

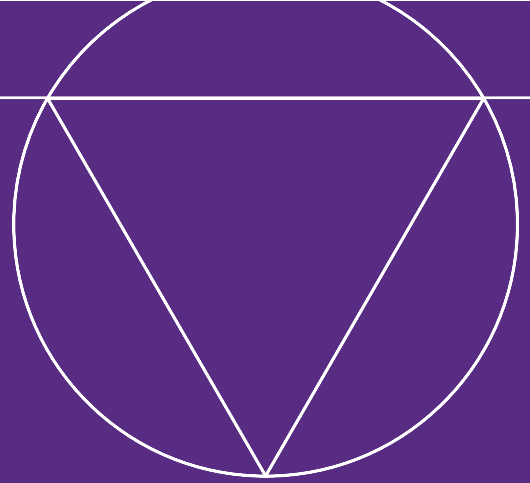
Janvier 2023

Sous la loupe : l'innovation et la R&D dans le secteur de la construction

Construction 4.0 – la suite



Association
canadienne de
la construction







Dans ce numéro :

- 3 Construction 4.0
- 5 La recherche en construction au bout des doigts
- 7 Internet des objets (IdO)
- 15 Modélisation des données du bâtiment (MDB)
- 23 Véhicules aériens sans pilote / drones
- 30 Impression 3D / fabrication additive
- 42 À la rencontre du secteur de la construction et du milieu universitaire

Construction 4.0

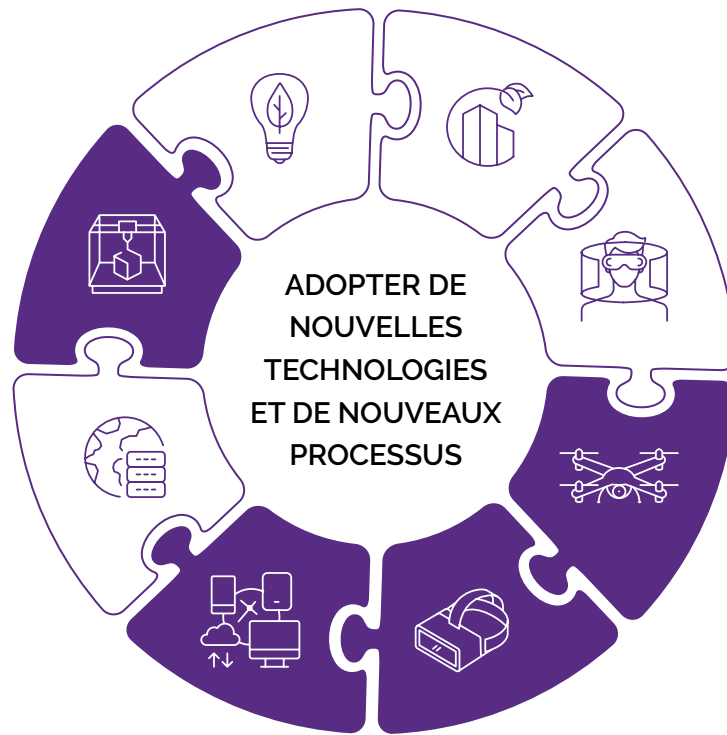
« La Construction 4.0 est un paradigme qui utilise des systèmes cyber-physiques, l'Internet des objets (IdO), des données et des services pour relier la couche numérique, constituée de la modélisation des données du bâtiment (MDB), à la couche physique, constituée des actifs tout au long de leur vie, dans le but de créer un environnement interconnecté qui intègre les organisations, les processus et les données pour concevoir, bâtir et exploiter efficacement les actifs. »¹

Bien que la Construction 4.0 soit un concept en évolution constante, le présent numéro du rapport *Sous la loupe : l'innovation et la R&D dans le secteur de la construction* se concentrera sur les domaines suivants :

-  [Internet des objets \(IdO\)](#)
-  [Modélisation des données du bâtiment \(MDB\)](#)
-  [Véhicules aériens sans pilote / drones](#)
-  [Impression 3D / fabrication additive](#)

Découvrez le lien entre ces domaines technologiques et le secteur de la construction. Explorez les recherches réalisées par nos universités. Voyez comment notre secteur s'intéresse à ces domaines et quels sont les avantages et les défis connexes.

¹ Tom Leathem (éditeur). [Associated Schools of Construction Proceedings of the 56th Annual International Conference, vol 1, pages 301-309.](#)



MATÉRIAUX INTELLIGENTS

Matériaux conçus avec des propriétés contrôlables et réglables en fonction de stimuli externes, tels que le stress, la température et l'humidité.



BÂTIMENT ÉCOLOGIQUE

Approche globale d'un bâtiment ou d'une structure et de son cycle de vie complet visant à respecter l'environnement et à utiliser efficacement les ressources.



3D PRINTING

Adopter l'impression 3D pour construire des objets ou composants en 3D en ajoutant couche sur couche des matériaux tels que du plastique, du métal ou du béton.



RV/RA

Les modèles 3D en RV/RA permettent de construire, d'améliorer ou de modifier des concepts de construction. En outre, il est possible de simuler des cadres et des environnements proches de la réalité.



DONNÉES MASSIVES, IA ET GESTION INTELLIGENTE

Les logiciels de gestion intelligente de la construction équipés de technologie des données massives/IA peuvent stocker une grande quantité de données commerciales et de construction pour aider à automatiser les processus opérationnels et de construction.



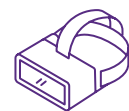
DRONES

Un drone équipé d'une technologie de détection peut générer des modèles et des données en 3D pour améliorer le processus d'ingénierie



INTERNET DES OBJETS (IoT)

Utilisation de technologies basées sur l'informatique dématérialisée et de capteurs en temps réel pour surveiller les conditions structurelles et détecter tout signal d'une menace imminente pour les infrastructures.



BIM

Un bâti immobilier modélisé génère et gère des représentations numériques des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'une structure/un bâtiment. Les modèles peuvent être visualisés, présentés et échangés.



SECTION UN

La recherche en construction au bout des doigts

L'ACC et Cognit.ca ont lancé le tout premier [Portail R&D en construction](#) pour vous aider à naviguer dans la vaste quantité de projets de recherche en construction au sein de notre réseau universitaire.



14 \$ milliards

de recherches réalisées
par les universités
chaque année



Plus de 100 000

experts et documents
de recherche



225,000 \$

subventions de
recherche

Les données présentées sur les pages qui suivent sont tirées de l'outil Cognit.ca et sont fournies à titre d'illustration seulement. Les résultats de recherche obtenus à l'aide de cet outil peuvent varier selon les mots clés qui sont saisis et la date à laquelle la recherche est effectuée.

« La Construction 4.0 est un paradigme qui utilise des systèmes cyber-physiques, l'Internet des objets (IdO), L'Association canadienne de la construction (ACC) a pour mandat de défendre les intérêts de l'industrie à l'échelle nationale, en veillant à assurer un processus d'approvisionnement équitable et transparent, des investissements constants et suffisants dans les infrastructures ainsi que le recrutement d'une main-d'œuvre qualifiée.

Notre mission est d'« inspirer une industrie de la construction progressiste, innovatrice et durable qui agit toujours avec intégrité ».



SECTION DEUX

Internet des objets (IdO)

2.1 État actuel de l'industrie :



Le nombre d'appareils intelligents connectés a augmenté pour atteindre environ 50 milliards en 2020.¹



Comparativement à d'autres secteurs d'activités, le secteur canadien de la construction affiche un taux d'utilisation plus élevé des systèmes intégrés d'Internet des objets (IdO) en 2017 (+3,8 %) et en 2019 (0,2 %).



Environ 3,9 % des PME de construction (<499 employés) ont déclaré avoir adopté et utilisé des systèmes d'IdO en 2020, comparativement à 7,9 % de l'ensemble des PME.²

¹ Yaïci, Wahiba & Krishnamurthy, Karthik & Entchev, E. & Longo, Michela. (2021). Recent Advances in Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems: A Review. *Sensors*. 21. 2152. [10.3390/s21062152](https://doi.org/10.3390/s21062152).

² Statistics Canada. [Table 33-10-0456-01 Advanced technology and website adoption for small and medium enterprises](#)

³ Anna Fredriksson, Ahmet Anil Sezer, Vangelis Angelakis, David Gundlegård, Construction related urban disturbances: Identification and linking with an IoT-model, *Automation in Construction*, Volume 134, 2022, 104038, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104038>

³ Zinah Hussein Toman, Lazhar Hamel, Sarah Hussein Toman, Mohamed Graiet, Correct-by-Construction Approach for Formal Verification of IoT Architecture, *Procedia Computer Science*, Volume 207, 2022, Pages 2598-2609, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.318>

⁴ Reem Ashima, Abid Haleem, Mohd Javid, Shanay Rab, Understanding the role and capabilities of Internet of Things-enabled Additive Manufacturing through its application areas, *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, Volume 5, Issue 3, 2022, Pages 137-142, ISSN 2542-5048, <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2021.12.001>

Où l'IdO est-il utilisé dans le secteur de la construction?

