publié en 2019.
24. Technology Development & Commercialization at University Health Network. UHN licenses Artificial Intelligence technology for automated radiation therapy treatment planning to RaySearch. Accès : <http://tdc.uhnresearch.ca/content/uhn-licenses-artificial-intelligence-technology-automated-radiation-therapy-treatment> (10 décembre 2019). Publié en 2017.
25. Foy JJ, Marsh R, Ten Haken RK, et al. An analysis of knowledge-based planning for stereotactic body radiation therapy of the spine. *Pract Radiat Oncol*. 2017;7(5).
26. Hansen CR, Bertelsen A, Hazell I, et al. Automatic treatment planning improves the clinical quality of head and neck cancer treatment plans. *Clin Transl Radiat Oncol*. 2016;1:2-8. doi:10.1016/j.ctro.2016.08.001
27. Kumar S, Singhal P, Krovi VN. Computer-Vision-Based Decision Support in Surgical Robotics. *IEEE Des Test*. 2015;32(5):89-97.
28. The Medical Futurist. Top Smart Algorithms In Healthcare. The Medical Futurist magazine. Accès : <https://medicalfuturist.com/top-ai-algorithms-healthcare> (10 décembre 2019). Publié en 2019.
29. The Standing Senate Committee on Social Affairs; Science and Technology. Challenge Ahead: Integrating robotics, artificial intelligence and 3D printing technologies into Canada's Healthcare Systems. 2017. [En ligne] https://sencanada.ca/content/sen/committee/421/SOCI/reports/RoboticsAI3DFinal_Web_e.pdf.
30. Di Ieva A. AI-augmented multidisciplinary teams: hype or hope? *Lancet*. 2019;394(10211):1801. doi:10.1016/S0140-6736(19)32626-1
31. Leadership RT. *Paging Dr. Data.*; 2019.
32. IBM Healthcare and Life Sciences. *The Future of Health Is Cognitive.*; 2016. <https://www.ibm.com/downloads/cas/LQZ001WM>.
33. IBM Healthcare and Life Sciences. Healthcare's Data Dilemma A Blessing or a Curse? Accès : <https://www.ibm.com/industries/healthcare/datadilemma> (10 décembre 2019).
34. CloudMedx. CloudMedx Clinical AI Outperforms Human Doctors On A Mock Medical Exam. Accès : <https://www.cloudmedxhealth.com/press/cloudmedxclinical-ai-outperforms-human-doctors-on-a-us-medical-exam> (10 décembre 2019). Publié en 2019.

35. Liang H, Tsui BY, Ni H, et al. Evaluation and accurate diagnoses of pediatric diseases using artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(3):433-438.
36. World Health Organization. Global Health Observatory (GHO) data. Accès : https://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/life_tables/situation_trends_text/en (10 décembre 2019).
37. Statistics Canada. An aging population. Accès : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-402-x/2010000/chap/pop/pop02-eng.htm> (10 décembre 2019). Publié en 2016.
38. World Health Organization. *Health Workforce Requirements for Universal Health Coverage and the Sustainable Development Goals*; 2016. doi:ISBN 978 92 4 151140 7
39. NHS. *Preparing the Healthcare Workforce to Deliver the Digital Future*; 2019.
40. Royal College of Surgeons. *Future of Surgery*; 2018.
41. Riek LD. Healthcare robotics. *Commun ACM*. 2017;60(11):68-78. doi:10.1145/3127874
42. Meskó B, Drobni Z, Béneyi É, Gergely B, Gyórfy Z. Digital health is a cultural transformation of traditional healthcare. *mHealth*. 2017;3:38-38. doi:10.21037/mhealth.2017.08.07
43. The Medical Futurist. What Empowered Patients Need: Empathy, Time, And Attention. The Medical Futurist magazine. Accès : <https://medicalfuturist.com/empowered-patients-in-the-digital-age> (10 décembre 2019). Publié en 2019.
44. Villani C, Schoenauer M, Bonnet Y, et al. *For a Meaningful Artificial Intelligence: Towards a French and European Strategy*; 2018. [En ligne] https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani_Report_ENG-VF.pdf.
45. Statistics Canada. *Canada's Rural Population since 1851*; 2012. Accès : https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/as-sa/98-310-x/98-310-x2011003_2-eng.pdf. (10 décembre 2019)
46. Angwin J, Larson J, Mattu S, Kirchner L. Machine bias risk assessments in criminal sentencing. ProPublica. Accès : <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing> (11 décembre 2019). Publié en 2016.
47. Datta A, Tschantz MC, Datta A. Automated Experiments on Ad Privacy Settings. *Proc Priv Enhancing Technol*. 2015;2015(1):92-112. doi:10.1515/popets-2015-0007
48. Council of Canadian Academies. *Accessing Health and Health-Related Data in Canada*; 2015.
49. Canadian Medical Association. *The Future of Technology in Health and Health Care: A Primer*.
50. Sweeney L. Matching Known Patients to Health Records in Washington State Data. *SSRN Electron J*. 2013. doi:10.2139/ssrn.2289850
51. Duckett C. Re-identification possible with Australian de-identified Medicare and PBS open data. ZDNet. Accès : <https://www.zdnet.com/article/re-identification-possible-with-australian-de-identified-medicare-and-pbs-open-data> (11 décembre 2019). Publié en 2017.
52. World Health Organization. Digital Health Literacy. In: *First Meeting of the WHO GCM/NCD Working Group on Health Literacy for NCDs*; 2017. [En ligne] https://www.who.int/global-coordination-mechanism/working-groups/digital_hl.pdf.
53. Tang A, Tam R, Cadrin-Chênevert A, et al. Canadian Association of Radiologists White Paper on Artificial Intelligence in Radiology. *Can Assoc Radiol J*. 2018;69(2):120-135. doi:10.1016/j.carj.2018.02.002
54. Jaremko JL, Azar M, Bromwich R, et al. Canadian Association of Radiologists White Paper on Ethical and Legal Issues Related to Artificial Intelligence in Radiology. *Can Assoc Radiol J*. 2019;70(2):107-118. doi:10.1016/j.carj.2019.03.001
55. Canadian Institute for Health Information. *National Health Expenditure Trends, 1975 to 2018*; 2018.
56. Canadian Institute For Health Information. *National Health Expenditure Trends 1975-2019*; 2019.
57. Canadian Institute for Health Information. Health spending. Accès : <https://www.cihi.ca/en/health-spending> (11 décembre 2019). Publié en 2019.
58. Government of Canada. Prevalence of Chronic Diseases Among Canadian Adults. Accès : <https://www.canada.ca/en/public-health/services/chronic-diseases/prevalence-canadian-adults-infographic-2019.html> (11 décembre 2019). Publié en 2016.
59. World Health Organization. *Facing the Facts: The Impact of Chronic Disease in Canada*.
60. Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. *Deep Learning*. MIT Press; 2016. <http://www.deeplearningbook.org>.
61. Barsom EZ, Graafland M, Schijven MP. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. *Surg Endosc*. 2016;30(10):4174-4183. doi:10.1007/s00464-016-4800-6
62. Dash S, Shakyawar SK, Sharma M, Kaushik S. Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. *J Big Data*. 2019;6(1). doi:10.1186/s40537-019-0217-0
63. World Health Organization. *MHealth New Horizons for Health through Mobile Technologies*; 2011. https://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf.
64. Carroll JK, Moorhead A, Bond R, LeBlanc WG, Petrella RJ, Fiscella K. Who uses mobile phone health apps and does use matter? A secondary data analytics approach. *J Med Internet Res*. 2017;19(4):1-9. doi:10.2196/jmir.5604
65. Misra BB, Langefeld C, Olivier M, Cox LA. Integrated omics: tools, advances and future approaches. *J Mol Endocrinol*. 2018;(2016):R21-R45. doi:10.1530/jme-18-0055
66. Seyhan AA, Carini C. Are innovation and new technologies in precision medicine paving a new era in patients centric care? *J Transl Med*. 2019;17(1):1-28. doi:10.1186/s12967-019-1864-9
67. Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: Towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol Theory Pract*. 2005;8(1):19-32. doi:10.1080/1364557032000119616
68. Levac D, Colquhoun H, O'Brien KK. Scoping studies: Advancing the methodology. *Implement Sci*. 2010;5(1):1-9. doi:10.1186/1748-5908-5-69
69. Nama N, Sampson M, Barrowman N, et al. Crowdsourcing the citation screening process for systematic reviews: Validation study. *J Med Internet Res*. 2019;21(4):1-16. doi:10.2196/12953

