

Démystifier les applications de l'intelligence artificielle (IA) dans la construction

par Graeme P. Green, P.Eng., MICE, MBA, directeur du bureau de Vancouver,
avec la collaboration pour les recherches d'Evan Thompson, P.Eng., CPA, CMA, PMP
et de Rahan Rahimi, M.Eng., conseillers au bureau de Vancouver
Revay et associés limitée



Graeme P. Green, P.Eng., membre de l'ICE, MBA, est conseiller principal et directeur du bureau de Vancouver de Revay. M. Green cumule 30 ans d'expérience dans l'industrie de la construction au Royaume-Uni et au Canada. Il a antérieurement été vice-président d'une grande société nord-américaine de génie-conseil, ainsi que chef du bureau d'études auprès de l'un des trois principaux entrepreneurs du Royaume-Uni. Ses domaines de spécialité comprennent les réclamations et le règlement des différends, l'approvisionnement, les meilleures pratiques en gestion de conception et le redressement de grands projets. Membre du Chartered Management Institute du Royaume-Uni, M. Green exerce également des fonctions de témoin expert et de certificateur indépendant.

À ce jour, quatre grandes révolutions ont marqué les sociétés humaines. Vient d'abord la révolution cognitive, dont la meilleure illustration est le développement du langage. Puis, la révolution agricole a amené les activités de cueillette et de chasse à céder le pas au développement de l'agriculture, une centralisation des pouvoirs publics, l'avènement d'empires et les progrès de l'écriture. La révolution industrielle a été celle des sociétés manufacturières en milieu urbain, de la colonisation européenne et du commerce international. La quatrième est la révolution technologique, qui a donné lieu à des innovations comme l'informatique moderne, la mondialisation des communications et le réseau internet. Nous entrons rapidement dans une cinquième grande révolution caractérisée par un recours grandissant à l'IA pour exécuter des tâches antérieurement réservées aux humains, ou jusqu'ici irréalisables sans l'apport de l'IA.

Pour citer Graeme Wood : « La cadence du changement n'a jamais été aussi rapide et, pourtant, elle ne sera jamais plus aussi lente.¹ ». Alors que les progrès et les avancées technologiques, en particulier dans le domaine de l'IA, sont en accélération constante, il importe que le secteur de la construction soit au fait des tendances actuelles et des possibles utilisations futures de l'IA afin d'en tirer parti et de gérer les défis potentiels

qui en découleront. Cet article présente un aperçu du rôle que l'IA joue actuellement et jouera à l'avenir dans l'industrie de la construction.

L'intelligence artificielle (IA) : ce qu'elle est et ce qu'elle n'est pas

Le terme d'IA est mal compris et souvent mal utilisé. Aux fins de cet article, nous nous emploierons d'abord à clarifier ce qu'est l'IA et, surtout, ce qu'elle n'est pas. La première définition de l'IA remonte aux années 1950. Elle a été formulée par Alan Turing, pionnier britannique de l'informatique. Celui-ci a affirmé que l'on était en présence d'intelligence artificielle quand une personne qui pose un éventail de questions à une autre personne et à un ordinateur ne peut distinguer les réponses de la personne de celles de la machine. C'est le célèbre test de Turing. Pour que l'IA « passe le test », une intelligence semblable à celle de l'homme doit être manifeste. On estime généralement que l'IA atteindra à terme ce degré d'évolution, mais que tel n'est pas encore le cas.

Aux fins de l'examen des applications courantes de l'IA au secteur de la construction, il nous faut par contre adopter une définition différente. Aussi, l'IA désignera dans le présent article une « entité capable de percevoir

son milieu et de tirer de l'information de cette perception afin de mieux accomplir ses tâches ».

De nombreux progrès technologiques récents, par ailleurs fort utiles, ne peuvent être assimilés à l'IA à strictement parler. Ainsi, les techniques de base de modélisation et de conception automatisée de bâtiments (BIM) de dessin 3-D et 4-D², les robots de processus de production simples³, les techniques d'analyse de risque et de simulation Monte Carlo, ainsi que les données massives ne sont pas intrinsèquement de l'IA. Tous ces éléments peuvent toutefois être des entrants, des extrants ou des composantes d'un système d'IA.

Par exemple, un drone télécommandé qui surveille l'avancement de travaux de terrassement et qui transmet des données en temps réel au bureau de projet n'est techniquement pas un dispositif d'IA. Il peut cependant répondre aux critères d'IA tels que définis dans cet article s'il est relié à un ordinateur qui analyse les données transmises, ainsi que d'autres informations (conditions météo, données de conception, restrictions touchant les voies de transport, durée de service des conducteurs et des machines, etc.) et s'il communique ensuite des consignes d'optimisation des travaux directement aux conducteurs et aux équipements de terrassement.

Des 12 industries évaluées par McKinsey & Company en 2018, celle de la construction est la plus lente à adopter tangiblement l'IA⁴. Le motif invoqué est la compétitivité extrême du marché de la construction, qui n'incite guère à consentir des investissements technologiques à long terme ayant pour effet de réduire les marges à court terme⁵. Il est néanmoins clair que les entreprises qui font appel à l'IA et qui atteignent ainsi un degré supérieur d'efficacité et de prédictibilité quant à la qualité et à l'exécution de leurs travaux ont de meilleures chances de bénéficier d'un avantage concurrentiel.

Deuxième plus importante industrie à l'échelle mondiale, « d'une valeur annuelle projetée de 10 billions \$ en 2020, selon des études de marché basées sur des données du Construction Intelligence Center⁶ », la construction est décidément mûre pour une « révolution de l'IA ». Les sommes en jeu dans le secteur sont en effet trop importantes pour que l'on néglige les

perspectives d'économies qui se rattachent à l'IA.