- Collecte de données : les appareils intelligents utilisent des capteurs pour recueillir et stocker des données sur les chantiers, ce qui appuie la prise de décisions et augmente la rentabilité de la collecte de données.³
- Traitement et analyse des données : les contrôleurs traitent les données recueillies et prennent des décisions, et des dispositifs de communication transmettent les données à un utilisateur.⁴
- Contrôle des processus de fabrication additive (FA) et de production personnalisée- : une réduction de la consommation de matériaux et une amélioration de l'efficacité des processus et des environnements de production personnalisée.⁵
- Augmentation de l'efficacité énergétique des bâtiments grâce à l'utilisation de commandes intelligentes de CVC, d'éclairage, d'appareils à forte puissance et de circulation d'eau chaude, pouvant être actionnées à distance.⁶
- Génie géotechnique : cartographie et construction.⁷
- Supervision de la chaîne d'approvisionnement : l'état du matériel et de l'équipement en temps réel et la planification des stocks pour les chaînes d'approvisionnement de la construction.⁸

⁶Yaïci, Wahiba & Krishnamurthy, Karthik & Entchev, E. & Longo, Michela. (2021). Recent Advances in Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems: A Review. *Sensors*. 21. 2152. 10.3390/s21062152.

⁷Honghu Zhu, Ankit Garg, Xiong (Bill) Yu, Hannah Wanhuan Zhou, Editorial for Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) in geotechnical engineering, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Volume 14, Issue 4, 2022, Pages 1025-1027, ISSN 1674-7755, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.07.001>.

⁸Yousaf Ali, Talal Bin Saad, Obaid ur Rehman, Integration of IoT technologies in construction supply chain networks; CPEC a case in point, *Sustainable Operations and Computers*, Volume 1, 2020, Pages 28-34, ISSN 2666-4127, <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2020.12.003>.

⁹Chui Michael, Collins Mark, Mark Patel, The Internet of Things: Catching Up to an Accelerating Opportunity, McKinsey and Company, November 2021, [*the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf](https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/technology-and-digital/iot/2021/11/01/the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf) (mckinsey.com). Accessed 10 October 2022.

¹⁰Chui Michael, Collins Mark, Mark Patel, The Internet of Things: Catching Up to an Accelerating Opportunity, McKinsey and Company, November 2021, [*the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf](https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/technology-and-digital/iot/2021/11/01/the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf) (mckinsey.com). Accessed 10 October 2022.

¹¹Forat AL-Sahar, Aleksandra Przegalińska, Michał Krzemiński, Risk assessment on the construction site with the use of wearable technologies, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 12, Issue 4, 2021, Pages 3411-3417, ISSN 2090-4479, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.04.006>.

¹²¹³Foteini Setaki, Arjan van Timmeren, Disruptive technologies for a circular building industry, *Building and Environment*, Volume 223, 2022, 109394, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109394>.

Les avantages de l'IdO

Les avantages de l'utilisation des systèmes d'IdO dans le secteur de la construction touchent l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment et d'une infrastructure. En voici quelques exemples :

- Une amélioration du temps de disponibilité de l'équipement de 30 à 50 % et une augmentation de la production de 1 à 5 %.⁹
- Une amélioration des opérations sur les chantiers de construction : p. ex., une augmentation de la production de 5 à 10 %, une réduction du coût des matières premières de 5 à 9 % et une amélioration de l'efficacité du personnel de 7 à 15 %.¹⁰
- Une optimisation de la sécurité : les technologies portables sont utilisées pour avertir les travailleurs des dangers potentiels ou pour signaler des blessures à un endroit précis sur le chantier.¹¹
- Des économies d'énergie.¹²
- Une optimisation de la gestion des matériaux, de l'entretien et des déchets.¹³

2.2 Exemples de projets sur :

le portail R&D en construction - IdO

Étude des systèmes de capteurs piézoélectriques intégrés avancés pour l'évaluation des structures et des matériaux

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Programme de subventions à la découverte - individuelles

Année : 2014/15 à 2018/19

Financement total : 120 000,00 \$

Mots clés

Génie

Génie mécanique

Mécanique des solides

Chercheur principal

Xiaodong Wang

University of Alberta

Métrologie numérique de haute précision par capteurs pour la modélisation et la cartographie des infrastructures

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Programme de subventions à la découverte - individuelles

Années : 2013-2014 à 2015-2016

Financement total : 95 000,00 \$

Mots clés

Arpentage et photogrammétrie

Construction, urbanisme et aménagement rural

Génie civil

Génie de l'arpentage et télédétection

Chercheur principal

Michael Chapman

Ryerson University

Construction géosensible

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Programme de subventions à la découverte - individuelles

Année : 2012-2013 à 2017-2018

Financement total : 174 000,00 \$

Mots clés

Construction, transports et communications

Développement du nord

Génie civil

Génie et gestion du bâtiment

Chercheure principale

Saiedeh Razavi

McMaster University

Détection de situations d'homme-à-terre à l'aide d'une plateforme inertielle intra-auriculaire

Sensors, volume 21 (2021)

Principaux champs de recherche

Capteurs portables

Détection des chutes

Plateforme inertielle

Sécurité des travailleurs

Surveillance

Auteurs

Alex Guilbeault-Sauvé

Université du Québec,

École de technologie supérieure (ÉTS),

Montréal, QC H3C 1K3, Canada

Bruno De Kelper

Université du Québec,

École de technologie supérieure (ÉTS),

Montréal, QC H3C 1K3, Canada

Jérémie Voix

Université du Québec,

École de technologie supérieure (ÉTS),

Montréal, QC H3C 1K3, Canada

2.3 ce qui se passe au sein de la famille de l'ACC

Dispositifs IdO de surveillance des fuites d'eau: une technologie qui change la donne pour les projets de construction d'immeubles de grande hauteur.

Dans le monde des assurances, on dit souvent que l'eau est aujourd'hui ce que le feu était hier. C'est que les dégâts d'eau entraînent maintenant chaque année des pertes astronomiques de l'ordre d'environ deux milliards de dollars, selon le Bureau d'assurance du Canada.

Il s'agit d'un problème particulièrement sérieux pour les projets de construction d'immeubles de grande hauteur, où il peut être difficile de repérer une fuite. Ainsi, une légère fuite peut, à elle seule, causer des millions de dollars de dommages dans le cadre d'un projet.

En raison de l'ampleur des pertes et des retards, les secteurs de l'assurance et de la construction se tournent vers des stratégies pour atténuer les risques, comme l'adoption de technologies de surveillance et de détection des fuites.



Voici comment fonctionne cette technologie : on installe stratégiquement des capteurs de température, d'humidité et d'eau, puis ces capteurs communiquent via un réseau étendu à longue portée (LoRaWAN), car il est peu probable qu'il y ait une connexion Internet sur les chantiers.

Les capteurs sont tous connectés en temps réel à un tableau de bord et à une application mobile, ce qui permet d'effectuer une surveillance en tout temps. Si le système détecte de l'eau dans un endroit indésirable, ou si l'approvisionnement en eau dépasse le niveau préétabli, une alerte est envoyée aux personnes responsables. Ensuite, les vannes d'eau sont fermées automatiquement, ou peuvent l'être à distance au moyen de l'application.

Cette technologie est assez évoluée pour détecter le niveau d'humidité et distinguer un écoulement normal d'un écoulement excessif de l'eau sur une certaine période. Si elle ne peut empêcher une fuite de se produire, elle peut tout de même la détecter en temps réel pour en limiter les dégâts.

Apprenez comment les technologies de surveillance des fuites d'eau peuvent aider à réaliser des projets dans les délais et le budget prévus en lisant l'article de Northbridge Assurance intitulé [Dispositifs IdO de surveillance des fuites d'eau : une technologie qui change la donne pour les projets de construction d'immeubles de grande hauteur.](#)

Appareils mobiles – connecter le secteur de la construction

La technologie IdO est en train de devenir un outil puissant qui transforme le secteur de la construction. Des capteurs et des étiquettes adaptés à l'IdO sont actuellement installés sur les chantiers, apposés sur les équipements et intégrés dans les matériaux de construction, pour aider à mesurer la productivité, la sécurité et les coûts. Grâce à cette technologie, les professionnels de la construction obtiennent un portrait plus précis et plus connecté des activités sur le chantier.

Cependant, sans appareil mobile pour accéder à cette mine d'information, les données sont peu utiles aux professionnels de la construction qui prennent des décisions en temps réel sur le terrain. Alors, que devez-vous rechercher dans un appareil mobile? Voici quelques caractéristiques à considérer :

Connectivité

L'utilisation accrue des produits IdO dans le secteur de la construction signifie que les entreprises veulent accéder à des renseignements par IdO à partir de n'importe quel endroit. Les appareils dotés d'une connectivité fiable, comme la technologie 5G et Wi-Fi 6E, peuvent aider à assurer la transmission de renseignements à des vitesses rapides et à faible latence. Comme les opérations à distance constituent la plus grande application de l'IdO sur le marché de la construction en 2020, il est également important de rechercher un appareil doté de batteries à longue durée de vie, de batteries remplaçables en option et de capacités de recharge rapide.

Durabilité

Il y a une forte probabilité que l'appareil mobile soit exposé à des conditions extrêmes sur un chantier. Les appareils mobiles qui sont certifiés de qualité militaire pour résister aux chutes, aux coups et aux températures extrêmes, et classés IP68 pour leur résistance à la poussière et à l'eau, sont les meilleurs choix pour éviter les dommages potentiels.

Productivité

Il importe de rechercher un appareil mobile qui vous permet d'en faire plus avec les données IdO que vous recueillez. Un appareil doté de touches programmables vous permet d'accéder immédiatement à des applications professionnelles ou d'activer la fonction Walkie Talkie en appuyant sur un seul bouton, afin de communiquer des informations IdO aux membres de votre équipe. La fonctionnalité améliorée de l'écran tactile signifie que le travail peut se poursuivre même lorsque vous portez des gants de sécurité.