Annexe A : Glossaire

Cette section donne un aperçu de certaines technologies qui auront une incidence considérable sur les soins de santé, selon le groupe de travail. Elles représentent les principales technologies et les domaines auxquels l'expression « intelligence artificielle et nouvelles technologies numériques » fait référence dans le rapport.

Intelligence artificielle et apprentissage machine

Le terme intelligence artificielle (IA) désigne des systèmes capables d'apprendre en s'appuyant sur l'information reçue. Ils reproduisent nos façons d'interpréter l'information afin d'exécuter des tâches dont nous nous acquittons normalement⁶⁰. L'apprentissage machine désigne un processus d'apprentissage informatisé qui permet de reconnaître des schémas de données à l'aide de divers algorithmes de reconnaissance de formes. Autrement dit, l'apprentissage machine est une composante importante, mais non essentielle, de l'intelligence artificielle⁷. Les algorithmes comme ceux des réseaux de neurones profonds (RNP) et des réseaux de neurones artificiels (RNA) sont des algorithmes d'apprentissage machine différents.

Réalité augmentée et réalité virtuelle

La réalité augmentée est une technologie qui intègre des images produites par ordinateur à des images du monde réel, créant ainsi une version améliorée de la réalité. La réalité augmentée complète l'environnement réel de l'utilisateur en ayant recours à l'imagerie informatique et à des objets. La réalité virtuelle, quant à elle, est une technologie qui crée un environnement virtuel au moyen de l'imagerie 3D, l'utilisateur étant plongé dans une réalité simulée par ordinateur⁶¹. On a constaté que ces deux technologies pouvaient améliorer la formation médicale, et plus particulièrement la formation chirurgicale.

Mégadonnées

La gestion des mégadonnées en santé désigne la capacité d'analyser de vastes ensembles (de différents types) de données provenant de diverses sources produites en continu. Les mégadonnées se caractérisent par le volume de données disponibles, la vitesse de production et d'échange des données, et les diverses formes de production des données. Les mégadonnées en santé peuvent servir à créer diverses applications en médecine de précision, à élaborer des modèles d'IA, et à la gestion de la santé publique et des maladies chroniques⁶².

Santé numérique (applications sur la santé et appareils portables)

Les applications sur la santé sont étroitement liées au concept de santé mobile, défini par l'Organisation mondiale de la santé comme des « pratiques en matière de médecine et de santé publique faisant appel aux appareils mobiles, comme les téléphones cellulaires, les assistants numériques personnels (ANP) ou d'autres appareils sans fil »⁶³. Les applications sur la santé peuvent accomplir diverses fonctions, comme surveiller l'état de santé, prendre en charge des maladies, recueillir des données à des fins préventives et de diagnostic, promouvoir la santé et l'activité physique, et pourraient même poser un diagnostic primaire⁶⁴. Compte tenu de la disponibilité d'applications plus avancées, on s'attend à ce que la population canadienne les utilise de plus en plus.

Technologies « omiques »

Ce terme désigne en général des technologies ou domaines d'étude du comportement associé au développement des molécules des organismes, essentiellement au niveau cellulaire. Ces technologies, dont la génomique, la métabonomique et la protéomique, sont de puissants outils qui utilisent de vastes ensembles de données génétiques pour nous aider à comprendre les activités des cellules ainsi que les voies et mécanismes des maladies⁶⁵. Leur potentiel de prédiction et de prévention de la maladie s'avère très prometteur.

Médecine de précision

À l'heure actuelle, les personnes atteintes de la même maladie se voient prescrire les mêmes traitements et doses de médicaments. On sait cependant que le corps humain présente des caractéristiques distinctives et réagit différemment à la médication. Dans la médecine de précision, les patients reçoivent le traitement le plus efficace selon leur profil médical et des facteurs comme la génétique, les antécédents médicaux, l'alimentation, l'état de santé physique et psychologique, etc. La médecine de précision repose fortement sur les mégadonnées, y compris le profil génomique du patient et les renseignements médicaux issus d'applications sur la santé, de capteurs et d'appareils portables. Il est certain qu'un traitement personnalisé basé sur ces renseignements serait plus efficace et entraînerait moins d'effets secondaires désagréables chez les patients⁶⁶.