Principaux domaines techniques de la recherche en IA

Apprentissage automatique (*Machine learning*)

L'apprentissage automatique consiste à faire en sorte d'exécuter une tâche avec une efficacité toujours grandissante en recourant à des données antérieures pour prédire et améliorer les performances futures. On se souvient de la célèbre victoire de l'ordinateur Deep Blue d'IBM contre le grand maître des échecs Gary Kasparov en 1997. Deep Blue ne faisait cependant qu'analyser de seconde en seconde les millions de coups possibles de maîtres antérieurs que des programmeurs avaient chargés dans sa mémoire. Il ne s'agissait donc pas véritablement d'IA. En décembre 2017, Google a prouvé qu'un dispositif d'IA peut apprendre des règles et développer un savoir-faire égal ou supérieur à celui d'un expert humain. L'algorithme AlphaZero de Google contenait les règles de base des échecs, *mais aucune donnée antérieure issue de parties réelles*. En quatre heures, AlphaZero a appris à appliquer les règles du jeu, et il a ensuite remporté une franche victoire contre le programme d'échecs le plus évolué du monde. On peut imaginer combien les systèmes d'IA pourraient contribuer à améliorer le secteur de la construction si l'on trouvait un moyen efficace de leur faire assimiler les « règles » de l'industrie⁷!

Le secteur de la construction génère un formidable volume de données. Une accélération de la pratique de l'exploration de données⁸ à des fins d'apprentissage automatique pour améliorer la prédictibilité des résultats des projets est à prévoir durant les prochaines années. L'apprentissage automatique est le domaine qui a connu la progression la plus marquée en matière d'IA au cours de la dernière décennie.

Traitement automatique du langage naturel

Le traitement automatique du langage naturel vise à permettre à des machines de comprendre des signaux parlés ou écrits, d'y répondre intelligiblement et d'y donner des suites appropriées. On utilise de plus en plus des robots conversationnels (*chatbots*) pour exercer des

fonctions de service à la clientèle, notamment pour répondre aux questions des clients. Siri, Google Home et Alexa incarnent différentes versions de cette technologie. Même si ces outils ne sont pas encore présents sur les chantiers, on peut néanmoins imaginer que l'on en verra bientôt des versions adaptées à la construction dans les bureaux de tous directeurs de travaux. Ces outils pourront fournir sur demande des mises à jour précises et instantanées sur des paramètres de performance clés des projets (sécurité, productivité, approvisionnements, modifications, retards, etc.). Pour qu'ils puissent comprendre les changements qui touchent un projet et décider en conséquence de solutions optimales, les outils que l'on envisage devraient simplement avoir accès aux données du projet en temps réel et comporter des fonctions d'apprentissage automatique. Le traitement automatique du langage naturel deviendra fort probablement une composante clé de l'administration et de la gestion de futurs projets basées sur l'IA.

Robotique

Les robots sont des machines capables d'exécuter des tâches physiques précédemment accomplies par des humains, ou que des humains n'auraient jamais pu accomplir. Les robots ne sont des dispositifs d'IA que s'ils ont la capacité de comprendre les changements intervenant dans le milieu où ils sont en service et de réagir en conséquence⁹. Pour le moment, on trouve peu de robots sur les chantiers de construction¹⁰ en raison des difficultés entourant leur efficacité dans un milieu de travail caractérisé par un changement continu qui le distingue largement, par exemple, d'une chaîne de production industrielle. Toutefois, lorsque les robots seront assez évolués pour faire face aux conditions sans cesse changeantes d'un projet de construction, leur adoption s'accélérera, car ils pourront alors se déplacer d'eux-mêmes sur le chantier en fonction des besoins, travailler dans des conditions météo difficiles, ne jamais « tourner les coins ronds », ainsi qu'effectuer de plus longues heures et offrir une plus grande productivité qu'avec les moyens actuels.

Reconnaissance optique

La reconnaissance optique est une fonction qui permet à un dispositif d'IA de distinguer, comprendre et communiquer ce qu'il perçoit dans une image et/ou une vidéo. Il existe à

l'heure actuelle une technologie d'IA permettant de discerner différents types d'équipements de construction dont le fonctionnement rappelle celui de la technologie de reconnaissance faciale des personnes¹¹. Ce type d'IA a la capacité d'enregistrer automatiquement qui fait quoi, où, quand et à l'aide de quel équipement. Il est probable que des solutions d'IA capables d'exercer ce type de surveillance seront bientôt plus précises et plus économiques que le recours à de la main-d'œuvre. La reconnaissance optique pourrait alors être mise à contribution pour mesurer l'avancement des travaux dans la plupart des grands projets. Il faudra vraisemblablement compter plus de temps pour parvenir à un degré de précision satisfaisant dans certains métiers, comme ceux qui ont trait à la mécanique et à l'électricité¹².

Un système d'IA en développement rapide fait appel à des minirobots mobiles et à des drones pour suivre la progression des chantiers en 3-D. Le système compare ensuite ses données de reconnaissance en temps réel aux plans (modèle numérique), aux données budgétaires et au calendrier d'exécution. Il peut également détecter des erreurs dans les travaux en cours en décelant les écarts entre les données visionnées et celles du modèle numérique du projet.

Nous pouvons déjà envisager les principaux domaines techniques de recherche en IA qui peuvent, ou pourraient s'appliquer, aux différentes phases des projets de construction.