Samsung Canada fournit depuis des années des solutions matérielles dignes de confiance au secteur de la construction grâce à sa gamme [d'appareils mobiles robustes Galaxy](#). Que vous utilisiez l'IdO pour faire le suivi d'équipements, gérer plus efficacement votre chaîne d'approvisionnement ou rendre le chantier plus interactif grâce à la RA, les appareils robustes Samsung Galaxy vous permettent d'accéder à ces renseignements en appuyant sur un seul bouton

Découvrez les nouveaux appareils mobiles robustes Galaxy de Samsung :



[Galaxy XCover6 Pro](#) ↗



[Galaxy Tab Active4 Pro](#) ↗



SECTION TROIS

Modélisation des données du bâtiment (MDB)

3.1 État actuel de l'industrie:

Les technologies de modélisation des données du bâtiment (MDB), aussi appelée BIM, se situent à différents stades de maturité. Certaines sont rapidement adoptées par le secteur de la construction, comme les technologies de réalité augmentée (RA), de réalité virtuelle (RV) et de réalité mixte (RM).¹⁴

Le [3e rapport annuel sur la MDB](#), une enquête destinée aux professionnels de la construction, révèle que 90 % des organisations utilisent actuellement la MDB; selon la grande majorité des participants, l'adoption de la MDB présente des avantages dans des domaines tels que la visualisation, le rapport coût-efficacité, la rentabilité et la vitesse de réalisation des projets.

Où la MDB est-elle utilisée dans le secteur de la construction?

- La MDB peut être mise en œuvre à toutes les phases d'un projet : planification, conception, construction, exploitation et entretien.
- Les modèles numériques générés tout au long du cycle de vie de l'actif créent un dossier numérique qui contient toute l'historique de l'actif, permettant ainsi d'utiliser efficacement les ressources. Les modèles sont également utilisés dans les stratégies de déconstruction de l'actif.¹⁵
- L'analyse de toutes les données recueillies tout au long du cycle de vie d'un projet permet d'examiner et d'évaluer les conceptions et les modèles en fonction des exigences prévues pour l'actif en question.
- La MDB permet également à toutes les parties prenantes de communiquer et d'échanger des données au cours du cycle de vie de l'actif et du cycle de vie des matériaux.

Les avantages de la MDB

- Une efficacité accrue du processus de construction.
- Une conception optimisée pour la gestion des matériaux et des déchets.
- La création de plans de fin de vie pour les projets.
- Les modèles numériques MDB fournissent des bases de données de projets et la vérification des données.
- La fourniture de banques de matières et d'évaluations de la circularité des matières.¹⁶

¹³ Ahlem Talbi, Sassi Boudemagh Souad, Industry 4.0 in construction organization of a mega projects: a bibliometric analysis, *Procedia Computer Science*, Volume 204, 2022, Pages 524-531, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.064>.

¹⁴ Charef, Rabia & Emmitt, Stephen. (2020). Uses of Building Information Modelling for overcoming barriers to a circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 285. 10.1016/j.jclepro.2020.124854.

¹⁶ Rabia Charef, Stephen Emmitt, Uses of building information modelling for overcoming barriers to a CE, *J. Clean. Prod.* 285 (2021).

3.2 Exemples de projets sur :

Le portail R&D en construction — MDB

Améliorations de la productivité à l'aide de la MDB dans le secteur canadien de la construction

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Subventions de recherche et développement coopérative

Années : 2018-2019 à 2020-2021

Financement total : 392 858,00 \$

Mots clés

Construction, transports et communications

Développement du nord

Génie civil

Génie et gestion du bâtiment

Chercheure principale

Mccabe, Brenda

University of Toronto

Gestion de la chaîne d'approvisionnement de la construction basée sur la MDB pour atténuer les risques et l'incertitude

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Programme de subventions à la découverte - individuelles

Années : 2018-2019 à 2021-2022

Financement total : 104 000,00 \$

Mots clés

Construction, transports et communications

Développement du nord

Génie industriel

Logistique

Chercheure principale

Chaabane, Amin

École de technologie supérieure

Intégration de pratiques et de technologies dans la construction

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Programme de subventions à la découverte - individuelles

Années : 2014-2015 à 2018-2019

Financement total : 120 000,00 \$

Mots clés

Construction, transports et communications

Développement du nord

Génie civil

Génie et gestion du bâtiment

Chercheur principal

Forgues, Daniel

École de technologie supérieure

Développement d'un logiciel de modélisation MDB collaborative fondée sur l'infonuagique

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Subventions de recherche et développement coopérative

Années : 2017-2018 à 2018-2019

Financement total : 200 200,00 \$

Mots clés

Génie civil

Génie et gestion du bâtiment

Logiciel

Services d'information et de télécommunications

Chercheur principal

AlHussein, Mohamed

University of Alberta

3.3 La MDB – ce qui se passe au sein de la famille de l'ACC

Attitude. Processus. Partenariats. Ces trois piliers organisationnels sont essentiels pour naviguer efficacement dans notre paysage en évolution. La MDB et la construction hors chantier, autrefois réservées aux projets les plus complexes ou aux entrepreneurs les plus sophistiqués, sont de plus en plus répandues et plus courantes.

Le parcours de Victaulic : Les enjeux de la MDB!

Victaulic a commencé son parcours en construction coordonnée en 1982 avec une équipe alors appelée le Groupe des services techniques et rebaptisée plus tard Conception et construction virtuelles (CCV). Le Groupe des services techniques offrait aux clients un ensemble unique de services de préplanification qui comprenait une estimation, une comparaison des méthodes de construction disponibles, un devis quantitatif, des plans de systèmes et des dessins complets.

Quarante ans plus tard, l'équipe de CCV compte plus de 100 personnes et fournit des services clés en main de modélisation, de coordination de projet et des détails de fabrication de haut niveau. À mesure que les clients cherchaient de plus en plus une coordination de la modélisation dans Revit, Victaulic a mis au point une série d'outils permettant une modélisation efficace du génie mécanique, électrique et de plomberie (MEP) dans le logiciel d'origine Revit. Victaulic offre désormais ce module externe appelé Victaulic Tools for Revit (VTFR) en [téléchargement](#), ainsi qu'un contenu de formation en libre accès hébergé sur [YouTube](#), chacun des outils étant conçu sur mesure pour résoudre les défis uniques de la modélisation MEP dans le logiciel d'origine Revit.

Le transfert de connaissances étant un facteur clé de succès dans la construction, Victaulic a cherché à saisir l'essentiel des « leçons apprises » dans le processus MDB. La fonction « Project Mentor » a été intégrée à la barre d'outils VTFR pour permettre la saisie automatique des leçons apprises. Imaginez que toutes les erreurs gênantes et inopportunes qui se transforment en leçons apprises, telles que vous les définissez, soient capturées dans le cadre de chaque projet en cours! C'est ça « Project Mentor ».

La MDB et la construction coordonnée ont transformé notre industrie. Qu'il s'agisse de méga-hôpitaux ou d'unités multifamiliales de faible hauteur, la MDB est devenue un enjeu important. L'avantage de la MDB réside dans une exécution compétente. Heureusement, les entrepreneurs ne doivent pas faire cavalier seul dans leur démarche de MDB.

Première incursion de Leducor dans le monde de la MDB



l'Édifice des sciences pharmaceutiques de l'Université de la Colombie-Britannique

Leducor a eu recours à la MDB pour la première fois lors de la construction de [l'Édifice des sciences pharmaceutiques de l'Université de la Colombie-Britannique](#) en 2010.

Ce projet était caractérisé par un calendrier serré, une conception unique et des objectifs de durabilité ambitieux. Il comportait également plusieurs groupes de parties prenantes et était situé sur un campus opérationnel d'une grande université. L'un des principaux objectifs du projet était de minimiser les inconvénients pour tous les utilisateurs des installations environnantes.

À l'époque, Leducor espérait tirer parti de la technologie MDB pour améliorer les communications, atténuer les risques et renforcer la collaboration et l'optimisation du projet.

Passons à aujourd'hui - un intérêt accru pour la MDB dans un vaste éventail de secteurs

Leducor exerce ses activités dans toute l'Amérique du Nord. Ses services de construction sont spécialisés dans les projets de construction de bâtiments, de génie civil, d'infrastructures, de fondations, d'exploitation minière, de construction industrielle et de télécommunication. Au début, lorsque les services de construction virtuelle ont été offerts, ce sont principalement les clients de construction de bâtiments qui en faisaient la demande.

Or, les demandes pour cette technologie sont désormais de plus en plus fréquentes dans les secteurs de la construction industrielle et d'infrastructures. Elles se sont étendues pour inclure l'intégration de cette technologie pendant la phase de construction d'un projet.