Robotique

La robotique désigne des machines qui peuvent aider à exécuter des tâches, ou remplacer ou reproduire ce que font les humains³⁰. C'est un domaine multidisciplinaire qui intègre différents domaines du génie et d'autres sciences, selon le contexte d'utilisation. En soins de santé et en médecine, la robotique peut être utilisée dans divers domaines comme la chirurgie minimalement invasive, la chirurgie à distance, la réadaptation, etc.

Impression 3D

L'impression 3D est le procédé qui permet de créer des objets en superposant de façon successive plusieurs minces couches de matériaux³⁰. Elle offre un grand potentiel en raison des divers matériaux qui tiennent lieu d'« encre » et de la complexité des modèles réalisables à partir de logiciels avancés de modélisation 3D. Au cours des dernières années, les applications de l'impression 3D en soins de santé et en médecine ont connu un essor fulgurant, et des avancées ont été réalisées dans l'utilisation de matériel et de cellules biologiques en guise de matériel d'impression, offrant ainsi d'autres applications (prothétique, implants, médecine régénérative, organes, équipement et outils médicaux).

Annexe B : Mobilisation des intervenants

En guise de complément aux discussions, le groupe de travail a proposé quatre méthodes de mobilisation des principaux intervenants de ce rapport. Chaque méthode sera décrite dans les parties suivantes.

1. Entrevues avec des informateurs clés

Lors d'entrevues téléphoniques de 30 minutes, des chefs de file de l'intelligence artificielle ont répondu à des questions afin d'aider le groupe de travail à formuler sa stratégie et ses recommandations. Le président et deux autres membres du groupe de travail ont aussi participé aux entrevues. Le groupe de travail tient d'ailleurs à remercier les participants suivants (énumérés selon les dates des entrevues) :

Bernard Meyerson, PhD, directeur de l'innovation, IBM

Randy Goebel, PhD, vice-président associé (Recherche), Université de l'Alberta, chercheur principal, Amii

Dr Eric Topol, vice-président exécutif, Scripps Research Institute

Kimberly Hanson, directrice exécutive, Diabète Canada

Joelle Pineau, PhD, professeure agrégée, Université McGill, directrice du laboratoire de recherche Facebook en intelligence artificielle (IA)

Dr An Tang, professeur associé, Université de Montréal. Président du groupe de travail en intelligence artificielle de l'Association canadienne des radiologistes

Lionel Tarassenko, directeur du département d'ingénierie, Université d'Oxford

Michael Hillmer, PhD, directeur exécutif, ministère de la Santé de l'Ontario

Brad Wouters, PhD, vice-président administratif, science et recherche, Princess Margaret Cancer Centre

Bertalan Meskó, PhD, directeur, The Medical Futurist Institute

Dr Hugh Harvey, directeur, Hardian Health

Carrie Bourassa, PhD, directrice scientifique, Institut de la santé des Autochtones, Instituts de recherche en santé du Canada

Yoshua Bengio, PhD, fondateur et directeur scientifique, Mila

Tom Chau, PhD, vice-président de la recherche, Holland Bloorview Kids Rehabilitation Hospital

Dr Puneet Kapur, Associé du Collège royal, architecte/ingénieur logiciel

Dr Jonathan Kanevsky, Associé du Collège royal, cofondateur d'Imagia

Dr Salim Samanani, Associé du Collège royal, président et directeur médical, OKAKI

Jay Shaw, PhD, professeur adjoint, Université de Toronto. Directeur de la recherche, IA, éthique et santé, Joint Centre for Bioethics

Dr Devin Singh, Associé du Collège royal, médecin responsable, IA et apprentissage machine, médecine d'urgence pédiatrique

Dre Christina Luong, Associée du Collège royal, partenaire de recherche avec UBC Biomedical Engineering

Dr Gregory Walker, Associé du Collège royal, chercheur en IA

Dre Sheila Wang, Associée du Collège royal, chercheuse en IA

Les réponses aux entrevues ont fait l'objet d'une analyse qualitative. Le processus incluait une transcription textuelle des entrevues et l'analyse continue des transcriptions afin de dégager des thèmes communs. Toutes les données ont été saisies à l'aide de « NVivo », un logiciel propriétaire en ligne. Deux employés du Collège royal ont codé chaque transcription séparément et se sont entendus sur le codage dans chaque cas. Chacune des transcriptions a donc fait l'objet de trois évaluations en tout. Les grands thèmes suivants sont ressortis des entrevues.

Compétences des futurs médecins

- Déterminer les compétences dont tous les médecins doivent faire preuve en littératie numérique : incertitude quant au niveau de compréhension requis
- Inclure les compétences en littératie numérique dans un nouveau cadre
- Capacité d'utiliser les outils d'IA et connaissance des principes fondamentaux décisionnels sur l'IA
- Offrir une formation à tous les médecins sur les principes statistiques fondamentaux (sur l'IA, p. ex., régression logistique)
- Empathie, compétences en communication, collaboration, jugement, compassion

Spécialités les plus touchées par les changements

- Radiologie et pathologie
- Spécialités ayant recours aux données numériques
- Chaque spécialité finira par être touchée

Préparer les futurs médecins aux changements apportés aux compétences, et stratégies qui reflètent ces changements dans leur formation

- Créer des cours en ligne sur les rudiments de la formation sur l'IA (Collège royal)
- Mettre en place des programmes multidisciplinaires pour former des chefs de file en IA et en soins de santé
- Revoir l'aspect diversité dans les processus d'admission
- Augmenter le nombre d'étudiants issus d'autres disciplines (p. ex., ingénierie, informatique et sciences des données)

Changements aux politiques

- Incorporer la formation sur les technologies numériques à toutes les étapes de la formation médicale
- Promouvoir la responsabilisation des patients
- Mettre en place une politique canadienne de réglementation des données
- Les plus grands changements auxquels les spécialistes feront face
- Problèmes de communication en raison de l'augmentation des activités interdisciplinaires

- Assumer un nouveau rôle, c.-à-d. interprète, guide, coach; partenariat d'égal à égal (médecin-patient)
- Accorder une plus grande importance à des compétences comme la compassion, l'empathie, le jugement

Conseils aux autorités qui supervisent la formation et le maintien de la compétence

- Assurer un niveau de littératie numérique de base dans toutes les spécialités
- Élaborer une stratégie de communication afin de mettre fin aux mythes concernant les spécialités à risque (Collège royal)
- Certains participants aux entrevues ne savaient pas trop comment répondre à cette question