L'IA à la phase de préconstruction

Conception

La conception est un processus de création typiquement humain. Par ailleurs, ce processus se base sur les expériences antérieures des membres de l'équipe de conception. L'IA permet à ces équipes d'utiliser un ensemble de données infiniment plus large que la somme des expériences individuelles de leurs membres. Par exemple, une équipe de cinq concepteurs peut collectivement avoir l'expérience d'une cinquantaine de projets différents, alors qu'un système d'IA peut extraire des informations de dizaines de milliers de projets¹³. Facteur plus important encore, l'apprentissage automatique permet aux systèmes d'IA d'explorer ces

ensembles de données à des fins prédictives, sans intervention humaine¹⁴. À terme, cet atout accroîtra l'efficacité du processus de conception grâce à des enseignements tirés des erreurs antérieures et rendra de ce fait plus prévisible¹⁵ l'estimation des coûts d'exécution des projets¹⁶. Cette prédictibilité accrue permettra aux entreprises qui utilisent cette technologie de réduire leurs allocations pour risques non seulement sur la base de leurs expériences combinées, mais aussi sur celle de milliers d'années-personnes consacrées à des projets semblables, et d'ainsi obtenir de plus nombreux contrats.

L'American Institute of Architects (AIA) a exprimé d'intéressants points de vue sur les applications de l'IA à la conception, faisant notamment valoir que les « architectes devraient percevoir l'IA comme une occasion – un outil permettant de rehausser la pratique, de remplacer des tâches banales – plutôt que comme une menace à leurs emplois » et que les « cabinets d'architecture devraient s'employer à acquérir des données de maîtres d'ouvrage, d'autres cabinets, d'entrepreneurs et d'éditeurs de logiciels – et à partager les leurs en retour. On obtiendrait ainsi un circuit d'information à la grandeur de l'industrie qui pourrait redéfinir les pratiques et les méthodes, ainsi que générer des profits »¹⁷. Il existe également des logiciels capables d'aider les concepteurs industriels à définir les problèmes d'ingénierie et à y apporter des solutions de conception générées par ordinateur¹⁸. Les prochaines évolutions de cette technologie se manifesteront vraisemblablement dans les secteurs du génie civil et du génie du bâtiment.

Estimation des coûts

Il est très difficile de produire des évaluations de coûts exactes. L'exercice exige notamment l'estimation des coûts de la main-d'œuvre et des équipements, ainsi que celle des risques. Ces différentes estimations doivent impérativement tenir compte du contexte *unique* de chaque projet. Voici un aperçu des facteurs qui rendent chaque projet différent : restrictions du temps de travail, restrictions d'accès, exigences de sécurité, disponibilité locale en main-d'œuvre, équipements et matériaux, exigences en matière de permis et lois en vigueur localement, météo prévue et style du maître de l'ouvrage en matière d'administration de contrat. Il ne

fait pas de doute que, si les conditions étaient reproductibles, l'IA pourrait permettre le calcul des quantités, des coûts et des risques à partir de formules et de méthodes standards. Cependant, la prise en compte de tous les paramètres d'un projet dans la perspective de son contexte unique fait appel à une fonction cognitive hautement complexe, fondée tant sur l'expérience que sur la créativité¹⁹. Dans un avenir prévisible, il est improbable que l'on puisse se fier uniquement à l'IA pour générer des estimations de coûts critiques, sauf dans des cas où les facteurs liés au contexte des projets seraient négligeables²⁰.

Ordonnancement

Comme pour l'estimation des coûts, l'ordonnancement doit tenir compte du contexte des projets, mais en général avec un moindre degré de rigueur et d'incertitude. L'ordonnancement peut en effet utiliser la « marge de manœuvre » (*float*) comme « solution » à l'incertitude.

On utilise les logiciels Microsoft Project ou Primavera P6 d'Oracle pour l'ordonnancement de la plupart des projets de construction au Canada. Les échéanciers sont essentiels à l'exécution des projets tant pour les entrepreneurs que pour les maîtres d'ouvrage, car ils aident à évaluer les coûts des projets et à définir les exigences de flux de trésorerie. De manière générale, c'est également sur la base des échéanciers que sont définis le financement et les provisions pour aléas des projets. La qualité des échéanciers générés est directement liée à la qualité des données d'entrée collectées. Habituellement, les données d'entrée proviennent d'une seule personne ou, au plus, d'un groupe très restreint de personnes. Ces données d'entrée sont basées sur – et limitées par – l'expérience professionnelle de la personne ou du groupe en question, soit quelque 15 à 20 projets dans le cas d'un planificateur principal. Par ailleurs, l'IA peut faciliter la production d'échéanciers de meilleure qualité, car l'apprentissage automatique permet à un système d'IA d'accéder aux données de milliers de projets similaires et d'y opérer une sélection. L'élément clé pour pouvoir utiliser une telle technologie est en l'occurrence de trouver un moyen efficace permettant à un système d'IA d'accéder aux connaissances issues de nombreux projets antérieurs. Autrement dit, il faut l'alimenter en données massives.

Un nouvel outil d'ordonnancement²¹ a été conçu pour pouvoir collecter *directement* à la fois des données de source humaine et celles issues de modèles BIM, pour ensuite les analyser afin de trouver la solution d'ordonnancement optimale pour un projet donné, y compris au chapitre de l'optimisation des ressources. Ce produit est activement mis à l'essai au Royaume-Uni, en Asie, au Moyen-Orient et aux États-Unis, mais n'a pas encore fait l'objet de tests au Canada. Cet outil peut générer de multiples versions d'échéanciers en fonction de différentes variations de paramètres comme la taille des équipes, les lieux d'accès, les heures de travail et les méthodes de construction. Les créateurs du produit soutiennent qu'il réduit sensiblement les heures-personnes nécessaires à la production d'échéanciers fiables et croient que l'investissement requis (0,1 % de la valeur d'un projet) peut donner lieu à des économies substantielles²² (6 à 10 % des coûts de construction). De manière similaire, Oracle explore présentement des possibilités d'associer des fonctions d'IA à Primavera, le logiciel d'ordonnancement le plus couramment utilisé dans le monde de la construction.