Cette adoption progressive de la MDB par les clients peut être interprétée comme un indicateur que l'utilisation de cette technologie continuera à jouer un rôle de premier plan dans la construction. Les développements intéressants comprennent :

- **Integration of drone data into the model :** L'utilisation de la photogrammétrie pour créer et mettre à jour une surface numérique qui peut être incorporée dans le modèle global du projet. Cette surface numérique et cette imagerie peuvent être utilisées pour calculer des volumes, des distances, des emplacements, etc.
- **Adoption de la technologie sur l'ensemble des chantiers :** Les mises à jour en temps réel du modèle sont transmises par voie de tablettes sur le terrain, ce qui permet aux superviseurs de communiquer les travaux à leurs équipes. En outre, Ledcor utilise un outil de réalité augmentée (RA), qui superpose le modèle de conception sur le chantier à l'aide de la technologie RA. Cela permet aux équipes de comprendre le travail à effectuer, de reconnaître les dangers et les conflits potentiels, et de planifier le travail en conséquence. Cela permet également à l'utilisateur d'effectuer des calculs de distance, d'emplacement et de surface.
- **L'utilisation Modélisation énergétique :** des données disponibles dans le modèle 3D soutient et augmente la précision de la modélisation énergétique
- **Planification logistique :** L'analyse des emplacements optimaux pour les grues, les aires de dépôt, les aires pour l'installation des remorques, la gestion de la neige et d'autres mesures saisonnières temporaires peut avoir un impact important sur la productivité et la consommation de carburant tout au long de la durée de vie d'un projet, en particulier sur les chantiers à forte empreinte.

La MDB à l'œuvre sur le projet de remplacement du pont Haisla à Kitimat, en C.-B.

Ledcor est le design-constructeur d'un pont à deux voies qui doit remplacer l'infrastructure existante au-dessus de la rivière Kitimat. Ledcor a utilisé la MDB pour mettre en œuvre plusieurs solutions innovatrices, notamment :

- **Séquence de travail modélisée :** Lors de la planification de l'installation des poutres du pont, les restrictions d'espace de la zone de travail et la proximité de services publics sous tension ont constitué un défi. L'équipe de construction a donné son avis sur l'espace nécessaire pour travailler en toute sécurité. Ces informations ont été intégrées dans le modèle pour détailler la séquence de travail à une fraction de pouce près. La solution a nécessité l'aménagement d'une zone adjacente à l'autoroute existante pour établir une aire de rassemblement pour l'érection des poutres,

l'ajout d'un mur d'étais et une analyse pour s'assurer que le lancement se faisait à l'angle correct pour tenir compte de la déflexion de la pile de pont opposée. Cette planification, avec la capacité de voir à 360°, a permis à l'équipe d'atténuer les risques tout en exécutant le programme de lancement des poutres en toute sécurité.

- **Surveillance de l'élévation du niveau de l'eau et progression de la construction en temps réel :** Fournir un accès sécuritaire pour les machines lourdes et les grues jusqu'au banc de gravier central était vital pour les activités de construction clés; cependant, le banc de gravier de ce projet était une bande de terrain de faible altitude qui est périodiquement inondée.

L'équipe de projet a mis au point une méthode pour prévoir le risque d'inondation en déployant des capteurs d'eau et un système de caméra vidéo 4K le long de la rive pour surveiller le niveau d'élévation de l'eau. Ce système de surveillance a fourni des images captées en direct et en temps réel de l'avancement de la construction. Le modèle a été utilisé au cours de ce processus pour identifier l'emplacement idéal de chaque pièce d'équipement de surveillance afin de minimiser les ajustements pendant la construction.



Regard vers l'avenir

La technologie dans ce domaine évolue rapidement, et bien que cette innovation puisse être intéressante, il peut s'avérer difficile d'identifier les nouveaux produits dans lesquels investir et de former le personnel pour qu'il reste à l'affût des changements qui s'opèrent.

Ledcor remédie à ces questions de manière proactive en veillant au perfectionnement de son personnel chargé de la construction virtuelle grâce à un programme complet d'orientation et d'intégration et des possibilités de formation annuelle. Ledcor déploie également des membres de son équipe sur les chantiers en tant que coordonnateurs de projet dotés de capacités MDB, ce qui facilite l'intégration de nouvelles technologies sur les chantiers et permet aux travailleurs sur le terrain d'acquérir une meilleure connaissance de ces outils.



SECTION QUATRE

Véhicules aériens sans pilote / drones



1.5 %

d'augmentation des technologies géomatiques



+17 %

une croissance attendue d'ici 2027

4.1 État actuel de l'industrie :

Comparativement à toutes les autres industries, le secteur canadien de la construction a enregistré un taux d'utilisation des systèmes de géomatique ou de technologie géospatiale légèrement plus élevé en 2017 (+0,1 %). En 2019, le taux d'utilisation de ces systèmes dans le secteur de la construction a augmenté de 1,5 % de plus que la moyenne de toutes les autres industries.

En 2021, Transports Canada, en vertu de la Loi sur l'aéronautique, a publié une stratégie en matière de drones qui a pour but de jeter les bases de l'adoption des drones et de l'élaboration de règlements officiels visant leur utilisation au Canada.¹⁸

Le marché commercial des drones au Canada devrait connaître une croissance de plus de 17 % d'ici 2027.¹⁹

Où les drones sont-ils utilisés dans le secteur de la construction?

Surveillance à l'aide de drones et de véhicules aériens sans pilote	<ul style="list-style-type: none"> • Détection de défauts et autres paramètres • Cartographie et levés des sites
Techniques d'inspection et détection de dommages	<ul style="list-style-type: none"> • Surveillance des infrastructures • Collecte de données géographiques et d'imagerie • Collecte de données environnementales • Analyse et détection des défauts et saisie d'autres paramètres
Santé et sécurité sur les chantiers	<ul style="list-style-type: none"> • Surveillance des conditions de sécurité sur le chantier • Entretien et inspections de santé et sécurité des chantiers
Modélisation 3D via thermographie	<ul style="list-style-type: none"> • Construction de modèles par balayage laser • Reconstruction de modèle par photogrammétrie

¹⁷¹⁸ [Transport Canada's Drone Strategy to 2025](#)

¹⁹ [Global Commercial Drones Industry \(globe-newswire.com\)](#).

²⁰²¹ Ambar Israr, Ghulam E. Mustafa Abro, M. Sadiq Ali Khan, Muhammad Farhan, Saif ul Azrin Bin Mohd Zulkifli, Internet of Things (IoT)-Enabled Unmanned Aerial Vehicles for the Inspection of Construction Sites: A Vision and Future Directions, Hindawi, Mathematical Problems in Engineering, Volume 2021, [Internet of Things \(IoT\)-Enabled Unmanned Aerial Vehicles](#)

²² Alsamarraie, Mundher & Ghazali, Farid & Hatem, Zaid & Maeni, Alhamza. (2022). A REVIEW ON THE BENEFITS, BARRIERS OF THE DRONE EMPLOYMENT IN THE CONSTRUCTION SITE. Jurnal Teknologi. 84. 10.11113/jurnalteknologi.v84.17503.

Les avantages des drones

- Efficacité accrue : un levé du site peut être jusqu'à 400 fois plus rapide et entraîner des économies de coûts allant jusqu'à 40 %.
- Les drones peuvent identifier des dommages dans les immeubles de grande hauteur et les ponts, ou dans d'autres endroits difficiles d'accès pour les travailleurs du chantier.²⁰
- Les drones peuvent scanner les dommages et les zones cachées en utilisant la thermographie pour identifier les défauts avec une plus grande précision.²¹
- Selon une étude portant sur des projets ayant utilisé des drones, 85 % des répondants ont constaté une réduction de leurs coûts d'opérations, 75 % ont utilisé des drones pour le contrôle de la qualité et 70 % pour la sécurité.²²

4.2 Exemples de projets sur :

le portail R&D en construction – Drones

Intégration de systèmes télécommandés dans le cycle de vie des projets de construction

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Subventions de recherche et développement appliquée - niveau 2

Années : 2018 - 2019

Financement total : 75 000,00 \$

Mots clés

Construction, urbanisme et aménagement rural

Génie civil

Génie et gestion du bâtiment

Établissement principal

Southern Alberta Institute of Technology

Drones en réseau utilisés pour l'examen de structures en béton, de l'environnement et du rayonnement

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Subventions de recherche et développement coopérative

Années : 2019-2020

Financement total : 168 910,00 \$

Mots clés

Arpentage et photogrammétrie

Construction, urbanisme et aménagement rural

Robotique

Établissement principal

Schoellig, Angela

University of Toronto

Une approche basée sur les drones pour la détection des fuites de gaz à l'aide de l'analyse du flux optique

Principaux champs de recherche

Détection de fuite de gaz
Essai non destructif
Inspection aérienne
Stabilisation vidéo
Thermographie
Véhicule aérien sans pilote

Auteurs

Parham Nooralishahi
Department of Electrical and Computer Engineering, Laval University,
Quebec City, QC
G1V 0A6, Canada

Fernando López
TORNGATS, Quebec City, QC
G2E 5V9, Canada

Xavier Maldague
Department of Electrical and Computer Engineering, Laval University,
Quebec City, QC
G1V 0A6, Canada

Une étude complète des jumeaux numériques et de l'apprentissage fédéré pour l'Internet industriel des objets (IIo), l'Internet des véhicules (IdV) et l'Internet des drones (IdD)

Applied System Innovation, volume 5 (2022)

Principaux champs de recherche

Apprentissage fédéré
Industrie 4.0
Internet des drones
Internet des véhicules
Jumeaux numériques
Système cyber-physique

Auteurs

Sonain Jamil
Department of Electronics Engineering,
Sejong University, Seoul 05006, Korea

MuhibUr Rahman
Département de génie électrique,
Polytechnique Montréal,
Montréal, QC H3T 1J4, Canada

Fawad
Department of Telecommunication Engineering, University of Engineering and Technology, Taxila 47080, Pakistan

Pomerleau : Les drones en forte demande

Pomerleau a commencé à utiliser des drones en 2015. La photogrammétrie étant à ses débuts, Pomerleau était en phase exploratoire sachant que l'entreprise voulait intégrer des données vidéo et la photogrammétrie dans les processus de planification, de coordination et de documentation d'un projet - en bref, faire ce que l'entreprise fait maintenant.