Avantages et inconvénients de la technologie

- Avantages
 - Donner/libérer du temps
 - Confier les tâches répétitives à des machines
 - Partage des données
- Inconvénients
 - Protection des renseignements personnels
 - Dépendance excessive à la technologie – déqualification
 - Absence d'infrastructure actuellement

Autres thèmes

- Calendrier des changements
- Éthique
- Redéfinition du rôle des spécialistes; émergence de nouveaux rôles
- Changements concernant le volume d'effectifs médicaux
- Soins centrés sur l'humain, le patient
- Connaissance de base des spécialistes au sujet des technologies de l'IA

2. Sondage auprès des Associés

À titre d'intervenants clés dans la formulation des recommandations finales, les Associés du Collège royal ont été invités à faire connaître leurs idées et leurs points de vue sur l'IA et les nouvelles technologies numériques. Leurs réponses aux questions du groupe de travail ont contribué

grandement à la préparation de l'ébauche des recommandations. Le sondage, offert dans les deux langues officielles, comprenait neuf questions fondées sur l'échelle de Likert, une question avec classement de type « glisser-déplacer » et deux questions ouvertes facultatives visant à approfondir les perceptions générales au sujet de l'IA et les perceptions associées à la spécialité du participant.

Envoyé le 22 juillet 2019, le sondage a pris fin le 27 octobre 2019 (un peu plus de trois mois plus tard). Le groupe de travail a adopté une stratégie de communication conçue pour susciter une forte participation, notamment des bulletins électroniques (courriels) destinés à tous les Associés du Collège royal, suivis de trois rappels électroniques, diffusés une fois par mois. Un autre rappel a été inclus dans Dialogue, le bulletin électronique du Collège royal, en septembre 2019.

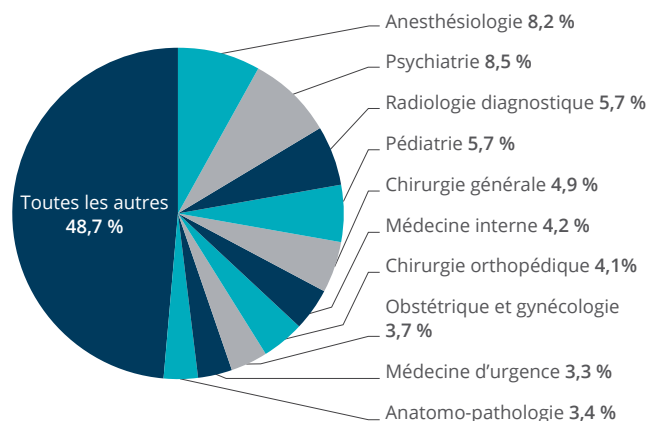
Le sondage a été distribué à 50 835 Associés du Collège royal. Des 4297 Associés qui ont ouvert le sondage, 3754 y ont répondu entièrement, 470, en partie, et 73 Associés ont refusé d'y participer. Deux employés du projet ont procédé à une analyse indépendante des réponses aux questions ouvertes. Cette approche consiste à lire le contenu systématiquement, à déterminer les renseignements pouvant être jugés importants ou à les regrouper en fonction de thèmes particuliers.

Tableau 2. Participation au sondage par province

Province	Pourcentage (%)
Ontario	39,2
Québec	17,8
Colombie-Britannique	14,8
Alberta	14
Manitoba	4,9
Saskatchewan	3,4
Nouvelle-Écosse	3,2
Terre-Neuve-et-Labrador	1,2
Nouveau-Brunswick	1,1
Île-du-Prince-Édouard	0,4

Ce tableau montre les spécialités où le taux de participation a été le plus élevé. Chacune des 67 spécialités a transmis au moins une réponse.

Figure 4. Spécialités où le taux de participation a été le plus élevé



Les Associés devaient indiquer s'ils connaissaient bien l'IA et les concepts connexes en utilisant une échelle de 1 (Je ne les connais pas bien – débutant) à 5 (Je les connais très bien – expert).

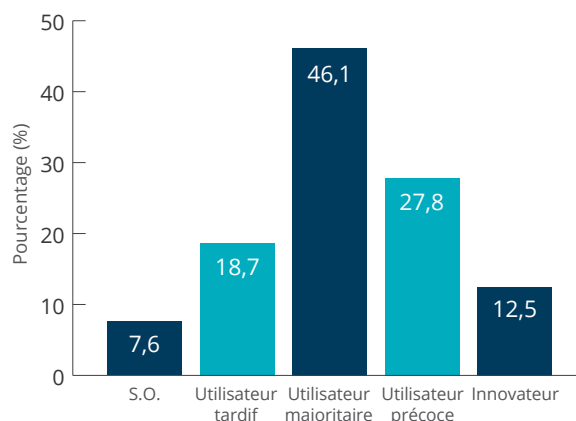
Tableau 3. Connaissance de l'IA

Niveau de connaissance	Pourcentage (%)
3	35,1
4	20
2	22,3
1	18,6
5	3,9

N = 3928

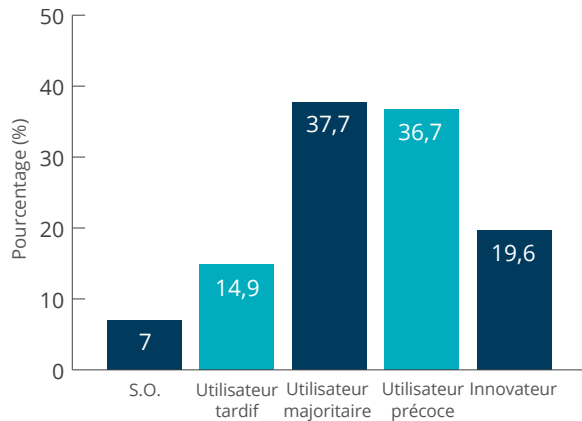
Ils devaient aussi préciser le(s) rôle(s) qu'ils étaient en mesure d'exercer maintenant, compte tenu de leur niveau actuel de connaissances, d'expertise et d'expérience en matière d'IA et de technologies numériques.

Figure 5. Rôle compte tenu de la formation actuelle des Associés



Les Associés devaient indiquer le(s) rôle(s) qu'ils aimeraient exercer dans le domaine de l'IA dans le futur, s'ils recevaient la formation connexe.