On prévoit que l'ordonnancement de projets assisté par IA se généralisera au cours des dix prochaines années. On continuera d'avoir besoin des services de planificateurs expérimentés, mais leur champ de compétences devra pouvoir répondre aux besoins en données des nouveaux outils d'ordonnancement basés sur l'IA.

L'IA à la phase de construction

Sécurité

L'IA offre d'importantes possibilités pour améliorer la sécurité des projets de construction, notamment parce que l'on peut facilement mesurer la plupart des paramètres de la santé humaine (rythmes cardiaque et respiratoire, température corporelle, etc.) et déterminer le port d'équipement de protection individuelle (EPI). Jusqu'à présent, ce sont généralement des superviseurs et des agents de sécurité qui ont surveillé la conformité aux règles de sécurité, dont les exigences en matière d'EPI et de maintenance. Mais leur attention peut être limitée à ce qu'il leur est possible de voir et par des changements de

priorités incessants. À l'inverse, l'IA permet une analyse rapide et continue de la sécurité des chantiers, et le signalement de toute dérogation aux règles et/ou de tout problème de santé des travailleurs. Le cas échéant, le système d'IA pourra prendre des mesures allant de l'activation d'une alarme et l'envoi d'avertissements, jusqu'à la restriction de l'accès à un équipement en attendant la rectification de l'enjeu de sécurité décelé. Certains systèmes actuellement en service²³ ont la capacité de prédire une entorse aux règles de sécurité sur cinq, avec un taux d'exactitude de 80 %²⁴.

À cette fin, on charge dans le système d'IA des milliers d'images de situations dangereuses observées sur des chantiers, selon une sélection faite par des inspecteurs en santé et sécurité. L'apprentissage automatique permet ensuite au système d'assimiler ce qu'il faut surveiller et de déterminer quand il y a lieu de lancer une alarme.

Les données de santé et sécurité peuvent être recueillies à l'aide de vêtements intelligents, ou de capteurs installés sur les lieux de travail ou les équipements de construction, ou encore par le recours à la vidéosurveillance intelligente. Certains entrepreneurs utilisent déjà cette technologie. La vidéosurveillance intelligente est particulièrement intéressante, car un système d'IA doté de fonctions évoluées de reconnaissance faciale pourrait même déterminer si un travailleur qui prend un équipement possède effectivement la formation pour l'utiliser et/ou le permis l'autorisant à en faire usage.

Surveillance de l'avancement des travaux

La démarche type en matière de surveillance et de documentation de l'avancement des travaux inclut la préparation de rapports de terrain comprenant de nombreuses photos classées par date et par spécialité. Pour identifier le moment où un événement s'est produit, il faut faire une revue complète de chacun des rapports jusqu'à ce que l'on trouve le fait en question. Une méthode plus sophistiquée comporte l'étiquetage manuel des images lors de l'archivage pour en faciliter la consultation ultérieure, mais ce processus est onéreux en temps et peut donner lieu à des omissions. Par

contre, un système d'IA peut automatiquement étiqueter des images et des vidéos narrées grâce à la reconnaissance d'objets et de la parole. Les développements actuels permettent à un dispositif d'IA utilisé avec des robots autonomes munis de scanners laser de mesurer la progression des travaux et d'en inspecter la qualité, ce qui aide à déceler à temps les erreurs de construction et à actualiser les prévisions d'achèvement des projets²⁵.

Activités physiques de construction

À l'heure actuelle, l'IA n'est pas largement utilisée pour réaliser des activités physiques de construction. Cette situation est sans doute en voie de changer alors que des entreprises ajoutent à leur gamme de développement de produits des robots autonomes spécialisés dans l'exécution de tâches manuelles.

Certaines entreprises testent des technologies d'impression 3-D qui peuvent interpréter les données de conception et ensuite assurer un bétonnage optimal qui prévoit notamment des espaces pour la pose subséquente de barres d'armature et d'éléments de post-tension. Elles testent également des robots de perçage autonomes qui pourraient remplacer les humains pour l'installation de dispositifs d'ancrage aux plafonds en béton (avec un gain de productivité estimé à 250 %), de même que des robots autogérés de pose d'armature capables d'interpréter des données de conception, de plier des barres d'armature et d'assembler des cages d'armature.

Des camions de chantier autoconduits pour applications minières sont déjà en service de par le monde, notamment au Canada. Les prochains développements dans ce domaine pourraient bien être des véhicules, appareils de forage, grues mobiles et à tour, chariots élévateurs, camions malaxeurs et pompes à béton autonomes.

Bien que possible, la perspective d'un remplacement d'hommes de métier et de manœuvres par un recours à grande échelle à des robots sur les chantiers demeure probablement encore lointaine, car un fonctionnement autonome dans les conditions sans cesse changeantes des chantiers de construction reste un défi technique de taille.

Administration et gestion

Ce domaine d'activité est particulièrement mûr pour l'avènement rapide d'une révolution de l'IA au cours de la prochaine décennie. Sous le niveau de direction intermédiaire, la plupart des décisions prises dans le cadre d'un projet de construction sont relativement prévisibles et sont régies par des processus et des règles assez peu complexes. Les commandes de matériaux, l'envoi de factures et de paiements, l'exécution de contrôles de coordination entre plans et devis, les calculs de valeur acquise et les rapports d'avancement mensuels sont d'excellents exemples de tâches qui pourraient gagner en efficacité grâce à l'IA.

L'IA à la phase de post-construction

Jumeaux numériques

Dites « jumeaux numériques », les données que l'on génère et que l'on stocke concernant un actif physique durant son cycle de vie peuvent constituer une précieuse source d'information pour l'IA. Ce domaine de recherche en IA devrait promettre aux propriétaires d'infrastructures d'importants avantages à long terme.