Comme pour la plupart des technologies, tous les éléments ont évolué depuis - les drones, les plateformes de commande, l'interface, la planification et l'engagement. Les clients n'attendent pas que Pomerleau propose des services de drones; ils le demandent d'eux-mêmes. Ils veulent plus de données, des données de meilleure qualité et la possibilité de suivre l'évolution de leur projet.

Changements et améliorations clés :

- **Qualité et capacités accrues :** Les drones sont devenus plus autonomes, plus sécuritaires et plus résistants aux différentes conditions météorologiques. Ils peuvent désormais être équipés de caméras infrarouges, de lidars et de zoom élevé pour l'inspection de ponts et d'autres infrastructures sans mettre les ingénieurs en danger.
- **Données plus précises :** Pomerleau utilise maintenant des points d'appui au sol (GCP) et des nuages de points permettant d'obtenir des données plus précises, plutôt que de saisir uniquement des orthophotos, des images et des vidéos. Pomerleau est alors en mesure d'extraire des quantités et de voir les élévations des sites.
- **Cadre juridique adaptée à la nouvelle réalité :** Le processus de planification inclut désormais des autorisations dans certaines zones contrôlées, ou une coordination avec les tours de contrôle - même la sécurité a changé sur les chantiers grâce aux drones.

Utilisation de drones dans le cycle de la construction

Pomerleau utilise principalement des drones dans le cadre de la pré-planification et de la planification afin d'inspecter et d'analyser l'aménagement du chantier; de cartographier l'emplacement, l'élévation et les conditions du sol; et d'extraire les quantités dans le cas d'une excavation ou d'obtenir une analyse plus précise dans le cas de projets maritimes. À mesure que le projet avance, les drones permettent à Pomerleau d'analyser également l'exécution,

l'avancement du projet ou l'entretien. Les drones offrent également des avantages en termes de marketing et de communication, car ils permettent de saisir d'excellentes vues aériennes en plongée de l'étendue, de l'ampleur et des spécialités de projets extraordinaires.

Défis

Les défis ne sont pas hors du commun lorsque l'on vit dans un monde numérique qui évolue constamment, parfois même plus vite qu'on ne le prévoit. On doit toujours être à l'affût des nouveautés et analyser les possibilités d'intégrer ces nouvelles technologies dans son flux de travail.

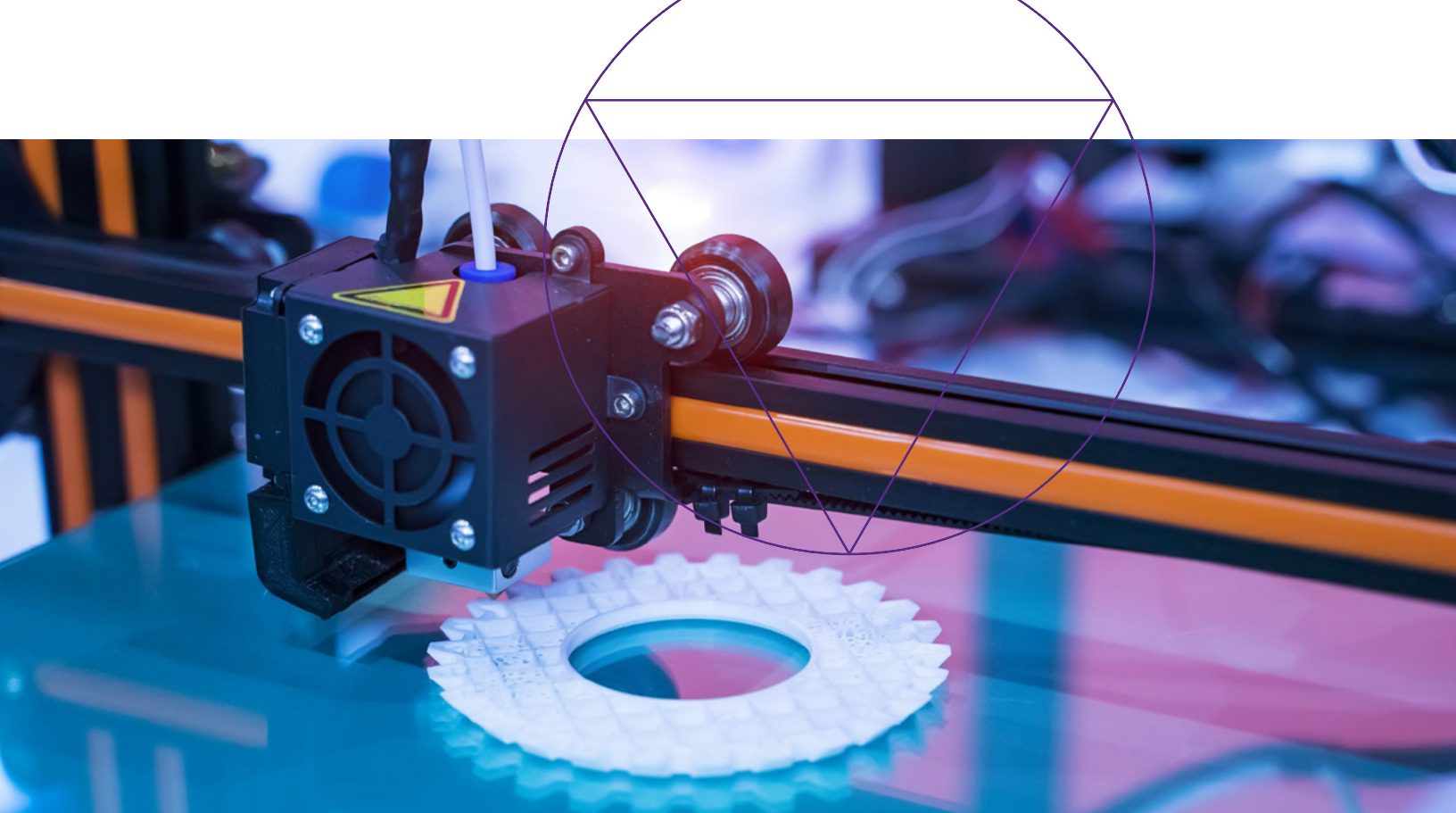
Comme beaucoup d'autres entreprises, Pomerleau est actuellement confrontée à une pénurie de main-d'œuvre, et il faut beaucoup de temps pour devenir un pilote de drone responsable d'opérations avancées. Pomerleau dispose d'une équipe de pilotes certifiés qui peuvent former les nouveaux pilotes et les pilotes inexpérimentés; cependant, l'automatisation de certains processus est nécessaire afin que nous puissions utiliser les pilotes pour d'autres tâches à valeur ajoutée.

Regard vers l'avenir

Pomerleau croit que les drones deviendront plus autonomes à l'avenir et capables d'effectuer de nombreuses tâches sans la supervision constante du pilote. Il y aura des boîtes avec des systèmes météorologiques intégrés et, à l'intérieur, des drones autonomes capables de décoller tout seuls, de saisir les données nécessaires et de transmettre les informations au nuage. Un système d'IA traitera ensuite les données et les enverra au pilote pour analyse.

Le pilote s'assurera que tout fonctionne bien et que le cadre juridique est respecté. Il se chargera également de planifier et de vérifier les données avant de les envoyer au client. Si nécessaire, le pilote interviendra à distance pour s'adapter à certaines situations. Cela permettra ainsi d'augmenter la productivité puisque le pilote pourra se concentrer sur des tâches à valeur ajoutée et gérer plus de projets simultanément.

Par surcroît, Pomerleau pense qu'à l'avenir, des drones seront utilisés dans le cadre de leurs projets au moins une fois dans le cycle de vie d'un projet de construction.



SECTION CINQ

Impression 3D / fabrication additive

5.1 État actuel de l'industrie

Bien que l'impression 3D, également connue sous le nom de construction additive (CA), soit un domaine relativement nouveau, son utilisation croît rapidement en Amérique du Nord.

- Le premier permis de construction délivré pour un projet résidentiel imprimé en 3D au Canada a été accordé à un projet construit à Procter, en Colombie-Britannique, en 2021, la maison Fibonacci.
- Le projet a utilisé des techniques d'impression 3D pour construire les murs et d'autres parties de la maison dans un environnement contrôlé, qui a ensuite été transporté pour être assemblé sur place.
- Un projet de construction d'une maison à deux étages à Kingston, en Ontario, qui comprenait un sous-sol, a été entièrement imprimé en 3D - le premier de ce type en Amérique du Nord. Les États-Unis n'ont pas encore autorisé la construction en 3D de structures supérieures à un étage.
- L'utilisation des technologies d'impression 3D devrait augmenter au cours des prochaines années grâce aux nouveaux partenariats qui se forment entre les entreprises d'impression 3D et les secteurs privé et public au Canada.



Où l'impression 3D est-elle utilisée dans le secteur de la construction?