Figure 6. Rôles souhaités dans le domaine de l'IA dans le futur



Ils devaient aussi choisir l'énoncé qui décrivait le mieux l'incidence de l'IA sur leur spécialité.

Tableau 4. Opinion des Associés sur l'incidence de l'IA sur leur spécialité

Opinion	Pourcentage (%)
4 (Elle peut avoir un effet positif sur le flux de travail actuel)	49,2
5 (Elle aura certainement un effet positif sur ma pratique et l'expérience des patients)	23
2 (Elle peut avoir un effet négatif sur le flux de travail actuel)	12,6
3 (Elle n'aura aucune incidence sur ma spécialité)	10,6
1 (Je crains qu'elle risque d'avoir une incidence sur ma spécialité)	4,6

N = 3919

On a demandé aux Associés s'ils étaient intéressés à participer à des séances de formation sur l'IA ou à la mise en application de concepts ou principes de développement professionnel continu (DPC) dans le domaine de l'IA utiles pour la formation en médecine. Ils devaient pour cela utiliser une échelle de 1 (Pas intéressé(e)) à 5 (Extrêmement intéressé(e)).

Tableau 5. Intérêt à l'égard de la formation sur l'IA

Niveau d'intérêt	Pourcentage (%)
4	27,5
5 (Extrêmement intéressé(e))	20,9
3	21,1
1 (Pas intéressé(e))	18,2
2	12,3

N = 3920

Les Associés devaient indiquer dans quelle mesure le Collège royal devrait envisager d'intégrer la formation/les compétences sur l'IA à la formation des résidents sur une échelle de 1 (Aucune mesure ne devrait être prise) à 5 (Ceci est une priorité pour le Collège royal).

Tableau 6. Dans quelle mesure le Collège royal devrait-il intégrer la formation sur l'IA à la résidence?

Opinion	Pourcentage (%)
4	37,9
3	26,5
5 (Il devrait s'agir d'une priorité pour le Collège royal, car ceci est essentiel à son mandat)	22,5
2	9,5
1 (Aucune mesure ne devrait être prise; ce n'est pas du ressort du Collège royal)	3,6

N = 3918

Ils devaient aussi indiquer dans quelle mesure la formation sur l'IA devrait faire partie intégrante du maintien de la compétence des Associés sur une échelle de 1 (Aucune mesure ne devrait être prise) à 5 (Il devrait s'agir d'une priorité).

Tableau 7. L'IA devrait faire partie intégrante du MDC

Accord	Pourcentage (%)
3	33,8
4	20,6
2	18,8
1	
(Aucune mesure ne devrait être prise; les Associés devraient déterminer leurs besoins en matière d'apprentissage)	16,1
5 (Il devrait s'agir d'une priorité pour le Collège royal; l'IA devrait faire partie de l'apprentissage de base obligatoire)	10,8

N = 3918

Les Associés ont été invités à classer d'éventuels contenus éducatifs selon leur niveau d'intérêt. Chaque participant pouvait choisir trois sujets et les classer par ordre de priorité (3 = Le sujet le plus intéressant, 1 = Le sujet le moins intéressant). Le résultat final pour chaque sujet et le nombre de fois où chaque sujet a été classé parmi les trois principaux sujets apparaissent sous les colonnes « Résultat » et « Nombre de classements ». Comme on peut le voir, le classement final est fonction du résultat global.

Tableau 8. Classement des contenus éducatifs sur l'IA

Rang	Sujet	Résultat	Nombre de classements
1	Notions de base sur l'IA – formation technique liée à votre spécialité [p. ex., formation vous permettant de comprendre assez bien l'IA pour être un innovateur ou un utilisateur précoce]	3834	1844
2	Considérations éthiques et légales [p. ex., protection des renseignements personnels sur la santé, responsabilité, droits de la personne]	3589	1545
3	Facteurs humains [p. ex., confiance médecin-machine/confiance des patients, maintenir l'humanité, présence humaine et participation des patients, épuisement des fournisseurs de soins de santé/ incidence sur les ressources humaines]	3548	1718
4	Nouveaux modèles de soins aux patients [p. ex., soins préventifs, soins communautaires/à domicile, soins en milieu rural et éloigné, consultation électronique, prestation de soins numérique/virtuelle, incidences organisationnelles sur le système de santé]	3485	1788
5	Considérations liées aux données [p. ex., collecte de données, qualité, intégration, collaboration]	2294	1143
6	Notions de base de l'IA pour les cadres [p. ex., fonctionnement de l'IA aux niveaux supérieurs, processus décisionnel de l'IA, quoi faire en cas de divergence entre l'opinion clinique et la décision fondée sur l'IA]	1853	963
7	Nouvelles méthodes pédagogiques [p. ex., réalité augmentée, réalité virtuelle, formation en ligne, plateforme automatisée pour les examens/évaluations]	1792	1000
8	Considérations relatives à la santé et à la main-d'œuvre spécialisée [p. ex., planification des ressources humaines, changements au champ de pratique/avenir du travail, machines autonomes]	1329	762

Les Associés devaient indiquer ce que devrait faire le Collège royal pour mieux les préparer à intégrer l'IA à leur pratique. Une analyse qualitative de toutes les réponses (environ 800) a fait ressortir les catégories suivantes :

- Offrir de la formation aux Associés
- Fournir des précisions sur l'IA, la faire comprendre et miser sur la sensibilisation
- Ateliers, séminaires, cours, conférences, apprentissage en ligne
- Preuve et exemples de l'efficacité de l'IA

Ils ont été invités à préciser les changements les plus importants rattachés à l'IA dans leur spécialité. Les principales catégories étaient les suivantes :

- Diagnostics
- Automatisation
- Dépistage précoce, prédiction et évaluation
- Accessoires ou aide faisant appel à l'IA

3. Sondage auprès des résidents

Comme ils seront probablement les plus susceptibles d'utiliser les nouvelles technologies, les résidents affiliés ont répondu à un sondage permettant d'évaluer leurs besoins en matière de formation et la qualité de leur expertise et de leur exposition actuelles à l'IA. Le sondage a été distribué à 2011 résidents affiliés du Collège royal. Des 255 résidents affiliés qui y ont accédé, 222 y ont répondu entièrement, 32, en partie, et un résident a refusé d'y participer.