Le jumeau numérique d'un actif peut nous permettre d'en suivre et d'en améliorer le rendement. Il doit être prédictif et adaptatif, et donc capable de détecter les changements intervenant dans le milieu physique et d'y répondre adéquatement. L'harmonisation des activités en vue de procurer des résultats d'utilisation optimaux, la détection des défaillances et réparations et les remises en état automatisées, la réduction des coûts d'exploitation et l'atténuation des risques figurent au nombre des avantages potentiels de cette technologie.

La collecte et la gestion des données nécessaires posent un défi majeur. Bien que la plupart des industries n'analysent qu'une petite partie des données qu'elles recueillent, en analyser plus n'en présente pas moins un important potentiel d'économies et de gains opérationnels. À titre d'exemple, Google a annoncé que le recours à l'IA pour analyser les paramètres opérationnels de ses centres de données lui a permis de réduire de 40 % les coûts associés à ces installations.

Réclamations et différends

La démonstration d'une réclamation pour coûts additionnels et retards encourus repose beaucoup sur l'établissement d'un lien entre une cause et son effet sur l'exécution des travaux. Prouver un tel lien de causalité exige généralement l'examen et l'analyse d'imposants volumes de données (demandes de renseignements, directives et ordres de changement, notifications, procès-verbaux, échéanciers, plans révisés, ordres d'arrêt de travaux, rapports de non-conformité, etc.). À l'avenir, ces documents seront fort probablement archivés de façon plus organisée et exhaustive, et pourront de ce fait être analysés en temps réel durant le projet à l'aide de dispositifs d'IA. L'apport d'experts et de juristes chevronnés demeurera sans doute toujours nécessaire, mais l'on peut facilement imaginer que dans un proche avenir, les experts de la poursuite et de la défense auront recours à des outils d'IA.

Les applications juridiques de l'IA remontent aux années 1980 et sont en progression constante depuis lors. Plusieurs associations professionnelles de par le monde se sont constituées en lien avec l'IA, notamment l'International Association for Artificial Intelligence and Law (IAAIL) et l'Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI). D'importants cabinets d'avocats et sociétés privées de génie logiciel ont pris part au développement de produits d'IA exploitables.

Dans le domaine du droit, on utilise principalement l'IA à des fins de divulgation électronique de la preuve, d'analyse des contrats²⁷, de prédiction jurisprudentielle et d'automatisation de contenus documentaires. Un juriste n'aura connaissance que de quelques milliers de causes au maximum durant sa formation et ses premières années d'exercice. Par sa capacité de trouver rapidement les plus pertinentes parmi des centaines de milliers de causes, l'IA est un gage d'efficacité accrue pour les équipes de juristes, et se révèle ainsi une source de références ciblées dépassant de beaucoup les connaissances individuelles des membres d'une équipe juridique²⁸. De plus en plus, les outils d'IA peuvent être mis à contribution par des juristes pour automatiser et parfaire leurs propres recherches²⁹, évaluations et processus de gestion documentaire³⁰.

Pour les propriétaires d'entreprises, l'avantage le plus intéressant des applications de l'IA au droit de la construction consistera sans doute dans une amélioration globale de l'interface propriétaire-avocat et une optimisation conséquente du coût et de la qualité des services juridiques. Ces avantages pourraient inclure une accélération des revues de contrats, une préparation largement automatisée des contrats (pour les grandes entreprises), une gestion automatisée des avis de marché et une accélération des prises de décisions concernant les stratégies de recouvrement des coûts grâce à de meilleures prévisions quant aux résultats des diverses options accessibles au maître de l'ouvrage³¹.

Si l'IA dans l'industrie de la construction offre de nombreuses perspectives d'innovation, il reste certains défis et limites à son utilisation qu'il importe de prendre en considération.

Limites actuelles de l'IA

Collecte et qualité des données

L'IA exige d'abord et avant tout un fort volume de données d'entrée de qualité. Le principe « telles entrées, telles sorties » (*garbage in, garbage out*) s'applique à l'IA de la même manière qu'à tout système d'aide à la décision basé sur les données entrantes qui lui sont fournies. La capacité de collecte et de traitement des données demeure une restriction pour tout système d'IA de grande capacité et/ou de grande complexité³².

Acceptation sociale et inquiétudes quant à la protection de la vie privée

L'acceptation sociale de l'IA est très variable. Tous et toutes se plaisent à utiliser des applications d'IA comme Facebook, Google Search, Siri et Google Translate. Par contre, de nombreuses personnes craignent de perdre le contrôle de leurs renseignements personnels. Il est peu probable que cette préoccupation disparaisse à brève échéance.

Incidence humaine

Accepter de laisser des systèmes d'IA prendre des décisions qui auront un impact sur des vies humaines est le plus grand obstacle à leur utilisation optimale dans le futur. Nous savons implicitement que ces décisions devraient être fondées, en tout ou en partie, sur des jugements

de valeur. Jusqu'à récemment, les chercheurs en IA estimaient que les principaux défis des systèmes d'IA concernaient la prise de décisions logiques complexes, comme celles du jeu d'échecs. Or nous savons à présent que leurs plus grands défis sont plutôt les décisions qui font appel à l'intelligence émotionnelle et qui exigent que soient posés des jugements de valeur. À l'heure actuelle, les systèmes d'IA ne peuvent le faire de façon fiable, mais cela pourrait changer un jour³³. La question sera alors de savoir si nous sommes prêts à consentir une telle marge de manœuvre à des machines³⁴...