L'impression 3D est utilisée pour le prototypage et la fabrication d'outils, d'appareils et de pièces de rechange, ainsi que pour la production de pièces et la réparation d'équipement. Les progrès sur les plans de la technologie, des matériaux et des connaissances ont permis de construire des murs utilisés dans des projets résidentiels et un petit pont piétonnier en béton.²²

Le Canada ne représente que 2 % de l'écosystème mondial de la fabrication additive. En Amérique du Nord, les États-Unis représentent à eux seuls 90 % du marché de la fabrication additive.²³

Les avantages de l'impression 3D²⁴

- La fabrication en une seule étape permet d'optimiser l'utilisation des matériaux et de minimiser les déchets, ce qui réduit les coûts de production.
- La capacité de créer et de produire des formes complexes avec beaucoup moins de déchets de matériaux et d'énergie permet d'envisager une construction sans déchets.
- Les progrès de l'impression 3D permettent une fabrication sur mesure et une personnalisation rentable des produits.
- Une réduction de l'empreinte carbone : la construction additive permet d'utiliser moins de matériaux et de supprimer les opérations de moulage. Une diminution du besoin de circulation réduit également les émissions liées au transport.

²² Mohammad S. Khan, Florence Sanchez, Hongyu Zhou, 3-D printing of concrete: Beyond horizons, Cement and Concrete Research, Volume 133, 2020, 106070, ISSN 0008-8846, <https://doi.org/10.1016/j.cemcon-res.2020.106070>.

²³ Herron, C.; Ivus, M.; Kotak, A. "Just Press 'Print': Canada's Additive Manufacturing Ecosystem," Information and Communications Technology Council (ICTC), March 2021, Ottawa, Canada

²⁴ Nils O.E. Olsson, Emrah Arica, Ruth Woods, Javier Alonso Madrid, Industry 4.0 in a project context: Introducing 3D printing in construction projects, Project Leadership and Society, Volume 2, 2021, 100033, ISSN 2666-7215, <https://doi.org/10.1016/j.plas.2021.100033>

5.2 Exemples de projets sur :

le portail R&D en construction - Impression 3D / fabrication additive

Réseau du CRSNG pour l'innovation holistique dans la fabrication additive

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles
et en génie du Canada

Type de subvention :

Programme de subventions de réseaux
stratégiques

Année : 2017-2018 à 2021-2022

Financement total : 5 308 750,00 \$

Mots clés

Avancement des connaissances
Conception et fabrication
Génie
Méthodes de fabrication avancées

Chercheur principal

Toyserkani, Ehsan
University of Waterloo

Fabrication additive et automati- sation dans le domaine du génie civil et de la construction

Renseignements sur le financement

Type de subvention :

Fondation canadienne pour l'innovation

Années : 2018-2019

Financement total : 93 560,00 \$

Responsable du projet

Claudiane Ouellet-Plamondon
École de technologie supérieure

Domaine de recherche

Sciences naturelles et génie
Génie civil

Domaine d'application

Ingénierie
Construction et aménagement des
bâtiments

La fabrication additive pour optimiser les propriétés des polymères et des composites

Renseignements sur le financement

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Type de subvention :

Programme de subventions à la découverte - individuelles

Années : 2015-2016 à 2019-2020

Financement total : 125 000,00 \$

Mots clés

Polymères et revêtements

Procédés et produits industriels

Science et technologie des matériaux

Chercheur principal

Kortschot, Mark

University of Toronto

La fabrication additive dans la construction hors chantier : examen et orientations futures

Principaux champs de recherche

Construction hors chantier

Fabrication additive

Fabrication intelligente

Industrie 4.0

Auteurs

Zhen Lei

Centre de recherche sur la construction hors chantier, Département de génie civil, Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton, NB
E3B 5A3, Canada

Clodualdo Aranas

Département de génie mécanique, Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton, NB
E3B 5A3, Canada

Jubert Pasco

Département de génie mécanique, Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton, NB
E3B 5A3, Canada

5.3 Impression 3D / fabrication additive – ce qui se passe au sein de la famille de l'ACC

Où en sommes-nous? PCL répond à cette question

Comme le décrit le rapport sur l'état de l'industrie concernant l'impression 3D et la fabrication additive, cette technologie n'est pas utilisée sur une aussi grande échelle qu'en Europe et en Asie. L'ACC a interrogé PCL sur son exploration de l'impression 3D.

Jared Heinzerling, spécialiste de la technologie de construction intégrée, PCL Construction, a donné un aperçu de la position de PCL sur cette technologie.

ACC : L'impression 3D est-elle sur le radar de PCL ? Si oui, y a-t-il un domaine particulier qui est exploré?

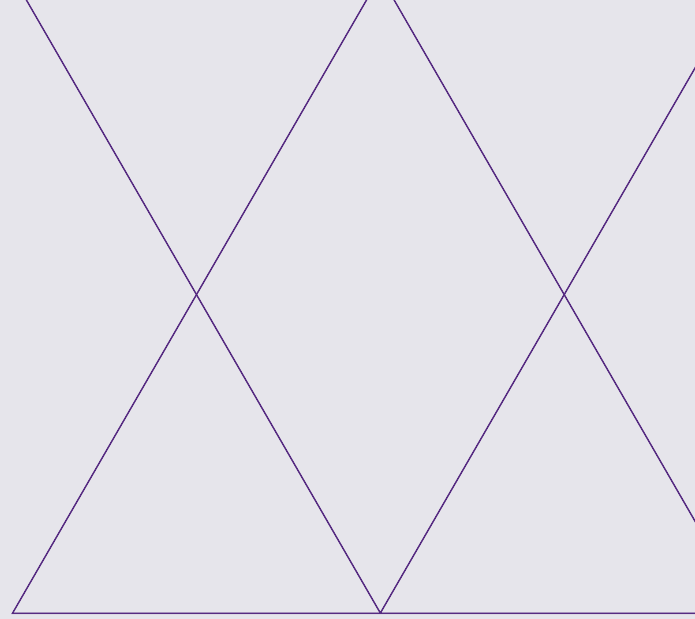
PCL : Les imprimantes 3D sont sur le radar de PCL. Les pièces sont rarement imprimées en 3D dans la construction à grande échelle, même lorsque les pièces préfabriquées sont complexes et personnalisées. En général, lorsque l'impression 3D est utilisée à grande échelle, c'est pour le coffrage de géométries complexes de béton. L'industrie de l'impression 3D n'a pas encore créé un système plus fiable et plus économique pour créer des éléments de construction solides par rapport aux méthodes traditionnelles. Même s'il existe des « maisons imprimées en 3D » en béton, ce qui est souvent négligé dans ces créations originales, c'est la nécessité de barres d'armature, de systèmes MEP et des détails de portes et de fenêtres. C'est beaucoup plus compliqué que cela ne paraît, et on peut se demander si c'est vraiment mieux.

PCL a utilisé l'impression 3D à petite échelle – des modèles et des dispositifs visuels pour aider à élever la conversation autour d'un espace ou d'une coordination difficile.

ACC : Quels sont, selon PCL, les défis à relever pour intégrer l'impression 3D dans ses activités ainsi que dans le secteur de la construction industrielle, commerciale, institutionnelle et de génie civil?

PCL : L'un des plus grands défis est le coût prohibitif. Lors de la création d'un coffrage, par exemple, il faut se poser la question suivante : est-ce moins cher et plus facile que le bois? Toutes les géométries, sauf les plus complexes, peuvent être créées par d'autres moyens que l'impression 3D. Alors, quelle est la valeur ajoutée de l'impression 3D si elle n'est pas moins chère ou plus facile?

Espérons que l'impression 3D sera un jour plus répandue et plus accessible. Ce n'est qu'alors que nous commencerons à franchir le seuil de l'utilisation de l'impression 3D dans la construction à grande échelle.



SECTION SIX

Rapport de KPMG



© 2022 KPMG s.r.l./S.E.N.C.R.L., société à responsabilité limitée de l'Ontario et cabinet membre de l'organisation mondiale KPMG de cabinets indépendants affiliés à KPMG International Limited, société de droit anglais à responsabilité limitée par garantie

KPMG Canada fournit des services à KPMG s.r.l./S.E.N.C.R.L.

La croissance de la productivité du travail dans le secteur de la construction est en moyenne

< 1/3

de celle du secteur manufacturier.

La croissance annuelle de la productivité du travail dans le secteur de la construction étant en moyenne de 1 % comparativement à 3,6 % dans le secteur manufacturier, il existe de nombreuses possibilités de tirer parti des nouvelles technologies pour améliorer l'efficacité d'exécution des projets.

Effacité d'exécution : une meilleure réalisation de projets grâce à la technologie

Introduction

Lorsqu'on examine les applications des nouvelles technologies dans le secteur de la construction, la plupart des discussions portent sur une meilleure gestion des projets et sur l'exploitation des données de projets pour prendre des décisions plus éclairées. Bien qu'il s'agisse d'une importante source de valeur pour les entrepreneurs, ces applications ne sont pas nécessairement axées sur la catégorie de coûts la plus importante pour un entrepreneur : la main-d'œuvre.

Dans le contexte actuel caractérisé par une pénurie de main-d'œuvre qualifiée et une hausse des coûts de main-d'œuvre, il est essentiel que les entrepreneurs soient en mesure de maximiser la productivité et la longévité de leur main-d'œuvre actuelle et d'explorer de nouvelles possibilités de réduire la taille des équipes. Grâce aux progrès récents des technologies de la construction, il existe déjà des solutions sur le marché qui permettent d'atteindre cet objectif :

Effacité d'exécution de projets



Capteurs IdO portables : Améliorer la productivité et la sécurité du travail en saisissant des données sur les temps de déplacement et les mouvements.



Exosquelettes : Améliorer l'ergonomie et la capacité de soulever des charges afin de réduire les contraintes sur les travailleurs tout en augmentant la productivité.