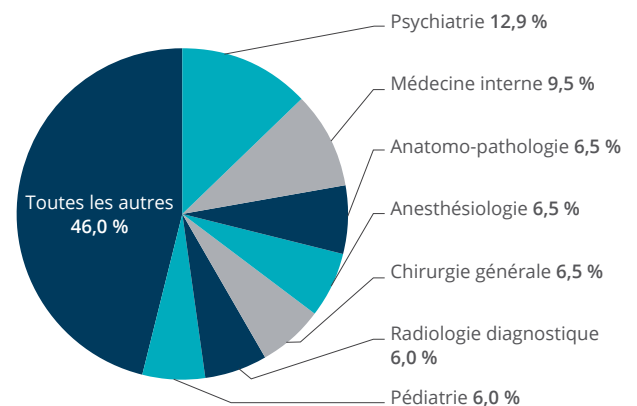
Le sondage, offert dans les deux langues officielles, comprenait neuf questions fondées sur l'échelle de Likert, une question avec classement de type « glisser-déplacer » et deux questions ouvertes facultatives visant à approfondir les perceptions générales au sujet de l'IA et les perceptions associées à la spécialité du participant. Après avoir été mis à l'essai, le sondage a été révisé trois fois (séparément) par des membres du groupe de travail, des Associés et des employés du Collège royal. Envoyé le 3 septembre 2019, le sondage a pris fin le 3 novembre 2019 (un peu plus de trois mois plus tard). Un bulletin électronique de rappel a été envoyé le 27 septembre 2019.

Tableau 9. Participation au sondage par province

Province	Participation
Ontario	41,1 %
Québec	19,6 %
Alberta	11,6 %
Colombie-Britannique	10,7 %
Nouvelle-Écosse	6,2 %
Terre-Neuve-et-Labrador	4,5 %
Saskatchewan	3,6 %
Manitoba	1,8 %
Nouveau-Brunswick	0,9 %

On voit ci-dessous les spécialités où le taux de participation a été le plus élevé.

Figure 7. Spécialités où le taux de participation a été le plus élevé



Les résidents devaient indiquer s'ils connaissaient bien l'IA et les concepts connexes sur une échelle de 1 (Je ne les connais pas bien – débutant) à 5 (Je les connais très bien – expert).

Tableau 10. Connaissance de l'IA

Niveau de connaissance	Pourcentage (%)
3	31,5
2	24,1
1	19,0
4	18,5
5	6,9

N = 232

Les résidents ont été invités à indiquer, sur une échelle de 1 (Jamais/peu d'échanges) à 5 (Souvent) dans quelle mesure ils ont été exposés à des échanges sur l'IA dans leur milieu de travail/formation.

Tableau 11. Exposition à des échanges sur l'IA dans le milieu de travail/formation

Niveau d'exposition	Pourcentage (%)
1	33,6
2	33,6
3	22,4
4	7,3
5	
(Il est souvent question de l'IA dans nos échanges)	3,0

N = 232

Les résidents ont précisé aussi, sur une échelle de 1 (Jamais) à 5 (Reçu une formation pour s'y préparer), dans quelle mesure ils ont reçu de l'information/ un enseignement susceptible de les préparer à l'utilisation de l'IA et des nouvelles technologies numériques.

Tableau 12. Préparation à l'utilisation de l'IA durant la formation

Niveau de formation	Pourcentage (%)
1	56,9
2	27,2
3	11,6
4	3,4
5	
(J'ai reçu une formation pour me préparer aux avancées technologiques dans le cadre de mon programme)	0,9

N = 232

Les résidents devaient évaluer, sur une échelle de 1 (J'ai de la difficulté à comprendre les statistiques) à 5 (Je peux exécuter des opérations statistiques), leur niveau de compréhension et d'interprétation des statistiques.

Tableau 13. Niveau de compréhension des statistiques

Niveau de compréhension	Pourcentage (%)
2	30,6
3	28,4
4	18,5
1	
(J'ai de la difficulté à comprendre les concepts statistiques de base)	14,7
5	
(Je comprends très bien et je peux exécuter des opérations statistiques avec aisance)	7,8

N = 232

Les résidents ont été invités à évaluer, sur une échelle de 1 (Je ne les connais pas bien – débutant) à 5 (Je les connais très bien – expert), leur niveau de connaissance et de compréhension de l'informatique (p. ex., maîtrise de la logique de programmation, des langages et des algorithmes).

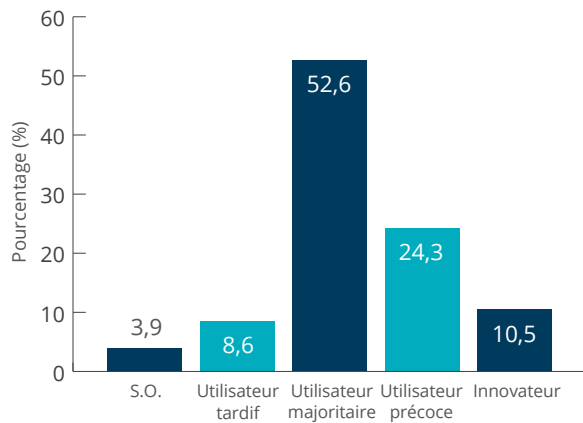
Tableau 14. Connaissance de l'informatique

Niveau d'expertise	Pourcentage (%)
1	40,9
2	27,2
3	17,7
4	7,8
5	
(Aptitude à coder et à créer des logiciels)	6,5

N = 232

Les résidents devaient aussi préciser le rôle qu'ils étaient en mesure d'exercer, compte tenu de leurs connaissances actuelles, de leur expertise et de leur expérience en matière d'IA et de technologies numériques, et celui qu'ils aimeraient exercer dans le domaine de l'IA dans le futur, s'ils recevaient la formation connexe.

Figure 8. Rôle dans le futur, compte tenu de la formation actuelle



Ils devaient aussi choisir l'énoncé qui, selon eux, décrivait le mieux l'incidence de l'IA sur leur spécialité.