Protocoles de partage de la propriété intellectuelle

La protection de la vie privée est une dimension essentielle de la gouvernance. Dans le domaine de la construction, l'IA doit implicitement utiliser de vastes quantités de données, qui varient quant aux exigences de confidentialité qui s'y appliquent. Plus la technologie évolue, plus il se peut que de nombreux projets fassent l'objet de conceptions similaires fondées sur les mêmes ensembles de données – de sorte que des protocoles de partage de la propriété intellectuelle seront vraisemblablement de plus en plus nécessaires. Les projets et les entreprises de demain auront sans doute davantage besoin de spécialistes de l'information capables de gérer à la fois l'aspect technique des données et les enjeux connexes de protection des renseignements personnels et de la propriété intellectuelle.

La collecte et le partage de données massives à des fins d'IA dans le cadre de projets de construction n'est pas sans comporter des défis de taille. Ceux-ci se rattachent entre autres aux plateformes d'archivage communes, aux réglementations nationales et provinciales en matière d'information, à la propriété intellectuelle, et à l'impression d'une perte de l'avantage concurrentiel lié à l'exclusivité des connaissances. Certaines grandes sociétés d'envergure internationale³⁵ ont néanmoins déjà fortement investi dans la recherche de moyens qui leur permettront d'utiliser l'IA et les données massives en vue d'accroître leur rendement opérationnel.

Le Canada est-il un meneur ou un suiveur en matière d'IA?

Les États-Unis et la Chine arrivent au premier

rang du financement de la recherche en IA, ce qui n'est pas étonnant quand on considère qu'il s'agit des deux plus grandes économies mondiales. Le Canada figure néanmoins lui aussi parmi les leaders mondiaux de la recherche en IA. Le gouvernement fédéral investit dans l'IA par l'intermédiaire d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada. Ce ministère finance des programmes comme l'Initiative des supergrappes d'innovation réunissant de grandes sociétés et des universités pour le développement de chaînes logistiques d'IA en appui à des projets³⁶.

Bien que les entreprises de construction canadiennes ne soient pas pour le moment de grands investisseurs en IA par rapport à celles des services médicaux, bancaires, financiers, etc.³⁷, elles pourraient le devenir, car le Canada est l'un des pays où il est le plus facile d'investir et de conclure des partenariats avec des tiers dans le domaine de l'IA. De manière plus importante, toutefois, les économies potentielles rattachées à l'IA sont trop formidables pour que l'on y reste indifférents encore longtemps.

Votre entreprise a-t-elle besoin d'une stratégie d'IA?

Ultimement, les décisions d'affaires importantes sont prises sur la base de prévisions d'événements fondées sur les données disponibles que l'on évalue, et sur un exercice de jugement fondé sur l'expérience. L'IA améliore rapidement la capacité de prédire des événements et, dans un nombre grandissant de cas, elle peut le faire plus vite et avec une plus grande fiabilité que des humains. Un jugement éclairé demeurera néanmoins essentiel dans un avenir prévisible.

Qu'on le veuille ou non, clients, concepteurs et entrepreneurs compteront de plus en plus sur l'IA. Même si l'industrie de la construction tarde généralement à adopter les nouvelles technologies, l'IA s'y implantera bientôt de façon marquée. Les entreprises du secteur devraient donc s'interroger quant à l'opportunité d'amorcer l'adoption d'une stratégie d'IA. Fondamentalement, les questions à poser sont les suivantes : (i) est-il nécessaire d'utiliser la technologie d'IA disponible actuellement pour demeurer compétitif et viable? (ii) serait-il sage d'adopter précocement les nouvelles

fonctionnalités d'IA pour acquérir un avantage concurrentiel? et (iii) en quoi l'utilisation croissante de l'IA changera-t-elle les besoins en termes de compétences du personnel et du fonctionnement de l'entreprise? Il n'y a pas de bonnes ni de mauvaises réponses absolues à ces questions. Il incombe à chaque entreprise de trouver ses réponses.

Les maîtres d'ouvrage, concepteurs et entrepreneurs de plus grande envergure utilisent d'importants volumes de données pour la planification et l'exécution de leur travail. Ils sont tous des utilisateurs potentiels de l'IA, en particulier s'ils peuvent trouver un moyen de recueillir des données plus abondantes et de meilleure qualité afin d'améliorer leurs opérations. À terme, les petites organisations auront logiquement elles aussi recours à l'IA afin de réaliser des gains de performance fondés sur des données. Il n'y a cependant pas moyen pour l'instant de déterminer le « délai de latence » des petites organisations par rapport aux grandes pour ce qui est d'une adoption significative de l'IA dans le domaine de la construction³⁸.

Perspectives d'avenir

Avec le temps, l'industrie de la construction adoptera sans doute les avancées d'autres secteurs d'activité plus axés sur la recherche. Selon McKinsey³⁹, elle pourrait ainsi emprunter aux applications de l'IA en matière de planification des transports pour optimiser la planification des travaux; aux applications de l'IA dans le domaine des essais cliniques afin de mieux prédire les risques de construction; aux applications de l'IA touchant la chaîne d'approvisionnement afin d'améliorer la logistique de la construction; aux applications robotiques de l'IA (apprentissage par simulation) pour créer des robots de construction plus polyvalents; de même qu'aux utilisations de l'IA en imagerie médicale pour mieux détecter les problèmes de qualité de construction.

Pour la plupart des dirigeants d'entreprises, les principaux défis liés à l'adoption de l'IA seront ultimement d'ordre politique et éthique plutôt que technique. L'IA touchera des personnes bien réelles et entraînera d'importants changements sur le plan de l'emploi. Certains emplois seront supprimés et remplacés par des systèmes d'IA, et de nouveaux postes devront être créés

pour en assurer le développement et la gestion. L'acceptation de ces pertes d'emplois et du fait que les systèmes d'IA prendront éventuellement d'importantes décisions qui auront des répercussions dans la vie des gens⁴⁰ reste à voir à grande échelle dans une quelconque composante de l'industrie de la construction.