Impression additive 3D : Réduire le besoin d'équipes nombreuses, de longues coulées et de séquences d'érection grâce au moulage automatisé sur le chantier.

Comme pour la plupart des autres paramètres des projets de construction, la productivité du travail dans le secteur de la construction tire de l'arrière par rapport à celle du secteur manufacturier et d'autres industries qui adoptent pleinement de nouvelles technologies et méthodes de travail. Ces technologies ont déjà fait leurs preuves dans d'autres secteurs et démontrent déjà leur valeur importante pour les utilisateurs précoces du secteur de la construction.

1. McKinsey Global Institute: Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity, 2017

Les projets peuvent faire l'objet de coûts et de retards inutiles en raison d'activités non productives, certains projets enregistrant

de 50 à 75 %

d'activités sans valeur ajoutée.¹

Cette situation est souvent attribuable à :

- des matériaux inappropriés ou inadéquats
- un manque d'équipement et d'outils appropriés
- des renseignements de conception absents ou incomplets
- un personnel insuffisamment qualifié/formé

Capteurs IdO portables

Au cours des dix dernières années, les capteurs portables sont devenus de plus en plus courants dans notre vie quotidienne. De fait, les capteurs intégrés dans les téléphones, les montres et les vêtements permettent de faire un suivi de tout, entre autres, la localisation, le mouvement, le rythme cardiaque et la pression artérielle. Sur un chantier de construction, ces capteurs peuvent fournir des données importantes sur la manière, le moment et le lieu d'exécution du travail et mettre en lumière les points faibles qui entravent la productivité.

Bien qu'il existe de nombreuses applications pour les capteurs IdO, nous pensons qu'il existe trois domaines d'utilisation clés dans les applications de construction qui présentent une valeur importante pour les entrepreneurs :

- **Analyse du temps et du mouvement** : Les études sur le temps et le mouvement sont depuis longtemps un outil utilisé pour mesurer la productivité et identifier les possibilités d'améliorer l'efficacité opérationnelle. Cependant, ces études peuvent être longues et coûteuses, et ne fournissent qu'un instantané des tendances de travail au moment de l'étude. Les capteurs IdO portables peuvent permettre d'analyser en temps réel les performances de travail et d'identifier les points faibles afin de les régler rapidement. Par exemple, le suivi des mouvements des travailleurs pourrait mettre en évidence des temps de déplacement excessifs pour les aller-retour du chantier à l'entrepôt des outils ou à la remorque de pause, ce qui pourrait être réglé en déplaçant ou en ajoutant des remorques.
- **Répartition des coûts de main-d'œuvre** : La répartition et le suivi des coûts de main-d'œuvre à un niveau de détail élevé peuvent être difficiles en raison de la nature fluide du travail sur un chantier. Les capteurs IdO peuvent être utilisés pour faire le suivi du temps passé dans des zones équipées de barrières virtuelles sur l'ensemble du chantier afin de répartir les coûts de main-d'œuvre par zone de travail SRT, par métier et par niveau pour fournir une couche supplémentaire de données. Par exemple, les travaux d'électricité peuvent être conformes aux prévisions, mais une zone particulière nécessite plus d'heures que prévu. Cela permet de prendre des mesures pour évaluer le problème et régler la cause profonde.
- **Surveillance de la santé et la sécurité** : Les capteurs IdO portables ont des applications importantes en matière de santé et de sécurité. La surveillance de la biométrie, de la position du corps, de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle, de la température corporelle et d'autres signes vitaux peut être utilisée pour évaluer et minimiser le risque d'accident, et signaler rapidement au personnel de SST si une blessure survient. Comme pour la répartition des coûts, les données relatives aux barrières virtuelles et à la localisation des travailleurs peuvent également être utilisées pour informer rapidement le personnel de gestion du chantier de la présence de travailleurs dans des zones à haut risque comme des espaces confinés ou des zones de travail à chaud.

Défis :

1. **Défis organisationnels** : Dans le passé, des groupes syndicaux ont soulevé des inquiétudes concernant les dispositifs de surveillance IdO et la vie privée. D'autres secteurs ont pu trouver des solutions acceptables à ce problème en rendant anonymes les points de données individuels et en regroupant les données au niveau de l'équipe pour éviter d'identifier des individus.
2. **Défis techniques** : Les capteurs IdO nécessitent généralement une bonne connexion Internet, ce qui peut être difficile sur certains chantiers. Les entrepreneurs ont connu des succès avec le déploiement de réseaux 5G spécifiques au chantier pour permettre une meilleure communication et une meilleure surveillance sur l'ensemble du chantier.

1. Construction Institute: RT-265: How to Use Industrial Engineering/Manufacturing Techniques for Enhancing Project Performance

Les travailleurs de la construction subissent **16 %** de blessures musculo-squelettiques liées au travail de plus que tous les autres secteurs industriels.¹

Exosquelettes

Aujourd'hui, sur la plupart des chantiers, on constate un net écart d'âge dans la main-d'œuvre, moins de 10 % des travailleurs étant généralement âgés de moins de 25 ans.² Si cette tendance se maintient, cet écart devrait se creuser davantage, car les jeunes talents continuent de se diriger vers d'autres secteurs. Il sera donc essentiel d'investir dans des technologies qui réduisent les contraintes physiques à long terme et permettent aux gens de rester plus longtemps sur le marché du travail. Cela peut également avoir l'avantage d'attirer de nouveaux talents qui sont enthousiasmés par les possibilités offertes par le secteur.

L'un des développements les plus intéressants dans le secteur de la construction est l'adoption croissante d'exosquelettes pour aider la main-d'œuvre qualifiée sur le chantier. Ces exosquelettes promettent d'augmenter la capacité des travailleurs à soulever des matériaux et des outils lourds et de réduire le stress et la tension liés au travail dans des positions difficiles. Il existe deux catégories principales d'exosquelettes :

- **Exosquelette mécanique** - Fournit un cadre externe et des supports mécaniques qui transfèrent la charge vers le sol plus efficacement ou fournissent un contrepoids, réduisant ainsi le stress et la tension sur le travailleur.
- **Exosquelette électrique** - Utilise des moteurs électriques pour aider le travailleur, en assumant généralement la totalité de la charge, ce qui permet au travailleur de soulever des charges lourdes de façon répétée sans se blesser.

Actuellement, l'industrie se concentre principalement sur les exosquelettes mécaniques pour les applications de construction, car ils sont plus rentables (de 2000 \$ à 3000 \$) et moins difficiles à entretenir. Alors que les exosquelettes peuvent être complets, la majorité des solutions disponibles sur le marché sont axées sur une zone du corps, comme les bras, les mains, le dos et les jambes.

Étude de cas : Les exosquelettes en action

Les exosquelettes ont déjà fait leurs preuves dans le secteur manufacturier. En fait, l'un des grands constructeurs automobiles canadiens fait l'essai de cette technologie sur plusieurs de ses chaînes de production depuis le début des années 2000 et a mis en place un partenariat stratégique pour déployer des exosquelettes pour le soutien des bras dans toutes ses opérations partout dans le monde.

Les employés de 15 usines réparties dans sept pays ont participé à une étude de cas sur l'utilisation d'exosquelettes pour les aider à effectuer des tâches physiquement exigeantes, notamment des tâches avec les bras surélevés, comme le vissage de boulons pour fixer la suspension de la voiture. Depuis 2005, le nombre d'accidents avec arrêt de travail a diminué de 75 %³, ce qui a permis de réduire les temps d'arrêt des travailleurs et de diminuer les primes d'assurance et d'indemnisation des travailleurs.

1. Eskobionics, 5 Amazing ways to use exoskeletons for construction
2. Statistique Canada, Caractéristique de la population active selon l'industrie, 2022



L'exploitation des technologies des exosquelettes aidera les travailleurs à en faire plus avec moins d'efforts physiques, ce qui permettra d'augmenter le temps productif par jour et d'améliorer la qualité du travail, tout en réduisant le risque de blessure. En particulier, à mesure que les exosquelettes électroniques progresseront et deviendront plus performants et plus rentables, ils changeront notre vision des types de tâches qu'un seul travailleur peut entreprendre en augmentant sa force et ses compétences, ce qui lui permettra de travailler seul pour déplacer de gros matériaux et utiliser de l'équipement lourd.

L'impression 3D en construction peut fournir :

jusqu'à

80 % de réduction des coûts de main-d'œuvre²

jusqu'à

32 % de réduction des coûts de construction directs

Impression additive 3D dans le secteur de la construction

La technologie d'impression additive 3D (ou impression 3D) existe depuis les années 1980, mais ce n'est qu'en 2008 que des techniques ont été développées pour permettre l'utilisation du béton comme matériau d'impression.¹ Cette avancée a introduit de nouvelles opportunités dans le secteur de la construction et a ouvert les portes à de nouveaux domaines de recherche, avec un large éventail d'applications, y compris la construction d'infrastructures résidentielles et publiques.