Figure 9. Rôles souhaités en IA dans le futur

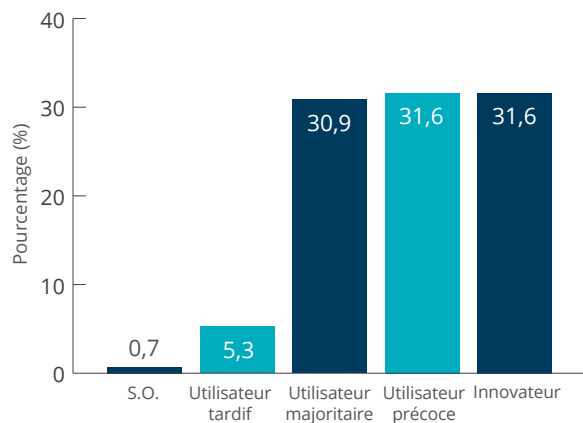


Tableau 15. Opinion des résidents sur l'incidence de l'IA sur leur spécialité

Opinion	Pourcentage (%)
4 (Elle peut avoir un effet positif sur le flux de travail actuel)	48,7
5 (Elle aura certainement un effet positif sur ma pratique et l'expérience des patients)	28,0
3 (Elle n'aura aucune incidence sur ma spécialité)	11,2
2 (Elle peut avoir un effet négatif sur le flux de travail actuel)	8,6
1 (Je crains qu'elle risque d'avoir une incidence sur ma spécialité)	3,4

N = 232

On a demandé aux résidents s'ils étaient intéressés à participer à des séances de formation sur l'IA ou à la mise en application de concepts ou principes de développement professionnel continu (DPC) dans le domaine de l'IA utiles pour la formation en médecine. Ils devaient pour cela utiliser une échelle de 1 (Pas intéressé(e)) à 5 (Extrêmement intéressé(e)).

Tableau 16. Intérêt à l'égard de la formation sur l'IA

Niveau d'intérêt	Pourcentage (%)
5 (Extrêmement intéressé(e))	34,5
4	22,0
3	22,0
2	12,1
1 (Pas intéressé(e))	9,5

N = 232

Les résidents ont été invités à classer d'éventuels contenus éducatifs selon leur niveau d'intérêt. Chaque participant pouvait choisir trois sujets et les classer par ordre de priorité (3 = Le sujet le plus intéressant, 1 = Le sujet le moins intéressant). Le résultat final pour chaque sujet et le nombre de

fois où chaque sujet a été classé parmi les trois principaux sujets apparaissent sous les colonnes « Résultat » et « Nombre de classements ». Comme on peut le voir, le classement final est fonction du résultat global.

Tableau 17. Classement des contenus éducatifs sur l'IA

Rang	Sujet	Nombre de classements	Résultat
1	Notions de base sur l'IA – formation technique liée à votre spécialité [p. ex., formation vous permettant de comprendre assez bien l'IA pour être un innovateur ou un utilisateur précoce]	146	331
2	Nouveaux modèles de soins aux patients [p. ex., soins préventifs, soins communautaires/à domicile, soins en milieu rural et éloigné, consultation électronique, prestation de soins numérique/virtuelle, incidences organisationnelles sur le système de santé]	115	226
3	Facteurs humains [p. ex., confiance médecin-machine/confiance des patients, maintenir l'humanité, présence humaine et participation des patients, épuisement des fournisseurs de soins de santé et incidence sur les ressources humaines]	180	94
4	Considérations éthiques et légales [p. ex., protection des renseignements personnels sur la santé, responsabilité, droits de la personne]	84	179
5	Notions de base de l'IA pour les cadres [p. ex., fonctionnement de l'IA aux niveaux supérieurs, processus décisionnel de l'IA, quoi faire en cas de divergence entre l'opinion clinique et la décision fondée sur l'IA]	60	110
6	Nouvelles méthodes pédagogiques [p. ex., réalité augmentée, réalité virtuelle, formation en ligne, plateforme automatisée pour les examens/évaluations]	56	106
7	Considérations relatives à la santé et à la main-d'œuvre spécialisée [p. ex., planification des ressources humaines, changements au champ de pratique/avenir du travail, machines autonomes]	55	99
8	Considérations liées aux données [p. ex., collecte et qualité des données, intégration des données, gouvernance, collaboration]	50	95

Les Associés devaient indiquer ce que devrait faire le Collège royal pour mieux les préparer à intégrer l'IA à leur pratique. Voici quelques réponses :

- « Offrir des séances de formation, une formation de base sur l'IA et sa pertinence »
- « Aider les stagiaires et les médecins à se préparer aux changements qui seront apportés à leur pratique »
- « Mettre l'accent sur l'utilité de l'IA, qui tiendra lieu de complément à la pratique, et non sur la menace qu'elle représente pour nos emplois »
- « Intégrer l'IA à la formation médicale »
- « Accroître les échanges médecins-entreprises privées afin de nous engager dans la transition plutôt que de la subir »

- « Nous avons besoin d'actualiser nos connaissances en statistiques »
- « Sur le plan juridique, qui assumera la responsabilité des erreurs de diagnostic ou des fautes professionnelles liées à la prise de décisions dans le domaine de l'IA? »
- « Exposition, dialogue, conférences, accès à un enseignement de base en informatique »

Les résidents affiliés ont été invités à préciser les changements les plus importants rattachés à l'IA dans leur spécialité. Voici quelques réponses :

- « Mise en place d'un nouveau processus décisionnel pour que l'approche soit axée davantage sur le patient »

- « Prévention du risque et mise en place d'une endoprothèse »
- « Sensibilisation des patients et congés sécuritaires, déroulement efficient du flux de travail »
- « Diagnostic et prédiction des résultats des traitements »
- « Analyse de vastes ensembles de données »
- « Dépistage de la dépression, de l'anxiété, des tendances suicidaires et caractéristiques psychotiques »
- « Automatisation et autodiagnostic des patients au moyen d'applications d'IA »

4. Table ronde sur l'IA

À la suite des sondages, bon nombre des Associés et résidents affiliés participants ont fait savoir au groupe de travail qu'ils souhaitaient prendre part à d'autres activités. Le Collège royal a donc organisé une table ronde sur l'IA afin de discuter des constatations et des recommandations du groupe de travail, et fourni une plateforme permettant aux représentants des Associés et des résidents de se prononcer sur le sujet. Cette table ronde d'une journée a eu lieu le 18 décembre 2019 au siège du Collège royal à Ottawa. Parmi les participants se trouvaient 22 Associés et résidents désignés à titre d'utilisateurs précoces (pionniers) de l'IA et d'innovateurs dans ce domaine, l'équipe de direction du groupe de travail et deux membres du Comité de l'éthique du Collège royal. Un vaste processus a suivi : dresser une liste d'invités parmi la centaine de correspondants qui s'étaient manifestés et communiquer avec eux; examiner soigneusement tous les CV, et plus particulièrement la formation universitaire et l'expérience dans le milieu de l'industrie; et effectuer un classement par catégorie selon le niveau d'expertise et d'expérience en IA. La table ronde a donné lieu à d'intenses discussions sur les constatations préliminaires et les recommandations du groupe de travail, puis toutes les modifications suggérées ont été soumises au groupe de travail pour qu'il puisse en débattre.