Il est d'autre part probable que la formation des futurs dirigeants de l'industrie pose un défi. En effet, un grand nombre des fonctions qui leur ont permis d'acquérir de l'expérience en début de carrière risquent d'être exécutées à l'avenir par des systèmes d'IA, d'où la possibilité que le cheminement de carrière des leaders de l'industrie diffère sensiblement du parcours actuel. Les données s'imposent de plus en plus comme l'actif le plus important, et les personnes et les entreprises les plus aptes à les assimiler, à les évaluer (à l'aide de l'IA) et à en tirer parti auront sans doute les plus belles perspectives de prospérité. Les compétences associées à l'IA seront donc de plus en plus recherchées.

Pour ceux qui sont sceptiques quant au rythme des changements à venir, rappelons qu'il y a 23 ans, nous n'utilisions pas les courriels. Voilà 11 ans, nous n'avions pas de téléphones intelligents. Il y a huit ans, en 2011, les services infonuagiques n'existaient pas encore. En moins de 20 ans, des industries complètes ont été chamboulées et transformées, dont celles de la musique, du cinéma, de l'informatique personnelle, de la photo, du commerce de détail, de la téléphonie et des services bancaires.

À ce jour, les répercussions des progrès technologiques ne se sont fait sentir que de manière modérée dans le secteur de la construction, ceux-ci se limitant en général à l'utilisation d'iPad sur les chantiers, aux levés laser et à distance, à des fonctions BIM de base, à la conception 3-D assistée, aux visites virtuelles, aux téléphones intelligents, etc. Si la révolution de l'IA ne s'est pas encore manifestée dans toute sa portée dans l'industrie de la construction, elle n'en est pas moins à nos portes. On peut déjà observer cette tendance sur le marché de l'emploi, comme l'atteste une offre publiée à l'été 2018 par l'un des cinq plus grands entrepreneurs du Canada, qui recherchait un « scientifique des données : spécialiste en intelligence artificielle

et en apprentissage automatique » pour le nouveau groupe d'IA de son siège social.

Comme le chante Hugues Aufray dans sa version d'une célèbre chanson de Bob Dylan : « Le monde et les temps changent » .

1 Traduction libre de Revay.

2 Dessin 3-D avec élément de coût ou de temps supplémentaire.

3 Comme ceux d'une chaîne de montage de voitures type.

4 Jose Luis BLANCO, Steffen FUCHS, Matthew PARSONS et Maria Joao RIBEIRINHO, « Artificial Intelligence: Construction Technology's Next Frontier » (avril 2018), www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/artificial-intelligence-construction-technologys-next-frontier. Consulté le 22 janvier 2019.

5 À l'exception d'un très petit nombre de sociétés d'envergure internationale.

6 Andrew RINK, « Artificial Intelligence Advances to Improve Construction », *Engineering News-Record* (septembre 2018), www.enr.com/articles/42686-artificial-intelligence-advances-to-improve-construction. Consulté le 22 janvier 2019. Traduction libre de Revay.

7 Ces « règles » sont hautement complexes en raison de l'éventail infini de contextes pouvant entourer l'exécution de projets.

8 Le volume de données de qualité disponibles est la seule limite de l'apprentissage automatique, qui peut donc théoriquement s'appliquer à la planification, la conception, l'évaluation, l'ordonnancement des approvisionnements et la gestion de projets.

9 Cette technologie progresse à grands pas par rapport à celle des robots monotâches utilisés sur les chaînes de montage de voitures.

10 À l'exception des machines de pose de briques et de fixation d'acier et des camions autoconduits pour applications minières, dont on trouve quelques exemples au Canada.

11 Les agences antiterrorisme des gouvernements occidentaux sont actuellement les chefs de file de cette technologie.

12 Une grande partie des travaux achevés dans ces disciplines n'est en effet pas directement visible par comparaison aux ouvrages de génie civil et structurel, etc.

13 Sous réserve d'une façon efficace d'assimiler les expériences des projets à très grande échelle. Une méthode pour y parvenir pourrait consister à reproduire le Projet Alexandria de l'Allen Institute. Celui-ci fait appel à l'externalisation ouverte (*crowdsourcing*) pour contribuer à inculquer une forme de sens commun aux systèmes d'IA afin de les rendre capables de tirer des liens de cause à effet des expériences analysées.

14 Comme dans le cas de l'algorithme AlphaZero évoqué précédemment.

15 À terme, une plus grande prévisibilité des coûts favorisera une baisse des frais d'assurance et de cautionnement pour les projets qui font appel à l'IA.

16 Les coûts d'exécution incluent l'ensemble des charges supplémentaires typiquement générées par des lacunes ou des erreurs de conception, une conception non coordonnée, inconstructible ou non conforme au code.

17 Kathleen M. O'DONNELL, « Embracing Artificial Intelligence in Architecture » (2 mars 2018), www.aia.org/articles/178511-embracing-artificial-intelligence-in-archit. Consulté le 22 janvier 2019. Traduction libre de Revay.

18 Ces applications découlent du Project Dreamcatcher d'Autodesk. On donne à ce logiciel l'appellation de « conception générative », et il s'agit d'un complément de la suite Fusion d'Autodesk.

19 Les événements ou la combinaison d'événements pouvant survenir dans un projet font partie du processus d'évaluation, l'estimateur devant s'assurer que l'argent disponible en permette la prise en charge. P. ex., les événements à risque peuvent être modélisés à l'aide d'une simulation Monte Carlo mais, à l'heure actuelle, un humain est encore requis pour décider des intrants de telles modélisations.