Dans l'environnement actuel de la construction, l'utilisation de l'impression 3D offre plusieurs avantages par rapport à la construction traditionnelle :

- **Calendrier** : L'impression 3D a été utilisée dans des applications de maisons individuelles afin de réduire le temps de construction de plusieurs semaines à seulement 24 heures, ce qui a permis d'augmenter considérablement les taux de production et de contribuer potentiellement à remédier à la pénurie actuelle de logements.²
- **Main-d'œuvre** : Outre la réduction des délais de construction, les utilisateurs précoces des technologies d'impression 3D ont constaté une réduction des coûts de main-d'œuvre allant jusqu'à 80 %, car l'équipe requise sur place peut être limitée à deux ou trois personnes seulement.² La main-d'œuvre représentant généralement environ 40 % des coûts de construction moyens, cela correspond à une réduction d'environ 32 % du coût total du projet.
- **Matériaux** : Jusqu'à 30 % de tous les matériaux de construction livrés sur un chantier typique peuvent se transformer en déchets.³ Grâce à l'impression 3D, les matériaux nécessaires à la construction sont bien définis, ce qui réduit le gaspillage et le coût total des matériaux.
- **Qualité** : L'utilisation de l'impression 3D permet également de mettre en œuvre de nouvelles conceptions et solutions dont le coût serait prohibitif, voire impossible à réaliser avec des matériaux et des méthodes de construction traditionnels, ce qui permet d'offrir aux propriétaires des résultats de meilleure qualité.



Étude de cas : L'impression 3D en action

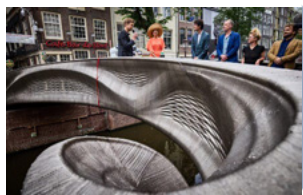
En décembre 2021, une organisation à but non lucratif notable a achevé la construction d'une maison imprimée en 3D à Williamsburg, en Virginie (États-Unis). La maison de trois chambres de 1200 pieds carrés a été imprimée par Alquist 3D en 28 heures.

L'utilisation de l'impression 3D et de béton pour les murs a permis **de réduire le calendrier de construction d'environ quatre semaines et d'économiser environ 15 % des coûts de construction**, par rapport à un projet typique.

1. 3Dinsider. Applications of 3D printing in the Construction Industry
2. All3DP. Are 3D Printed Houses Cheaper?
3. Waste, A Handbook for Management. Chapter 15 – Construction Waste

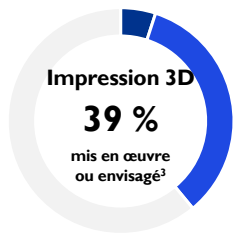
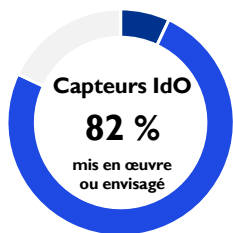
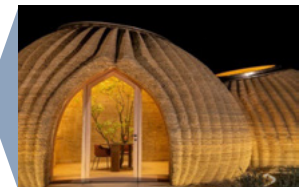
L'avenir de l'impression 3D

Jusqu'à présent, les applications de l'impression 3D dans le secteur de la construction se sont essentiellement concentrées sur les bâtiments en béton. Toutefois, l'utilisation de matériaux tels que l'acier et l'argile a ouvert de nouvelles possibilités et applications pour l'impression 3D, tout en offrant les mêmes avantages en termes de coûts, de délais et de qualité.



Amsterdam, 2021 : Le pont MX3D est le premier pont en acier imprimé en 3D au monde. Il enjambe l'un des plus anciens canaux de la ville. Le pont a été construit en acier inoxydable à l'aide de robots d'impression 3D sur une période de six mois dans une usine. Le pont est équipé de capteurs qui collectent des données pour informer un jumeau numérique et surveiller l'intégrité structurelle.¹ L'utilisation de l'impression 3D a permis de construire ce pont avec moins de matériaux, un minimum d'équipes et un profil unique et techniquement complexe.

Italie, 2021: TECLA a été imprimée en 3D à l'aide de matériaux d'argile provenant du lit des rivières proches du site de Massa Lombarda. La maison est composée de deux dômes aux murs extérieurs nervurés, chacun comportant 350 couches empilées d'argile imprimée en 3D. Construite en seulement 200 heures, cette construction faisait partie d'une étude qui a démontré la capacité de construire des maisons à faible émission de carbone en combinant des matériaux de construction anciens avec des technologies modernes.²



Mis en œuvre Envisagé

Conclusions

Ces nouvelles technologies ont démontré leur valeur réelle en termes d'amélioration de la productivité et d'économies de main-d'œuvre et sont déjà adoptées par le secteur. En 2021, le sondage conjoint de KPMG au Canada et de l'ACC réalisé auprès des entreprises de construction canadiennes a révélé que 82 % des répondants avaient mis en œuvre ou envisageaient de mettre en œuvre des capteurs IdO et que 39 % avaient mis en œuvre ou envisageaient de mettre en œuvre des technologies d'impression 3D.³ Alors que nous lançons un nouveau sondage à jour, nous nous concentrerons sur les questions suivantes : la rapidité avec laquelle le secteur adopte ces nouvelles technologies; la valeur que les utilisateurs précoces tirent de leurs investissements; et, surtout, les risques encourus par les entreprises qui ne suivent pas le rythme de leurs concurrents.

Répondez à notre sondage et aidez-nous à mieux saisir le parcours du secteur vers la maturité numérique.

Construction 4.0 : Le projet connecté

L'équipe de Services-conseils en infrastructure mondiale de KPMG se concentre sur le développement et la construction de grands projets et sur les forces de changement qui s'exercent sur notre secteur. Pour en savoir plus sur les nouvelles technologies qui sont sur le point de bouleverser le secteur de la construction et sur la manière dont nous réalisons les grands projets, cliquez [ici](#).



Jordan Thomson, P.Eng., MBA
Gestionnaire principal
1 416 228 4320
jordanthomson@kpmg.ca



Kathleen Boyd, P.Eng., MBA
Gestionnaire principal
1 416 777 8257
kathleenboyd@kpmg.ca



Renée LeBlanc-Smith, P.Eng.
Conseillère principale
1 416 777 3425
rleblancsmith@kpmg.ca

1. Dezeen. Joris Laarman's 3D-printed stainless steel bridge finally opens in Amsterdam
2. Dezeen. Tecla house 3D printed from locally sourced clay
3. KPMG et ACC, La construction dans un monde numérique, 2020



SECTION SEPT

À la rencontre du secteur de la construction et du milieu universitaire



Day 2 of the Transforming Construction with Reality Capture Technologies conference

En plus de notre partenariat avec Cognit.ca, l'ACC est heureuse d'avoir appuyé une initiative qui a réuni le secteur de la construction et le milieu universitaire au Centre de recherche en construction hors chantier de l'Université du Nouveau-Brunswick. La conférence « Transformer la construction à l'aide de technologies de capture de la réalité », qui s'est déroulée du 23 au 25 août 2022, a permis d'explorer les plus récentes innovations et les technologies émergentes des universités qui auront une incidence sur la construction.

Transformer la construction à l'aide de technologies de capture de la réalité

Le Centre de recherche en construction hors chantier de l'Université du Nouveau-Brunswick (UNB), en partenariat avec la Société canadienne de génie civil (SCGC), a tenu la première conférence du genre sous le thème [Transformer la construction à l'aide de technologies de capture de la réalité](#). L'événement a réuni des professionnels de l'industrie et des universitaires pour favoriser la collaboration et combler le fossé entre le monde physique et le monde numérique.

La conférence a permis de mettre en lumière des technologies de pointe avec, entre autres, le robot [Spot](#) de Pomerleau, et le [véhicule de cartographie 360 équipé du nouveau Leica Pegasus](#) de EAGLE GIS. Le ministère des Transports et de l'Infrastructure du Nouveau-Brunswick a également présenté son drone [DJI Matrice 300 RTK](#) ainsi que la caméra multicateurs [Zemuse H20T](#) avec capteur thermique radiométrique, caméra grand angle, caméra zoom (200x) et télémètre laser; le drone [Zemuse P1](#) avec caméra 45MP pour les levés aériens haute résolution; et le drone [Zemuse L1](#), LiDAR avec caméra RGB.



Mahsa Rezvani, 3rd place winner, 5-minute graduate student competition

Un concours de cinq minutes pour les étudiants de cycles supérieurs a également eu lieu dans le cadre de la conférence. Des étudiants de cycles supérieurs de toutes les disciplines de génie dont les recherches étaient liées au thème de la conférence ont présenté leur thèse en cinq minutes devant un comité d'évaluation. Xin Wang, étudiant au doctorat de l'Université de Wisconsin-Madison, a remporté le premier prix pour sa présentation « Interprétation et prédiction de l'intention humaine en fonction du contexte dans le secteur de la construction ». Angat Bhatia, étudiant au doctorat à l'Université Concordia, a remporté le deuxième prix pour sa présentation « Application de la RFID à

la planification et à l'ordonnancement de la fabrication de constructions modulaires ». Mahsa Rezvani, étudiante-chercheuse au Centre de recherche en construction hors chantier et étudiante en maîtrise en génie et gestion de la construction à l'Université du Nouveau-Brunswick, a remporté le troisième prix pour sa présentation « Évaluation de la performance des tâches de l'utilisateur et de l'utilisation de l'application de réalité mixte Trimble Connect pour HoloLens 2 sur les tâches d'inspection du contrôle de la qualité pour la production de béton préfabriqué ».

Vous voulez en apprendre davantage sur l'innovation en construction?

Communiquez avec :

Kenny Leon

Vice-président, Marketing de l'innovation et collaboration de l'industrie kleon@cca-acc.com

Ou participez à l'un de nos webinaires :

cca-acc.com/fr/evenements/webinaires-connecte

Ce contenu ne peut être reproduit sans l'autorisation expresse de l'Association canadienne de la construction.



Association
canadienne de
la construction