5. Examen exploratoire

Pendant les recherches menées en lien avec le groupe de travail, le Collège royal a reconnu qu'un nombre sans précédent de systèmes d'IA sont mis au point pour être utilisés en médecine, mais aucune publication ne fait état d'un examen exhaustif à ce sujet. Le Collège royal est convaincu plus que jamais qu'il importe de réunir, de résumer et d'analyser ce qui a été publié sur l'IA et la médecine, de signaler les lacunes relevées dans la littérature, d'éliminer la confusion et d'atténuer l'anxiété que suscitent l'utilisation et l'incidence de l'IA sur les soins de santé et les effectifs médicaux. Pour ce faire et en guise de complément aux travaux du Groupe de travail sur l'intelligence artificielle et les nouvelles technologies numériques, le Collège royal dirige une étude nationale sur l'IA et la médecine.

Dans le cadre d'un examen exploratoire, toute la littérature actuelle sur l'IA et la médecine sera résumée pour mieux connaître l'état actuel de l'IA en médecine en établissant une distinction entre les recherches, les données probantes ou opinions, et en décrivant les lacunes relevées dans la littérature. L'examen exploratoire fournira les données probantes qui éclaireront l'élaboration d'une stratégie sur l'impact des nouvelles technologies en formation médicale spécialisée et leur incidence sur le développement professionnel continu des Associés actuels. Ceci pourra contribuer à valider les systèmes d'IA sur le plan clinique et, à terme, à donner une idée des façons d'intégrer concrètement l'IA aux soins de santé.

L'examen exploratoire, fondé sur des approches inspirées des travaux d'Arskey et O'Malley⁶⁷ et de Levac et coll.⁶⁸, a pour but d'étudier l'ampleur et la nature des activités de recherche dans un domaine particulier, de dresser un profil complet de la littérature (en particulier dans de nouveaux domaines) et de servir de base à d'autres types d'examen ou d'autres formes de recherche originale. En raison de la nature de cet examen et des nombreuses citations prévues, le logiciel InsightScope sera utilisé pour sélectionner des résumés et des articles complets. Il facilite l'externalisation ouverte afin de confier la sélection d'un grand nombre d'articles à des examinateurs. Son utilisation a été validée aux fins de revues systématiques⁶⁹. InsightScope est une façon novatrice de favoriser la participation à un projet stimulant qui fera avancer l'IA en médecine. Pour en savoir plus sur ce logiciel : <http://insightscope.ca>.

Annexe C : Mandat

Rôle

Le Conseil du Collège royal a chargé le Groupe de travail sur l'intelligence artificielle et les nouvelles technologies numériques d'étudier les répercussions de l'IA et des nouvelles technologies numériques sur la formation des futurs médecins spécialistes, la pratique et le développement professionnel des médecins actuels, et de formuler des recommandations pour atténuer ces répercussions.

Terminologie

Aux fins du groupe de travail et de ce rapport, l'expression « IA et nouvelles technologies numériques » fait référence aux technologies qui touchent aussi à la médecine, dont l'apprentissage machine, la réalité augmentée, la réalité virtuelle, les applications sur la santé, les technologies omiques, la médecine de précision, la robotique, l'impression 3D, la vision artificielle et la médecine intelligente. Les nouvelles approches à l'égard de la maladie issues du recours à la science des données ou à la bioinformatique ne font pas partie de ces technologies. Les définitions d'autres termes utilisés dans le rapport se trouvent à l'Annexe A.

Responsabilités et pouvoirs

Le groupe de travail relève du Conseil et doit :

- Préparer et formuler des recommandations qui éclaireront le Conseil, les comités permanents et la direction concernant l'impact des nouvelles technologies numériques et des technologies liées à l'intelligence artificielle sur la formation des futurs médecins spécialistes;
- Tirer des leçons d'autres secteurs qui intégreront à court terme l'intelligence artificielle au secteur de la santé;
- Explorer et définir les innovations qui influenceront la formation médicale spécialisée;
- Définir les approches, les partenariats et les sources de données qui assurent la surveillance continue des avancées en intelligence artificielle et évaluer leur incidence sur la formation médicale spécialisée, la formation et la prestation de soins;
- Définir des stratégies pour surveiller et évaluer l'influence des nouvelles technologies numériques sur la médecine spécialisée;

- Définir et intégrer d'autres activités internes et externes, y compris d'autres groupes de travail, initiatives et organisations nationales qui assurent le développement de stratégies en matière d'intelligence artificielle;
- Introduire l'intelligence artificielle dans d'autres volets du plan stratégique.

Composition

Le Dr Richard Reznick, MEd, FRCS, FACS, FRCSEd (hon), FRCSI (hon), doyen de la Faculté des sciences de la santé à l'Université Queen's, préside le groupe de travail. Le Dr Ken Harris, FRCPC, directeur exécutif du Bureau de l'éducation spécialisée, en est le responsable exécutif, et Mme Tanya Horsley, PhD, MBA, directrice associée de l'Unité de la recherche, la coordonnatrice.

En plus du président, le groupe de travail comptera 13 membres tout au plus, soit des chefs de file de l'intelligence artificielle et des nouvelles technologies numériques liées à la médecine et, plus particulièrement, à la formation médicale spécialisée et la formation. Les candidats doivent posséder une connaissance approfondie des approches stratégiques utilisées à l'échelle nationale. Puisqu'il s'agit d'une expertise pointue, le comité devrait être composé d'Associés du Collège royal et de chercheurs en intelligence artificielle, la préférence étant accordée à ces derniers.

Durée du mandat

Le mandat du groupe de travail durera 18 mois (d'octobre 2018 à mars 2020).

Réunions

Le groupe de travail tiendra des réunions mensuelles, la plupart du temps, par téléconférence; il tiendra aussi de deux à quatre réunions en personne.

La présence de la majorité des membres votants du comité (50 % plus un) constitue le quorum. Le président est considéré comme un membre votant aux fins de la constitution du quorum. À titre de dirigeant du comité, le président ne peut ni présenter ni appuyer de motions. De plus, le président n'est invité à voter que lorsque le groupe vote en privé ou en cas de partage des voix.