- 20 Comme des projets simples en usine, par opposition à de nouveaux travaux d'aménagement de zones vertes ou de friches industrielles, ou de génie civil.
- 21 Artificial Intelligence in Construction Engineering (ALICE). L'on notera qu'ALICE n'utilise pas la méthode du chemin critique.
- 22 Les auteurs n'ont vu aucune preuve directe à l'appui de cet énoncé. De plus, la mesure dans laquelle ALICE utilise la véritable IA plutôt que des simulations de probabilité de type Monte Carlo n'est pas claire pour les auteurs.
- 23 Skanska Construction est un adopteur précoce de systèmes d'IA de surveillance de chantiers comme Smartvid.io.
- 24 Selon un aperçu général de Smartvid.io présenté à Revay.
- 25 Doxel AI est l'un de ces systèmes.
- 26 La 17^e conférence conjointe de l'IAAIL et de l'AAAI aura lieu à Montréal, au Canada, du 17 au 21 juin 2019.
- 27 Comme la plateforme Nextlaw Labs de Dentons sur les impacts du Brexit.
- 28 Une équipe de juristes pourrait théoriquement examiner toutes les causes existantes susceptibles d'être pertinentes — une option généralement non pratique.
- 29 Il est de plus en plus évident que les technologies d'IA peuvent se révéler plus rapides et plus précises que des avocats et des techniciens juridiques débutants.
- 30 Par exemple, le codage prédictif permet d'échantillonner les données de projets de grande envergure et de cibler l'information pertinente, l'IA permettant de rechercher des concepts plutôt que seulement des mots-clés.
- 31 Les systèmes d'IA auraient un accès quasi-illimité aux données de procès antérieurs, qu'ils pourraient évaluer afin d'accroître la qualité de la médiation des juristes et/ou des pronostics quant à l'issue des procès.
- 32 Par exemple, pour appliquer l'apprentissage automatique à leurs données massives, la plupart des entreprises devraient faire appel à des fournisseurs spécialisés externes comme IBM, avec sa solution d'apprentissage automatique Watson Learning Machine (un outil disponible en location qui a été spécifiquement conçu et commercialisé à cette fin).
- 33 Ce jour venu, les systèmes d'IA seront en mesure de réussir le test de Turing.
- 34 Cet enjeu est brûlant dans le domaine de la conduite automobile autonome. P. ex., si un véhicule autonome, en cas de défaillance technique, devait poser une action qui causerait des blessures à des piétons et/ou à ses passagers, comment ce système d'IA ferait-il un tel choix?
- 35 Celles-ci incluent entre autres les solutions Connected Enterprise de Jacobs et BIM360 d'Autodesk.
- 36 SNC, l'une des plus grandes sociétés canadiennes de construction, participe à l'Initiative des supergrappes d'innovation.
- 37 Au même titre que SNC, Pomerleau fait exception. Ces sociétés se sont dotées d'un chef des opérations numériques et indiqué qu'elles collectent activement des données massives à des fins d'IA (p. ex., collecte de données par drones, BIM, appareils mobiles et capteurs sur casques/bracelets/montres).
- 38 La conversion à l'IA des petits sous-traitants découlera toutefois probablement des exigences en matière de données d'IA de leurs grands clients.
- 39 Jose Luis BLANCO, Steffen FUCHS, Matthew PARSONS et Maria Joao RIBEIRINHO, « Artificial Intelligence: Construction Technology's Next Frontier » (avril 2018), <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/artificial-intelligence-construction-technologys-next-frontier>. Consulté le 22 janvier 2019.
- 40 Il s'agit d'un sujet particulièrement sensible dans le contexte de l'utilisation croissante de l'IA à des fins de diagnostics médicaux.
- 41 Les grands entrepreneurs de construction canadiens semblent tous faire des premiers pas prudents pour évaluer la contribution potentielle de l'IA à l'optimisation de leurs activités. La participation de SNC à l'Initiative des supergrappes d'innovation, le partenariat Smart Building de PCL avec Microsoft et le SMART Construction Technology Challenge de PCL en sont des exemples.
- 42 Hugues Aufray, « Les Temps changent », 1965, version française de « The Times They Are a-Changin' », chanson de Bob Dylan parue en 1964 sur l'album du même nom.

* Les opinions exprimées dans le présent article sont celles de l'auteur et peuvent ne pas nécessairement refléter celles de l'entreprise.

LES BUREAUX DE REVAY

MONTRÉAL

4333, rue Ste-Catherine Ouest
bureau 500
MONTRÉAL, QC H3Z 1P9
Tél. : (514) 932-2188
Fax : (514) 939-0776
montreal@revay.com

OTTAWA

2039 Robertson Road
Suite 230
NEPEAN, ON K2H 8R2
Tél. : (613) 721-6801
ottawa@revay.com

VANCOUVER

1040 West Georgia
Suite 440
VANCOUVER, BC V6E 4H1
Tél. : (604) 372-1200
vancouver@revay.com

TORONTO

2255 Sheppard Avenue East
Suite 402
TORONTO, ON M2J 4Y1
Tél. : (416) 498-1303
toronto@revay.com

CALGARY

715 – 5th Avenue S.W.
Suite 418
CALGARY, AB T2P 2X6
Tél. : (403) 777-4904
calgary@revay.com

REVAY & ASSOCIATES INC.

1105 N. Market Street
Suite 1300
WILMINGTON, DE 19801
Tél. : (302) 427-9340
wilmington@revay.com

Le *Bulletin Revay* est publié par Revay et associés limitée, une firme de conseillers du secteur de la construction, spécialistes de la gestion de projet et du règlement des différends. Les articles peuvent être reproduits moyennant mention de la source. Vos observations et suggestions pour les prochains articles sont bienvenues.

S.V.P. aviser le bureau de Montréal de tout changement d'adresse ou de destinataire.

English version available at:
www.revay.com